

***Projeto de
Caracterização
Regional da Bacia
de Santos – PCR-BS***

Caracterização Química e Biológica do Sistema Bentônico da Bacia de Santos

*Volume 4
Revisão 01
Dezembro/2022*

ÍNDICE GERAL

I.	APRESENTAÇÃO DO SISTEMA BENTÔNICO DA BACIA DE SANTOS	10
I.1	APRESENTAÇÃO	12
I.2	INTRODUÇÃO	13
I.3	DESTAQUE DOS CAPÍTULOS	14
I.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
II.	METODOLOGIAS EMPREGADAS PARA COLETA DE AMOSTRAS NO COMPARTIMENTO	
	BENTÔNICO DA BACIA DE SANTOS	23
II.1	INTRODUÇÃO	24
II.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
II.3	DESENHO AMOSTRAL.....	25
II.4	EQUIPAMENTOS DE COLETA E OPERAÇÃO	29
II.5	CONTEXTO METEOCEANOGRÁFICO	33
II.6	AMOSTRAS DE ORGANISMOS BENTÔNICOS	35
	<i>II.6.1 Microbiota.....</i>	<i>35</i>
	<i>II.6.2 Macrofauna, meiofauna e foraminífero.....</i>	<i>36</i>
II.7	AMOSTRAS DE QUÍMICA	37
II.8	AMOSTRAS DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA.....	38
II.9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
III.	MICROBIOMA DA ZONA BENTÔNICA DA BACIA DE SANTOS.....	41
III.1	INTRODUÇÃO	42
III.2	MATERIAL & MÉTODOS.....	44
	<i>III.2.1 Coleta de amostras</i>	<i>44</i>
	<i>III.2.2 Quantificação de células microbianas no sedimento.....</i>	<i>45</i>
	<i>III.2.3 Extração de DNA das amostras.....</i>	<i>46</i>
	<i>III.2.4 Sequenciamento do gene 16S rRNA</i>	<i>46</i>
	<i>III.2.5 Sequenciamento de DNA metagenômico total.....</i>	<i>47</i>
III.3	RESULTADOS.....	50
	<i>III.3.1 Contagem de células microbianas utilizando Citometria de Fluxo.....</i>	<i>50</i>
	<i>III.3.2 Perfil taxonômico revelado pelo sequenciamento do gene 16s rRNA.....</i>	<i>52</i>
	<i>III.3.3 Análise do sequenciamento metagenômico</i>	<i>54</i>
III.4	DISCUSSÃO.....	66
III.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
III.6	EQUIPE TÉCNICA	77
IV.	FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DA BACIA DE SANTOS ...	79
IV.1	INTRODUÇÃO	80
	MATERIAL & MÉTODOS.....	82
	<i>IV.1.1 Análises estatísticas dos dados</i>	<i>84</i>
IV.2	RESULTADOS.....	87

IV.2.1	<i>Foraminíferos na plataforma continental – abordagem</i>	
	<i>com Aprendizado de Máquina (“Machine Learning” - ML)</i>	93
IV.3	DISCUSSÃO	98
IV.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
IV.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
IV.6	EQUIPE TÉCNICA	102
V.	FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS NO TALUDE E PLATÔ DE SÃO PAULO DA BACIA DE SANTOS	
	103	
V.1	INTRODUÇÃO	104
V.2	MATERIAL & MÉTODOS	108
V.2.1	TALUDE CONTINENTAL E PLATÔ DE SÃO PAULO	108
V.2.2	PLATÔ DE SÃO PAULO (Ps)	109
	<i>V.2.3 Análises estatísticas dos dados</i>	110
	<i>V.2.3.1 Talude continental</i>	111
	<i>V.2.3.2 Platô de São Paulo (Ps)</i>	112
V.3	RESULTADOS	113
	<i>V.3.1 Caracterização do talude continental</i>	113
	<i>V.3.2 Caracterização do Platô de São Paulo</i>	131
	<i>V.3.3 Foraminíferos do PSP e as variáveis ambientais</i>	136
	<i>V.3.4 Comparações entre bacias</i>	145
V.1	DISCUSSÃO	149
	<i>V.1.1 Estrutura da comunidade de foraminíferos e fatores ambientais</i>	149
	<i>V.1.2 Controles oceanográficos sobre a fauna de foraminíferos</i>	152
	<i>V.1.3 Área do Platô de São Paulo</i>	154
	<i>V.1.4 Comparações entre bacias</i>	159
V.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
V.3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
V.4	EQUIPE TÉCNICA	177
VI.	MEIOFAUNA E ASSOCIAÇÕES DE NEMATODA DA MARGEM CONTINENTAL DA BACIA DE SANTOS	
	179	
VI.1	INTRODUÇÃO	180
VI.2	MATERIAL & MÉTODOS	183
	<i>VI.2.1 Processamento das amostras</i>	184
	<i>VI.2.2 Análise dos dados</i>	185
VI.3	RESULTADOS	189
	<i>VI.3.1 Meiofauna</i>	189
	<i>VI.3.2 Associações de Nematoda</i>	199
VI.4	DISCUSSÃO	212

VI.4.1	<i>Comparação dos dados da Bacia de Santos com outras Bacias brasileiras</i>	212
VI.4.2	<i>Comparação dos dados da Bacia de Santos com outras regiões do mundo</i>	215
VI.4.3	<i>Distribuição espaço-temporal da meiofauna, associações de Nematoda e variáveis ambientais estruturantes</i>	216
VI.4.4	<i>Implicações para o monitoramento ambiental</i>	227
VI.5	CONCLUSÃO	229
VI.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	231
VI.7	EQUIPE TÉCNICA	242
VII.	MACROFAUNA BENTÔNICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL DA BACIA DE SANTOS	243
VII.1	INTRODUÇÃO	244
VII.2	MATERIAL & MÉTODOS	246
VII.2.1	<i>Área de Estudo e Coleta</i>	246
VII.2.2	<i>Processamento da macrofauna</i>	247
VII.2.3	<i>Análise de dados</i>	247
VII.3	RESULTADOS	250
VII.3.1	<i>Composição taxonômica</i>	250
VII.3.2	<i>Variação batimétrica</i>	251
VII.3.3	<i>Variação espacial e temporal</i>	257
VII.3.4	<i>Relação com as variáveis ambientais</i>	265
VII.4	DISCUSSÃO	270
VII.5	CONCLUSÕES	279
VII.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	279
VII.7	EQUIPE TÉCNICA	287
VIII.	MACROFAUNA BENTÔNICA DO TALUDE CONTINENTAL E PLATÔ DE SÃO PAULO DA BACIA DE SANTOS	288
VIII.1	INTRODUÇÃO	289
VIII.2	MATERIAL & MÉTODOS	292
VIII.2.1	<i>Coleta e processamento da macrofauna a bordo</i>	292
VIII.2.2	<i>Processamento da macrofauna em laboratório</i>	292
VIII.2.3	<i>Análise de dados</i>	293
VIII.3	RESULTADOS	296
VIII.3.1	<i>Composição taxonômica</i>	296
VIII.3.2	<i>Variação batimétrica</i>	298
VIII.3.3	<i>Variação espacial e temporal</i>	302
VIII.3.4	<i>Relação com as variáveis ambientais</i>	309
VIII.4	DISCUSSÃO	312

VIII.5	CONCLUSÕES	320
VIII.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	321
VIII.7	EQUIPE TÉCNICA	327
IX.	ECOSSISTEMAS DE CORAIS DE ÁGUAS PROFUNDAS DA BACIA DE SANTOS.....	328
IX.1	INTRODUÇÃO	329
IX.2	MATERIAL & MÉTODOS.....	331
IX.2.1	<i>Coleta de dados.....</i>	<i>331</i>
IX.2.2	<i>Análise de dados</i>	<i>333</i>
IX.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	335
IX.3.1	<i>Caracterização dos ambientes de corais de águas profundas</i>	<i>335</i>
IX.3.2	<i>Composição dos ambientes coralíneos profundos - Ictiofauna e megafauna.....</i>	<i>338</i>
IX.3.3	<i>Variação espacial dos corais de águas profundas, da ictiofauna e da megafauna associada</i>	<i>341</i>
IX.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	353
IX.5	EQUIPE TÉCNICA	356
X.	ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA SEDIMENTAR DA BACIA DE SANTOS	
	USANDO INDICADORES GEOQUÍMICOS	357
X.1	INTRODUÇÃO	358
X.2	MATERIAL & MÉTODOS.....	360
X.2.1	<i>Amostragem.....</i>	<i>360</i>
X.2.2	<i>Determinação de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), razão isotópica estável do C ($\delta^{13}C$) e do nitrogênio ($\delta^{15}N$).....</i>	<i>361</i>
X.2.3	<i>Determinação de clorofila-a e feopigmentos.....</i>	<i>362</i>
X.2.4	<i>Determinação de fósforo orgânico e total</i>	<i>363</i>
X.2.5	<i>Determinação de enxofre.....</i>	<i>363</i>
X.2.6	<i>Composição bioquímica do sedimento (carboidratos, lipídios e proteínas): carbono biopolimérico</i>	<i>364</i>
X.2.7	<i>Análises estatísticas</i>	<i>364</i>
X.3	RESULTADOS.....	365
X.3.1	<i>Carbono orgânico (COT), nitrogênio total (NT) e razão molar C/N no sedimento ..</i>	<i>366</i>
X.3.2	<i>Composição isotópica estável de C ($\delta^{13}C$) e nitrogênio ($\delta^{15}N$) da matéria orgânica</i>	<i>374</i>
X.3.3	<i>Clorofila-a e feopigmentos no sedimento</i>	<i>378</i>
X.3.4	<i>Composição bioquímica (carboidrato, proteínas e lipídios totais) e carbono biopolimérico no sedimento.....</i>	<i>385</i>
X.3.5	<i>Fósforo total e fósforo orgânico.....</i>	<i>388</i>

	X.3.6	<i>Enxofre total</i>	393
X.4		DISCUSSÃO.....	394
	X.4.1	<i>Propriedades da MO em escala regional na Bacia de Santos</i>	394
	X.4.2	<i>Biodisponibilidade de MO através de pigmentos e carbono biopolimérico</i>	398
	X.4.3	<i>Identificação de províncias sedimentares de MO com base em estatística multivariada</i>	402
X.5		CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	405
X.6		REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	406
X.7		EQUIPE TÉCNICA.....	414
	XI.	ELEMENTOS-TRAÇO NOS SEDIMENTOS SUPERCIAIS DA BACIA DE SANTOS	416
XI.1		INTRODUÇÃO.....	417
XI.2		MATERIAL & MÉTODOS.....	418
	XI.2.1	<i>Liofilização</i>	418
	XI.2.2	<i>Abertura parcial (metais biodisponíveis)</i>	418
	XI.2.3	<i>Abertura total (metais totais)</i>	419
	XI.2.4	<i>Abertura para Alumínio total</i>	419
	XI.2.5	<i>Análise por ICP-MS</i>	419
	XI.2.6	<i>Análise de mercúrio total</i>	420
XI.3		RESULTADOS.....	420
	XI.3.1	<i>Metais biodisponíveis</i>	425
	XI.3.2	<i>Metais totais</i>	451
XI.4		DISCUSSÃO E TRATAMENTO DE DADOS.....	477
	XI.4.1	<i>Metais biodisponíveis pelo alumínio</i>	478
	XI.4.2	<i>Metais totais normalizados pelo alumínio</i>	498
	XI.4.3	<i>Estudo de correlações</i>	522
	XI.4.4	<i>Estudo da normalidade dos dados</i>	527
	XI.4.5	<i>Estudo da variação tempotal</i>	532
	XI.4.6	<i>Estudo da variação espacial</i>	537
	XI.4.7	<i>Autocorrelação espacial</i>	590
	XI.4.8	<i>Self organizing maps (SOM)</i>	646
	XI.4.9	<i>Avaliação da possível toxicidade dos metais estudados</i>	649
XI.5		CONCLUSÕES.....	656
XI.6		REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	657
XI.7		EQUIPE TÉCNICA.....	659
	XII.	RADIOISÓTOPOS NATURAIS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA BACIA DE SANTOS	660
XII.1		INTRODUÇÃO.....	661
XII.2		XIII.2 MATERIAL & MÉTODOS.....	662

XII.3	XIII.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	664
XII.4	CONCLUSÕES	671
XII.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	672
XII.6	EQUIPE TÉCNICA	674
XIII.	HIDROCARBONETOS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA BACIA DE SANTOS	675
XIII.1	INTRODUÇÃO	676
XIII.2	MATERIAL & MÉTODOS.....	679
	<i>XIII.2.1 Amostragem.....</i>	<i>679</i>
	<i>XIII.2.2 Preparação das amostras compostas</i>	<i>680</i>
	<i>XIII.2.3 Extração das amostras de sedimento.....</i>	<i>680</i>
	<i>XIII.2.4 Fracionamento dos extratos.....</i>	<i>681</i>
	<i>XIII.2.5 Determinação dos n alcanos e MCNR</i>	<i>681</i>
	<i>XIII.2.6 Determinação de HPA</i>	<i>682</i>
	<i>XIII.2.7 Determinação dos HTP</i>	<i>684</i>
	<i>XIII.2.8 Determinação dos biomarcadores terpanos e esteranos.....</i>	<i>684</i>
XIII.3	RESULTADOS.....	685
	<i>XIII.3.1 N-alcanos, MCNR e HTP</i>	<i>690</i>
	<i>XIII.3.2 HPA.....</i>	<i>695</i>
	<i>XIII.3.3 Biomarcadores terpanos e esteranos</i>	<i>698</i>
XIII.4	DISCUSSÃO	702
XIII.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	722
XIII.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	723
XIII.7	EQUIPE TÉCNICA	731
XIV.	INTEGRAÇÃO DO SISTEMA BENTÔNICO	733
XIV.1	INTRODUÇÃO	734
XIV.2	MÉTODOS	735
	<i>XIV.2.1 Plataforma sul</i>	<i>735</i>
	<i>XIV.2.2 Base de dados.....</i>	<i>736</i>
XIV.3	RESULTADOS.....	740
	<i>XIV.3.1 Integração dos dados da fauna</i>	<i>740</i>
	<i>XIV.3.2 Modelo ambiental.....</i>	<i>743</i>
	<i>XIV.3.3 Meta modelo.....</i>	<i>745</i>
XIV.4	DISCUSSÃO.....	746
	<i>XIV.4.1 Plataforma norte.....</i>	<i>746</i>
	<i>XIV.4.2 Zona carbonática.....</i>	<i>747</i>
	<i>XIV.4.3 Zona do talude superior (TS)</i>	<i>748</i>
	<i>XIV.4.4 Zona do talude médio (TM) e Platô de São Paulo</i>	<i>749</i>

XIV.4.5	<i>Implicações para o monitoramento ambiental</i>	750
XIV.5	CONCLUSÃO	750
XIV.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	751
XIV.7	EQUIPE TÉCNICA	755
XV.	ANEXOS	756
	ANEXOS DO CAPÍTULO II	757
	ANEXOS DO CAPÍTULO III	788
	ANEXOS DO CAPÍTULO IV	792
	ANEXOS DO CAPÍTULO V	802
	ANEXOS DO CAPÍTULO VI	831
	ANEXOS DO CAPÍTULO VII	840
	ANEXOS DO CAPÍTULO VIII	852
	ANEXOS DO CAPÍTULO X	863
	ANEXOS DO CAPÍTULO XIII	898
	ANEXO DO CAPÍTULO XIV	899

I. Apresentação do sistema bentônico da Bacia de Santos

*Capítulo I
Revisão 01
Dezembro/2022*

I.1 Apresentação

O presente volume é constituído de 14 capítulos que apresentam dados de análises de parâmetros biológicos e ambientais em sedimentos, coletados em cruzeiros oceanográficos realizados no inverno de 2019 e no verão de 2021, na plataforma e talude continental e Platô de São Paulo da Bacia de Santos. Os resultados e interpretações aqui apresentados buscam a caracterização biológica, química e geológica dos diversos setores fisiográficos da bacia, que é parte do escopo do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos (PCR-BS). Foram analisados organismos bentônicos da macrofauna, meiofauna, foraminíferos e microbiota, que estão classificados em diferentes níveis taxonômicos, família, gênero e espécie, e obtidos parâmetros ecológicos. A relação entre a comunidade bentônica e parâmetros físico-químicos da água (temperatura e salinidade), sedimentológicos, e geoquímicos orgânicos e inorgânicos foi avaliada, possibilitando o entendimento dos fatores ambientais controladores da fauna bentônica, no tempo e espaço, e dos processos oceanográficos que possam influenciar a variabilidade nas características dos ecossistemas bentônicos, permitindo assim caracterizar os diferentes habitats da biota. Além disso, dados de análises metagenômicas da comunidade microbiana são também apresentados, além da caracterização da comunidade de corais profundos, o que possibilitou um conhecimento inédito sobre a comunidade bentônica na Bacia de Santos.

O volume também conta com uma avaliação da contaminação ambiental a partir da análise de hidrocarbonetos, de origem antrópica e natural, buscando identificar as condições de referência para futuros monitoramentos na área. É destaque também a análise de radioisótopos naturais nos sedimentos superficiais, a aplicação de métodos estatísticos inovadores de machine learning aos parâmetros biológicos e ambientais, bem como a integração de dados e confecção de modelos de predição. A geração de dados com base científica, alguns deles de caráter inovador, contribuiu sobremaneira na caracterização biológica, química e geológica dos ecossistemas bentônicos da bacia, e conseqüentemente, no entendimento do funcionamento do sistema bentônico da bacia. Espera-se também que o diagnóstico ambiental aqui apresentado sirva

como referência para o planejamento e a gestão ambiental da Bacia de Santos, e responda satisfatoriamente às demandas dos órgãos ambientais e agências reguladoras na avaliação de ecossistemas marinhos, de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável.

Os dados gerados ao longo dos últimos 04 anos (2019-2022), por uma equipe de 112 pessoas de 05 universidades brasileiras, e composta por professores, pesquisadores, pós-doutorandos, técnicos especializados, alunos de pós-graduação e graduação, são de inestimável valor científico. É inegável o avanço do conhecimento científico sobre o ecossistema bentônico da Bacia de Santos proporcionado pelo projeto PCR-BS. Espera-se também que o referido projeto tenha um papel importante de nortear as tomadas de decisão das políticas públicas de órgãos ambientais e agências reguladoras, para que possamos avançar na gestão ambiental dos ecossistemas marinhos, submetidos a impactos naturais e antrópicos pela exploração de recursos vivos e não vivos, de maneira que possamos garantir a preservação da qualidade ambiental dos ecossistemas marinhos rumo a um desenvolvimento socioeconômico sustentável.

1.2 Introdução

O sistema bentônico marinho apresenta enorme diversidade biológica, que tem papel expressivo nos ciclos biogeoquímicos dos ecossistemas e na produção de alimento (Migotto & Tiago, 1999). Portanto, durante o desenvolvimento do projeto não foram medidos esforços ao entendimento da estrutura e ecologia da comunidade bentônica, e conseqüentemente, do funcionamento do ecossistema bentônico da bacia, que representa o produto da interação de fatores biológicos (ocorrência e atividade dos organismos bentônicos, e interações entre os organismos em diferentes níveis tróficos), físico-químicos (profundidade, temperatura e salinidade da água de fundo, oxigênio, qualidade e quantidade de alimento proveniente de fluxo vertical de carbono orgânico ou advecção lateral, e intensidade de corrente de fundo) e geológicos (tipo de substrato, granulometria do sedimento, morfologia e estabilidade do fundo oceânico).

A Bacia de Santos é uma área complexa, primariamente em razão de sua grande extensão, e da ocorrência de diferentes processos oceanográficos de norte a sul na região e sobre a plataforma e o talude continentais, como por exemplo a ressurgência ao largo de Cabo Frio, na porção norte da bacia, e a intrusão na plataforma interna de água menos salinas da pluma do rio La Plata, na região sul da bacia. Nesse contexto, o enfoque dos capítulos foi além de reconhecer a ação multifatorial na distribuição espaço-temporal da fauna bentônica, mas também identificar os processos que levam às mudanças ambientais. Sendo assim, uma caracterização regional da estrutura das comunidades bentônicas é essencial para fornecer uma linha de base para o engajamento de futuros programas de monitoramento ambiental.

1.3 Destaque dos capítulos

O volume inicia-se com o estudo das bactérias heterotróficas (Capítulo III), que foi realizado segundo três abordagens metodológicas, citometria de fluxo, sequenciamento do gene 16S rRNA e sequenciamento metagenômico. A combinação dessas técnicas revelou-se de grande contribuição na elucidação do papel da microbiota nos processos ecossistêmicos e na revelação do potencial de recursos genéticos presente na região.

O estudo revelou uma abundância em regiões oceânicas de até quatro ordens de magnitude menor que em áreas costeiras, em consonância com as condições mais oligotróficas em regiões profundas. A análise da composição taxonômica das comunidades de bactérias e arqueias do sedimento superficial indicou a presença de uma grande diversidade microbiana distribuída em mais de 70 filos. Análises estatísticas demonstraram que as maiores variações desses micro-organismos ocorrem entre as isóbatas (25 a 2.400 m de profundidade). Foi possível também identificar famílias do grupo de arqueias oxidadoras de amônia, na região do talude, principalmente nas proximidades da quebra da plataforma; e relacionadas a processos de degradação de matéria orgânica continental na região mais costeira da bacia. Quanto às famílias do grupo das bactérias, sua ocorrência é, em geral, maior na plataforma continental, e apresentam metabolismo heterotrófico aeróbico, podendo estar associadas a

algas, nódulos polimetálicos, e potencial metabólico para realizar desnitrificação.

A análise de metagenoma permitiu investigar a composição das comunidades em maior resolução taxonômica, e revelou uma grande proporção de espécies sem identificação, indicando uma grande biodiversidade microbiana ainda desconhecida na Bacia de Santos. Além disso, a análise da composição genes funcionais nas amostras de sedimento indicou a presença de uma grande diversidade de metabolismos microbianos. De acordo com o banco de dados *Subsystems*, os genes dominantes identificados nas análises estão ligados principalmente a processos celulares, sistemas baseados em acoplamento de diferentes proteínas de funções variadas, e metabolismo de carboidratos, aminoácidos e proteínas. Destaca-se que a relação de genes à ciclagem de nutrientes permite avaliar o potencial funcional da comunidade microbiana do sedimento e compreender o papel da microbiota, bem como os serviços ecossistêmicos que podem estar ocorrendo na Bacia de Santos. Para fins de estudos de base, tais informações podem ser valiosas, já que alterações da diversidade microbiana em decorrência de impactos ambientais podem levar a prejuízos para suas funções, como por exemplo nos ciclos biogeoquímicos.

Seguindo a análise da microbiota, é apresentado no volume o estudo de foraminíferos bentônicos, que apresenta a estrutura de comunidade e os principais fatores ambientais controladores desta fauna no talude continental e platô de São Paulo (Capítulo V). Os dados obtidos constituem informações de base para estudos de avaliação da qualidade ambiental da bacia, visto que mudanças notadamente na disponibilidade e qualidade de matéria orgânica, granulometria do sedimento e teor de carbonato de cálcio alteram os parâmetros ecológicos, abundância e composição de espécies de foraminíferos bentônicos.

Com base em foraminíferos bentônicos, identificamos 4 grandes ambientes na plataforma continental da Bacia de Santos. Plataforma interna com temperaturas mais elevadas, sedimentos mais finos ao sul e mais grossos ao norte e predomínio de foraminíferos aderidos; plataforma média (50m) com sedimentos mais finos e enriquecidos de COT e fitopigmentos, onde predominam espécies infaunais e plataforma média (75 – 100 m) similar, com lamas ricas em COT, feofitina e lipídeos, dominada por espécies de foraminíferos infaunais oportunistas; plataforma externa com cascalhos e carbonatos

hemipelágicos, mais oligotrófica e com predomínio de espécies epifaunais.

A análise da fauna de foraminíferos bentônicos no talude continental da Bacia de Santos demonstrou que sua distribuição é controlada principalmente por disponibilidade de oxigênio (razões Cu/Zn), alimento (lipídeos, feopigmentos), granulometria do sedimento (lama) e conteúdo de carbonato de cálcio. A ocorrência de associações de foraminíferos segue um gradiente batimétrico na área, e com mudanças espaço-temporais. Espécies infaunais e oportunistas, que respondem a aportes de fitodetritos (*A. weddellensis*, *Globocassidulina subglobosa*, *Siphonina bradyana*, *Trifarina bradyi*), indicam para o talude superior e médio (principalmente em 700 m de profundidade), condições não limitantes de alimento e metabolizável aos foraminíferos, que são corroboradas por altos valores de densidade, diversidade de Shannon e riqueza. No talude médio (principalmente entre 1.000 m e 1.300 m de profundidade), espécies oportunistas e que respondem a fitodetritos (*E. exigua*) ocorrem juntamente com espécies do gênero *Reophax*, indicando disponibilidade de matéria orgânica menos metabolizável aos foraminíferos. No talude inferior (1.900 m de profundidade), a associação de espécies passa a ter maior influência do conteúdo de carbonato de cálcio, com condições oligotróficas, e valores menores de densidade de indivíduos e maiores de dominância.

Por sua vez, no Platô de São Paulo (PSP), a análise de foraminíferos bentônicos revelou que esta fauna é controlada pela geomorfologia de fundo, além da granulometria do sedimento, conteúdo de carbonato de cálcio e disponibilidade de alimento. As estações localizadas entre aproximadamente as isóbatas de 2.100 e 2.200 m, que se encontram na área de influência do Canal Contornítico de São Paulo e num relevo de fundo mais associado à subida do sal (diápiros e muralhas), e onde ocorrem sedimentos mais ricos em cascalhos, carbonatos e mistura composta não resolvida, são observadas espécies dos gêneros *Hemisphaerammina*, *Lagenammina*, *Karrerulina* e espécies da subordem Allogromoidea. Quanto as estações da isóbata de 2.400m, exceto a estação F11, este grupo está associado à maior declividade e enriquecimento orgânico de origem autotrófica e coincidentemente é a região do PSP com maior ocorrência de vórtices ciclônicos na Bacia de Santos, estando associadas a este grupo as espécies dos gêneros *Reophax*, *Alabaminella*, *Thurammina* e

Placopsilinella. Nas estações localizadas entre aproximadamente 2.100 e 2.400 m, e que se encontram numa área de maior concentração de sedimentos arenosos, e menor disponibilidade de nutrientes; as espécies pertencem aos gêneros *Ammomarginulina*, *Nodellum*, *Heterolepa* e *Ceratobulimina*. A disponibilidade de oxigênio na bacia não se mostrou limitante ao desenvolvimento e reprodução de foraminíferos.

Na sequência é apresentado no volume a meiofauna da Bacia de Santos, que compartilha muitas semelhanças com a meiofauna de outras bacias na margem continental brasileira e com outras regiões do mundo, principalmente em relação a composição e riqueza de gêneros de Nematoda encontrados na plataforma e no talude (Capítulo VI). Com relação à distribuição espacial, a meiofauna da Bacia de Santos está organizada em um mosaico de 7 zonas bentônicas. Cinco zonas estão localizadas na plataforma continental, que se mostrou mais heterogênea. Na plataforma continental interna, os dados de gênero de Nematoda destacaram uma “Zona Costeira” descontínua que percorre a isóbata de 25 m e é caracterizada por baixas concentrações de fitopigmentos e baixa qualidade da matéria orgânica bem como pela presença de grupos taxonômicos típicos de regiões rasas e do entremarés. Duas das zonas mais produtivas estão ao longo da plataforma continental média sob influência da ressurgência de Cabo Frio (setor norte) e águas ricas em nutrientes da pluma do rio da Prata (setor sul), e foram caracterizadas por maior abundância de meiofauna e riqueza de táxons. Essas duas zonas são separadas pela zona menos produtiva da plataforma continental central, que apresentou baixas densidades da meiofauna, com a presença de duas associações de Nematoda distintas. Uma quinta zona, com densidades de meiofauna muito baixas, corresponde aos sedimentos carbonáticos da quebra de plataforma. O talude continental superior é uma zona estreita que segue ao longo de toda a bacia, com densidades intermediárias e riqueza taxonômica aparentemente sustentada por pequenas quantidades de carbono orgânico de alta qualidade. Por fim, a zona do Talude Inferior e Platô apresenta baixas concentrações de fitopigmentos e altas concentrações de carbonatos no sedimento, que se reflete em baixas densidades e riqueza da meiofauna. Muito importante destacar que dentre todas as zonas, somente a zona costeira e a zona da Plataforma Continental Central

apresentaram variação temporal. Para fins de monitoramento, o estudo demonstrou que cada zona possui um conjunto de variáveis da fauna específico, o que implica que os indicadores da meiofauna devem ser monitorados concomitantemente. Além disso, os resultados dos modelos de aprendizado de máquina mostraram que 25 variáveis ambientais, em conjunto com variáveis geográficas, foram suficientes para obter previsões precisas. Esses resultados podem auxiliar na otimização de futuros programas de monitoramento no que diz respeito à cobertura e frequência amostrais e variáveis ambientais necessárias para reduzir custos e aumentar nossa compreensão sobre o sistema. Preferencialmente, o programa de monitoramento a ser implementado deve ser adaptativo, baseado em algoritmos de aprendizado de longo prazo.

A exemplo da microbiota, foraminíferos e meiofauna, os resultados obtidos de macrofauna, apresentados no Capítulo VII, mostram variações batimétricas e latitudinais nos padrões de distribuição espacial das assembleias identificadas na plataforma da Bacia de Santos, sendo estes relacionados sobretudo com a qualidade do conteúdo orgânico no sedimento e pela heterogeneidade espacial na composição granulométrica do sedimento e teor de carbonato. A maior abundância e riqueza da macrofauna observadas especialmente no setor nordeste da plataforma continental da Bacia de Santos sugere uma forte influência do fenômeno de ressurgência de Cabo Frio e processos oceanográficos locais nos padrões de distribuição da macrofauna da Bacia de Santos. De forma geral, a região intermediária da plataforma continental (75 m) apresentou a maior abundância e diversidade. Cinco associações de macrofauna foram identificadas, destacando-se uma certa diferenciação latitudinal, sendo duas, associadas à plataforma interna (25-50 m), duas associadas à plataforma média-externa (75-100 m) e uma associada à região próxima da quebra da plataforma (150 m). As variações temporais foram detectadas, mas de menor magnitude do que as espaciais, sendo mais significativas na plataforma interna (25 m).

Quanto a macrofauna presente no talude continental e platô de São Paulo (Capítulo VIII), os resultados mostram também que as assembleias da Bacia de Santos apresentam forte zonação de acordo com a profundidade e relacionada a mudanças no insumo e qualidade da matéria orgânica, bem como à teor de

carbonato e tamanho de grão, como demonstrado por outros grupos biológicos analisados. Entretanto, chama a atenção no caso da macrofauna do talude e platô, a influência do fator temperatura na sua distribuição na bacia. Em escala local, o setor norte da Bacia de Santos se destacou por apresentar maior abundância de macrofauna a 400 m, provavelmente refletindo os processos oceanográficos e o enriquecimento orgânico causado pelos eventos de ressurgência que ocorrem na região de Cabo Frio. A variação temporal teve menor magnitude do que as variações espaciais, sendo mais relevantes no talude superior. O padrão de zonação e a dominância de algumas famílias de poliquetas, crustáceos peracáridos e bivalves são semelhantes aos descritos para outras bacias da margem continental brasileira.

Complementando os grupos bentônicos analisados, foi realizado o estudo de corais de águas profundas da Bacia de Santos (Capítulo IX). Este estudo teve por objetivo caracterizar a diversidade de espécies de corais de águas profundas em diferentes recifes/bancos de corais existentes na Bacia de Santos, Sudeste do Brasil, por meio de imagens de veículos operados. Várias espécies de corais, encontradas no talude superior (500 m de profundidade) e médio (entre 800 m e 1000 m de profundidade), foram descritas, possibilitando um avanço no conhecimento da diversidade do ecossistema coralíneo na Bacia de Santos.

Em se tratando de geoquímica orgânica, apresentada no Capítulo X, os indicadores geoquímicos orgânicos e a análise estatística multivariada revelaram, para as duas campanhas, as seguintes províncias de MO sedimentar: plataforma interna (<50 m) com sedimentos empobrecidos em MO (COT <2,0 mg g⁻¹); plataforma média (75 a 100 m) com sedimentos mais enriquecidos em MO (mediana COT entre 10 e 12 mg g⁻¹) com alto valor nutricional; talude médio (700 m a 1.300 m) com sedimentos também relativamente enriquecidos em MO (mediana COT entre 8 e 10 mg g⁻¹), mas com menor valor nutricional em comparação com a plataforma; e sedimentos de águas profundas (>1.300 m) e sobre o Platô de São Paulo empobrecidos em MO. De modo geral, o acúmulo e a composição nutricional da MO fornecidos validaram os indicadores geoquímicos orgânicos selecionados para o estudo da ecologia bentônica de plataforma e oceano profundo da Bacia de Santos.

Com relação ao estudo de elementos traço (Capítulo XI), que foram

analisados tanto na fração total como na biodisponível, ressalta-se a ocorrência de variação espacial e temporal dos dados. O estudo também possibilitou a delimitação de regiões na bacia com similaridade nos valores de concentração dos elementos traço, que podem ser usados como comparação em futuros estudos na Bacia de Santos.

A análise de radioisótopos nos sedimentos da Bacia de Campos, apresentada no Capítulo XII, revelou que a região sudoeste do talude continental concentrou os níveis mais elevados de ^{226}Ra . Já as maiores atividades de ^{228}Ra foram encontradas ao longo das isóbatas mais rasas. O teste de correlação linear de Pearson mostrou que há correlação estatisticamente significativa ($\alpha = 5\%$) entre os níveis de radionuclídeos e propriedades sedimentológicas. Estas correlações significativas foram positivas com o teor de sedimentos finos e de carbono orgânico e negativa com o teor de carbonato. Essas foram as tendências observadas nos sedimentos superficiais da região entre 400 e 2.400 m da Bacia de Santos,

Comparando-se os valores dos níveis de ^{226}Ra , os do talude continental foram mais elevados que os da plataforma continental adjacente, o que dá mais suporte à hipótese de maiores níveis em compartimentos mais profundos. Além disso, os níveis encontrados estão na mesma ordem de grandeza de outras regiões do mundo, como o Golfo Pérsico, o Mar de Barents e o Mar do Norte e são inferiores aos de área contaminadas por rejeitos da indústria de óleo e gás.

Em se tratando da análise geoquímica de hidrocarbonetos dos sedimentos superficiais da bacia, o objetivo do capítulo XIII foi apresentar a caracterização dos hidrocarbonetos, utilizando como indicadores geoquímicos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, i.e. n-alcenos, mistura complexa não resolvida (MCNR), hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e biomarcadores, terpanos e esteranos. As concentrações do Σ n-alcenos observadas nas duas campanhas variaram entre $<0,02$ e $4,04 \mu\text{g g}^{-1}$, com 71% das estações da campanha 1 e 61% da campanha 2 apresentando valores $<0,10 \mu\text{g g}^{-1}$ (LQ). Já a mistura complexa não resolvida apresentou concentrações consideráveis na maioria das estações, nas duas campanhas, variando entre $<0,1$ e $22,00 \mu\text{g g}^{-1}$ na primeira campanha e entre $1,21$ e $16,08 \mu\text{g g}^{-1}$ na segunda campanha. Os valores de HTP apresentaram distribuição similar à MCNR, uma

vez que a MCNR corresponde à maior porção dos HTP, com concentrações entre 2,31 e 23,35 $\mu\text{g g}^{-1}$ e entre 5,04 e 20,45 $\mu\text{g g}^{-1}$ na primeira e na segunda campanhas, respectivamente. Considerando as duas campanhas, foram observadas concentrações do total de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (37 HPA) relativamente baixas, variando entre 0,76 e 225,69 ng g^{-1} , para as quais as razões diagnósticas indicaram origem predominantemente pirogênica. Os terpanos foram encontrados em grande parte das amostras analisadas, apresentando uma variação geral entre $<0,83$ e 133,66 ng g^{-1} , com contribuições predominantes dos hopanos C30-Hop (17 α (H), 21 β (H)-30 hopano) e o C29-Hop (17 α (H), 21 β (H)-30 norhopano). Já os esteranos foram encontrados em menos de 20% das estações e variaram entre $<0,83$ e 25,43 ng g^{-1} . Apesar das concentrações relativamente baixas dos biomarcadores, a presença desses compostos indica que traços de petróleo são ubíquos nos sedimentos superficiais da Bacia de Santos.

Ressalta-se no presente volume, a integração dos dados dos diferentes compartimentos bentônicos (microbiota, meiofauna e macrofauna) (Capítulo XIV), usando a modelagem por aprendizado de máquinas (*machine learning*). Pode-se considerar que este foi um grande passo ao entendimento do funcionamento do ecossistema da Bacia de Santos. Foi possível reconhecer que a bacia está organizada espacialmente em um mosaico de 8 zonas bentônicas. As zonas surgem de uma relação congruente entre os diferentes compartimentos bentônicos da fauna. Para fins de monitoramento, o estudo demonstrou que cada zona possui um conjunto específico de variáveis, o que implica que múltiplos indicadores devem ser monitorados concomitantemente. Além disso, os resultados dos modelos de aprendizado de máquina mostraram que 25 variáveis ambientais, em conjunto com as 4 variáveis geográficas, foram suficientes para obter previsões precisas. Esses resultados podem auxiliar na otimização de futuros programas de monitoramento no que diz respeito à cobertura e frequência amostrais e variáveis ambientais necessárias para reduzir custos e aumentar nossa compreensão sobre o sistema. O estudo possibilitou também reconhecer que o programa de monitoramento a ser implementado deve ser adaptativo, baseado em algoritmos de aprendizado de longo prazo.

I.4 Referências bibliográficas

Migotto, A.E., Tiago, C.G. 1999. **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX, Volume 3: Invertebrados marinhos.** São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP. 310p.

II. Metodologias empregadas para coleta de amostras no compartimento bentônico da Bacia de Santos

*Capítulo II
Revisão 01
Dezembro/2022*

II.1 Introdução

O desenho amostral e os parâmetros analisados no Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos/ Projeto Santos foi idealizado pela Petrobras, através do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES) e validada pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA).

A malha amostral foi baseada em projetos já executados e idealizados pela Petrobras em outras bacias brasileiras (e.g. Bacia de Campos, do Espírito Santos e Sergipe-Alagoas), e em outros estudos internacionais: Programas Continental Margin Ecosystems (COMARGE- <http://www.coml.org/projects/continental-margins-comarge.html>) e Gulf of Maine Area (GoMA - <http://www.coml.org/gulf-maine-area-program-goma/>).

Neste projeto, a área de estudo situa-se na margem continental brasileira e foi dividida em dois ambientes: plataforma continental e mar profundo (talude continental e Platô de São Paulo). As estações foram distribuídas para abordar diferentes batimetrias, longitudes e latitudes da Bacia de Santos, além de estações de coleta adicionais em uma área do Platô de São Paulo, com pequeno gradiente batimétrico e onde existe uma concentração de atividades da indústria de petróleo.

Os principais objetivos do projeto foram: gerar informações com base científica que permitam subsidiar o planejamento e a gestão ambientais da Bacia de Santos, através da caracterização regional dos ecossistemas bentônicos dessa bacia em relação aos seus aspectos biológicos, químicos, físicos e geológicos. Foram consideradas as interações entre fatores bióticos e abióticos no compartimento sedimentar e a variabilidade nas propriedades dos ecossistemas bentônicos devido as forças naturais e influência antrópica, de forma a auxiliar na compreensão da estrutura e dinâmica da margem continental sudeste brasileira

II.2 Objetivos específicos

Inventariar as espécies da macrofauna, meiofauna, foraminíferos e a microbiota da plataforma e talude continental da Bacia de Santos, no menor nível taxonômico possível;

- Caracterizar as comunidades bentônicas em relação à composição taxonômica, frequência de ocorrência, dominância, riqueza, diversidade, equitabilidade e densidade;
- Relacionar as variações espaciais das comunidades bentônicas com as principais variáveis físico-químicas do sedimento marinho;
- Identificar parâmetros relacionados às comunidades bentônicas que possam subsidiar o projeto de Monitoramento Regional da Bacia de Santos

II.3 Desenho amostral

Foram realizadas duas campanhas em duas épocas contrastantes: inverno de 2019 e verão de 2021 para as estações mais profundas (talude continental e Platô de São Paulo); e primavera de 2019 e outono de 2021 para as estações da plataforma continental. A Campanha 1 (2019) foi executada a bordo do Navio de Pesquisa Ocean Stalwart e a Campanha 2 (2021) no *RV Seward Johnson* (**Figura II.1-1**).

Em ambas as campanhas foram coletadas as amostras na mesma malha amostral (**Figura II.3-2 e Tabela II.3-1**) composta por 88 estações distribuídas em 8 transectos perpendiculares à linha de costa (estações nomeadas de A a H) mais 12 estações distribuídas na área onde tem um menor gradiente batimétrico e maior concentração de plataformas de petróleo (estações nomeadas com a letra P). As estações dos transectos da plataforma continental estão situadas nas isóbatas de 25, 50, 75 e 100 m, enquanto no talude continental estão as estações das isóbatas de 400, 700, 1.000, 1.300 e 1.900 m, além de P03, P09 e P10; já o Pplatô de São Paulo foi delimitado geologicamente e contém 9 das 12 estações adicionadas na área de platô, cujas isóbatas variam de 2.200 a 2.400 m aproximadamente, além de todas estações à 2400 m. O posicionamento de

cada estação e a data de coleta estão descritos no **Anexo II-1**



Figura II.3-1: *R/V Ocean Stalwart utilizado na Campanha 1 e o R/V Seward Johnson utilizado na Campanha 2 de coleta de amostras bentônicas. Fotos disponíveis no site: <https://www.marinetraffic.com>.*

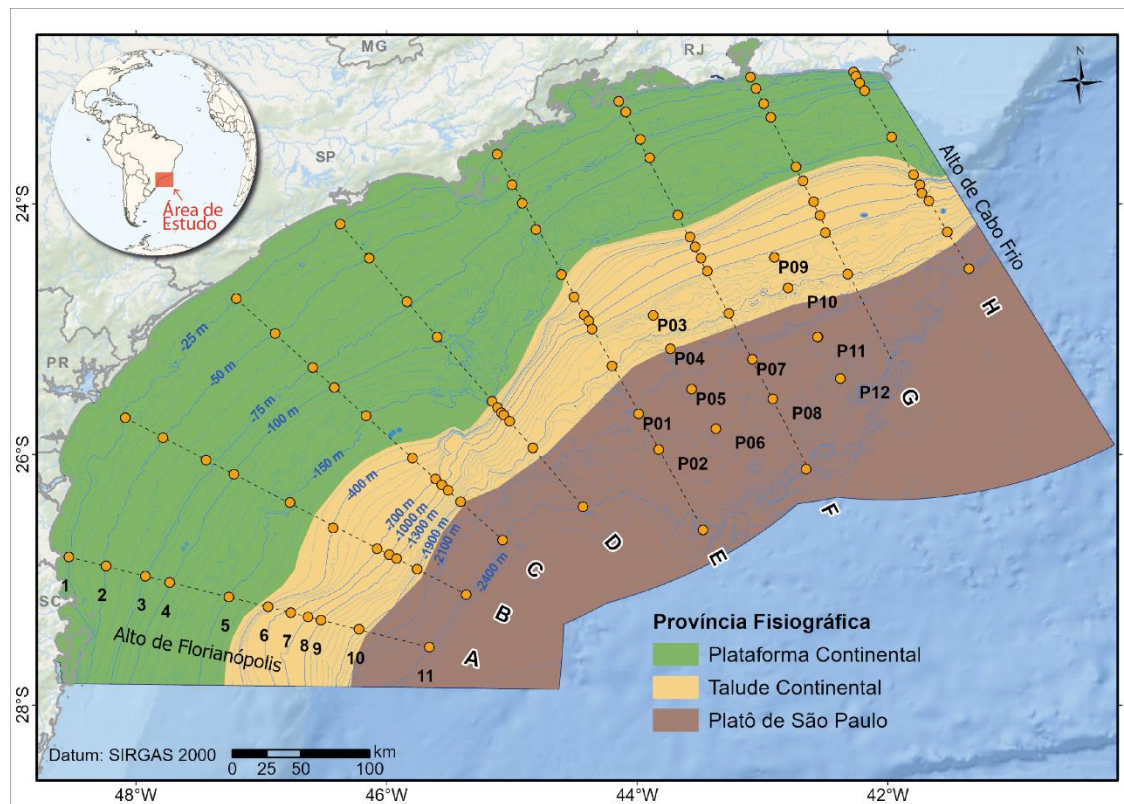


Figura III.3-2: Malha amostral das estações oceanográficas das amostras bentônicas. Em destaque estão as isóbatas e as principais províncias fisiográficas baseada nos dados geofísicos da Petrobras.

Tabela II.3-1: Descrição das campanhas do sistema bentônico, cruzeiros, datas, estações do ano e províncias oceanográficas do Projeto Santos.

Campanha	Cruzeiro	Início	Fim	Estação do ano	Provincia Oceanográfica
Campanha 1	SANSED-01	11/06/2019	24/06/2019	Inverno	Talude Continental/ Platô de São Paulo
	SANSED-02	25/06/2019	08/07/2019	Inverno	Talude Continental/ Platô de São Paulo
	SANSED-03	09/07/2019	22/07/2019	Inverno	Talude Continental/ Platô de São Paulo
	SANSED-04	23/07/2019	03/08/2019	Inverno	Talude Continental/ Platô de São Paulo
	SANSED-05	29/10/2019	11/11/2019	Primavera	Plataforma Continental
	SANSED-06	12/11/2019	25/11/2019	Primavera	Plataforma Continental
Campanha 2	SANSED-07	16/02/2021	01/03/2021	Verão	Talude Continental/ Platô de São Paulo
	SANSED-08	16/03/2021	02/04/2021	Verão	Talude Continental/ Platô de São Paulo
	SANSED-09	25/05/2021	25/06/2021	Outono	Plataforma Continental

II.4 Equipamentos de coleta e operação

As amostras de sedimento foram coletadas com dois amostradores de fundo: *box corer* GOMEX de 50 x 50x 50 cm (área de 0,25 m²) e o *van Veen* de 231L (80x 92 x 40 cm e 0,75 m² de área). A escolha do amostrador foi definida pela característica do sedimento, quando o sedimento era composto predominantemente por grãos finos (silte e argila), foi usado o *box corer* (**Figura II.4-1 a**), como ocorreu na maior parte das estações do talude continental e Platô de São Paulo, com exceção das estações A06 e H06 que foi utilizado o *van Veen*. O *van Veen* (**Figura II.4-1 a**) foi usado na maioria das estações da plataforma, onde há o predomínio de areia e bioclastos maiores (A05, B01, B02, C01, C02, D01, D02, D05, E01, E05, F01, F02, F05, G01, G02, G05, H01, H02 e H05), nas outras estações da plataforma também foi utilizado o *box corer*. Os mesmos equipamentos foram utilizados em todas as campanhas de amostragem.

Para cada estação buscou-se o sucesso de 3 lançamentos, através de no máximo 9 tentativas por estação, para isso foi usado um sistema de posicionamento (*Ultra Short Baseline – USBL*) e um sinalizador (*Kongsberg C Node C-Node® SSBLTP*) para limitar um raio de 150m em torno do ponto amostral. Foi considerado como um lançamento de sucesso quando o amostrador chegou no convés do navio com superfície preservada e com água sobrenadante ao sedimento.

Após a validação da amostragem de sedimento, no convés do navio a água sobrenadante era sifonada e filtrada numa malha de 45 µm, o material retido no filtro foi preservado e armazenado para controle de qualidade. A água drenada por baixo do amostrador também foi coletada numa bandeja posicionada abaixo do equipamento e filtrada na malha de 45 µm e da mesma forma que o material sifonado foi armazenado separadamente.

Após a abertura do amostrador também foi realizado o registro fotográfico da superfície do sedimento e observada as características gerais como coloração, bioturbação e presença de organismos da megafauna.

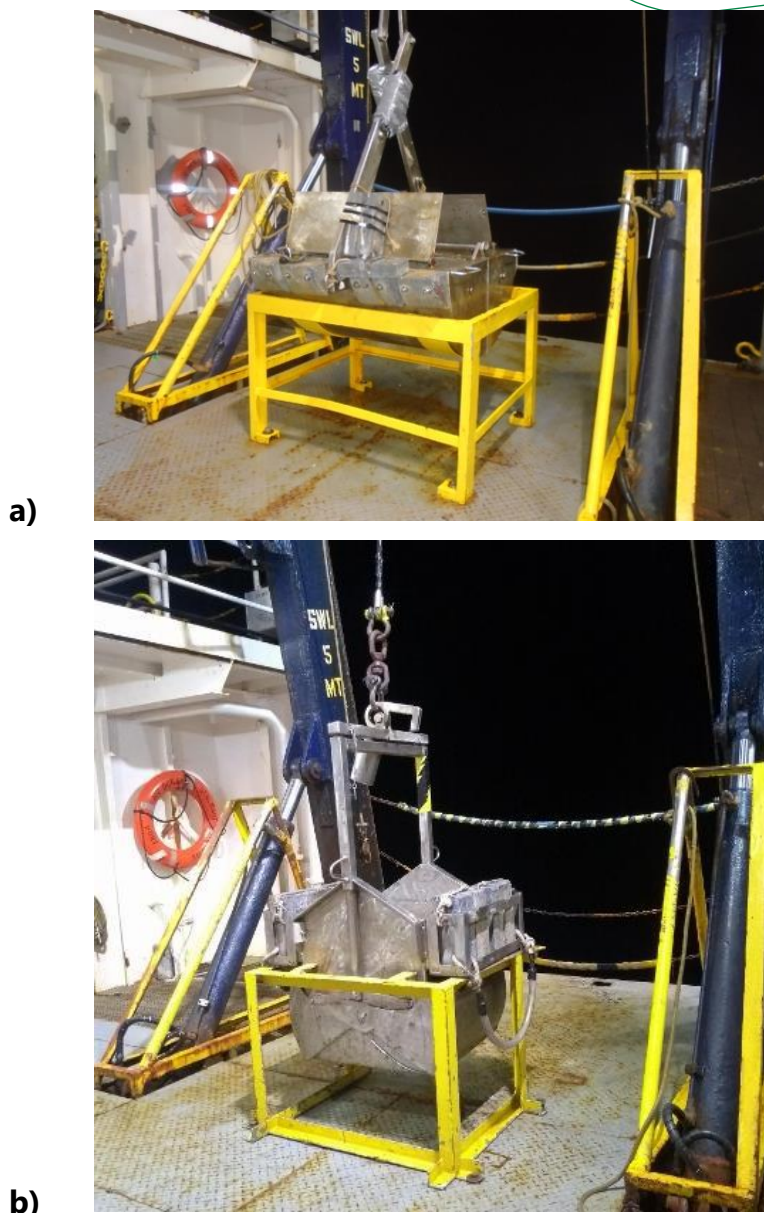


Figura II.4-1: Equipamentos de coleta utilizados nos cruzeiros: a) Amostrador do tipo van Veen e b) Amostrador tipo box corer.

Em seguida, foram registrados os parâmetros físico-químicos do sedimento (temperatura, potencial redox e pH) através de uma sonda multiparâmetro. Depois, foram inseridos os gabaritos com volumes predefinidos (**Figuras II.4-2 e II.4-3**) que possibilitou a retirada de todas as amostras.

Os gabaritos quadrados em aço inox foram utilizados para amostras biológicas de macrofauna, foraminíferos, microfauna, microbiota/procariontes, amostras sedimentológicas e de química orgânica; além de gabaritos plásticos

cilíndricos para amostras sedimentológicas na coluna de sedimento, química inorgânica e meiofauna. Destaque-se novamente que, quando possível, foram coletadas três réplicas sempre em lançamentos independentes. Para as amostras da plataforma foram coletados 43 litros de sedimento e para o talude, 28 litros rma por réplica.

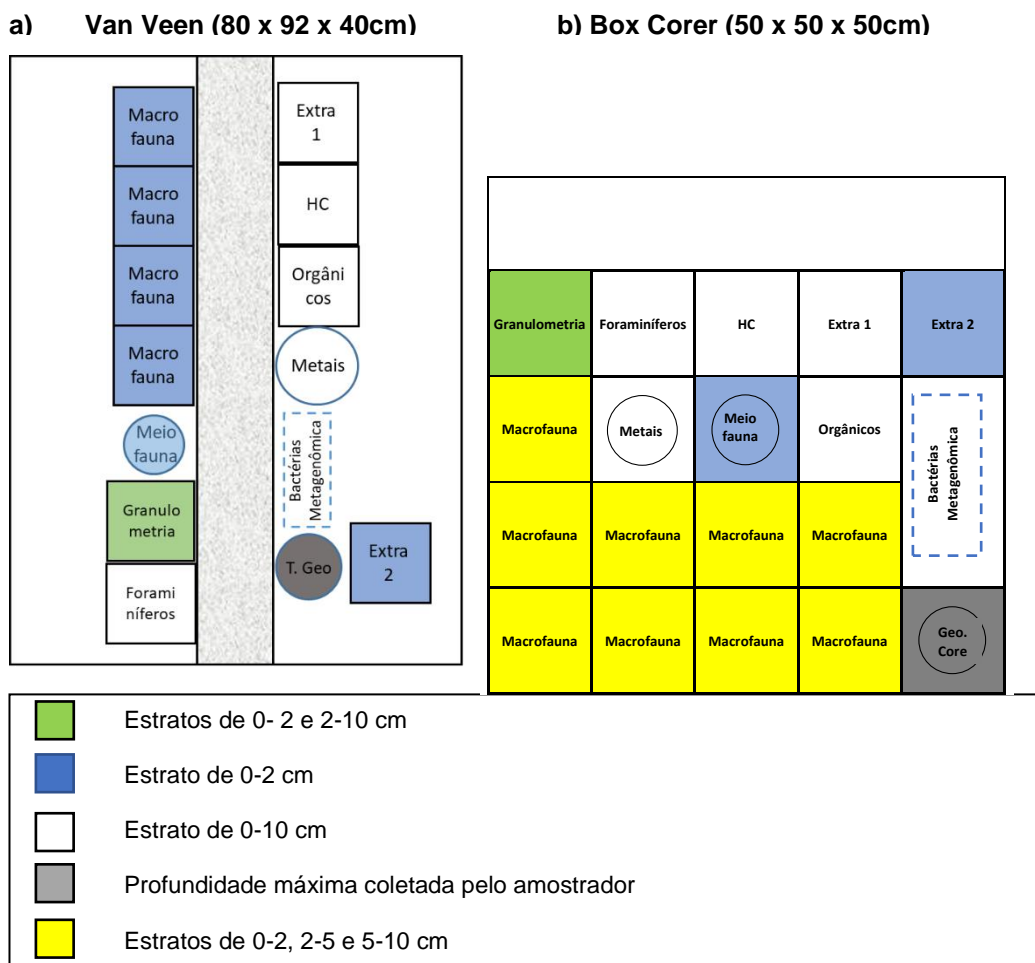


Figura II.4-2: Desenho esquemático da distribuição dos gabaritos nos amostradores e os estratos do sedimento coletados para as análises. HC são as amostras coletadas para análises de hidrocarbonetos.

Após o último lançamento validado de cada estação foi realizada uma perfilagem com CTD (Sea-Bird Electronics 9 plus) com sensores acoplados para obter os seguintes parâmetros na coluna de água: temperatura, pressão, condutividade, estimativa de clorofila a, oxigênio dissolvido (OD), pH e matéria orgânica dissolvida da coluna de água. Os dados pH, clorofila e OD do CTD

foram calibrados em um laboratório em terra (Laboratório de Biogeoquímica Marinha do Instituto Oceanográfico da USP) usando algumas amostras de água coletada com roseta e analisada em laboratório através de curvas de calibração pelo método de regressão linear. As seguintes técnicas foram utilizadas em laboratório para obtenção dos dados: OD pelo método de Winker, pH usando pHmetro de bancada e clorofila a através de fluorimetria de bancada. Após a validação dos dados, foi elaborada uma planilha com os valores dos parâmetros obtidos o mais próximo possível ao fundo

I)



II)



III)



IV)



Figura II.4-2: Exemplos de registros fotográficos do sedimento coletados através dos amostradores de fundo: I) e II) sedimento coletado pelo van Veen e III) e IV) sedimento coletado pelo box corer. As fotografias do lado esquerdo (I e III) são as amostras antes da inserção dos gabaritos, e as fotografias do lado direito (II e IV) são pós inserção de gabaritos.

Os procedimentos realizados a bordo seguiram o protocolo de coleta, preservação, acondicionamento, tratamento e análises de bordo de amostras para monitoramento ambiental costeiro e oceânico da Petrobras. Adicionalmente, um manual de coleta foi elaborado pela Petrobras e universidades parceiras para cada pernada executada, de modo a manter um controle de qualidade científico para a amostragem.

II.5 Contexto meteoceanográfico

Para a contextualização meteoceanográfica durante as campanhas, foram produzidos relatórios pelas equipes de oceanografia física do IOUSP (Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo), coordenadas pelos professores doutores Marcelo Dottori e Ilson Carlos da Silveira; pela equipe do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), liderada pelo Dr. Milton Kampel; pela equipe de meteorologia da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), coordenada pela professora doutora Claudine Dereczybski.

As equipes do IOUSP trabalharam com as seguintes análises:

1. Processamento de perfis de temperatura (T) e salinidade(S) obtido pelo CTD;
2. Processamento dos dados de correntes provenientes do ADCP instalado nos cascos dos navios;
3. Construção de perfis T-S para identificação de massas de água;
4. Dados altimétricos multi-satelitários, compilados e fornecidos pela agência Copernicus Marine and Environment Monitoring Service (CMEMS);
5. Construção de seções de Te S através de análise objetiva;
6. Estimativa de função de corrente observada e
7. Análise de superfície de densidade neutra para caracterização de massas de água.

Os dados obtidos no talude e Platô de São Paulo da Campanha 01 também se encontram detalhados no trabalho de Silveira et al (no prelo).

A equipe do INPE elaborou os seguintes produtos consolidados em médias ou composições semanais:

1. Campo de vento na superfície do mar (VSM), a partir de dados de satélite ASCAT/MetOp;
2. Anomalia da altura da superfície do mar e circulação geostrófica superficial, a partir de dados altimétricos multi-satélites ;
3. Concentração de clorofila (CSM) e temperatura da superfície do mar (TSM), a partir de dados do sensor MODIS/Aqua e
4. Análises de cartas sinópticas geradas pelo CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos).

Enquanto que a equipe da UFRJ realizou as seguintes análises:

1. Elaboração de cartas de vento a 10m de altura e pressão ao nível médio do mar com dados de Reanálise do ERA5 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts ReAnalysis 5) ;
2. Confronto dos dados do ERAS 5 com as informações de boia do Programa Nacional de Boias (Marinha do Brasil) e com dados de reanálise do CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) ;
3. Análises de cartas sinópticas geradas pelo CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos);
4. Mapas de precipitação diária gerados através de uma combinação de chuva observada e chuva estimada pelo satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), dados denominados como MERGE (Rozante et al., 2010).;
5. Climatologia mensal usando dados do Global Precipitation Climatology Project (GPCP - (Adler et al., 2018)) para o período 1981-2010;
6. Elaboração de campos de onda através de dados de reanálise do ERA5 durante o período das campanhas e
7. Confronto entre os dados de campos de onda com valores de altimetria e pelos dados fornecidos pelo ECMWF (Copernicus Climate Change Service C3S, 2017).

Com essas análises os grupos de pesquisa identificaram e caracterizaram diversos fenômenos que influenciam no sistema bentônico, tais como: passagens de frentes frias, presença de cavado na atmosfera, precipitação, presença da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), presença de vórtices ciclônicos e anticiclônicos no oceano, ressurgência costeira, identificação de massas de águas, escoamento da Corrente do Brasil (CB), instabilidade da CB e ondas de diversas escalas.

As análises permitiram reconhecer diferenças na estrutura hidrográfica da plataforma continental da Bacia de Santos: 1) a região sudoeste da Ilha de São Sebastião, onde ocorrem valores baixos de salinidade da Água Costeira na plataforma, provavelmente em decorrência do transporte influenciado pelo Água de Plataforma Subtropical, que é influenciada indiretamente pela descarga do rio La Plata; 2) a área nordeste da Ilha de São Sebastião, com o predomínio da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) domina as águas de fundo da coluna d'água, sendo o vento um importante fator na intrusão da ACAS

II.6 Amostras de organismos bentônicos

II.6.1 Microbiota

A primeira subamostra (0-2 cm) extraída foi para análises de procariontes, duas amostras com um mínimo de 50 g de sedimento foram coletadas com uma espátula estéril e armazenadas em *Whirl-Pak*® estéril para posterior processamento em laboratório.

No laboratório a bordo, uma alíquota de uma das réplicas foi armazenada em criotubo e congelada no ultra freezer (-80°C) para as análises moleculares (16S rRNA e metagenoma).

Outras duas alíquotas de 2 réplicas foram utilizadas para quantificação da abundância de micro-organismos (citometria de fluxo), para isto, foram retiradas subamostras de 0,5 mL acondicionadas em tubos criogênicos de 5mL contendo

3mL de solução de fixação celular (formaldeído 2% e cloreto de sódio 2,5%). Depois, as alíquotas foram incubadas por 30 minutos a 4°C e, posteriormente, armazenadas a -80°C até o processamento em terra.

Subamostras adicionais de 31 estações foram separadas em tubos Falcon de 15 mL e acondicionadas a 4°C para cultivo de microrganismos somente na Campanha 2.

II.6.2 Macrofauna, meiofauna e foraminífero

Antes da coleta de sedimento para as análises da macrofauna, os organismos da epifauna foram coletados separadamente e preservados com o mesmo procedimento descrito abaixo para as outras amostras de macrofauna. Os organismos que estavam dentro dos gabaritos de metal foram classificados como epifauna in, enquanto que os organismos que se encontravam fora dos limites dos gabaritos foram classificados como epifauna out.

O número de gabaritos para as análises de macrofauna variou de acordo com o ambiente estudado e equipamento utilizado, sendo 4 gabaritos de 10x10x10 cm (4 L de amostra de sedimento) na plataforma continental e 9 gabaritos de 10x10x10 cm (9 L) no talude. O sedimento foi extraído do gabarito e separado nos seguintes estratos da camada sedimentar: 0-2, 2-5 e 5- 10 cm. As amostras foram armazenadas em frascos plásticos e fixadas com solução de formol a 4% tamponada com bórax (tetraborato de sódio).

Já para amostragem de meiofauna, a camada superficial coletada foi extraída cuidadosamente a partir de um gabarito cilíndrico plástico com raio de 5 cm e altura de 10 cm. Durante a primeira campanha, um gabarito de 10 x 10 x 10 também foi amostrado para a meiofauna, caso o gabarito cilíndrico de 5 x 10 não se mostrasse adequado. Após processamento e análise das amostras de meiofauna da primeira campanha, o corer cilíndrico mostrou-se adequado e foi validado como amostrador padrão para a segunda campanha. As amostras de meiofauna também foram armazenadas em frascos plásticos e fixadas com a mesma solução utilizada para as amostras de macrofauna.

Para as análises de foraminíferos foi utilizado um gabarito de aço inox (10 x

10 x 5 cm) e a camada superficial de sedimento extraída teve espessura de 2 cm, sendo que na primeira campanha foi dividido em dois estratos 0-1cm e 1-2cm, enquanto na segunda campanha foi coletado somente um estrato de 0-2cm. As amostras foram fixadas com uma solução de formaldeído 4% e adicionado 2g/l de rosa de bengala. O rosa de bengala foi adicionado para diferenciar a fauna viva na hora da coleta da fauna morta (Walton, 1952)

Trabalhos sobre metodologia com foco em monitoramento ambiental utilizando foraminíferos vivos (i.e, Schönfeld et al., 2012; Sousa et al., 2020) recomendam estratos superficiais menores (0 – 1 cm), por esta razão foi realizado na Campanha 1 um teste metodológico, coletando as amostras em dois estratos: 0-1cm e 1-2cm. Os resultados da comparação entre a composição faunística e outros descritores da fauna será divulgado em artigo científico, porém, podemos destacar os seguintes fatores: 1) quase todas as amostras o estrato de 0-1cm apresentou as maiores densidades; 2) a diferença entre a densidade dos estratos é significativa (Anova para os dados de mar profundo, $F_{2,46}=10,426$ e $p=0,00006$) e 3) as associações de espécies são diferentes entre os estratos.

II.7 Amostras de química

Foram coletados do box core três gabaritos de sedimentos para a determinação de hidrocarbonetos, metais traços e parâmetros da matéria orgânica, e dois gabaritos adicionais foram separados para contraprova. Os 2 cm superiores de sedimentos de superfície foram colocados em recipientes de alumínio para análises de hidrocarbonetos e matéria orgânica, e em sacos plásticos duplos para análises de metais.

Todos recipientes foram fornecidos descontaminados pelos laboratórios responsáveis pelas análises, da seguinte forma:

1. os recipientes de alumínio foram lavados com detergente (Extran®) e água ultrapura (tipo 1), aquecidos a 450 °C durante a noite, enxaguadas com diclorometano grau HPLC/UV/Resíduo Pesticida e mantidos fechado até o uso. Os recipientes foram considerados descontaminados até 15 dias

da aplicação deste protocolo;

2. Os sacos plásticos foram lavados com água corrente, embebidos em solução de ácido nítrico 20% por pelo menos 2 horas, enxaguados três vezes com água ultrapura (tipo 1), depois secos à temperatura ambiente e armazenados até o uso,.

Para o branco de frascaria, um recipiente de alumínio-descontaminado foi separado a cada 14 dias. A cada 7 dias, outros dois recipientes foram separados como branco de campo; que consistiu em expor o recipiente de alumínio com sulfato de sódio seco ao ambiente de amostragem durante o mesmo tempo de processamento a bordo. Todas essas amostras foram mantidas a -20 °C até as análises laboratoriais em terra. Para evitar contaminação externa, o laboratório úmido do navio permaneceu fechado e a tripulação foi proibida de fumar durante o processamento de amostras no convés.

Em laboratórios em terra as seguintes análises foram realizadas com as amostras armazenadas em recipientes de alumínio: hidrocarbonetos alifáticos (HA), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), biomarcadores de petróleo, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total, enxofre, fósforo orgânico e inorgânico, carboidrato total, lipídeo total, biopolímero de carbono, isótopos estáveis de carbono e nitrogênio ($\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$), clorofila a, feopigmentos, biomarcadores de lipídeos e datação da matéria orgânica, sendo esta realizada em algumas amostras selecionadas

II.8 Amostras de geologia e geofísica

A superfície do sedimento foi descrita visualmente assim que o amostrador chegou a bordo, as seguintes características foram descritas: cor do sedimento de acordo com a escala do *Munsell Rock Color Chart*, textura, penetração do amostrador, tipo de sedimento (lama, areia e cascalho). descrita a presença ou ausência de conteúdos carbonáticos (e.g. conchas, carapaças) e vasas, bioturbação e camadas de sedimentos ferrosos

Após as descrições visuais, dois tipos de amostras foram coletadas no amostrador de fundo no convés do navio:

1. amostras em triplicata provenientes de um gabarito com área de 10x10cm e separados os seguintes estratos: 0-2, 2-10 cm e 0-10 cm para análises de granulometria e conteúdo carbonático. Esta estratificação teve como objetivo correlacionar com os resultados dos dados biológicos e geoquímicos;

2. um testemunho de até 50cm de altura e 75mm de diâmetro por estação, para perfilagem por de meio do Multi Sensor Core Logger e também para caracterização geológica da coluna sedimentar em laboratório em terra.

Durante as duas campanhas oceanográficas do sistema pelágico e na Campanha 1 do sistema bentônico foi realizado levantamento geofísico utilizando o *subbottom profiler* (SBP), para obter os dados de profundidade, e o equipamento chirp de 3,5 kHz e 12 kHz (*Knudsen Chirp 3260*), para adquirir dados os perfis sísmicos do fundo, o SBP foi sincronizado com o *DGPS VeriPos™*. Os dados foram salvos no formato de arquivo *SEG-Y* para pós-processamento de sinais sísmicos rasos. Na Campanha 2 do sistema bentônico estes dados não foram coletados porque o *RV Seward Johnson* não tinha disponível os equipamentos de sísmica.

II.9 Referências bibliográficas

- Adler, R., Sapiano, M., Huffman, G., Wang, J.-J., Gu, G., Bolvin, D., et al. 2018. The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Analysis (New Version 2.3) and a Review of 2017 Global Precipitation. **Atmosphere** (Basel). 9, 138. doi:10.3390/atmos9040138.
- COMARGE (Continental Margin Ecosystem). 2010. Census of marine life. Disponível em: www.coml.org/projects/continental-margins-comarge.html. Acesso em 25/10/2022.
- GOMA (GULF OF MARINE AREA PROGRAM). 2010. Census of marine life. Disponível em: <http://www.coml.org/gulf-maine-area-program-goma>. Acesso em 25/10/2022.
- MARINE TRAFFIC. 2007. Disponível: <https://www.marinetraffic.com> Disponível em: <https://www.marinetraffic.com/> Acesso em 24/10/22.
- Rozante, J. R., Moreira, D. S., de Goncalves, L. G. G., e Vila, D. A..2010. Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique

and Validation over South America. **Weather Forecast**. 25, 885–894.
doi:10.1175/2010WAF2222325.1

Schönfeld, J., Alve, E., Geslin, E., Jorissen, F., Korsun, S., Spezzaferri, S., et al. 2012. The FOBIMO (FORaminiferal Blo-MONitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. *Marine Micropaleontology*, 94–95, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2012.06.001>.

Sousa, S.H.M., Yamashita, C., Semensatto, D.L. et al. 2020. Opportunities and challenges in incorporating benthic foraminifera in marine and coastal environmental biomonitoring of soft sediments: from science to regulation and practice. **Journal Sedimentary Environments** 5, 257–265. <https://doi.org/10.1007/s43217-020-00011-w>

Walton, W. R. 1952. Techniques for recognition of living foraminifera. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 3, 56–60

III. Microbioma da zona bentônica da Bacia de Santos

*Capítulo III
Revisão 01
Dezembro/2022*

III.1 Introdução

O sedimento marinho constitui um ambiente altamente dinâmico, moldado por interações entre processos abióticos e bióticos (Schrenk *et al.*, 2010). Esse habitat cobre mais de dois terços da superfície da Terra e representa o maior reservatório de carbono orgânico do planeta (Hedges; Keil, 1995).

Bactérias e arqueias que habitam o sedimento marinho podem ser encontradas presentes em sub-superfície a quilômetros abaixo do assoalho oceânico (Baker; Appler; Gong, 2021). Comunidades microbianas do sedimento podem apresentar uma grande versatilidade metabólica que permite a utilização de diferentes combinações de doadores e aceptores de elétrons e a colonização de habitats com diferentes disponibilidades de nutrientes (Park *et al.*, 2014). São responsáveis também por processarem carbono orgânico e inorgânico e contribuírem para a ciclagem de diferentes substratos como enxofre, ferro e nitrogênio (Jørgensen, 2000; Park *et al.*, 2014).

Estudos de diversidade microbiana em ambientes sedimentares relataram a presença de diversos táxons dominantes que compreendem uma grande parcela das comunidades microbianas, mesmo em regiões geograficamente distantes e com características ambientais distintas. Alguns grupos já foram detectados em diferentes oceanos e são muito abundantes, como a classe de arqueia Bathyarchaeota e Nitrososphaeria, os filos de bactérias Proteobacteria, Bacteroidetes, Chlamydiae, Firmicutes, Chloroflexi, Gemmatimonadetes e Planctomycetes, além de diversos filos candidatos (Durbin; Teske 2011; Kubo *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2019).

A coluna de água pode atuar como uma constante fonte de micro-organismos para o sedimento marinho, ocasionando uma deposição de comunidades planctônicas globalmente (Giovannoni, 1990, Morris *et al.*, 2002, Gilbert *et al.*, 2012). Apesar da contribuição de micro-organismos da coluna de água, diferentes trabalhos demonstraram clara distinção entre comunidades planctônicas e bentônicas com diferenças significativas na composição taxonômica dessas comunidades (Zinger *et al.*, 2011, Hamdan *et al.*, 2013, Walsh *et al.*, 2016).

A Bacia de Santos é marcada pela presença de diferentes feições

geológicas e irregularidades no assoalho marinho (Hudec; Jackson, 2007; Palomino *et al.*, 2016). Nas regiões mais profundas, as camadas de sal podem atingir muitos quilômetros de espessura e são conhecidas como pré-sal (Scotchman *et al.*, 2010). Existe uma

intensa atividade de exploração de reservas de petróleo da região, inclusive da camada pré-sal, o que gera preocupações sobre os impactos sobre a biodiversidade bentônica.

Comunidades microbianas podem responder rapidamente a mudanças no ambiente, sofrendo alterações em sua composição, abundância e atividade. Por exemplo, a introdução de hidrocarbonetos de petróleo no ambiente marinho desencadeia uma série de mudanças rápidas tanto na estrutura quanto na diversidade dos micro-organismos (Yakimov *et al.*, 2007). Essas alterações podem ser percebidas mesmo em derramamentos menores, em que é possível identificar assinaturas microbianas para utilização em monitoramento de poluição (McGenity *et al.*, 2012). Essa detecção de assinaturas também é relevante para avaliar o retorno da comunidade microbiana às características originais para definir a eficácia do processo de biorremediação após a mitigação (Dubinsky *et al.*, 2013).

Há um grande interesse em compreender a diversidade de comunidades microbianas autóctones que sejam capazes de degradar petróleo bruto e hidrocarbonetos aromáticos em diferentes ambientes, a fim de desenvolver estratégias de biorremediação (Macnaughton *et al.*, 1999; Nogales, 2001). Isso se deve ao fato de que comunidades microbianas naturais podem ser consideradas sensores ambientais, sendo os primeiros organismos a responderem e capturarem perturbações causadas pelo óleo na água (Hunt; Ward, 2015; Smith *et al.*, 2015; Dombrowski *et al.*, 2016). Além disso, alterações ambientais que levam a mudanças nas comunidades microbianas com papel chave em ciclos biogeoquímicos são também de grande interesse para avaliar os impactos aos serviços ecossistêmicos. Sendo assim, é de grande importância caracterizar os grupos taxonômicos e funcionais do microbioma de áreas marinhas sob influência antrópica a fim de gerar dados de base para futuras

comparações.

Apesar da grande importância das comunidades microbianas sedimentares e sua influência para todo o planeta, os sedimentos marinhos estão entre os ambientes menos compreendidos da Terra. Parte da dificuldade de caracterização do microbioma desses habitats se deve aos desafios para realizar a amostragem, principalmente em ambientes profundos, ao alto custo exigido pelas embarcações, bem como à complexidade das comunidades nesses ambientes (Fry *et al.*, 2008, Teske; Sørensen, 2008).

Estima-se que mais de 75% dos gêneros de micro-organismos sedimentares não foram cultivados, o que nos levou à percepção de que nossa compreensão sobre as relações entre os micro-organismos e o seu habitat ainda é bastante limitada (Starnawski *et al.*, 2017; Lloyd *et al.*, 2018).

Particularmente na Bacia de Santos, poucos estudos com foco em descrever a diversidade microbiana foram realizados (Bendia *et al.*, 2021). Até o momento, o presente trabalho é pioneiro na descrição em larga escala dessa área. Esse esforço ajudará a elucidar a estrutura e diversidade das comunidades microbianas, suas relações com o meio e os possíveis papéis metabólicos desses micro-organismos. Investigações nessa escala só são possíveis devido aos avanços em tecnologias de sequenciamento de DNA, que têm proporcionado novos insights sobre a diversidade microbiana e sua potencial interação com o ambiente (Iverson *et al.*, 2012; Abram, 2015; Cardenas *et al.*, 2015).

O presente estudo teve como objetivo descrever o microbioma bentônico ao longo da Bacia de Santos, buscando determinar (1) a abundância de micro-organismos, (2) a diversidade taxonômica e (3) a diversidade funcional em amostras de sedimento superficial, utilizando abordagens de citometria de fluxo, "metabarcoding" e metagenômica, respectivamente.

III.2 Material & métodos

III.2.1 Coleta de amostras

As comunidades microbianas no sistema bentônico da Bacia de Santos

foram estudadas em amostras de sedimento superficial, coletadas de 0 a 2 cm de profundidade nos cruzeiros oceanográficos realizados em 2019 e 2021. Para evitar contaminações, as coletas das amostras para análises microbiológicas foram realizadas imediatamente após a chegada do *box corer* ao navio, antes das coletas dos demais parâmetros, e utilizando luvas e espátulas estéreis. Amostras destinadas às análises moleculares foram acondicionadas em sacos *Whirl-pak* e armazenadas imediatamente a -80 °C. Amostras a serem utilizadas para a contagem microbiana em citometria de fluxo foram fixadas a bordo. Para isso, alíquotas de 0,5 mL de sedimento foram transferidos para criotubos de 5 mL, em um mínimo de três replicatas, e adicionados 3 mL de solução fixadora (2% formaldeído em 2,5% NaCl). Após incubação a 4 °C por 30 minutos as amostras foram armazenadas e mantidas a -80 °C até o momento do processamento.

III.2.2 Quantificação de células microbianas no sedimento

Para quantificação do número de células procarióticas nas amostras coletadas durante as campanhas de 2019 e 2021 foi empregada a técnica de citometria de fluxo. Primeiramente foi realizado um protocolo de extração das células a partir do sedimento marinho, conforme descrito por Duhamel e Jacquet (2006). Após descongelamento a temperatura ambiente, cada amostra foi ressuspendida em uma solução de extração contendo 5 µL de tween 80 (10%), 1 mL de pirofosfato de sódio (10 mM) e 4 mL de água MilliQ. Foram realizadas três etapas de sonicação por um minuto, com intervalos de 30 segundos de agitação manual. Em seguida, foi realizada uma incubação por 15 minutos em banho com gelo, seguida por agitação manual por 1 minuto. As amostras foram então centrifugadas por 1 minuto (800 x g) e o sobrenadante foi filtrado em membrana com poro de 5 µm. O filtrado diluído na solução fixadora foi utilizado para determinar a abundância de células por citometria de fluxo. Para isso, adicionou-se o corante de DNA, SYBR Green I (concentração final de 1:10000, Invitrogen Life Technologies, USA) e incubou-se por 15 min em temperatura ambiente e protegido de luz. A quantificação de células foi realizada empregando o citômetro de fluxo Attune NxT (Thermo Fisher Scientific), utilizando

comprimentos de onda do verde (530 ± 30 nm) com 90° scatter light side (488 ± 10 nm) e limiar de 500 (Marie *et al.*, 1999). O processamento dos dados gerados pelo citômetro de fluxo foi realizado no software FlowJo™ (FLOWJO, LCC, USA).

III.2.3 Extração de DNA das amostras

Para as análises moleculares foram utilizadas amostras coletadas durante a campanha de 2019. Foram analisadas amostras coletadas em 94 estações oceanográficas. O material genômico das amostras de sedimento foi extraído utilizando-se o kit *DNeasy PowerSoil Pro Kit* (QIAGEN®, Hilden, Alemanha), seguindo

as instruções do fabricante. As análises da qualidade e quantidade de DNA extraído foram realizadas utilizando o espectrofotômetro Denovix DS-11 (DeNovix, Washington, USA) e o fluorímetro Qubit (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, EUA), respectivamente.

III.2.4 Sequenciamento do gene 16S rRNA

O sequenciamento em larga escala dos genes 16S rRNA de Bacteria e Archaea foi realizado para amostras de sedimento coletadas em 94 estações oceanográficas. A biblioteca foi montada utilizando-se o conjunto de primers 515f/926r (Caporaso *et al.*, 2011), que amplifica a região hipervariável V4, e empregando o kit *Quick-16STM NGS Library Prep* (Zymo Research, Irvine, CA). Em seguida o produto de PCR foi purificado e quantificado. O sequenciamento foi executado na plataforma Illumina Miseq com método paired-end 2x 250bp em 600 ciclos.

O processamento e controle de qualidade das sequências foi realizado utilizando o software QIIME2 versão 2019.10 (Bolyen *et al.*, 2019). Após inspeção gráfica dos perfis de qualidade, as sequências brutas foram truncadas, filtradas e agrupadas em ASVs (Amplicon Sequence Variants) com DADA2 *plugin* (Callahan *et al.*, 2016) por meio do software QIIME2 (Bolyen *et al.*, 2019). As análises de diversidade e filogenética foram realizadas com os pacotes *PhyloSeq* (McMurdie; Holmes, 2012), *ggplot2* (Wickham, 2009) e *vegan*

(Oksanen *et al.*, 2013) no *software* R (R Development Team, 2018).

Para avaliar a relação entre a composição da comunidade microbiana e as variáveis ambientais, foi realizada uma análise de redundância. As variáveis altamente colineares foram omitidas das análises (densidade e pH da massa d'água em contato com o sedimento, isóbata, longitude, relação carbono nitrogênio, concentração de feopigmentos, lipídios, esteróis, nitrogênio, carbono biopolimérico, fósforo orgânico e inorgânico, conteúdo de areia e silte), sendo utilizadas para a análise: latitude, profundidade, potencial redox do sedimento, concentração de clorofila-a no sedimento, temperatura e salinidade da massa d'água do fundo, concentração de fitol, carbono orgânico total (TOC), C13, N15, concentração de álcool total, concentração de ácidos graxos total, concentração de carboidrato total, concentração de proteína total, concentração de fósforo total, média da granulometria, conteúdo de cascalho, argila e carbonato. Foram utilizadas na representação gráfica só as variáveis que apresentaram uma relação significativa com a variação da composição da comunidade.

III.2.5 Sequenciamento de DNA metagenômico total

As bibliotecas metagenômicas realizadas a partir de DNA de 26 amostras de sedimento foram construídas no Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) utilizando o *kit Nextera DNA Flex Library Preparation* (Illumina, EUA) de acordo com as recomendações do fabricante. O controle de qualidade da biblioteca e os procedimentos de quantificação foram realizados usando o "*High Sensitivity*" D5000 ScreenTape Assay em um sistema 4200 TapeStation (Agilent, EUA). Para cada execução de sequenciamento, as bibliotecas foram agrupadas por volume e o sequenciamento foi conduzido em um sistema NextSeq 500 usando um NextSeq 500/550 High Output Kit v2.5 (300 ciclos) (Illumina, EUA), com o sistema configurado para produzir *reads* de 2x150 bp.

Os dados brutos foram submetidos ao programa BBduk (incorporado ao *software* BBDuk, v.38.81 - <https://github.com/BioInfoTools/BBMap>) para a averiguação do controle de qualidade dos fragmentos obtidos, ou seja, para a identificação e filtragem de *reads* de baixa qualidade e artefatos de sequenciamento. *Reads* com qualidade de phred inferior a 20 (com uma janela

de leitura de 10 bases) e comprimento menor que 50 bp, bem como, adaptadores Illumina e phiX174 foram removidos usando os parâmetros: *minlength* = 50, *mink* = 8, *qout* = auto, *hdist* = 1, *k* = 31, *trimq* = 10, *qtrim* = rl, *ktrim* = l, *minavgquality* = 20 e *statscolumns* = 5. As amostras sequenciadas são amostras ambientais e, portanto, não associadas a um hospedeiro. Entretanto, os *reads* restantes do controle de qualidade foram mapeados contra o genoma de referência humano (*H. sapiens* GRCh38 v.38, disponível no NCBI *database*), para eliminação de possíveis contaminantes. O mapeamento foi feito através do *software* Bowtie 2.4.1 (Langmead; Salzberg, 2012), aplicando a opção “*very sensitive*”.

III.2.5.1 Análises taxonômicas

Os fragmentos resultantes do controle de qualidade foram submetidos à classificação taxonômica usando o programa Kraken2 (v.2.1.2, parâmetros “*default*”, banco de dados PlusPFP_v. Jan 2021) (Wood; Langmead, 2014). A classificação taxonômica comparativa e segmentada por nível taxonômico hierárquico foi obtida utilizando “*scripts in house*” desenvolvidos para a aplicação SABIA Apps. A fim de reduzir classificações espúrias, táxons com abundância relativa menor que 0.0001% foram filtrados das análises (Sunagawa *et al.*, 2015). Para que as amostras fossem equiparáveis, foi feito um ajuste na abundância a partir do número sequências obtidas. Com base na listagem de sequências foi identificada a amostra com menor valor de tamanho de biblioteca (VALORmin). Em todas as amostras, o número de *reads* sequenciados foi dividido por esse valor (VALORmin), obtendo uma fração denominada de fator. A amostra de menor tamanho apresentou fator 1 e as demais amostras tiveram um fator maior que 1. Esse valor específico para cada amostra foi então aplicado aos seus respectivos valores de abundância absoluta.

Índices de diversidade de Shannon (*ln*) e estimadores de riqueza Chao1 foram calculados a partir de tabelas quantitativas taxonômicas usando um script Python disponível no pacote scikit-bio (<https://github.com/biocore/scikit-bio/tree/master/skbio/diversity>). Gráficos tipo *box-plot* de riqueza de espécies foram gerados com o pacote ggplot2 R. Análises de Coordenadas Principais de beta-diversidade foram conduzidas para determinar as distâncias ou diferenças

entre as estruturas das comunidades. Todas as matrizes foram analisadas usando a métrica de dissimilaridade Bray-Curtis do pacote phyloseq R. Representações da distribuição da abundância microbiana - mostrando os táxons mais frequentemente encontrados nas diferentes profundidades da Bacia de Santos, foram gerados com o pacote ggplot2 R. A presença de espécies compartilhadas ou exclusivas entre as amostras foi investigada usando o pacote upset R.

III.2.5.2 Análise da diversidade funcional

A anotação funcional do potencial metabólico relacionado aos ciclos biogeoquímicos foi realizada no Laboratório de Ecologia Microbiana (LECOM). As sequências filtradas foram anotadas utilizando o *Metagenomics RAST server* (MG-RAST) (Meyer *et al.*, 2008), de acordo com o *pipeline* da versão 4.04. O MG-RAST fornece um controle de qualidade das sequências que consiste em remover sequências duplicadas e selecionar sequências de acordo com sua qualidade e tamanho. Foram selecionadas sequências com tamanho maior que 80pb e *Phred score* maior que 30.

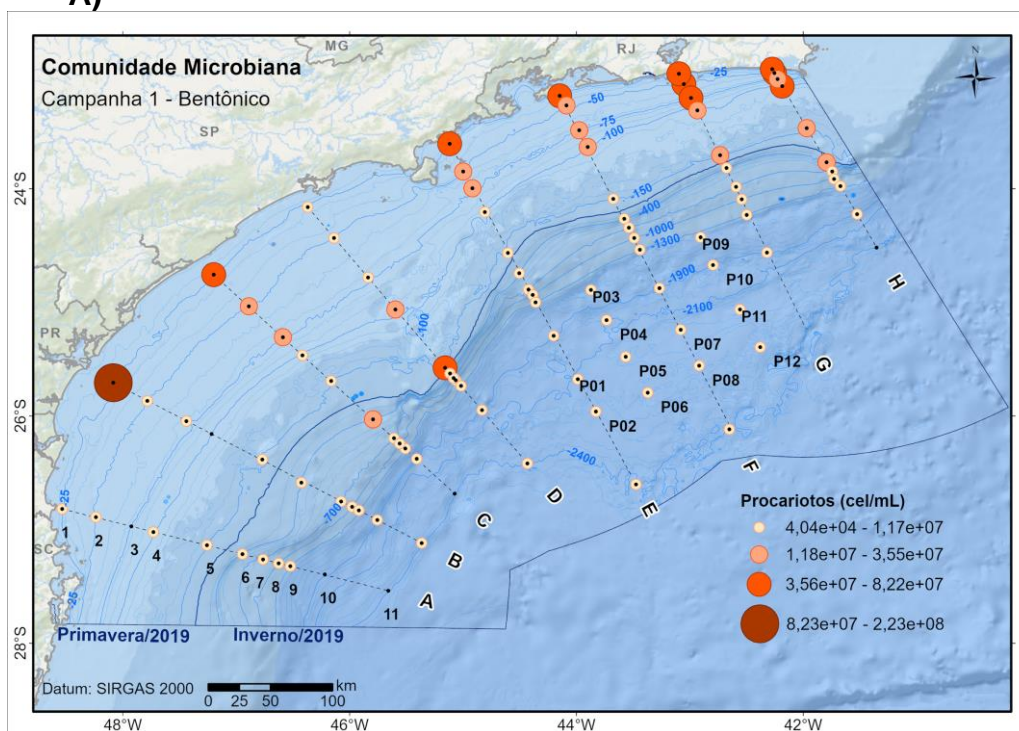
Os perfis funcionais e taxonômicos foram gerados através das classificações de subsistemas e classificações com melhor *hit*, utilizando a base de dados *SEED subsystem* com os parâmetros 1×10^5 *e-value*, mínimo de alinhamento de 50bp e 60% de identidade. Foi gerada uma tabela contendo a frequência de hits para cada subsistema (função) para cada amostra. Os valores foram normalizados para abundância relativa para remover possíveis vieses quanto aos diferentes tamanhos das sequências e esforços de sequenciamento. Os dados gerados pelo MG-RAST foram analisados no *software* R (R Development Team, 2018) utilizando os pacotes *ggplot2* (Wickham, 2009) e *vegan* (Oksanen *et al.*, 2013).

III.3 Resultados

III.3.1 Contagem de células microbianas utilizando Citometria de Fluxo

A análise de citometria de fluxo indicou uma grande variabilidade na quantificação de células microbianas nas amostras de sedimento da BS, oscilando de $4,0 \times 10^4$ a $1,6 \times 10^8$ de células por mL de sedimento para as amostras coletadas em 2019 e de $4,7 \times 10^5$ a $2,2 \times 10^8$ cel/ mL de sedimento para as amostras coletadas em 2021 (**Figura III.3.1-1**). Os resultados das análises realizadas com as amostras coletadas nos dois anos apontaram uma tendência de maior número de células microbianas na região da plataforma, em comparação com a região oceânica. Foi também observada para as estações costeiras (até a isóbata de 100 m) uma tendência de maior abundância de células nos transectos ao norte da BS (E, F, G e H). Com relação aos transectos do sul, as estações B1 e C1 (ambas da isóbata de 25m) também apresentaram maior abundância microbiana (**Figura III.3.1-1**).

A)



B)

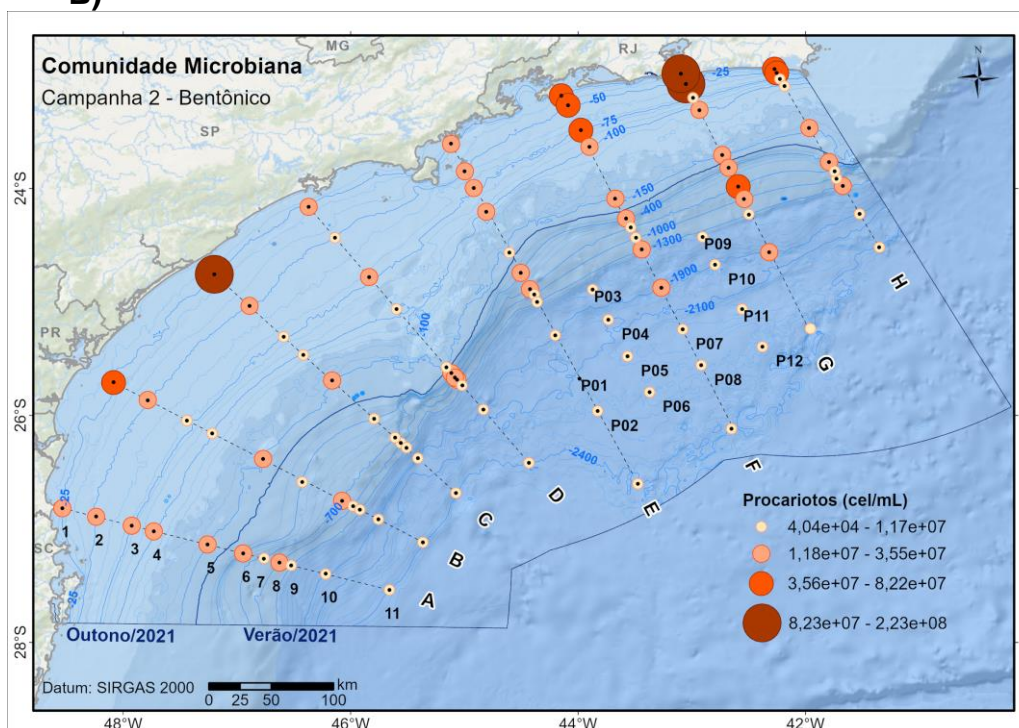


Figura III.3.1-1: Mapas com as estações do sistema bentônico da BS indicando a abundância de células microbianas na camada de 0-2 cm de sedimento. Amostras coletadas durante as campanhas de 2019 (a) e 2021 (b) e quantificadas por citometria de fluxo.

III.3.2 Perfil taxonômico revelado pelo sequenciamento do gene 16s rRNA

A análise dos dados de sequenciamento do gene 16S rRNA demonstrou uma grande diversidade de bactérias e arqueias nos sedimentos da Bacia de Santos. As classes de micro-organismos de maior dominância nas amostras de sedimento foram Gammaproteobacteria e Alphaproteobacteria (ambas do filo Proteobacteria), Nitrososphaeria (filo Crenarchaeota) e Planctomycetes (filo Planctomycetota). A **Figura III.3.2-1** apresenta as proporções dessas quatro classes em todas as amostras analisadas. Apesar da variabilidade, não foi possível observar um padrão claro de distribuição neste nível taxonômico.

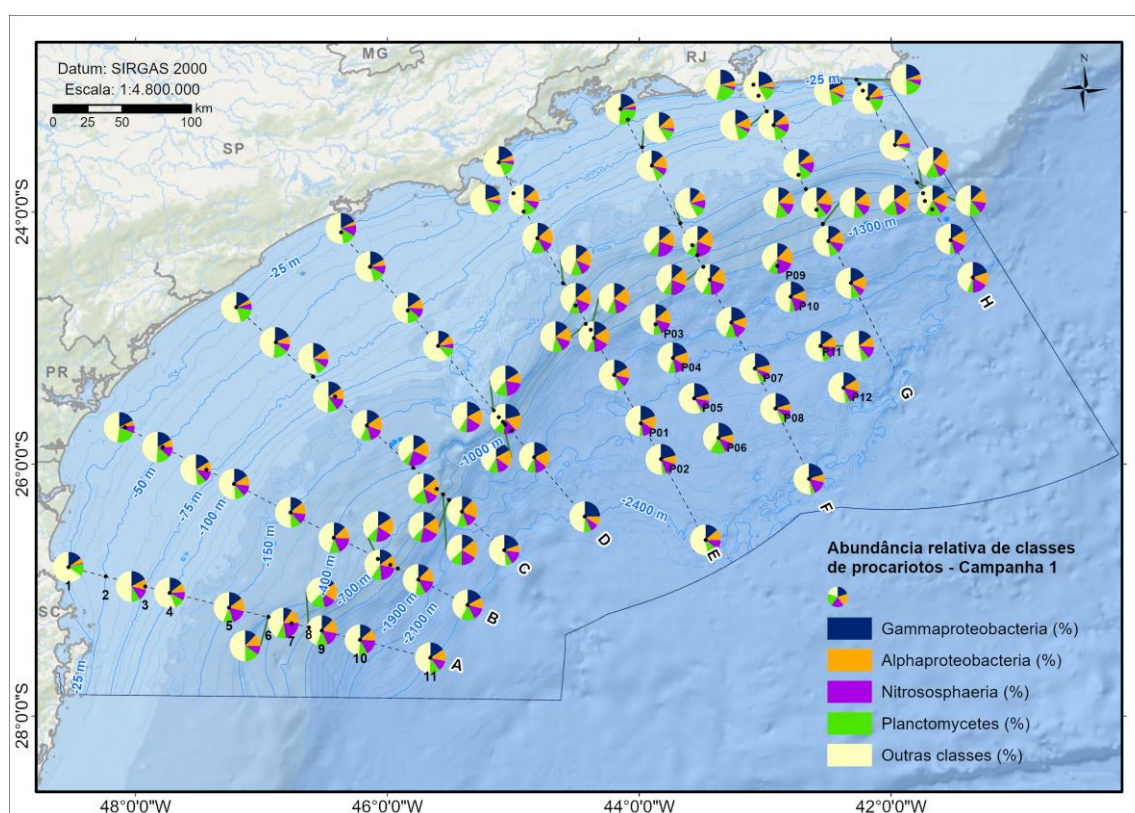


Figura III.3.2-1: Mapas com as estações do sistema bentônico da BS indicando a abundância relativa das quatro classes microbianas dominantes. Amostras coletadas durante a campanha de 2019.

Ao analisar a comunidade ao nível de família (**Figura III.3.2-2**) uma maior variabilidade na abundância relativa dos táxons é observada e padrões de distribuição começam a ser revelados. Nitrosopumilaceae, apesar de estar entre as famílias dominantes em toda a BS, teve uma maior abundância relativa na

região de quebra da plataforma. Outra família dominante, a Kiloniellaceae também apresentou um aumento na proporção na quebra da plataforma. Por outro lado, Pirellulaceae foi mais frequente em regiões costeiras, reduzindo em amostras de sedimento de áreas mais profundas.

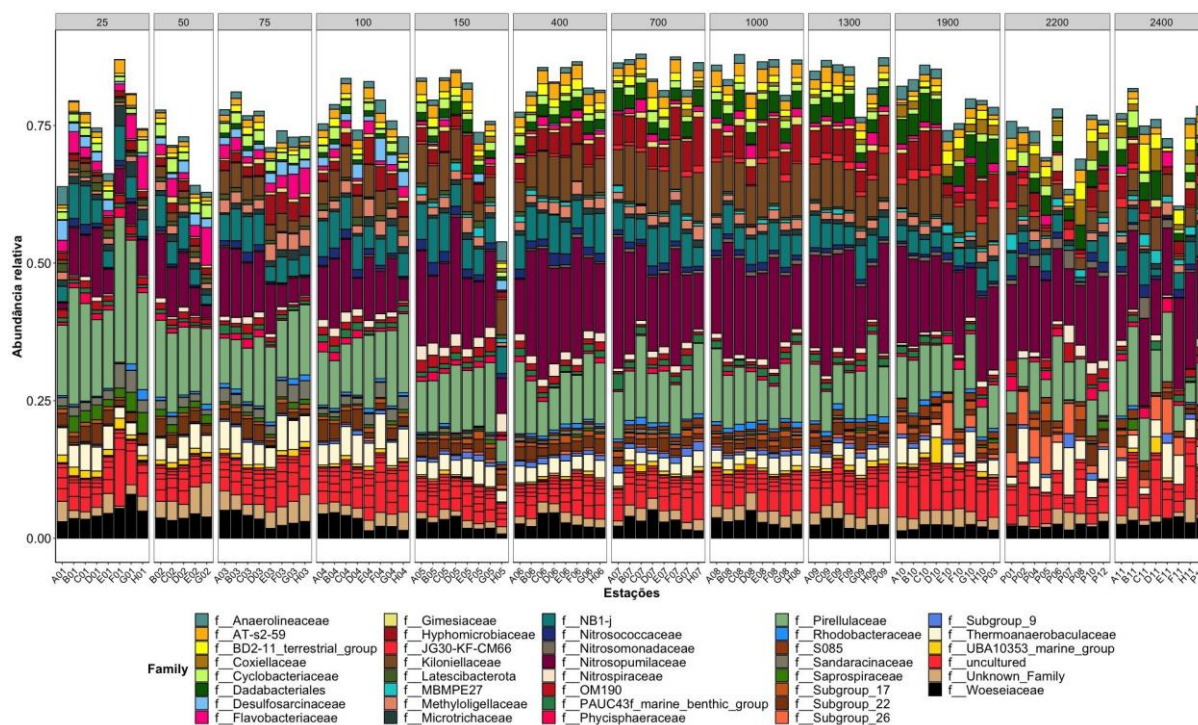


Figura III.3.2-2: Abundância relativa de famílias de Bacteria e Archaea em amostras de sedimento da Bacia de Santos. Apenas famílias com abundância relativa acima de 0.5% estão sendo apresentadas. As estações foram agrupadas por isóbata (números na parte superior da figura). Para melhor visualização algumas isóbatas foram agrupadas (1300 inclui isóbatas de 1300 e 1400m; 1700 inclui isóbatas de 1700 e 1900m; 2200 inclui isóbatas de 2000, 2100 e 2200m).

Ao analisar a comunidade ao nível de família (**Figura III.3.2-2**) uma maior variabilidade na abundância relativa dos táxons é observada e padrões de distribuição começam a ser revelados. Nitrosopumilaceae, apesar de estar entre as famílias dominantes em toda a BS, teve uma maior abundância relativa na região de quebra da plataforma. Outra família dominante, a Kiloniellaceae também apresentou um aumento na proporção na quebra da plataforma. Por outro lado, Pirellulaceae foi mais frequente em regiões costeiras, reduzindo em

amostras de sedimento de áreas mais profundas.

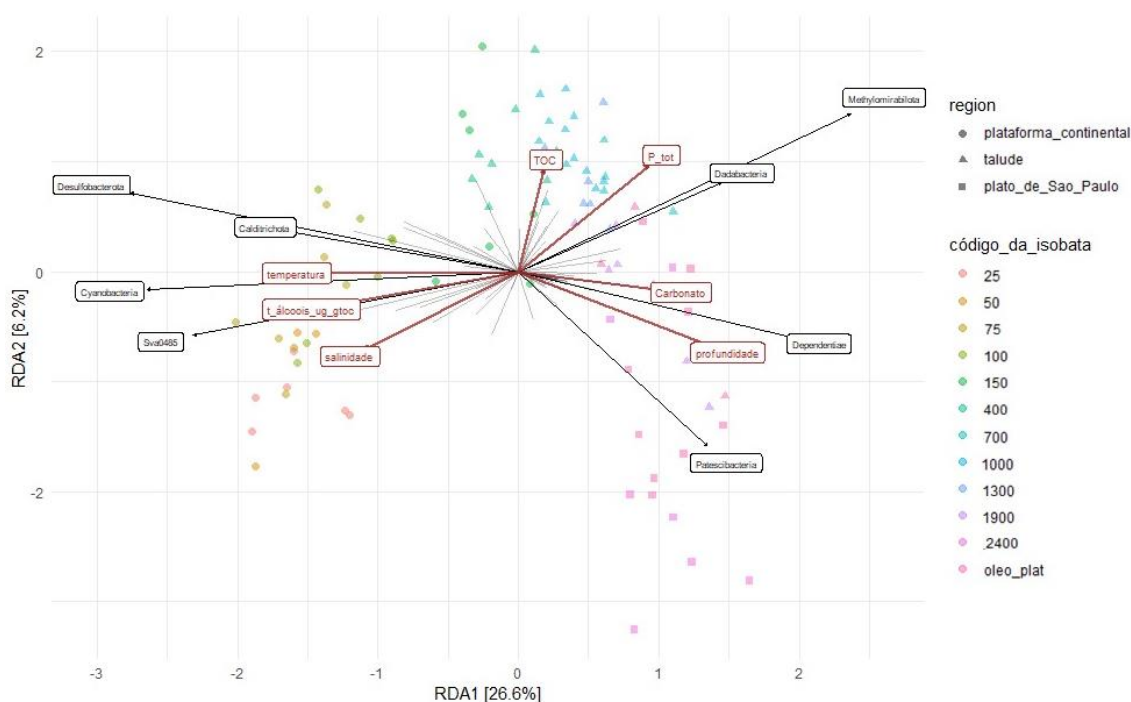


Figura III.3.2-3: Análise de redundância mostrando as variáveis ambientais significativamente correlacionadas com a variação na composição da comunidade microbiana do sistema bentônico da Bacia de Santos, de acordo com os dados obtidos na análise do sequenciamento do gene 16S rRNA.

III.3.3 Análise do sequenciamento metagenômico

A seleção de amostras para a análise metagenômica foi realizada com base nos resultados do sequenciamento do gene 16S rRNA, com o intuito de abranger uma maior diversidade microbiana. Sendo assim, 32 amostras foram selecionadas para sequenciamento metagenômico. Entretanto, os testes de controle de qualidade iniciais apontaram que apenas 26 amostras atendiam aos critérios mínimos de qualidade e quantidade de DNA para o sequenciamento e foram, portanto, sequenciadas (**Figura III.3.3-1**). Todas as amostras que não passaram do controle de qualidade foram coletadas em regiões mais profundas do talude e no Platô de São Paulo, em estações com menor biomassa microbiana (**Figura III.3.1-1**).

O sequenciamento dos 26 metagenomas gerou quase 30 milhões de

fragmentos de alta qualidade (phred >20) por amostra, cujo aproveitamento foi superior a 93% após o controle de qualidade. Doze amostras da plataforma continental, com profundidades variando entre 25, 100 e 150 metros, apresentaram um número médio de sequências de 24.000.000. Para as 12 amostras do talude, o número de fragmentos sequenciados variou de 22.000.000 a 27.000.000 em média, exceto para as amostras a 700 metros, com 63.000.000 de sequências. Já para o platô de São Paulo, a amostra coletada a 2300 metros teve aproximadamente 18 milhões de *reads*, enquanto na de 2400 metros quase 90 milhões de fragmentos foram obtidos (Tabela III.7-1).

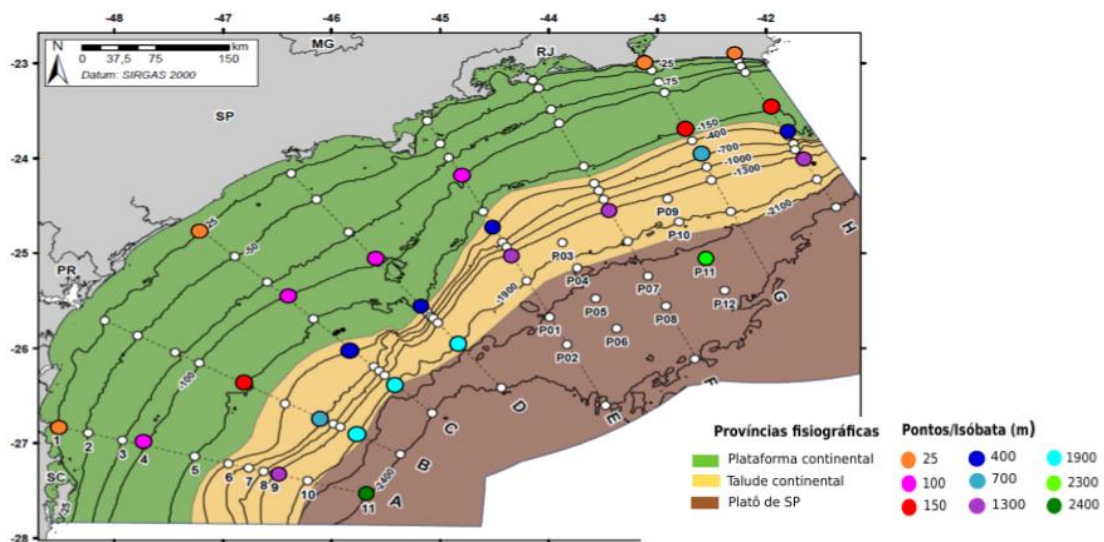


Figura III.3.3-1: Pontos amostrais da Bacia de Santos selecionados para a análise de metagenômica total, representando as diferentes províncias, transectos (letras A à H) e isóbatas (de 25 a 2400m).

III.3.3.1 Descrição taxonômica a partir dos dados de metagenoma

A diversidade taxonômica das 26 amostras de sedimento da BS foi composta, em sua grande maioria, por táxons pertencentes aos domínios Bacteria (aproximadamente 12%) e Archaea (0,8%). Cerca de 86% do conjunto de sequências obtidas não apresentaram uma atribuição taxonômica (**Anexo III-2**).

Considerando a composição taxonômica ao nível de família, os seguintes táxons foram os mais dominantes nas amostras de sedimento da BS: A família

de Archaea Nitrosopumilaceae, e as famílias de Bactéria Streptomycetaceae, Rhodobacteraceae, Pseudomonadaceae e Bradyrhizobiaceae. A **Figura III.3.3.1-1** apresenta os resultados de composição taxonômica ao nível de família. Note que apenas as famílias dominantes foram apresentadas.

Dentro dos domínios Bacteria e Archaea foram identificados um total de 2263 gêneros, sendo *Streptomyces*, *Nitrosopumilus*, *Pseudomonas*, *Bradyrhizobium* e *Mesorhizobium* os gêneros predominantes (**Figura III.3.3.1-2**).

Foram identificadas 8070 espécies de Bacteria e Archaea presentes na amostragem do sistema bentônico da Bacia de Santos. Como pode ser observado na **Figura III.3.3.1-3**, a maior parte das espécies detectadas nas amostras ainda não podem ser identificadas taxonomicamente. Na **Figura III.3.3.1-3B** estão apresentadas apenas as espécies com identificação taxonômica para uma melhor visualização da variabilidade. Dentro do domínio Archaea, pode-se destacar a abundância de espécies do gênero *Nitrosopumilus*, como *N. ureiphilus*, *N. piranensis*, *N. oxyclinea*, *N. cobalaminigenes*, *N. adriaticus*, além de *Candidatus Nitrosopumilus sp. SW*, *Candidatus Nitrosopumilus sediminis*, *Candidatus Nitrosopumilus koreensis* e *Nitrosarchaeum sp. AC2*. Já no domínio Bacteria, *Sorangium cellulorum*, *Bradyrhizobium erythrophlei* e *Actinomarinicola tropica*, foram as espécies com maior abundância. *Ilumatobacter coccineus* foi observada principalmente na isóbata de 25m. Diferente das demais amostras de 25m, o ponto A1 apresentou maior proporção de espécies do gênero *Desulfosarcina*.

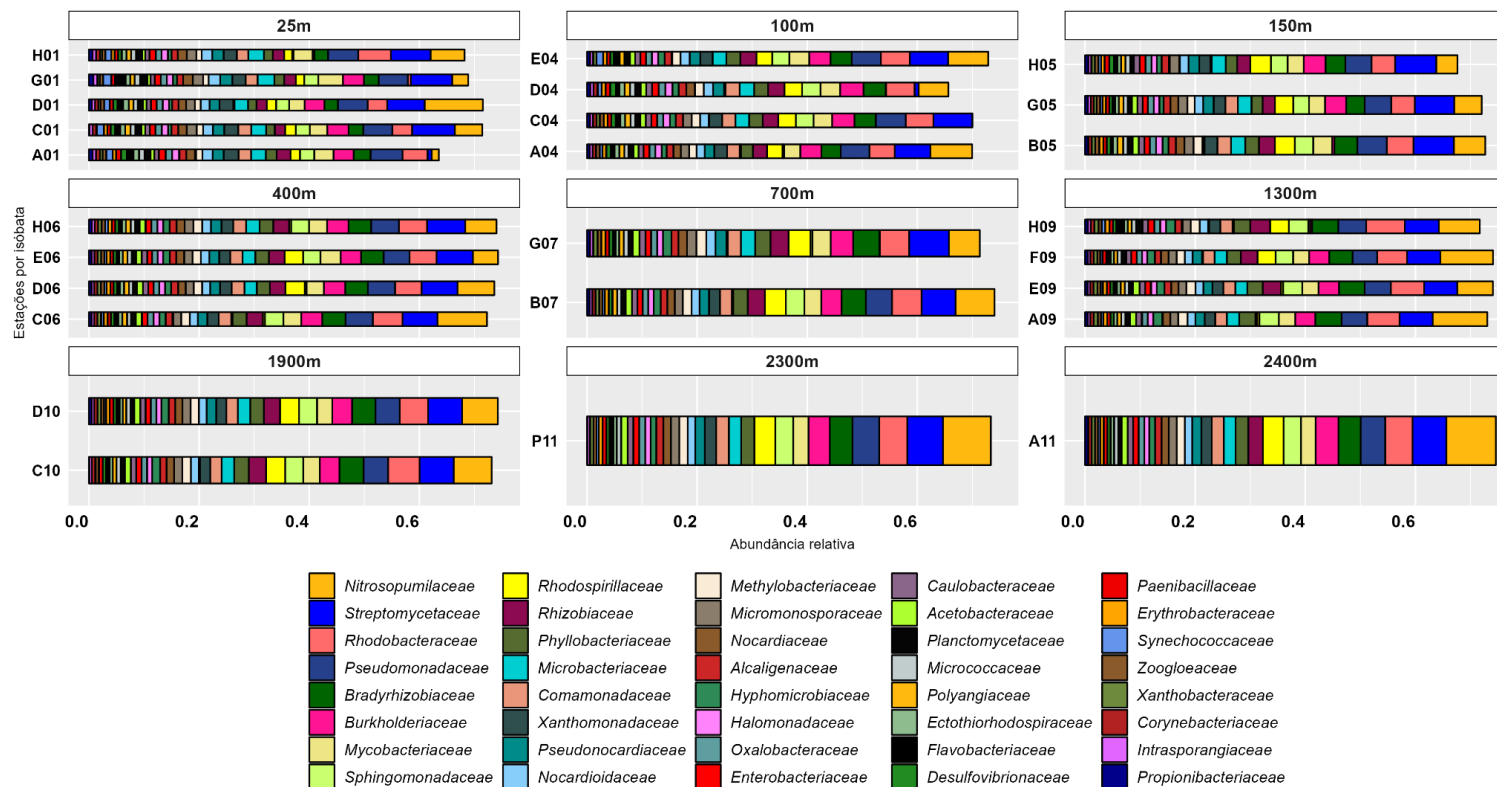


Figura III.3.3.1-1: Distribuição taxonômica a nível de família de acordo com a base de dados do Kraken para amostras de sedimento da BS.

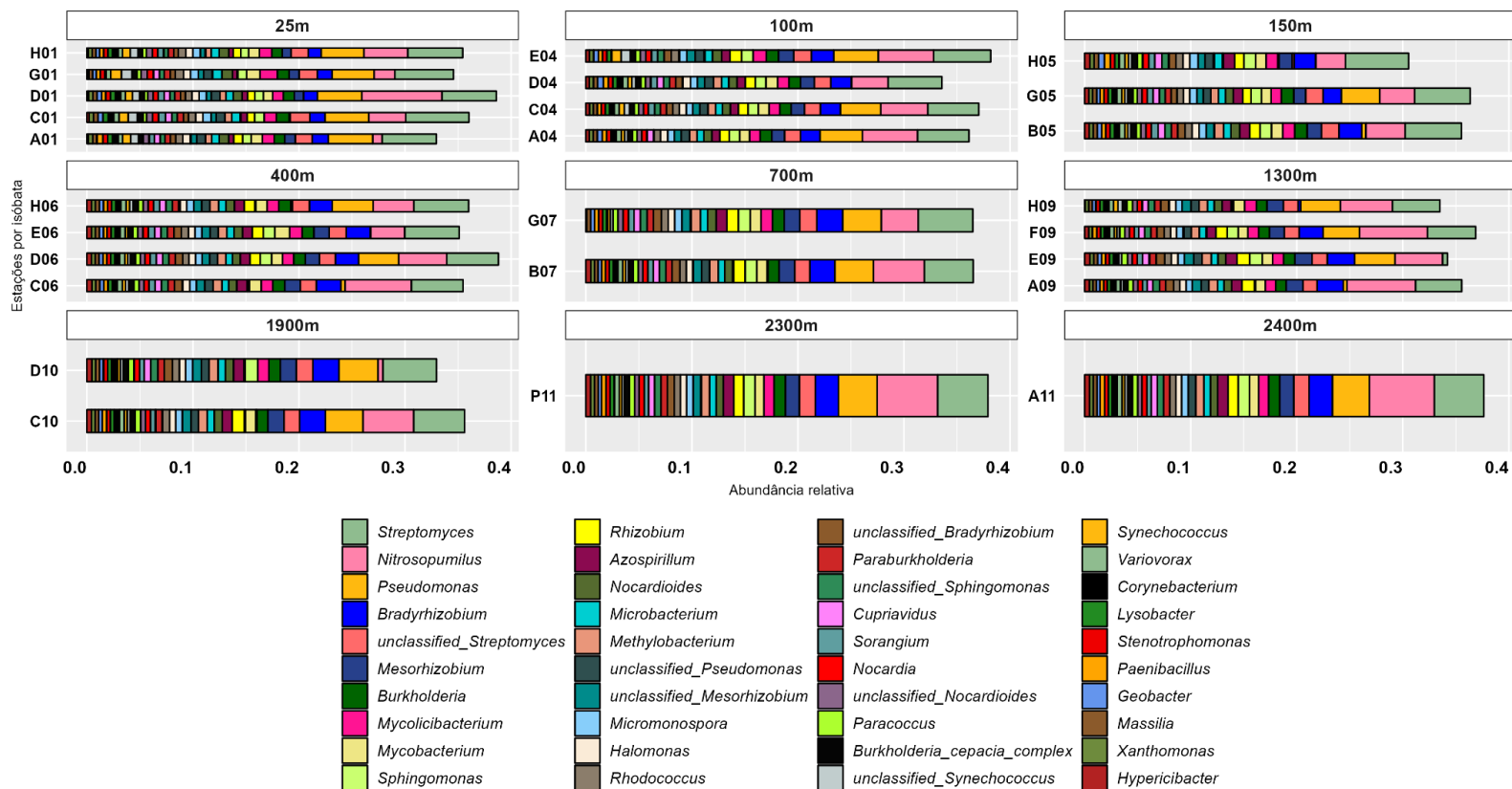


Figura III.3.3.1-2: Distribuição taxonômica dos gêneros mais abundantes (Bacteria e Archaea) nas amostras de sedimento da BS.

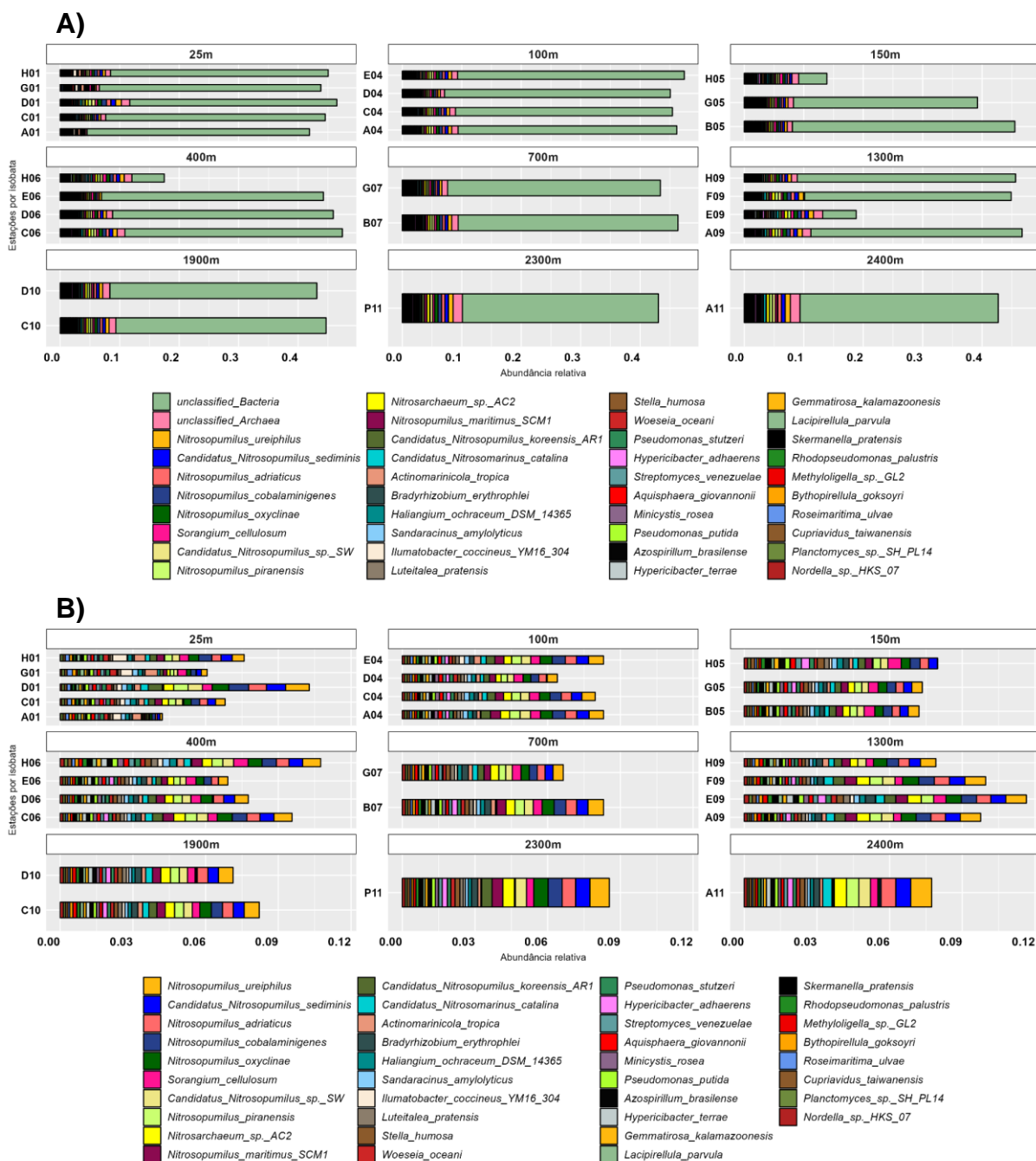


Figura III.3.3.1-3: Distribuição taxonômica das espécies mais abundantes nas amostras de sedimento da BS. Em (A) estão todas as espécies mais abundantes de acordo com a análise de metagenômica, incluindo as não identificadas e em (B) somente as espécies com identificação taxonômica.

Do total de espécies identificadas de Bacteria e Archaea, 6870 (85,1%)

foram comuns a todas as amostras (**Figura III.3.3.1-4**). Um total de 229 espécies (3,7%), incluindo, por exemplo, alguns representantes dos gêneros *Brachyspira*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Campylobacter*, *Burkholderia*, foram comuns a todas as isóbatas, exceto a de 2300m. As isóbatas de 100, 400 e 1300m apresentaram, respectivamente, 32, 12 e 19 espécies não identificadas nas demais profundidades (**Figura III.3.3.1-4**). Dentre essas espécies, para as amostras de 100m pode-se citar representantes dos gêneros *Streptococcus*, *Brucella*, *Xanthomonas*, *Chlamydia*. Já para 400m, espécies de *Nocardia*, *Escherichia* foram identificadas, enquanto em 1.300m, destaca-se a ocorrência de espécies dos gêneros *Pseudomonas*, *Mycobacterium* e *Salmonella*.

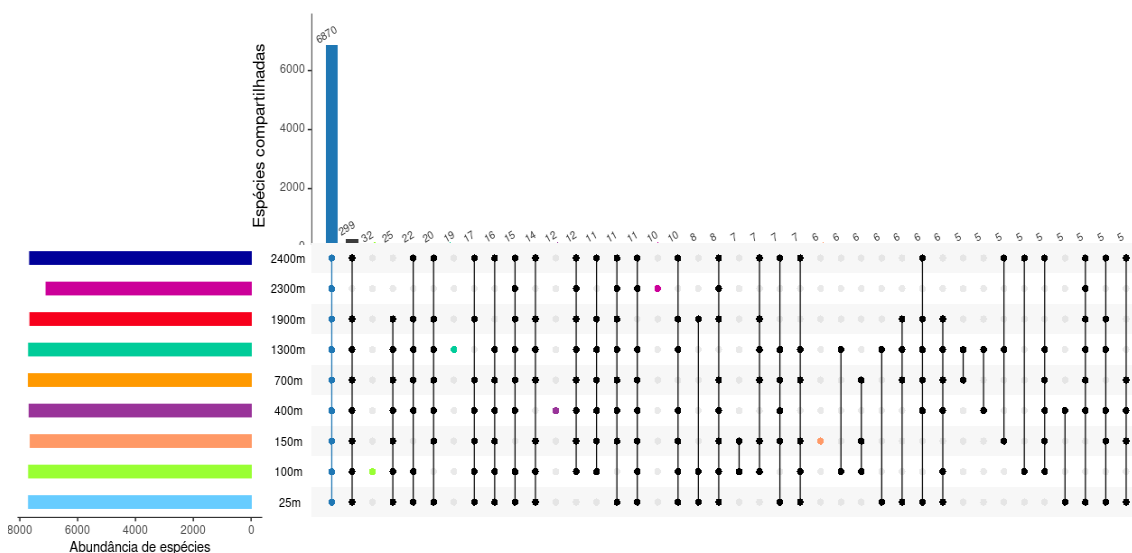


Figura III.3.3.1.: Número de espécies compartilhadas e/ou exclusivas obtidas dentro o total de espécies de Bacteria e Archaea identificadas nas amostras de sedimento da BS.

A análise de riqueza de Chao1 indicou grande variabilidade entre as isóbatas (**Figura III.3.3.1-5A**). Ao agrupar as amostras por transecto, observou-se uma maior riqueza de espécies em transectos mais ao sul ou norte da Bacia de Santos (A-B-C e G-H) (**Figura III.3.3.1-5B**). Quando analisado o índice de Shannon, um discreto aumento de diversidade foi observado para isóbatas de maior profundidade ou transectos mais ao norte da Bacia de Santos, em comparação com as demais amostras (**Figura III.3.3.1-5 C e D**).

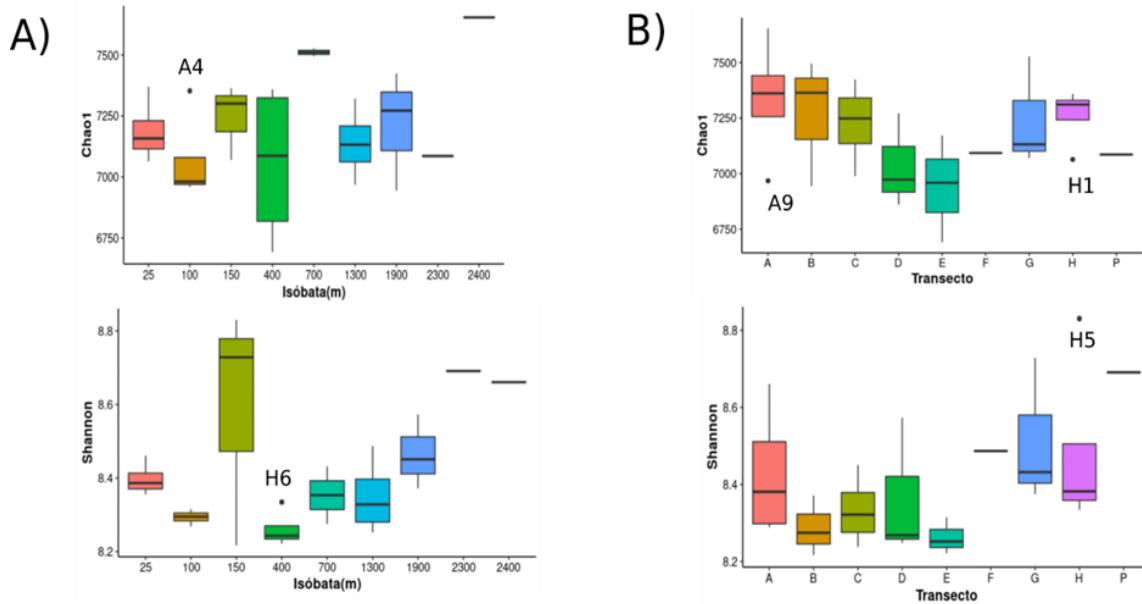


Figura III.3.3.1-5: Alpha diversidade mensurada pelos índices de Chao1 e Shannon para espécies de Bacteria e Archaea identificadas nas amostras de sedimento (sistema bentônico) contidas nas diferentes isóbatas (A) e/ou transectos (B) da Bacia de Santos.

A análise de beta diversidade mostrou uma diferença de composição de espécies entre as isóbatas, sendo as isóbatas mais costeiras (25, 100 e 400m) mais homogêneas (**Figura III.3.3.1-6**). Não foi observado padrão de agrupamento por transecto.

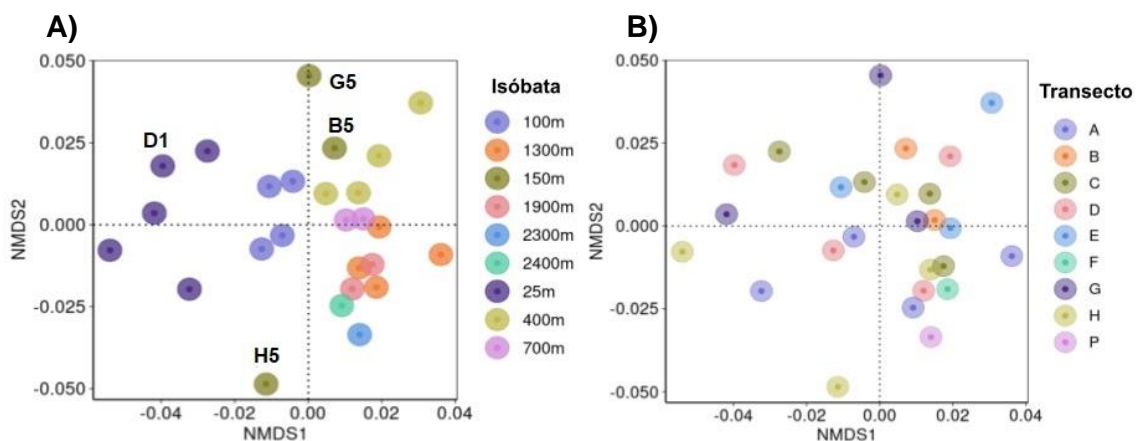


Figura III.3.3.1-6: Análise de escalonamento multidimensional não métrica avaliando os agrupamentos de amostras de sedimentos com relação à similaridade na composição taxonômica de acordo com os dados obtidos na análise metagenômica.

III.3.3.2 Descrição funcional a partir dos dados de metagenoma

Os dados funcionais mostraram que um total de 7.513.930 potenciais sequências codificadoras de proteínas ("*open reading frames*" - ORFs) foram identificadas nas amostras do sistema bentônico. A análise da diversidade de genes funcionais foi realizada empregando-se o banco de dados *Subsystems*, que faz parte do SEED (Overbeek *et al.*, 2014). Nas 26 amostras analisadas, foram detectadas entre 380 mil e 4,6 milhões de genes funcionais. A **Figura III.3.3.2-1** apresenta a abundância relativa de genes agrupados em 28 grupos funcionais. Considerando as funções agrupadas em categorias amplas, não foi possível observar diferenças entre as amostras. A seguir serão examinadas algumas funções de interesse em maior detalhe para investigar a variabilidade ao longo da BS.

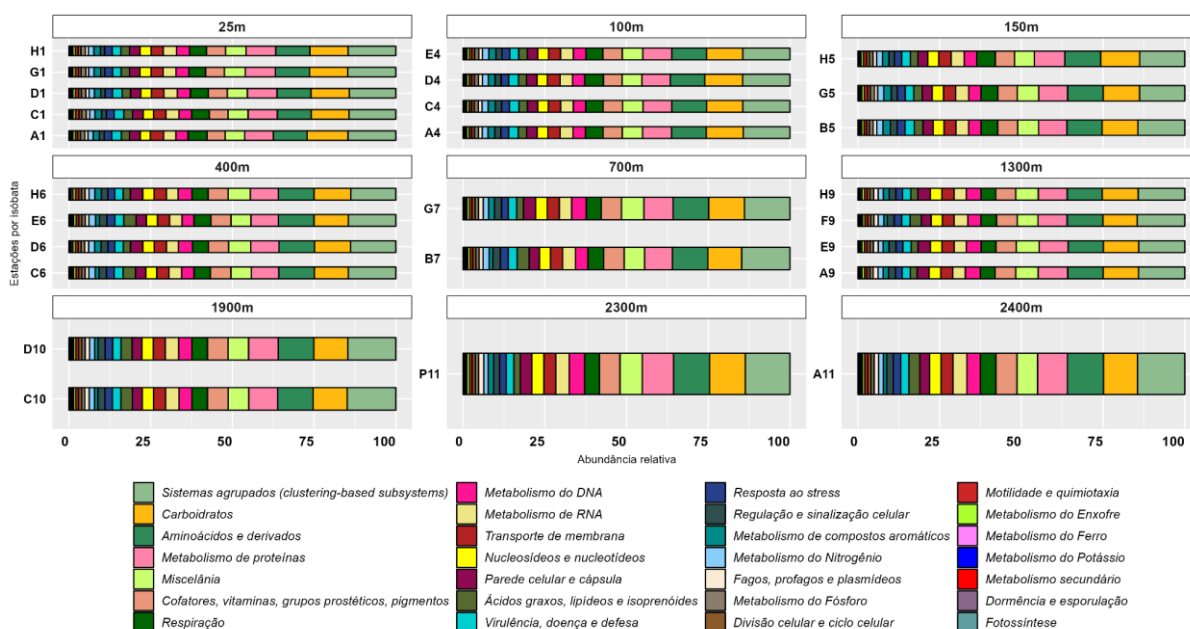


Figura III.3.3.2-1. Abundância relativa dos grupos funcionais por isóbatas nas comunidades microbianas do sedimento da Bacia de Santos, detectados na análise funcional das sequências do Metagenoma, utilizando o servidor MG-RAST e nível I do SEED Subsystem

Com o intuito de explorar a diversidade de funções relacionadas aos ciclos biogeoquímicos, selecionamos alguns grupos funcionais para investigar as variações de abundância entre as amostras. Com relação às funções relacionadas ao ciclo do nitrogênio, assimilação de amônia foi a função com

maior prevalência entre as amostras, seguida por redução dissimilatória de nitrato a amônio (DNRA, do inglês "Dissimilatory nitrate reduction to ammonium") e desnitrificação. Também foram detectados genes relacionados às funções de redução dissimilatória de nitrito, fixação de nitrogênio e utilização e hidrólise de compostos orgânicos nitrogenados. Foi possível observar que amostras coletadas em regiões mais costeiras tendem a possuir uma maior proporção de genes relacionados a degradação de matéria orgânica associada a redução de formas de nitrogênio (desnitrificação, DNRA e redução de nitrito) (**Figura III.3.3.2-2**).

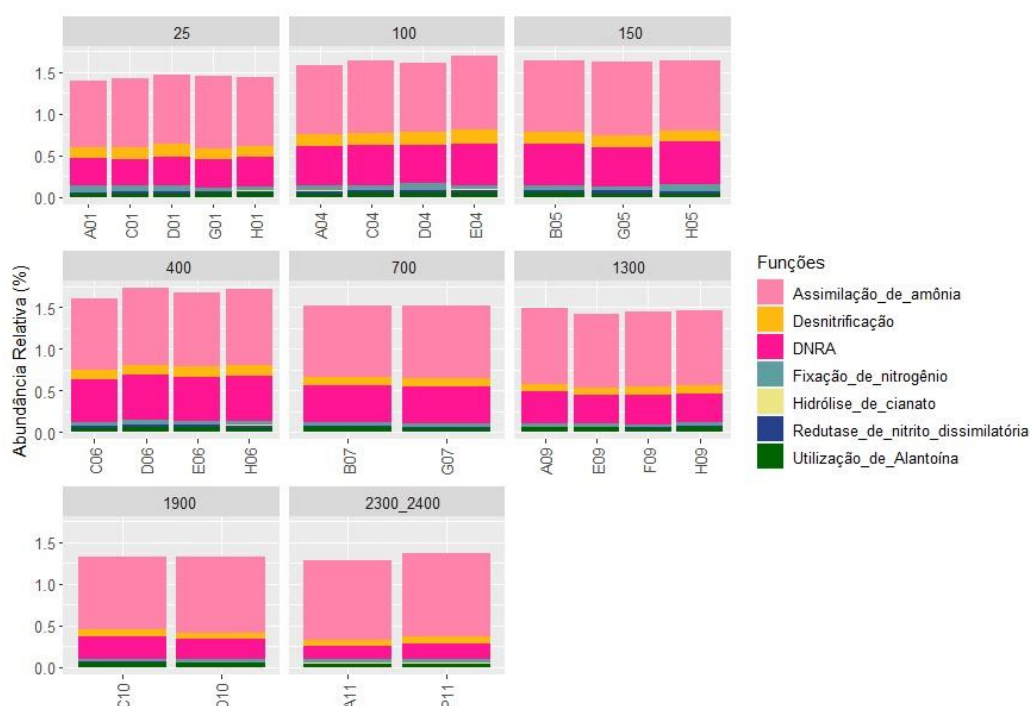


Figura III.3.3.2-2. Funções relacionadas ao metabolismo do nitrogênio detectadas nas amostras de sedimento da BS.

A **Figura III.3.3.2-3** apresenta os resultados obtidos para os genes relacionados ao metabolismo de enxofre. Assimilação de enxofre inorgânico foi o grupo funcional mais presente em todas as amostras e teve uma maior abundância relativa nas

isóbatas 2300 e 2400. Por outro lado, genes relacionados à redução de sulfato foram mais presentes em amostras da plataforma.

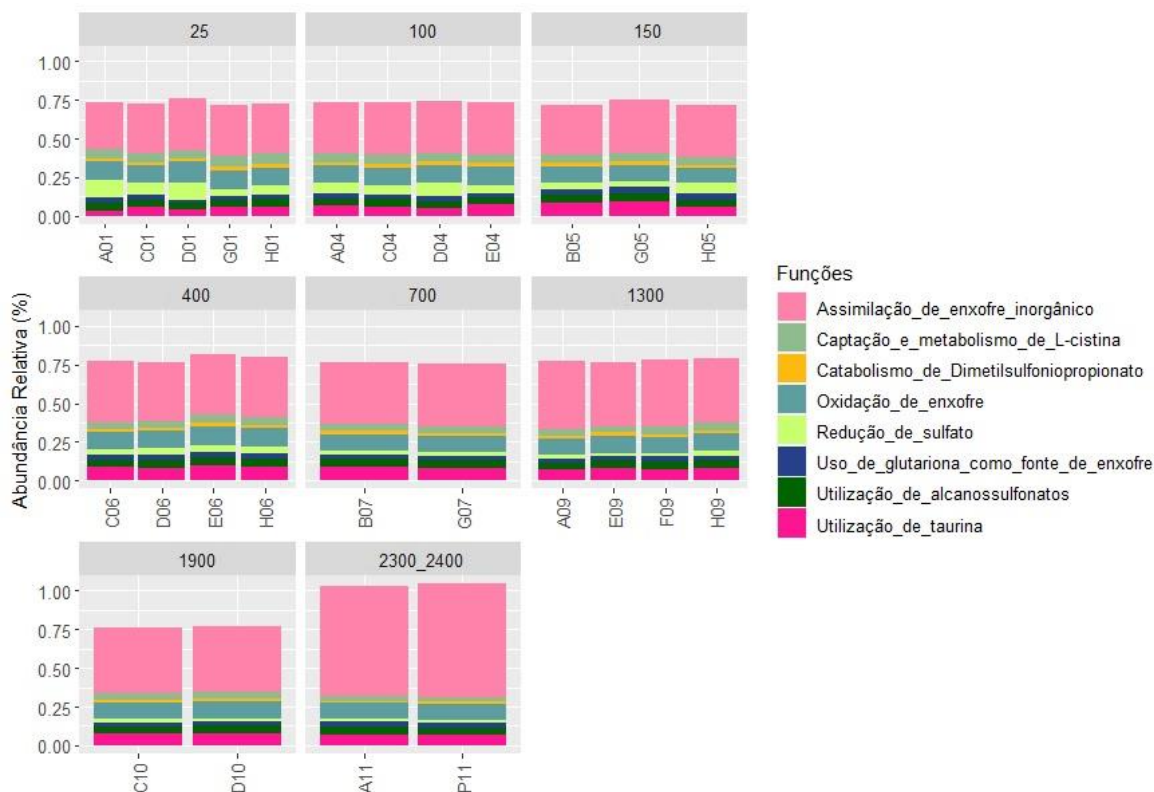


Figura III.3.3.2-3. Funções relacionadas ao metabolismo do enxofre detectadas nas amostras de sedimento da BS.

Com relação à diversidade de genes relacionados ao metabolismo de fósforo (**Figura III.3.3.2-4**), genes que codificam para proteínas com papel chave no metabolismo de fosfato foram os mais dominantes. Como esperado, genes de cianobactéria para aquisição de fósforo foram mais presentes em amostras costeiras (isóbatas 25m a 150m). Além disso, genes para transportadores de P de alta afinidade também foram mais dominantes em amostras da plataforma continental. Por outro lado, genes relacionados ao metabolismo de fosfonato estavam mais presentes em amostras coletadas no talude e no Platô de São Paulo.

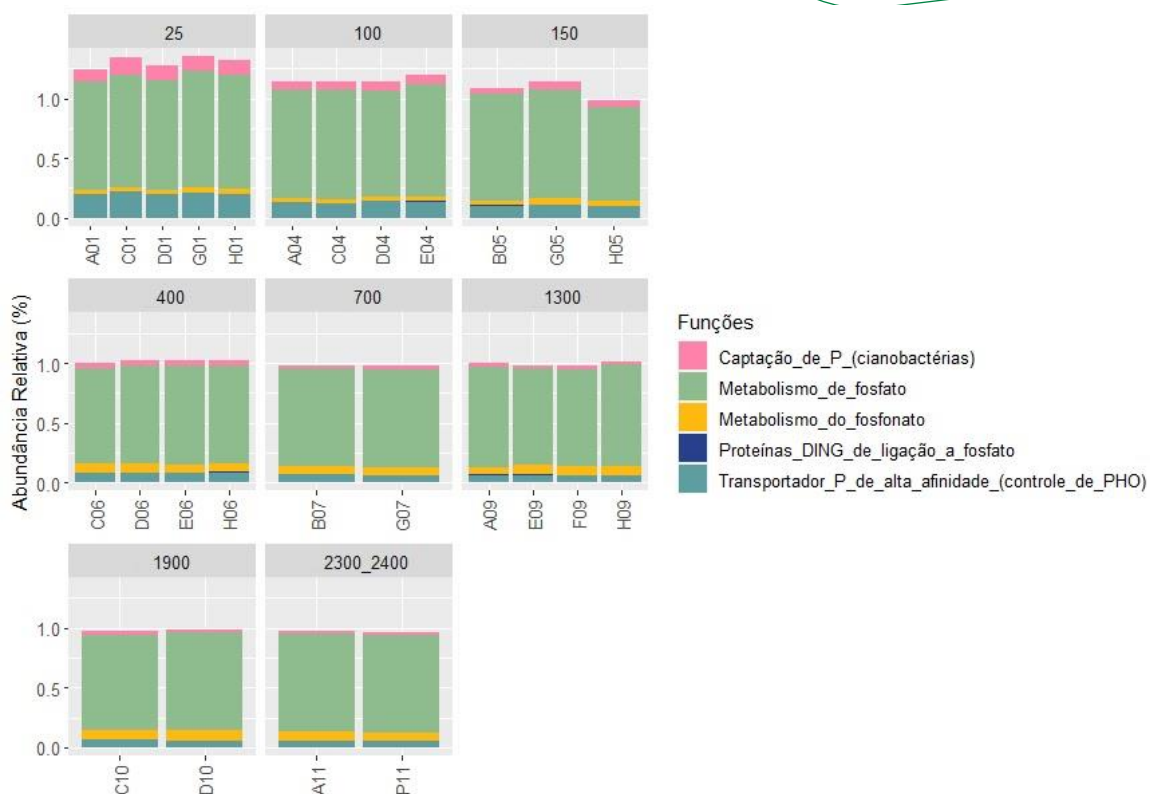


Figura III.3.3.2-4. Funções relacionadas ao metabolismo do fósforo detectadas nas amostras de sedimento da BS.

Na **Figura III.3.3.2-5** estão apresentados os resultados obtidos para genes relacionados ao metabolismo de compostos aromáticos. Observa-se a presença de uma grande diversidade de genes relacionados ao metabolismo aeróbico e anaeróbico desses compostos. A principal diferença observada entre as amostras foi a redução de genes relacionados à degradação anaeróbica de aromáticos e de vias periféricas do catabolismo nas isóbatas mais profundas (2300 e 2400 m).

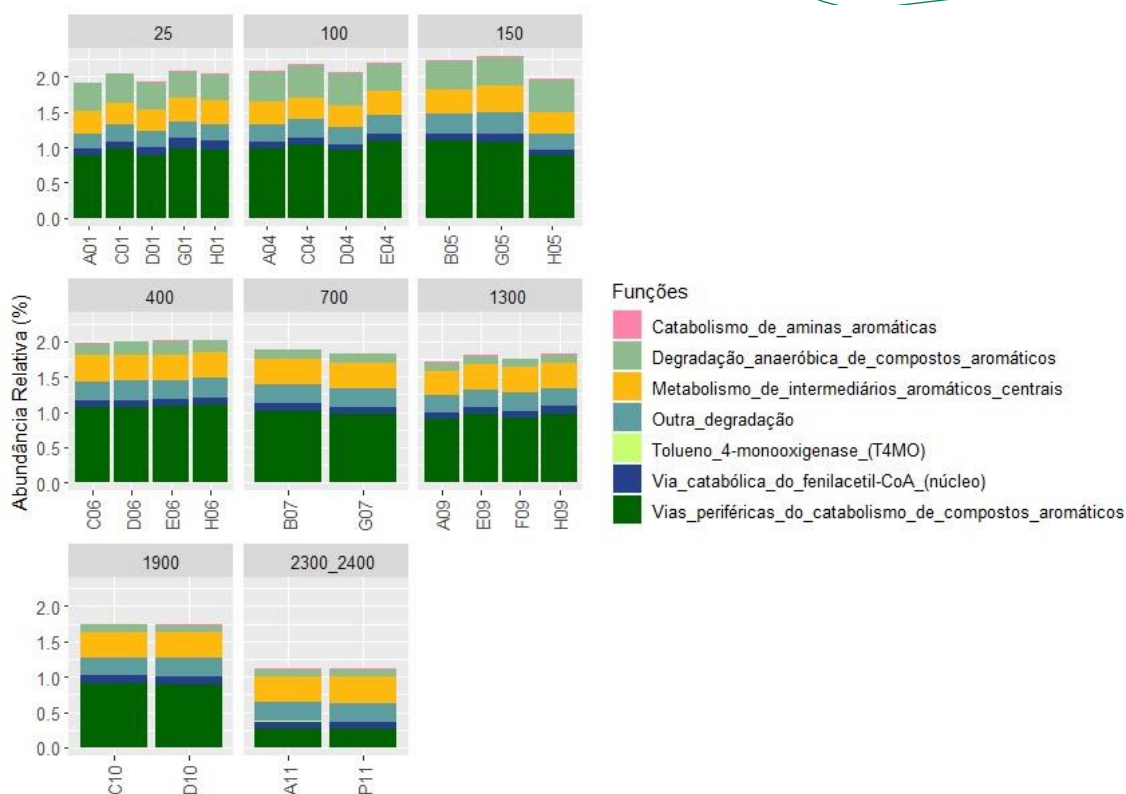


Figura III.3.3.2-5. Funções relacionadas à degradação de compostos aromáticos detectadas nas amostras de sedimento da BS.

III.4 Discussão

Nas camadas superficiais do sedimento marinho, um dos fatores determinantes na abundância de bactérias heterotróficas é a deposição de matéria orgânica proveniente da zona fótica (Billett *et al.*, 1983). Assim, uma vez que a sedimentação de matéria orgânica tende a diminuir com o aumento da profundidade, esses sedimentos de áreas mais profundas tendem a ser cada vez mais oligotróficos, como apresentado no Capítulo 10 deste volume e também observado para outras áreas (Cabral *et al.*, 2017; Schmidt *et al.*, 1998; Danovaro *et al.*, 1999). Esse padrão foi observado de forma clara em nosso estudo, com uma abundância de micro-organismo em regiões oceânicas de até quatro ordens de magnitude menor que em áreas costeiras. Resultados de estudos realizados na Bacia de Campos por Cabral e colaboradores (2017) também reportam diminuição da abundância de bactérias heterotróficas com o aumento da profundidade. Os autores relataram valores de até $1,74 \times 10^8$ cel.g⁻¹ (base úmida)

na região de Cabo Frio. Apesar da diferença de unidade de medida utilizada com relação ao nosso estudo (cel.g^{-1} e cel.mL^{-1}), o que dificulta comparações diretas entre os estudos, a magnitude de abundância de células apresentada por Cabral *et al.* (2017) estão dentro da faixa de valores apresentada aqui. Além disso, é importante notar a alta abundância de bactérias heterotróficas na região de Cabo Frio em nosso estudo. Esta distribuição pode estar associada à maior produtividade primária desta região (Rodrigues *et al.*, 2017), produtividade esta que gera uma maior exportação de matéria orgânica da zona pelágica para os sedimentos. Como apresentado no capítulo 10, existe uma variedade no valor nutricional da matéria orgânica, avaliado a partir dos pigmentos e do carbono biopolimérico, o que pode ter grande influência para o crescimento de organismos heterotróficos bentônicos. Na plataforma continental da bacia são encontradas concentrações relativamente altas de clorofila-a e feopigmentos, em estações com altos e baixos teores de carbono orgânico total. Sendo assim, mesmo em locais com baixo carbono orgânico total, como nas isóbatas de 25 e 50m, a biodisponibilidade conferida à matéria orgânica pelos pigmentos podem favorecer o crescimento de organismos heterotróficos (ver capítulo 10- Origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar usando indicadores geoquímicos). A elevada abundância de procariontes heterotróficos na região da plataforma interna provavelmente está relacionada com valor nutricional da matéria orgânica presente e não com a concentração de carbono orgânico total.

A análise da composição taxonômica das comunidades de bactérias e arqueias do sedimento superficial indicou a presença de uma grande diversidade microbiana distribuída em mais de 70 filos. As classes dominantes observadas neste estudo, Gammaproteobacteria, Alphaproteobacteria, Nitrososphaeria e Planctomycetes, foram descritas como dominantes em outros estudos de sedimento marinho (Cao *et al.*, 2013; Dyksma *et al.*, 2016; Hamdan; Salan, 2022; Vitorino *et al.*, 2021), mesmo que em número de amostras menos representativo do que nosso estudo. Ao analisar a diversidade taxonômica ao nível de família, observamos uma variabilidade na abundância relativa entre as amostras, sendo que os padrões mais evidentes foram observados entre as isóbatas. A análise multivariada realizada neste estudo, indicou também o agrupamento das comunidades procarióticas por profundidade. Variações na composição de

comunidades microbianas podem ocorrer devido a mudanças em fatores ambientais locais (DeLong *et al.*, 2006). O capítulo de integração do sistema bentônico (Cap. XXI deste volume) apresenta uma exploração aprofundada dos agrupamentos das comunidades microbianas utilizando técnicas de “machine learning”. Observamos que variáveis ambientais quantificadas ao longo dos transectos, e apresentadas em detalhe em outros capítulos deste volume, como temperatura e concentração de compostos como fósforo total, carbono orgânico e inorgânico, álcoois, ácidos graxos e carbonato possuem correlação significativa com a variação na composição da comunidade microbiana. A temperatura é considerada uma variável chave na estruturação de comunidades microbianas marinhas ao exercer um efeito modulador em múltiplos processos biogeoquímicos (Canion *et al.*, 2014; Bargiela *et al.*, 2015; Hicks, *et al.*, 2018; Lagostina, *et al.*, 2021). A análise de RDA também mostrou que a salinidade da massa d’água em contato com o sedimento apresenta uma relação significativa com a composição da comunidade microbiana da bacia, o que está de acordo com trabalhos anteriores que demonstram que diferentes massas d’água podem influenciar a composição de comunidades microbianas em sedimentos superficiais (Hamdan *et al.*, 2013; Walsh *et al.*, 2015).

Avaliando alguns grupos taxonômicos pode ser observada uma grande mudança na abundância relativa entre as isóbatas. Um exemplo é a família Nitrosopumilaceae, que compreende arqueias oxidadoras de amônia. Além de grande importância para o ciclo do nitrogênio, esses organismos são fixadores de carbono e trabalhos recentes vêm demonstrando sua importância na produção de compostos orgânicos essenciais das comunidades heterotróficas dos oceanos (Bayer *et al.*, 2019a). Os resultados obtidos indicam que esse grupo possui maior abundância relativa na região do Talude, principalmente nas proximidades da quebra da plataforma. Outro grupo do domínio Archaea, a classe Bathyarchaeia foi detectada principalmente em amostras costeiras. Estudos recentes têm sugerido que micro-organismos dessa classe poderiam ter funções em processos relacionados à degradação de matéria orgânica, incluindo acetogênese (He *et al.*, 2016; Maus *et al.*, 2018) Entretanto, evidências fisiológicas dessas funções ainda não foram demonstradas. No Brasil sua presença foi relatada em subsuperfície nos sedimentos de áreas que

apresentam reservatórios de metano no Saco do Mamanguá, RJ (Romando *et al.*, 2021).

Dentre as famílias do domínio Bacteria, as mais dominantes foram *Pirellulaceae* (classe *Planctomycetia*) e *Kiloniellaceae* (classe *Alphaproteobacteria*). A primeira apresentou maior prevalência em amostras da plataforma continental. Organismos desta família amplamente relatada em estudos do ambiente marinho possuem principalmente metabolismo heterotrófico aeróbico (Lage *et al.*, 2022) e podem estar associados a algas (Bondoso *et al.*, 2014; Bondoso *et al.*, 2017f). Membros da família *Kiloniellaceae* já foram identificados em associação com algas (Wiese *et al.*, 2020) e nódulos polimetálicos (Shulga *et al.*, 2021), e inspeções genômicas indicaram seu potencial metabólico para realizar desnitrificação (Wiese *et al.*, 2020; Shulga *et al.*, 2021). Um trabalho realizado no Platô de São Paulo detectou esta família em sedimentos sob influência de exsudação de asfalto (Queiroz *et al.*, 2020).

A análise de metagenoma permitiu investigar a composição das comunidades em maior resolução taxonômica, já que através desta abordagem é possível identificar os micro-organismos até o nível de espécie. É importante notar que as análises de sequenciamento do gene 16S rRNA e de sequenciamento metagenômico utilizam bases de dados que diferem em algumas classificações taxonômicas. Dentro do gênero *Nitrosopumilus*, grupo de Archaea também detectado no sequenciamento do gene 16S rRNA, a análise de metagenoma identificou as espécies *N. ureiphilus*, *N. oxyclinea* e *N. cobalaminigenes*, bem como as espécies *N. piranensis* e *N. adriaticus*, recentemente descritas (Qin *et al.*, 2017; Bayer *et al.*, 2019b). Essas arqueias têm potencial papel na oxidação da amônia, além de serem mesofílicas, neutrofílicas e aeróbicas. Segundo Park e colaboradores (2014), *Candidatus Nitrosopumilus koreensis* e *Candidatus Nitrosopumilus sediminis* são espécies de arqueia oxidadoras de amônia, com proximidade genômica de 85,2% e 79,5% para *N. maritimus*, respectivamente. Funcionalmente, essas espécies contêm genes de metabolismo energético e fixação de carbono conservados em outras arqueias oxidadoras de amônia, porém apresentam um número menor de proteínas contendo heme e um número maior de proteínas contendo cobre. *Candidatus N. sediminis* apresenta ainda genes envolvidos na utilização de ureia

- os quais não estão presentes no genoma de *Candidatus N. koreensis*, sugerindo uma especialização de nicho em ambiente marinho.

Dentre as espécies bacterianas identificadas, as mixobactérias como *Sorangium cellulosum*, são capazes de excretar enzimas hidrolíticas e decompor biopolímeros complexos, além de degradar outros micro-organismos (Shimkets *et al.*, 2006). Um estudo com amostras de sedimento do Mar Mediterrâneo, Oceano Atlântico, Pacífico e Índico além de diferentes regiões climáticas, mostrou que as mixobactérias identificadas apresentaram, em sua maioria, homologia com *S. cellulosum*, sendo componentes amplamente distribuídos das comunidades bacterianas associadas ao sedimento marinho, porém ainda pouco exploradas (Brinkhoff *et al.*, 2012). *Actinomarinicola tropica*, outra espécie bacteriana destacada no nosso trabalho, é uma actinobacteria marinha da família Lamiaceae, recentemente isolada de ambientes sedimentares do Mar da China Meridional (He *et al.*, 2020).

É importante ressaltar a grande proporção de espécies sem identificação taxonômica, indicando uma grande biodiversidade microbiana ainda desconhecida na

BS. Essa observação está em concordância com o estudo de diversidade metagenômica realizado por Tamames e colaboradores (2019) para diferentes habitats, incluindo a comunidade presente em oceanos. Esse dado indica que o ambiente marinho apresenta um “pool” genético a ser explorado, com considerável número de espécies cujo genomas ainda não foram descritos e disponíveis em bancos de dados públicos.

A análise da composição genes funcionais nas amostras de sedimento indicou a presença de uma grande diversidade de metabolismos microbianos. De acordo com o banco de dados *Subsystems*, os genes dominantes identificados nas análises estão ligados principalmente a processos celulares, sistemas baseados em acoplamento de diferentes proteínas de funções variadas, e metabolismo de carboidratos, aminoácidos e proteínas.

A análise de genes relacionados à ciclagem de nutrientes permite avaliar o potencial funcional da comunidade microbiana do sedimento e compreender o papel da microbiota, bem como os serviços ecossistêmicos que podem estar ocorrendo. Para fins de estudos de base, tais informações podem ser valiosas,

já que alterações da diversidade microbiana em decorrência de impactos ambientais podem levar a prejuízos para suas funções, como por exemplo nos ciclos biogeoquímicos. Por exemplo, a maioria das etapas do ciclo do nitrogênio é controlada exclusivamente por micro-organismos, e alterações nesses grupos microbianos podem refletir no ecossistema (Jetten, 2008; Pajares; Ramos, 2019). Neste estudo observamos que metabolismos microbianos que utilizam formas de nitrogênio (nitrito e nitrato) como aceptor final de elétrons são prevalentes em áreas costeiras. De forma similar, a redução de sulfato, outro processo de respiração anaeróbica de grande importância no ambiente marinho (Jørgensen, 2019), também foi prevalente em áreas costeiras, indicando a importância desses metabolismos para a ciclagem de matéria orgânica. A importância de bactérias redutoras de sulfato em áreas costeiras também foi observada na análise do gene 16S rRNA.

O Fósforo é um nutriente limitante nos oceanos (Tanita *et al.*, 2021; Liang; Letscher; Knapp, 2022) e sua disponibilidade afeta o metabolismo microbiano. Micro-organismos adaptados a ambientes com escassez de fósforo podem apresentar receptores de alta afinidade para utilizar fosfato (Pi), a forma de P prontamente disponível para assimilação por uma diversidade de micro-organismos, mesmo quando em baixa disponibilidade (Pereira; Shilova; Zehr, 2019). Outra forma de adaptação é a habilidade de obter fósforo a partir de fontes orgânicas, como os fosfonatos, moléculas de grande importância no ambiente marinho (Lockwood *et al.*, 2022). De fato, neste estudo observamos uma maior presença de genes que codificam para proteínas ligadas ao metabolismo do fosfonato em amostras coletadas em regiões oceânicas, as quais possuem características mais oligotróficas, se comparada à plataforma continental. Essas observações indicam que dados de metagenoma são de grande valor para captar as variações geográficas na presença de funções microbianas de ciclagem de nutrientes nos sedimentos da BS.

Os dados de metagenoma também podem ser empregados para monitorar a diversidade de genes relacionados à degradação de compostos aromáticos, incluindo aqueles presentes no petróleo. Foi possível verificar a variabilidade na presença de alguns grupos funcionais, como o metabolismo anaeróbico de degradação de aromáticos, o qual foi mais prevalente em áreas costeiras. A

presença de organismos degradadores também foi indicada pela análise do gene 16S rRNA. Grupos da ordem Oceanospirillales foram detectados ao longo de toda a BS, porém sem apresentar um padrão claro de variação em sua presença. Essa ordem possui diferentes grupos de degradadores de hidrocarbonetos (HC), que são encontrados em baixa abundância em ambiente marinho não impactado. Na presença de elevadas concentrações de HC esses organismos podem se proliferar, tornando-se membros dominantes da comunidade. Sua presença pode indicar um potencial para responder a eventuais contaminações com HC, assim como ocorreu no Golfo do México após o acidente do "*DeepWater Horizon*", onde organismos da ordem Oceanospirillales atuaram entre os principais degradadores de HC (Mason *et al.*, 2012; Gutierrez *et al.*, 2013).

Neste estudo apresentamos dados obtidos por meio de três abordagens metodológicas, citometria de fluxo, sequenciamento do gene 16S rRNA e sequenciamento metagenômico para caracterizar o microbioma de sedimentos da BS. Os resultados indicam que dados de comunidades microbianas podem oferecer informações valiosas em estudos de base e para monitoramento da biodiversidade em áreas sujeitas a ação antrópica. Além disso, este primeiro estudo em larga escala na região mostra a alta diversidade microbiana presente nesses sedimentos, sendo uma grande proporção ainda desconhecida. A combinação dessas técnicas pode contribuir para elucidar o papel da microbiota nos processos ecossistêmicos e para revelar o potencial de recursos genéticos presente na região.

III.5 Referências bibliográficas

- Abram, F. Systems-based approaches to unravel multi-species microbial community functioning. **Computational and Structural Biotechnology Journal**, v. 13, p. 24–32, 2015.
- Amado-Filho, G. M.; Pereira-Filho, G. H. Rhodolith beds in Brazil: a new potential habitat for marine bioprospection. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 22, n. 4, p. 782-788, 2012.
- Bayer, B. et al. *Nitrosopumilus adriaticus* sp. nov. and *Nitrosopumilus piranensis*

- sp. nov., two ammonia-oxidizing archaea from the Adriatic Sea and members of the class Nitrososphaeria. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v. 69, n. 7, p. 1892-1902, 2019b.
- Bayer, B. et al.. Ammonia-oxidizing archaea release a suite of organic compounds potentially fueling prokaryotic heterotrophy in the ocean. **Environmental Microbiology**, v. 21, n. 11, p. 4062–4075, 2019a.
- Billett, D. S. M. et al. Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. **Nature**, v. 302, p. 520-522, 1983.
- Bolyen, E. et al. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. **Nature biotechnology**, v. 37, n. 8, p. 852-857, 2019.
- Brinkhoff, T. et al. Biogeography and phylogenetic diversity of a cluster of exclusively marine myxobacteria. **The ISME journal**, v. 6, n. 6, p. 1260-1272, 2012.
- Cabral, A. D. S. et al. Abundância de bactérias e fitopigmentos nos sedimentos da plataforma e talude continental da Bacia de Campos. *In*: A.P.C, FALCÃO; H.P., LAVRADO. **Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**, Rio de Janeiro: Elsevier. 2017. p. 41-64.
- Callahan, B. J. et al. DADA2: high-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nature methods*, v. 13, n. 7, p. 581-583, 2016.
- Cao H.; Auguet J-C; Gu J-D. Global Ecological Pattern of Ammonia-Oxidizing Archaea. **PLoS ONE**, 8(2): e52853, 2013.
- Caporaso, J. G. et al. Global patterns of 16S rRNA diversity at a depth of millions of sequences per sample. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 108, n. Supplement 1, p. 4516-4522, 2011.
- Cardenas, E. et al. Forest harvesting reduce the soil metagenomic potential for biomass decomposition. **ISME Journal**, v. 9, n. 11, p. 2465–2476, 2015.
- Danovaro, R. et al. Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions–Catalan Sea (western-Mediterranean) and the Cretan Sea (eastern-Mediterranean). **Progress in Oceanography**, v. 44, n. 1-3, p. 287-312, 1999.
- Delong, E. F. Community Genomics Among Stratified Microbial Assemblages in the Ocean’s Interior. **Science**, v. 311, p. 496–503, 2006.
- Duhamel, S.; Jacquet, S. Flow cytometric analysis of bacteria-and virus-like particles in lake sediments. **Journal of microbiological methods**, v. 64,

- n. 3, p. 316-332, 2006.
- Dyksma, S.; Bischof, K.; Fuchs, B. *et al.* Ubiquitous *Gammaproteobacteria* dominate dark carbon fixation in coastal sediments. **ISME Journal**, **10**, 1939–1953, 2016.
- Evans, S. E.; Wallenstein, M. D. Climate change alters ecological strategies of soil bacteria. **Ecology letters**, v. 17, n. 2, p. 155-164, 2014.
- Goes, E. R., Ferreira-Júnior, A. V. Caracterização morfossedimentar da plataforma continental Brasileira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1595-1613, 2017.
- Gutierrez, T. *et al.* Hydrocarbon-degrading bacteria enriched by the Deepwater Horizon oil spill identified by cultivation and DNA-SIP. **The ISME Journal**, v. 7, p. 2091–2104, 2013.
- Hamdan, L. J. *et al.* Ocean currents shape the microbiome of Arctic marine sediments. **The ISME Journal**, v. 7, p. 685–96, 2013.
- Hamdan Z. Hamdan, Darine A. Salam. Microbial community evolution during the aerobic biodegradation of petroleum hydrocarbons in marine sediment microcosms: Effect of biostimulation and seasonal variations. **Environmental Pollution**, v. 265, part B, 2020.
- He, Y. *et al.* Genomic and enzymatic evidence for acetogenesis among multiple lineages of the archaeal phylum Bathyarchaeota widespread in marine sediments. **Nature Microbiology**, v. 1, N. 16035, P. 1-9, 2016. doi: 10.1038/nmicrobiol.2016.35
- He, Y. Q. *et al.* *Actinomarinicola tropica* gen. nov. sp. nov., a new marine actinobacterium of the family Iamiaceae, isolated from South China Sea sediment environments. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 70, n. 6, p. 3852-3858, 2020.
- Iverson, V. *et al.* Untangling genomes from metagenomes: Revealing an uncultured class of marine euryarchaeota. **Science**, v. 335, n. 6068, p. 587–590, 2012.
- Jetten, M. S. M. The microbial nitrogen cycle. **Environmental Microbiology**, **10**: 2903-2909, 2008.
- Joana Bondoso; Vanessa Balagué; Josep M. Gasol; Olga M. Lage. Community composition of the *Planctomycetes* associated with different macroalgae. **FEMS Microbiology Ecology**, Volume 88, Issue 3, Pages 445–456, 2014.
- Joana Bondoso; Filipa Godoy-Vitorino; Vanessa Balagué; Josep M. Gasol; Jens Harder; Olga Maria Lage. Epiphytic *Planctomycetes* communities

- associated with three main groups of macroalgae. **FEMS Microbiology Ecology**, Volume 93, Issue 3, 2017.
- Jørgensen, B. B. Unravelling the sulphur cycle of marine sediments. **Environmental Microbiology**, 21: 3533-3538, 2019.
- Lage, O.M., Calisto, R., Vitorino, I. and Øvreås, L. *Pirellulaceae*. In **Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria** (eds M.E. Trujillo, S. Dedysh, P. DeVos, B. Hedlund, P. Kämpfer, F. A. Rainey and W.B. Whitman), 2022.
- Langmead, B.; Salzberg, S. Fast gapped-read alignment with bowtie 2 *Nat Methods* 9 (4): 357–359. pmid: 22388286 **View Article PubMed**. 2012.
- Liang, Z.; Letscher, R. T. & Knapp, A. N. Dissolved organic phosphorus concentrations in the surface ocean controlled by both phosphate and iron stress. **Nature Geoscience**, 15, 651–657, 2022.
- Lockwood, S.; Greening, C.; Baltar, F. *et al.* Global and seasonal variation of marine phosphonate metabolism. **ISME Journal**, 16, 2198–2212, 2022.
- Mason, O. U. *et al.* Metagenome, metatranscriptome and single-cell sequencing reveal microbial response to Deepwater Horizon oil spill. **The ISME Journal**, v. 6, p. 1715–1727, 2012.
- Maus, I. *et al.* Characterization of Bathyarchaeota genomes assembled from metagenomes of biofilms residing in mesophilic and thermophilic biogas reactors. **Biotechnology for Biofuels**, v. 11, n. 167, p. 1-13, 2018. doi: 10.1186/s13068-018-1162-4
- Mccreadie, J. W.; Bedwell, C. R. Patterns of co-occurrence of stream insects and an examination of a causal mechanism: ecological checkerboard or habitat checkerboard? **Insect Conservation and Diversity**, v. 6, n. 2, p. 105-113, 2013.
- Overbeek, R. *et al.* The SEED and the Rapid Annotation of microbial genomes using Subsystems Technology (RAST). **Nucleic Acids Research**, v. 42, n. D1, p. D206–D214, nov. 2013.
- Pajares, S.; Ramos, R. Nitrogen processes, Marine Ecosystems, microbial community, Functional nitrogen genes, Anthropogenic activity, Nitrous Oxide. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, 2296-7745, 2019.
- Park, S. J. *et al.* Genomes of two new ammonia-oxidizing archaea enriched from deep marine sediments. **PLoS One**, v. 9, n. 5, p. e96449, 2014.
- Pereira, N.; Shilova, I. N. and Zehr, J. P. Use of the high-affinity phosphate transporter gene, *pstS*, as an indicator for phosphorus stress in the marine diazotroph *Crocospaera watsonii* (*Chroococcales*, *Cyanobacteria*). **J.**

- Phycol.**, 55: 752-761, 2019.
- Qin, W. et al. *Nitrosopumilus maritimus* gen. nov., sp. nov., *Nitrosopumilus cobalaminigenes* sp. nov., *Nitrosopumilus oxycliniae* sp. nov., and *Nitrosopumilus ureiphilus* sp. nov., four marine ammonia-oxidizing archaea of the phylum Thaumarchaeota. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v. 67, n. 12, p. 5067-5079, 2017.
- Queiroz, L. L.; Bendia, A. G.; Duarte, R. T. D. et al. Bacterial diversity in deep-sea sediments under influence of asphalt seep at the São Paulo Plateau. **Antonie van Leeuwenhoek**, 113, 707–717, 2020.
- Rodrigues, S. V. et al. Composição do fitoplâncton a partir da avaliação de pigmentos marcadores (carotenóides e clorofilas). In: A.P.C, Falcão; D. L., Moreira. **Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier. p. 89-125.
- Shimkets, L. J. et al. The myxobacteria. **The prokaryotes**, v. 7, p. 31-115, 2006.
- Shulga, N.; Abramov, S.; Gavrilov, S. and Ryazantsev, K. Composition of the Fe-Mn nodules and associated microbial communities of the Kara Sea, Arctic Ocean, **EGU General Assembly**, 2021.
- Sunagawa, S. et al. Structure and function of the global ocean microbiome. **Science**, v. 348, n. 6237, p. 1261359, 2015.
- Tamames, J.; Cobo-Simón, M.; Puente-Sánchez, F. Assessing the performance of different approaches for functional and taxonomic annotation of metagenomes. **BMC genomics**, v. 20, n. 1, p. 1-16, 2019.
- Tanita, I.; Shiozaki, T.; Kodama, T.; Hashihama, F.; Sato, M.; Takahashi, K.; & Furuya, K. Regionally variable responses of nitrogen fixation to iron and phosphorus enrichment in the Pacific Ocean. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, 126, e2021JG006542, 2021.
- Vitorino, I.; Santos, J.D.N.; Godinho, O.; Vicente, F.; Vasconcelos, V.; Lage, O.M. Novel and Conventional Isolation Techniques to Obtain Planctomycetes from Marine Environments. **Microorganisms**, 9, 2078, 2021.
- Walsh, E. A. et al. Bacterial diversity and community composition from seasurface to subseafloor. **The ISME Journal**, v. 10, p. 979–989, 2016.
- Wiese, J.; Imhoff, J. F.; Horn, H. et al. Genome analysis of the marine bacterium *Kiloniella laminariae* and first insights into comparative genomics with related *Kiloniella* species. **Arch Microbiol** 202, 815–824, 2020.

Wickham, H. **ggplot2**. SpringerLink, 2009.

Wood, D. E.; Salzberg, S. L. Kraken: ultrafast metagenomic sequence classification using exact alignments. *Genome biology*, v. 15, n. 3, p. 1-12, 2014.

III.6 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Equipe do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP)		
Profa. Dra. Vivian Helena Pellizari	Professora Associada Oceanografia Biológica	Coordenação geral do sub-projeto
Dra. Natascha Menezes Bergo	Pós-doutoranda em Oceanografia Biológica	Bolsista Pós Doc: coleta de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Dra. Francielli Vilela Peres	Pós-doutoranda em Oceanografia Biológica	Bolsista Pós Doc: coleta de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Dr. Julio Cezar Fornazier Moreira	Doutor em Agronomia	Bolsista Pós Doc: coleta de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Dra. Fabiana da Silva Paula	Pós-doutoranda em Oceanografia Biológica	Bolsista Pós Doc: coleta de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Msc. Rebeca Graciela Matheus Lizárraga	Doutoranda em Microbiologia	Bolsista de Doutorado: análises laboratoriais e processamento de dados
Msc. Diana Carolina Duque Castano	Doutoranda em Microbiologia	Bolsista de Doutorado: coleta de campo, análises laboratoriais e processamento de dados

Nomes	Formação	Atuação
Alice Moura Emilio	Mestranda em Microbiologia	Bolsista de Mestrado: análises laboratoriais e processamento de dados
Renato Gamba Romano	Aluno de Graduação em Oceanografia Biológica	Bolsista Iniciação Científica: coleta de campo e análises laboratoriais
Augusto Miliorini Amendola	Aluno de Graduação em Oceanografia Biológica	Bolsista Iniciação Científica: coleta de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Equipe do Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC)		
Dra. Ana Tereza Vasconcelos	Coordenadora do Lab. de Bioinformática e Unidade de Genômica Computacional do LNCC.	Responsável pelo sequenciamento metagenômico e análise de dados
Dra. Fabíola Carvalho	Doutora em Genética	Análise de sequências do metagenoma
Dra. Luciane Prioli Ciapina	Doutora em Agronomia, Genética e Melhoramento de Plantas	Análise de sequências do metagenoma
Dr. Leandro Nascimento Lemos	Doutor em Biologia na Agricultura e no Meio Ambiente	Análise de sequências do metagenoma; Programação

IV. Foraminíferos bentônicos na plataforma continental da Bacia de Santos

*Capítulo IV
Revisão 01
Dezembro/2022*

IV.1 Introdução

A exploração de recursos naturais renováveis e não renováveis aumentou muito nas áreas da plataforma continental e também no mar profundo, gerando uma preocupação crescente da comunidade internacional para estimar com maior precisão a biodiversidade local, regional e mundial a fim de conhecer e preservar as espécies e seus respectivos habitats nos mais diferentes ecossistemas.

Segundo WORMS (2022), atualmente são reconhecidas cerca de 9.953 espécies de foraminíferos viventes, e esse número é continuamente atualizado. O estudo taxonômico destes organismos carece de especialistas no Brasil, existindo pouquíssimas coleções disponíveis para consulta. As campanhas realizadas na Bacia de Santos permitiram estimar com maior precisão a diversidade destes organismos na região, incluindo espécies viventes na plataforma interna, média e externa e também no mar profundo.

Os foraminíferos têm sido estudados desde meados do século 18 e classificados segundo a nomenclatura binomial lineana. Inicialmente eram considerados microcefalópodes, mas em 1835 Felix Dujardin os reconhece como organismos unicelulares. Necessitam de magnificação para seu estudo, formam pseudópodos do tipo reticulópodos e têm uma carapaça ou testa que pode ser orgânica, aglutinante ou mineralizada. Os aglutinantes têm partículas exógenas aderidas com cimento; as partículas aderidas podem ser litoclastos (grãos de quartzo, feldspato, mica etc.) ou bioclastos (fragmentos de conchas, espículas de esponja, frústulas de diatomáceas ou carapaças vazias de foraminíferos etc.). As mineralizadas podem ser formadas de calcário microgranular (grupo fóssil já extinto), com carbonato com disposição cristalina orientada (calcário-hialino mais transparentes), ou sem orientação cristalina (calcário-porcelânico, mais opacos), ou também podem ser constituídos de sílica.

Segundo Disaró e colaboradores (2022) foraminíferos habitam todos os ambientes marinhos e áreas transicionais (regiões estuarinas ou lagunares) e algumas espécies podem tolerar salinidades muito altas, enquanto outras toleram água praticamente doce. Vivem livres na coluna d'água (planctônicos)

ou junto ao fundo (bentônicos). Os bentônicos podem ser infaunais rasos ou profundos, e também epifaunais, crescendo incrustados ou simplesmente aderidos ao substrato (rochas, plantas ou animais) e, mais raramente, podem parasitar alguns animais. A carapaça pode ter uma única câmara (foraminíferos uniloculares) ou várias câmaras, que podem se organizar de modo uniserial, bisserial, trisserial, planospiral, trocospiral, miliolar ou ter mais de uma forma de organização. Os foraminíferos têm ampla distribuição geográfica e batimétrica, e ocorrem em abundância em todas as regiões marinhas de forma que associações de foraminíferos encontradas em zonas marinhas típicas são diferentes das encontradas em áreas transicionais, tornando-os especialmente úteis para identificar estes limites (Nichols, 1974).

São consumidores primários, mas também secundários de grande importância nas cadeias tróficas marinhas. A “foraminiferovoria” ou ingestão seletiva de foraminíferos, termo cunhado por Hickman & Lipps (1983, apud Moodley et al., 2002) é reportada para vários organismos bentônicos como poliquetos, gastrópodes, nematódeos, isópodes, equinodermos, peixes e, segundo Moodley et al. (op. cit.), a ingestão não seletiva de foraminíferos também pode ocorrer através da atividade de organismos depositívoros.

A estrutura de uma comunidade de foraminíferos bentônicos é resultante de vários e complexos controles multifatoriais, o que torna os foraminíferos bentônicos bons indicadores em estudos de biomonitoramento e paleoambientais (Sousa et al., 2020). Os principais fatores que controlam a distribuição dos foraminíferos são a batimetria, os sedimentos e a disponibilidade e qualidade do alimento.

Neste capítulo abordaremos a distribuição dos foraminíferos bentônicos vivos na plataforma continental da Bacia de Campos.

O objetivo deste estudo é conhecer as espécies que vivem na plataforma continental da BS, conhecer a estrutura das suas associações e quais os fatores mais importantes responsáveis por esta distribuição, no intuito de auxiliar futuros planos de gestão e monitoramento ambiental na área.

IV.2 *Material & Métodos*

As amostragens de sedimento foram realizadas em dois períodos distintos: Campanha 1 (C1) realizada na primavera, entre 28/10/19 e 10/11/19 e entre 11/11/19 a 24/11/19; a Campanha 2 (C2) realizada no outono em 4/03/21 e entre 29/05/21 a 21/06/21. As estações de coleta estavam dispostas em 8 transectos perpendiculares à linha de costa, que abrangeram cinco isóbatas (25, 50, 75, 100 e 150 m) perfazendo um total de 40 estações. Os sedimentos superficiais (0 a 2 cm) foram coletados em triplicata com Van Veen modificado (abertura superior) ou Box Corer conforme recomendações de Schönfeld e colaboradores (2012), dependendo da natureza do fundo. O desenho amostral, e a metodologia de coleta a bordo do navio são apresentados em maior detalhe no Volume 4 - Capítulo II.

As amostras de sedimento destinadas às análises de foraminíferos da plataforma continental foram armazenadas em recipientes plásticos com solução de formol a 4% tamponada com bórax, e coradas com rosa de Bengala (1-2 g/L) a bordo do navio (ver detalhes em **Volume 4 – Capítulo II**).

No Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (LaFMA-UFPR) as amostras foram verificadas quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), coloração e volume antes da lavagem em peneira de 63 µm, secagem em estufa e acondicionado para análise. Havendo necessidade, adicionamos mais corante antes da lavagem. Para o processamento, após a drenagem todas as amostras foram padronizadas em 20 cm³ de sedimento úmido, pelo princípio de Arquimedes (deslocamento de líquido em proveta graduada). O material excedente também foi quantificado, separado em alíquotas para eventual utilização como contra-prova ou estudos adicionais, e foram submetidas ao mesmo processamento das demais amostras e estocadas (**Figura IV.2-1**).

Analisamos a totalidade dos 20 cm³ de sedimento úmido que, após a lavagem e secagem foram separados por fração de tamanho em peneiras (malha 1000, 850, 500, 250, 125 e 63 µm) para melhor observação dos diferentes tamanhos de grão. As amostras foram triadas sob lupa e contadas. Se observada a presença de espécimes aderidos ou incrustantes em

abundância, após a triagem da fauna livre, o resíduo foi quarteado em $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ (10 a 5 cm^{-3}) e cuidadosamente triado em busca destes exemplares. Após a quantificação e identificação, os valores foram todos corrigidos para 20 mL.



Figura IV.2-1. *Imagens do processamento das amostras em laboratório no LaFMA.*

Em caso de dúvida quanto ao reconhecimento de espécimes corados, os

exemplares foram submergidos em água e observados com luz refletida e incidente para visualização do protoplasma. Apesar de utilizar a malha de 63 μm como limite de tamanho na lavagem e triagem das amostras, muitos indivíduos aderidos aos grãos retidos nas peneiras eram muito menores que 63 μm , mas quando vivos foram incorporados às lâminas e estudados. Na campanha 1 foram coletados e analisados em separado os intervalos de 0-1 cm e 1-2 cm, totalizando 234 amostras da plataforma continental.

As identificações de espécies contaram com descrições originais compiladas em Ellis e Messina (catálogo físico e digital/online), Loeblich e Tappan (1988; 1994), Kaminski e Cetean (não publicado), Hottinger e colaboradores (1993), Hayward e colaboradores (2010), Debenay (2012), Disaró e colaboradores (2022) dentre outros. Também comparamos os espécimes da Bacia de Campos, com exemplares das coleções de referência desta bacia e da Bacia Potiguar, depositadas no LaFMA/UFPR.

IV.2.1 Análises estatísticas dos dados

Foram calculados os seguintes descritores biológicos a partir da média de densidade de espécies das três réplicas:

Densidade (N) na Campanha 1 expressa o número de indivíduos em uma área definida ($\text{ind.} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$). A apresentação dos valores de densidade de indivíduos por área teve por objetivo facilitar a comparação com os dados de meiofauna e macrofauna obtidos para o talude continental e PSP da bacia.

Riqueza específica (S) ou riqueza numérica que corresponde ao número de espécies (Clarke e Gorley, 2006);

Equitabilidade de Pielou (J') ou índice de uniformidade da amostra que expressa a diversidade observada como uma proporção da diversidade máxima possível observada (Pielou, 1975);

Índice diversidade de Shannon-Wiener (H') é uma medida de heterogeneidade que considera a riqueza e a equitabilidade da amostra (Shannon e Weaver, 1963) Utilizou-se o logaritmo na base 2;

Índice de diversidade de Fischer (α) – este índice relaciona o número de espécies (S) ao número de indivíduos (N) em uma comunidade através da

seguinte equação: $S = \alpha \ln(1 + N/\alpha)$ (Fisher et al. 1943). O índice alfa de Fisher tem algumas vantagens sobre outros índices de diversidade, como os índices de Shannon e de Simpson, por ser pouco influenciado pelo tamanho da amostra ou pela abundância das espécies mais comuns (Taylor et al. 1976).

Dominância de Simpson (λ) é uma representação da probabilidade de que dois indivíduos, dentro da mesma região e selecionados aleatoriamente e independentemente, sejam do mesmo grupo (Simpson, 1949).

Para avaliar se havia ou não diferença significativa entre as densidades de foraminíferos bentônicos em superfície (0-1 cm) e subsuperfície (1-2 cm) foi realizado um Teste t (R Core Team, 2018).

Realizou-se também a Análise de Correspondência Canônica (CCA), com as réplicas por estação dos dados biológicos (matriz integral de espécies/gêneros) e dos dados abióticos (porcentagem de carbonato de cálcio, de lama, de cascalho, de areia, concentração de clorofila-*a*, feopigmentos, de fósforo total, de carbono orgânico total, isóbatas, temperatura conservativa (°C) e salinidade de próxima ao fundo). Sempre que disponível, utilizamos os dados abióticos no intervalo 0-2 cm. A análise foi realizada no software livre Past versão 4.11 (Hammer et al., 2001), e a significância da análise foi testada através de permutações estilo ANOVA (Legendre e Legendre, 1998).

Para as análises empregando a técnica de *Machine Learning* (ML) cada estrato da amostra da campanha 1 foi agrupado após a triagem e identificação, integrando os intervalos num só estrato (0-2 cm), e cada ponto teve sua amostra representada pela média entre as réplicas. Na planilha biológica realizou-se a exclusão de espécimes duvidosos, fragmentos e espécimes tubulares sem prolóculo.

Após o cálculo dos descritores biológicos, a aplicação iMESc (Vieira e Fonseca, 2022), ver detalhes em Volume 4 - Capítulo XV, foi utilizada para análises de *machine learning*. Algoritmos de *self-organizing maps* (SOM), dendrograma (*cluster*) hierárquico (CH) e *random forest* (RF) foram aplicados para analisar os dados de espécies de foraminíferos bentônicos. No SOM o método de Bray-Curtis foi usado para medir a distância entre cada neurônio e a entrada de dados, a seguir o *codebook* do SOM junto com o método de mínima variância de Ward (ward.D2) foram utilizados para fazer o CH.

IV.3 Resultados

Durante a Campanha 1 foram registrados 49.268 espécimes na plataforma continental, com 252 gêneros e 579 espécies no estrato 0-2 cm. Na campanha 2 foram registrados 44.245 espécimes no estrato 0-2 cm, totalizando 93.513 espécimes estudados nas duas campanhas. Na campanha 2 estamos revisando as identificações e temos 73% dos espécimes revisados. Em razão disso, apresentaremos a caracterização regional da Bacia de Santos com base na campanha 1. Os dados de caracterização baseiam-se na Campanha 1.

Os valores de densidade e riqueza são maiores na superfície, com raríssimas exceções (**Tabela IV.3-1**). O resultado do Teste *t*, mostrou que as diferenças entre o estrato superficial (0-1 cm) e subsuperficial (1 a 2 cm) foram significativas. Os maiores valores de densidade ocorreram no estrato superficial da isóbata de 100 m (1.202 a 1.356 ind.10 cm⁻²) no transecto F, na Campanha 1. Os menores valores de densidade (7 a 11 ind.10 cm⁻²) ocorreram nos estratos subsuperficiais das isóbatas de 25 e 150 m de profundidade.

Tabela IV.3-1. Teste *t*, realizado entre as densidades de foraminíferos vivos dos estratos superficial e subsuperficial, da Campanha 1 na Bacia de Santos.

PCBS - Campanha 1					
Teste <i>t</i> - Fauna Viva (Estratos: 0-1cm e 1-2cm)					
Densidade (D)	<i>t</i>	gl	<i>p</i>	MedD	IC
Log(D+1)	0,39	115	2,2e-16	0,60	0,49 a 0,7
t=	valor de <i>t</i> de Student				
gl =	grau de liberdade				
p=	probabilidade				
MedD=	Média das diferenças				
IC=	Intervalo de Confiança				

Na **Tabela IV.3-2** encontram-se os valores da densidade e os demais parâmetros da estrutura da comunidade por estrato superficial e subsuperficial nos transectos A ao D, e na **Tabela IV.3-3** estão os mesmos dados, porém nos transectos E ao G.

Tabela IV.3-2. Densidade (ind. 10 cm⁻²), riqueza específica (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H' log₂), índice de diversidade de Fisher (α), Equitabilidade de Pielou (J') de foraminíferos bentônicos nos estratos superficial e subsuperficial da Plataforma continental (25-150 m), Campanha 1 – transectos A ao D.

	Densidade ind.10cm ⁻² (superficial)	Taxa (S)	Shannon (H') log ₂	Fisher (α)	Dominância (D)	Equitabilidade (J')		Densidade ind.10cm ⁻² (subsuperficial)	Taxa (S)	Shannon (H') log ₂	Fisher (α)	Dominância (D)	Equitabilidade (J')	
1A1R1	98	20	3,8	7,6	0,11	0,86		1A1R1	25	13	3,7	10,9	0,08	1,01
1A1R2	130	29	4,2	11,6	0,09	0,86		1A1R2	43	19	4,1	13,0	0,07	0,98
1A1R3	82	21	3,7	9,1	0,14	0,83		1A1R3	65	21	3,5	10,8	0,19	0,80
1A2R1	277	45	4,7	15,2	0,07	0,85		1A2R1	121	38	4,7	19,1	0,06	0,89
1A2R2	194	42	4,7	16,5	0,06	0,87		1A2R2	123	37	4,9	18,0	0,04	0,93
1A2R3	248	38	4,4	12,5	0,08	0,84		1A2R3	92	33	4,7	18,4	0,05	0,93
1A3R1	140	27	4,0	10,0	0,09	0,83		1A3R1	29	12	3,1	7,7	0,21	0,85
1A3R2	256	55	4,9	21,5	0,05	0,85		1A3R2	64	24	4,2	14,0	0,08	0,92
1A3R3	214	46	4,6	18,0	0,07	0,84		1A3R3	46	16	3,8	8,7	0,08	0,96
1A4R1	344	45	4,3	13,8	0,08	0,78		1A4R1	58	23	4,2	14,1	0,08	0,93
1A4R2	164	37	4,5	14,9	0,07	0,86		1A4R2	76	23	4,2	11,2	0,07	0,94
1A4R3	173	52	5,0	25,2	0,06	0,88		1A4R3	131	39	4,6	18,8	0,07	0,87
1A5R1	165	67	5,8	42,0	0,03	0,95		1A5R1	41	28	5,1	38,9	0,02	1,06
1A5R2	264	83	6,0	41,6	0,02	0,95		1A5R2	54	35	5,4	43,1	0,02	1,05
1A5R3	113	55	5,7	42,3	0,02	0,99		1A5R3	41	21	4,4	17,3	0,05	1,01
1B1R1	178	23	3,0	7,0	0,23	0,65		1B1R1	144	23	3,0	7,7	0,22	0,66
1B1R2	133	13	2,7	3,6	0,20	0,72		1B1R2	64	12	3,1	4,4	0,14	0,88
1B1R3	58	13	2,9	5,2	0,19	0,79		1B1R3	11	6	2,7	5,4	0,13	1,06
1B2R1	457	71	5,5	23,5	0,03	0,89		1B2R1	211	50	4,9	20,7	0,06	0,87
1B2R2	292	52	5,0	18,4	0,05	0,87		1B2R2	105	30	4,4	14,0	0,07	0,89
1B2R3	108	33	4,8	16,2	0,05	0,95		1B2R3	174	46	5,0	20,4	0,05	0,90
1B3R1	68	22	4,1	11,3	0,09	0,91		1B3R1	124	16	2,6	4,9	0,26	0,65
1B3R2	132	30	4,1	12,1	0,11	0,83		1B3R2	89	18	3,3	6,8	0,18	0,78
1B3R3	36	10	3,0	4,6	0,15	0,90		1B3R3	43	7	1,9	2,4	0,36	0,68
1B4R1	191	48	4,8	20,6	0,06	0,87		1B4R1	94	33	4,6	18,1	0,07	0,91
1B4R2	321	46	4,4	14,7	0,08	0,80		1B4R2	105	30	4,3	14,0	0,08	0,88
1B4R3	298	56	5,0	20,4	0,05	0,86		1B4R3	128	30	4,2	12,3	0,10	0,85
1B5R1	130	48	5,3	27,5	0,04	0,94		1B5R1	36	20	4,5	18,5	0,04	1,04
1B5R2	45	25	4,8	23,2	0,03	1,03		1B5R2	27	17	4,3	19,7	0,04	1,06
1C1R1	28	5	1,8	1,8	0,35	0,76		1C1R1	16	3	1,4	1,1	0,41	0,86
1C1R2	216	14	2,3	3,3	0,39	0,60		1C1R2	245	16	2,1	3,8	0,39	0,53
1C1R3	142	18	2,9	5,5	0,22	0,70		1C1R3	133	16	2,7	4,8	0,24	0,67
1C2R1	291	63	5,2	24,7	0,05	0,87		1C2R1	100	32	4,5	16,3	0,07	0,90
1C2R2	163	44	4,7	19,8	0,06	0,86		1C2R2	65	22	4,1	11,7	0,09	0,92
1C2R3	192	53	5,1	24,2	0,04	0,90		1C2R3	118	33	4,2	15,2	0,12	0,82
1C3R1	466	59	4,9	17,9	0,06	0,83		1C3R1	389	46	3,6	13,6	0,18	0,64
1C3R2	500	73	5,1	23,5	0,06	0,82		1C3R2	311	37	3,9	10,9	0,12	0,74
1C3R3	593	71	4,5	21,1	0,09	0,73		1C3R3	400	48	3,9	14,2	0,12	0,71
1C4R1	447	67	5,0	21,9	0,06	0,83		1C4R1	475	61	4,5	18,6	0,08	0,76
1C4R2	829	79	4,8	21,5	0,07	0,76		1C4R2	281	60	5,0	23,4	0,06	0,85
1C4R3	547	69	4,8	20,9	0,06	0,79		1C4R3	326	47	4,4	15,1	0,08	0,79
1C5R1	246	59	5,0	24,6	0,07	0,85		1C5R1	109	37	4,9	19,7	0,05	0,93
1C5R2	350	80	5,8	32,4	0,03	0,92		1C5R2	75	36	5,1	27,2	0,04	0,98
1C5R3	134	42	5,0	21,0	0,05	0,93		1C5R3	87	38	5,1	25,7	0,04	0,98
1D1R1	137	28	4,1	10,7	0,09	0,86		1D1R1	108	19	3,2	6,7	0,17	0,76
1D1R2	103	21	3,5	8,0	0,13	0,81		1D1R2	117	29	3,6	12,3	0,20	0,74
1D1R3	44	17	3,8	10,2	0,11	0,92		1D1R3	41	15	3,8	8,5	0,08	0,96
1D2R1	229	53	5,1	21,6	0,05	0,88		1D2R1	261	43	4,6	14,7	0,07	0,84
1D2R2	187	46	4,9	19,5	0,05	0,89		1D2R2	144	43	5,0	20,8	0,05	0,92
1D2R3	198	41	4,4	15,7	0,08	0,82		1D2R3	122	32	4,4	14,1	0,07	0,89
1D3R1	506	81	5,0	27,2	0,07	0,79		1D3R1	211	39	4,1	14,1	0,12	0,77
1D3R2	322	37	3,9	10,8	0,11	0,75		1D3R2	88	27	4,0	13,3	0,13	0,83
1D3R3	386	62	4,7	20,9	0,08	0,79		1D3R3	191	42	4,5	16,6	0,08	0,83
1D4R1	40	17	4,0	11,2	0,08	0,97		1D4R1	32	15	4,0	11,0	0,06	1,02
1D4R2	227	44	4,4	16,3	0,08	0,81		1D4R2	77	31	4,5	19,3	0,07	0,91
1D4R3	117	34	4,6	16,1	0,06	0,90		1D4R3	72	24	4,1	12,6	0,10	0,88
1D5R1	182	59	4,9	30,3	0,10	0,84		1D5R1	66	42	5,6	49,7	0,02	1,04
1D5R2	36	23	4,7	27,5	0,04	1,04		1D5R2	11	9	3,6	23,2	0,04	1,14
1D5R3	172	46	4,9	20,6	0,05	0,90		1D5R3	77	34	4,8	23,3	0,05	0,94

Tabela IV.3- 3. Densidade (ind.10 cm⁻²), riqueza específica (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener (H' log₂), índice de diversidade de Fisher (α), Equitabilidade de Pielou (J') de foraminíferos bentônicos nos estratos superficial e subsuperficial da Plataforma continental (25-150 m), Campanha 1 – transectos E ao H.

	Densidade ind.10cm ⁻² (superficial)	Taxa (S)	Shannon (H') log ₂	Fisher (α)	Dominância (D)	Equitabilidade (J)		Densidade ind.10cm ⁻² (subsuperficial)	Taxa (S)	Shannon (H') log ₂	Fisher (α)	Dominância (D)	Equitabilidade (J)	
1E1R1	413	59	4,3	18,8	0,13	0,73		1E1R1	78	34	4,9	23,0	0,04	0,97
1E1R2	319	46	4,8	14,8	0,06	0,86		1E1R2	246	37	4,4	12,1	0,07	0,84
1E1R3	36	19	4,3	16,3	0,05	1,02		1E1R3	48	26	4,7	23,2	0,05	1,00
1E2R1	101	30	4,4	14,4	0,07	0,90		1E2R1	159	36	4,1	14,5	0,14	0,79
1E2R2	40	16	3,6	9,9	0,14	0,90		1E2R2	43	22	4,4	18,1	0,06	0,98
1E2R3	42	22	4,2	18,7	0,09	0,95		1E2R3	26	15	4,1	14,8	0,06	1,04
1E3R1	196	50	5,1	21,7	0,05	0,91		1E3R1	72	32	4,4	22,1	0,09	0,88
1E3R2	253	66	5,3	29,0	0,05	0,88		1E3R2	81	20	3,5	8,5	0,17	0,81
1E3R3	309	73	5,3	30,2	0,06	0,85		1E3R3	123	48	5,0	29,0	0,06	0,89
1E4R1	332	80	5,6	33,5	0,04	0,89		1E4R1	41	27	4,9	34,4	0,04	1,03
1E4R2	233	79	5,9	42,1	0,03	0,93		1E4R2	84	37	4,9	25,3	0,05	0,95
1E4R3	104	44	4,7	28,8	0,11	0,85		1E4R3	84	37	4,9	25,3	0,05	0,94
1E5R1	124	47	5,2	27,6	0,04	0,93		1E5R1	21	15	4,3	23,5	0,03	1,09
1E5R2	197	69	5,8	37,8	0,03	0,95		1E5R2	72	34	5,0	25,2	0,04	0,98
1E5R3	101	46	5,4	32,6	0,03	0,99		1E5R3	113	44	5,2	26,5	0,03	0,96
1F1R1	130	29	4,0	11,6	0,09	0,83		1F1R1	116	27	3,9	11,1	0,10	0,82
1F1R2	27	15	3,8	13,9	0,10	0,97		1F1R2	29	11	3,0	6,5	0,19	0,87
1F1R3	27	13	3,6	9,9	0,11	0,96		1F1R3	31	15	4,0	11,4	0,06	1,02
1F2R1	772	66	4,4	17,3	0,09	0,73		1F2R1	117	33	4,4	15,3	0,08	0,87
1F2R2	374	57	4,6	18,7	0,08	0,79		1F2R2	94	27	4,3	12,7	0,07	0,90
1F2R3	318	43	3,8	13,4	0,15	0,71		1F2R3	199	39	4,1	14,5	0,12	0,77
1F3R1	274	40	3,7	12,9	0,17	0,70		1F3R1	150	29	3,9	10,7	0,11	0,80
1F3R2	123	18	2,9	5,8	0,22	0,70		1F3R2	77	18	3,4	7,4	0,16	0,81
1F3R3	649	68	4,7	19,1	0,07	0,77		1F3R3	319	43	4,2	13,4	0,11	0,77
1F4R1	1202	94	5,2	23,9	0,05	0,79		1F4R1	264	55	4,9	21,1	0,06	0,85
1F4R2	164	35	4,4	13,6	0,07	0,85		1F4R2	46	15	3,5	7,7	0,12	0,90
1F4R3	1356	80	4,6	18,6	0,08	0,73		1F4R3	237	37	4,2	12,3	0,09	0,80
1F5R1	216	85	6,3	51,7	0,02	0,98		1F5R1	315	90	6,2	42,1	0,02	0,96
1F5R2	85	36	4,7	23,6	0,07	0,92		1F5R2	102	39	5,0	23,1	0,05	0,94
1F5R3	48	21	4,4	14,2	0,06	0,99		1F5R3	35	23	4,8	29,2	0,03	1,05
1G1R1	182	25	4,0	7,8	0,08	0,87		1G1R1	213	22	3,8	6,2	0,09	0,85
1G1R2	122	27	3,9	10,7	0,14	0,81		1G1R2	83	24	4,2	11,3	0,07	0,92
1G1R3	829	40	3,9	8,8	0,10	0,73		1G1R3	891	42	3,8	9,2	0,12	0,70
1G2R1	655	72	4,7	20,6	0,06	0,76		1G2R1	478	73	4,7	24,0	0,10	0,76
1G2R2	236	59	5,4	25,3	0,04	0,92		1G2R2	478	75	5,0	25,0	0,07	0,80
1G2R3	137	20	3,1	6,4	0,20	0,73		1G2R3	124	29	3,8	11,9	0,13	0,79
1G3R1	646	81	5,1	24,5	0,05	0,81		1G3R1	287	57	5,0	21,4	0,05	0,86
1G3R2	187	43	4,6	17,5	0,08	0,85		1G3R2	98	22	3,8	8,8	0,10	0,86
1G3R3	736	86	5,0	25,3	0,06	0,79		1G3R3	205	34	4,1	11,6	0,11	0,80
1G4R1	98	41	5,1	26,5	0,05	0,95		1G4R1	151	51	5,6	27,1	0,02	0,98
1G4R2	108	34	4,8	17,1	0,05	0,93		1G4R2	66	30	4,7	21,2	0,06	0,95
1G4R3	320	65	5,6	24,6	0,03	0,93		1G4R3	42	24	4,7	23,3	0,04	1,02
1G5R1	13	9	3,4	12,9	0,09	1,07		1G5R1	7	7	3,4	0,0	0,00	1,22
1G5R2	26	20	4,7	39,7	0,02	1,10		1G5R2	16	7	3,1	4,7	0,09	1,09
1G5R3	36	19	4,1	16,3	0,08	0,97		1G5R3	19	11	3,7	10,9	0,06	1,06
1H1R1	154	30	4,3	11,1	0,08	0,87		1H1R1	129	21	3,7	7,1	0,10	0,85
1H1R2	230	35	4,4	11,5	0,07	0,85		1H1R2	128	35	4,5	15,9	0,07	0,88
1H1R3	72	21	3,8	10,0	0,11	0,86		1H1R3	55	16	3,4	7,6	0,14	0,84
1H2R1	299	78	5,6	34,3	0,03	0,89		1H2R1	255	63	5,4	26,8	0,04	0,90
1H2R2	164	32	4,2	11,9	0,08	0,84		1H2R2	101	36	4,8	20,0	0,05	0,94
1H2R3	855	91	5,3	25,8	0,05	0,81		1H2R3	337	66	5,1	24,5	0,06	0,84
1H3R1	384	79	5,5	30,2	0,04	0,87		1H3R1	122	53	5,5	35,7	0,03	0,95
1H3R2	319	67	5,3	25,9	0,04	0,87		1H3R2	66	27	4,6	17,1	0,06	0,96
1H3R3	475	81	5,3	28,1	0,05	0,84		1H3R3	149	35	4,5	14,4	0,07	0,87
1H4R1	977	123	5,6	37,2	0,04	0,81		1H4R1	492	89	5,4	31,8	0,05	0,83
1H5R1	53	37	5,6	54,4	0,01	1,07		1H5R1	50	29	5,0	28,8	0,03	1,03
1H5R2	23	17	4,5	29,5	0,03	1,09		1H5R2	12	12	4,2	0,0	0,00	1,18
1H5R3	224	86	6,2	51,1	0,02	0,96		1H5R3	73	45	5,7	50,0	0,02	1,04

A riqueza específica foi mais elevada (91 a 123) nos estratos superficiais dos transectos F e H; e os menores valores da riqueza específica ocorreram nos estratos subuperficiais dos transectos B, C e G, isóbatas de 25 e 150 m.

Os índices de diversidade de Shannon e Fisher mais elevados ocorreram na isóbata de 150 m dos transectos A, F e H, enquanto que os mais baixos ocorreram nas isóbatas de 25 e 75m dos transectos B e C, dois no estrato subsuperficial e um (1) no superficial.

A dominância foi maior na isóbata de 25 m do transecto C, em superfície e subsuperfície (0,41 a 0,35) e na isóbata de 75 m do transecto B, em subsuperfície (0,36); e foi menor no transecto G e H, isóbata de 150 m em 3 réplicas da subsuperfície, e uma da superfície.

A equitabilidade foi mais elevada na isóbata de 150 m dos transectos D, G e H tanto em superfície como em subsuperfície; e mais baixa no transecto C, isóbata de 25 m em superfície e subsuperfície.

A densidade média de foraminíferos (ind.10 cm⁻²) por estação amostral nas Campanhas 1 e 2 da plataforma podem ser observadas nas **Figura IV.3-1 e IV.3-2**, respectivamente.

Elas tendem a aumentar até as isóbatas de 75 ou 100 m de profundidade e diminuem a 150m.

A densidade média foi um pouco mais elevada na região do transecto C e F, na Campanha 1. Enquanto na Campanha 2, a densidade média maior especialmente na região de 25 e 50 m do transecto G, e a 25 e 75 m do transecto H, assim como entre as isóbatas de 50 e 150 m dos transectos B e D.

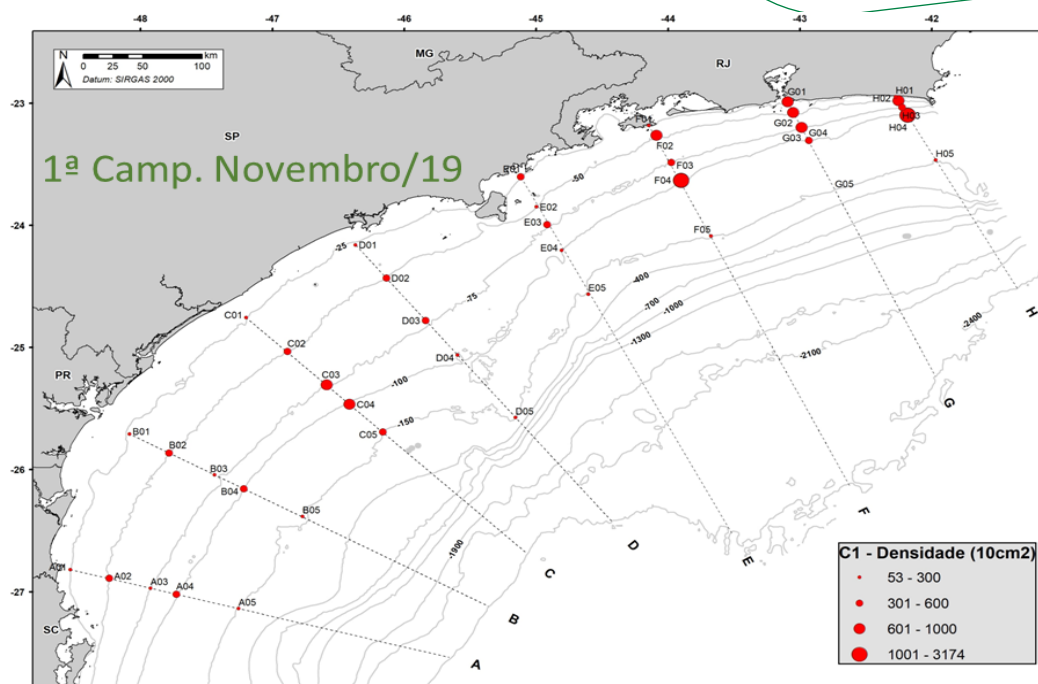


Figura IV.3-1. Densidade média (ind.10 cm⁻²) ao longo dos transectos A ao H (Campanha 1), na área da plataforma continental da Bacia de Santos.

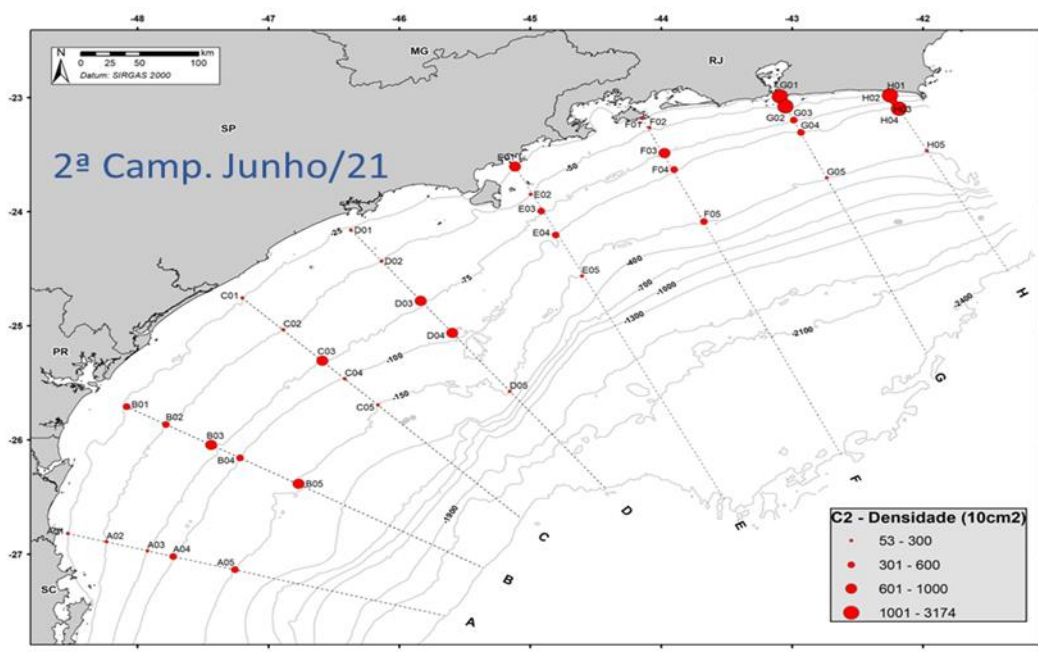


Figura IV.3-2. Densidade média (ind.10 cm⁻²) ao longo dos transectos A ao H (Campanha 2), na área da plataforma continental da Bacia de Santos.

Uma análise de agrupamento (similaridade de Bray Curtis e algoritmo UPGMA com Corr. Cof. = 0,8716) realizada com base na matriz de abundância de espécies de foraminíferos em cada uma das três réplicas de cada ponto

amostral. Foram individualizados 4 grupos para a plataforma continental, que se encontram projetados na área da plataforma continental da Bacia de Santos (Figura IV.3-3).

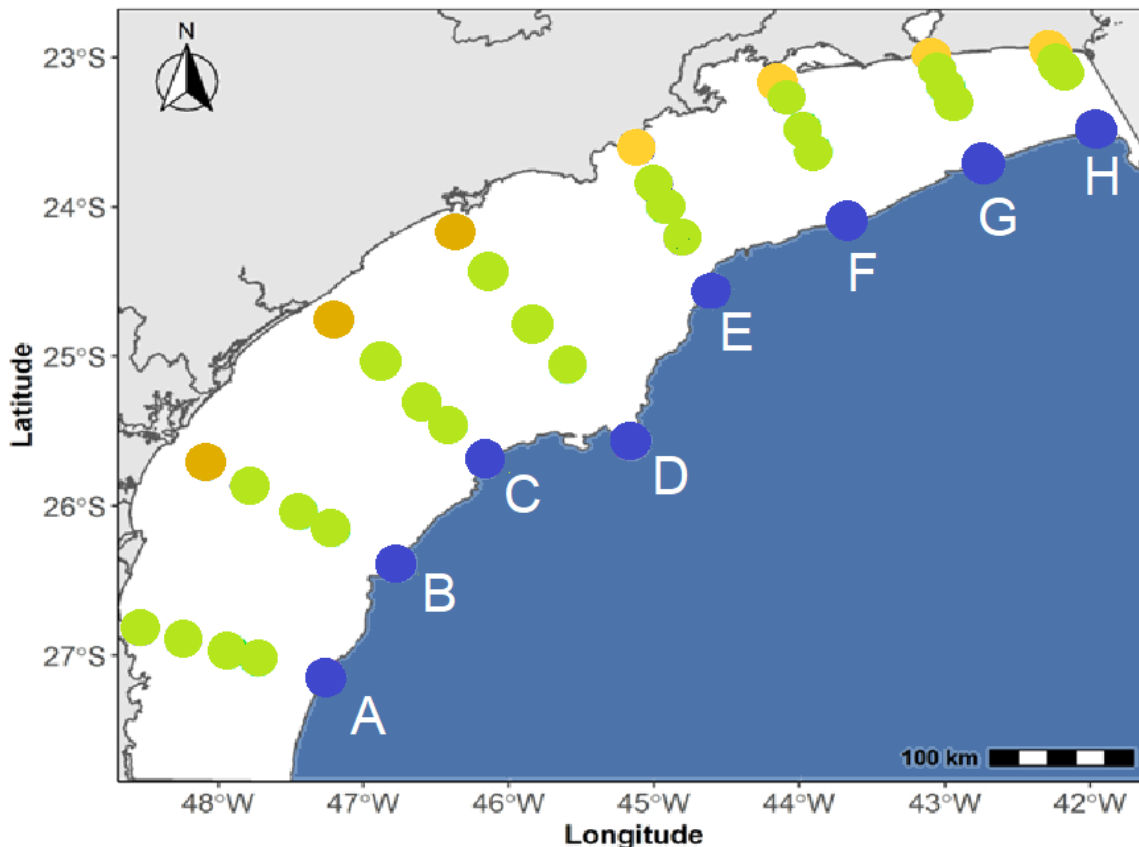


Figura IV.3-3. Mapa da Bacia de Santos com os agrupamentos baseados na matriz de abundância de foraminíferos (réplicas) projetados na área da plataforma continental. Plataforma interna em ocre (25 m ao sul) e amarelo (25m ao norte); plataforma média em verde-claro (50, 75 e 100 m) e plataforma externa em azul marinho (150m)

Um grupo reuniu dois subgrupos – Plataforma interna sul (em ocre) e interna norte (amarelo), com as estações de 25 m de profundidade, à exceção das réplicas do transecto. Um outro grupo se formou com todas as réplicas da isóbata de 150 m (em azul) separando a plataforma externa. Um grande grupo se formou com todas as estações das isóbatas de 100, 75 e 50 m, e com as três réplicas de 25m do transecto A, separando a plataforma média (em verde).

Observa-se que na área rasa, (plataforma interna) a bacia se diferencia em norte (amarelo) e sul (ocre), tendo como limite a região da Ilha de São Sebastião no litoral de São Paulo.

A plataforma média abrange as isóbatas de 50, 75 e 100 m, mas na região sul, transecto A, ela avançou sobre a isóbata de 25 m.

A plataforma externa é uma área muito homogênea com sedimentos mais grossos onde várias estações contêm cascalhos ricos em carbonato.

Para a avaliação das correlações entre os agrupamentos de foraminíferos e as variáveis ambientais, realizou-se uma Análise de Correspondência Canônica com as espécies de cada réplica e os seguintes dados: temperatura, salinidade, isóbatas, teor de carbonatos, lama, de areia e de cascalho, concentração de clorofila-a, de feofitina, de fósforo total e de carbono orgânico total. A representação gráfica desta análise encontra-se na **Figuras IV.3-4**. Os eixos 1 e 2 responderam por 62,1% da variação ($p = 0,001996$).

A seta inserida na imagem da CCA indica a direção de aumento de profundidade das estações na plataforma continental, com início nas estações da plataforma interna (25m), depois média de 50 m, 75 m e 100 m, até a área da plataforma externa aos 150 m. A distribuição das espécies é fortemente correlacionada à batimetria.

IV.3.1 Foraminíferos na plataforma continental – abordagem com Aprendizado de Máquina (“Machine Learning” - ML)

Assim como realizado pelos demais grupos do sistema bentônico (microbiologia, meiofauna e macrofauna), processamos os dados de foraminíferos bentônicos com análises mais tradicionais da ecologia, e também incluímos análises de aprendizado de máquina (*Machine Learning* - ML) para complementar as avaliações de caracterização da área da plataforma continental da Bacia de Santos.

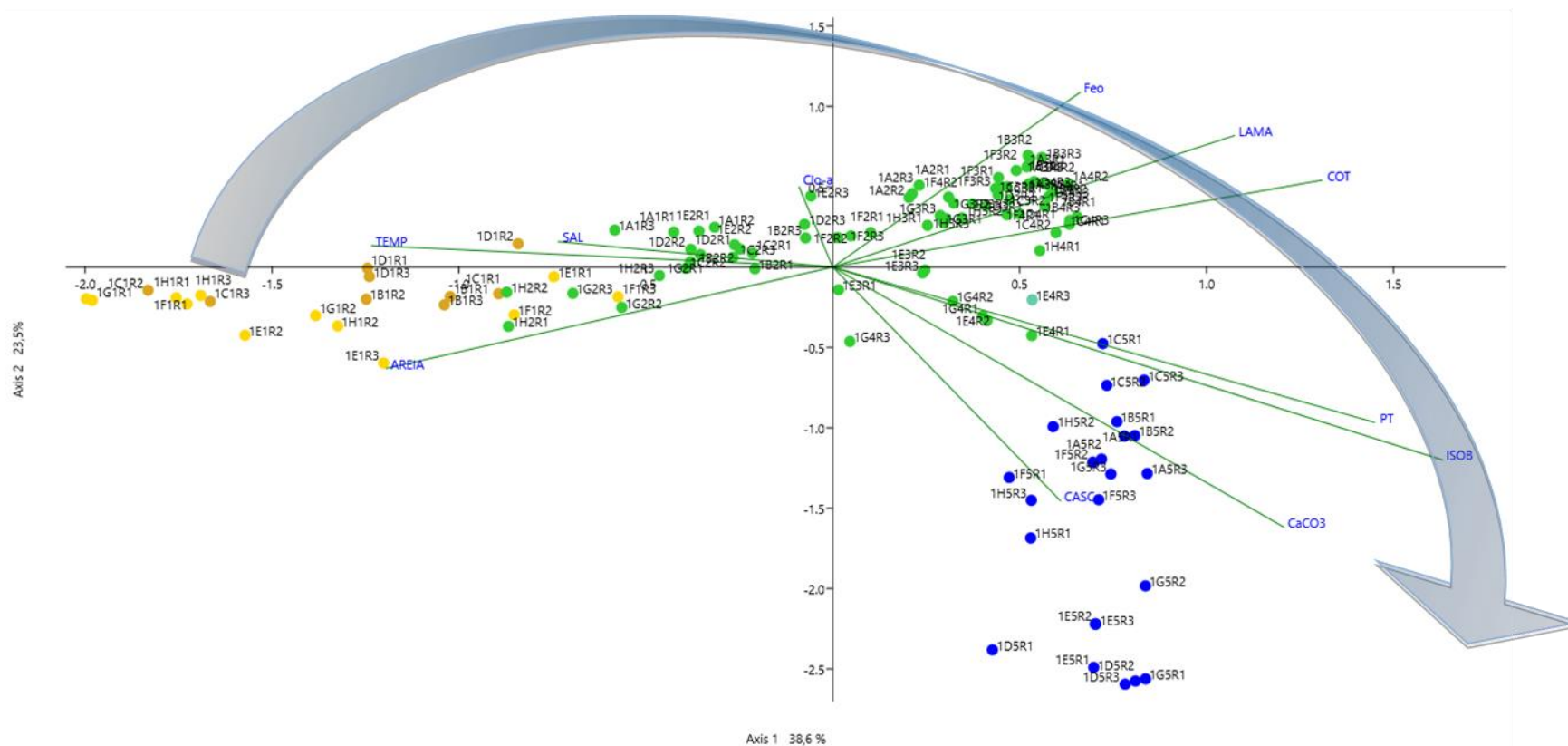


Figura IV.3-4. Análise de correspondência canônica com matriz de abundância de foraminíferos bentônicos e variáveis ambientais em réplicas- Plataforma Continental da BS. Eixos 1 e 2 respondem por 62,1% da variação ($p=0,001996$). Concentração de carbonatos (CaCO_3), fósforo total (PT), feofitina (FEO), clorofila (Clo-a), carbono orgânico total (COT), teor de areia (AREIA), lama (LAMA), cascalho (CASC) temperatura absoluta (TEMP), salinidade (SAL) e profundidade (ISOB). Plataforma interna, 25 m (sul● norte●); plataforma média, 50, 75 e 100 m (●) e plataforma externa, 150 m (●).

Os resultados da análise de Mapas Auto-organizáveis (*Self Organizing Maps* - SOM) seguidos do agrupamento hierárquico com o algoritmo WardD2 separaram a rede em 28 neurônios de associações de espécies de foraminíferos em 4 agrupamentos para a plataforma continental da Bacia de Santos. As “melhores unidades correspondentes” (*Best Matching Units* - BMU) estão representadas na **Figura IV.3.1-1**.

Para cada agrupamento foi possível identificar as espécies com as correlações mais fortes (indicadoras). Na associação da plataforma interna destacaram-se *Textularia panamensis*, *Sepetibaella sepetibensis*, *Rotorbinella lepida*, *Rectocibicides miocenicus*, *Psammosphaera scalena*, *Psammosphaera irregulares*, *Hemisphaerammina* sp. e *Psammonosphaera ponteii*. À exceção de *T. panamensis*, *S. sepetibaensis* e *P. ponteii*, as demais são espécies aderidas. Na plataforma média destacaram-se *Ammobaculoides troelsenii*, *Reophax rostrata*, *Loxostommina limbata*, *Eilohedra laevicula*, *Fursenkoina squamosa*, *Islandiella australis*, *Recurvoides trochaminiformis*, *Lenticulina cultrata*, *Nonionella opima*, *Nonionella stella*, *Bolivina dilatata*, *Reophax scorpiurus*, *Reophax* sp. Cb, *Uvigerina hispidocostata*, *Ammonia* sp.Q. Várias espécies são correlacionadas a ambientes ricos em nutrientes. Na plataforma externa destacaram-se *Lenticulina limbosa*, *Trochaminopsis pusilla*, *Uvigerina auberiana* e *Haplophragmoides* sp..

Na **Figura IV.3.1-2** está representada a análise de agrupamento hierárquico gerada no algoritmo do ML. O ponto de quebra seguiu a sugestão do método de Elbow, 4 agrupamentos. A projeção destes agrupamentos na área da plataforma encontra-se na **Figura IV.3.1-3**.

Através da Análise de Árvores Aleatórias (Random Forest) foi possível identificar, em ordem decrescente de importância, quais variáveis ambientais foram consideradas melhores preditoras das assembleias de foraminíferos na área da plataforma continental (Figura IV.3.1-4). O resultado mostra, em ordem decrescente de importância, as variáveis consideradas melhores preditoras.

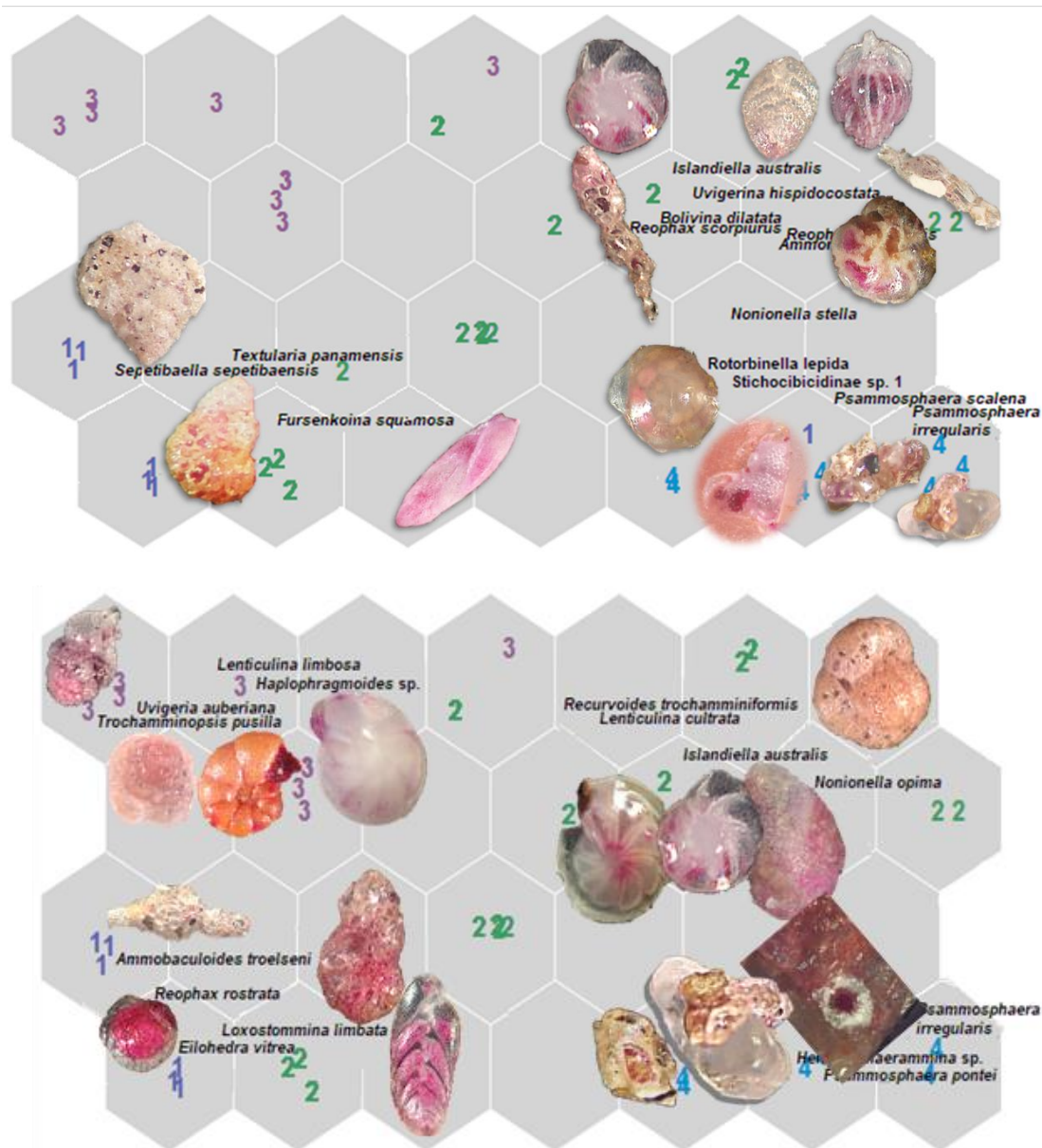


Figura IV.3.1-1. Diagrama das “melhores unidades correspondentes”; os números representam estações da plataforma continental, conforme o agrupamento a que pertence; (1) plataforma média - 50 m; (2) plataforma média - 75 a 100 m; (3) plataforma externa - 150 m, e (4) plataforma interna - 25m. Espécies listadas indicam correlações mais fortes nos agrupamentos.

Com base nas 21 variáveis ambientais significativas para explicar a distribuição das associações de foraminíferos, a análise de árvores aleatórias previu as associações com cerca de 80% de acurácia (**Figura IV.3.1-5**). Em relação à predição dos agrupamentos de foraminíferos o maior acerto é para o

agrupamento da plataforma média (75 a 100 m) e em segundo lugar é para a plataforma externa (150 m) que também tem o menor erro na sua predição. Em terceiro lugar está a plataforma interna (25 m) e o menor acerto, quarto lugar, está a plataforma média (50 m), que também tem o maior erro.

Importância das variáveis

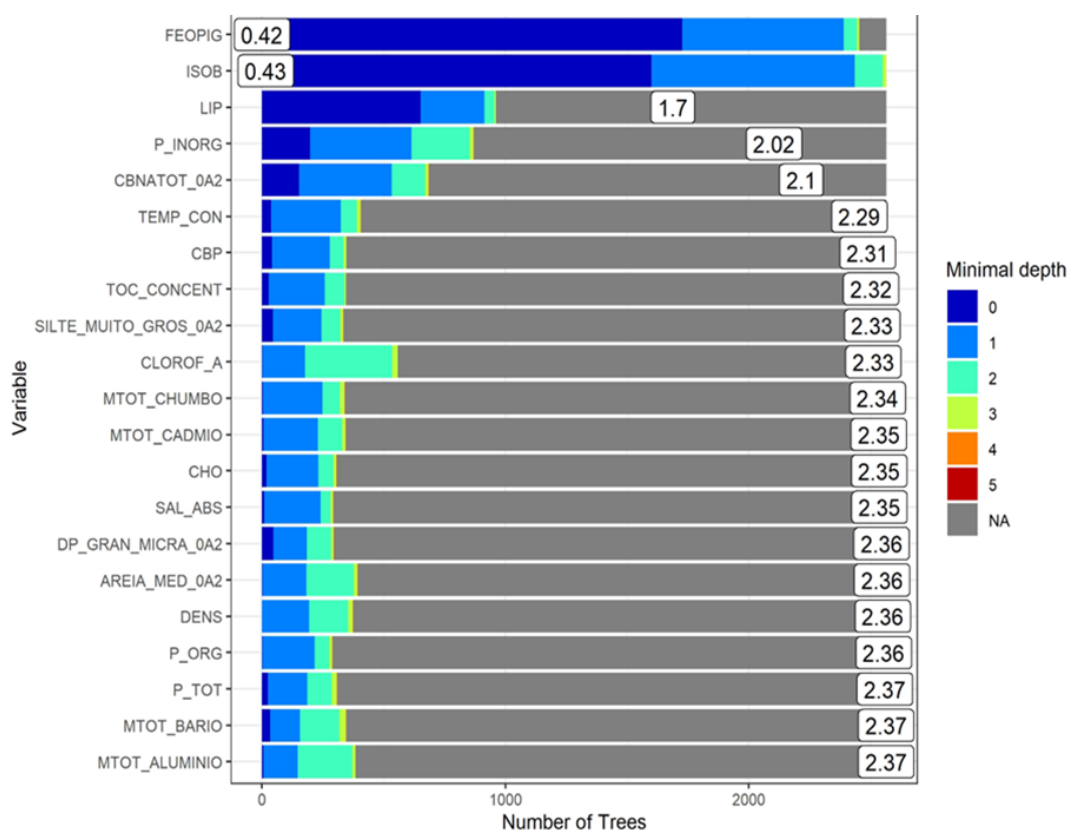


Figura IV.3.1-2. Resultados do “Roandom Forest” (análise de floresta aleatória) com variáveis significativas para explicar a distribuição das associações de foraminíferos (acurácia = 0,799). Quanto menor o número mais importante é a variável; em ordem decrescente foram: feopigmentos, profundidade (ISO), lipídeos, fósforo inorgânico, teor de carbonatos no estrato 0 a 2 cm, temperatura conservativa, carbono biopolimérico, teor de carbono orgânico total, silte muito grosso estrato 0 a 2 cm, concentração de clorofila-a, chumbo total estrato de 0 a 2 cm, cádmio total estrato de 0 a 2 cm, carboidratos, salinidade absoluta, desvio padrão da granulometria em μm estrato 0 a 2 cm, densidade, fósforo orgânico, fósforo total, bário total estrato 0 a 2 cm, alumínio total estrato 0 a 2 cm.

Accuracy: 79.5 %

	1	2	3	4	class.error
1	9.5	0	1.5	5	0.406
2	5.5	36.5	2.5	0	0.18
3	0	1	18.5	0	0.051
4	5	0	0	15	0.25

Cross-Validated (5 fold, repeated 5 times)

Figura IV.3.1-3. Matriz de acurácia das árvores aleatórias na previsão da ocorrência das associações de foraminíferos da plataforma continental da Bacia de Santos

IV.4 Discussão

Tanto as técnicas tradicionais da estatística exploratória como as análises do aprendizado de máquina mostraram resultados muito similares para a caracterização da plataforma continental da Bacia de Santos.

O que percebemos nos dados é que a plataforma continental da BS é muito similar à da Bacia de Campos (Disaró, 2013 e Disaró et al, 2017).

A plataforma interna (25 m) tem maiores temperaturas e salinidade mais elevadas ao norte, predomínio de areias, com sedimentos que variam de silte grosso a areia fina na porção sul e até areia grossa na porção norte da plataforma. Dominam nestas áreas associações com muitas espécies de foraminíferos aderidos. E, segundo Dottori e colaboradores (2022), há uma grande diferença no predomínio das massas d'água entre a porção norte e sul da plataforma proximal. Isto é discutido mais adiante nesta discussão.

Na plataforma média (50 a 100 m) temos maior concentração de clorofila-a, feopigmentos, carbono orgânico total e sedimentos mais finos, com predomínio de lamas e associações de foraminíferos com muitas espécies infaunais e que respondem rapidamente ao aporte da produção primária fitoplanctônica.

A plataforma externa (150 m) é rica em carbonatos e cascalho, e tem associações de foraminíferos predominantemente epifaunais, que não respondem tão rapidamente aos aportes de nutrientes.

A porção ao sul da plataforma continental da BS é mais extensa, com predomínio de lamas e uma maior retenção de matéria orgânica, onde predominam espécies infaunais livres de foraminíferos bentônicos.

A porção norte da BS tem uma plataforma mais estreita, mais inclinada e mais exposta a ondas de tempestade; tem maior teor de carbonatos e sedimentos de granulometria maior. Os foraminíferos deste setor ao norte aparentemente respondem rapidamente ao aporte de nutrientes, mas o ambiente não propicia o acúmulo destes nutrientes. Dominam espécies epifaunais aderidas.

Segundo Dottori e colaboradores (2022) a porção sul da plataforma continental da BS é dominada pela Água Costeira, e os grandes volumes destas águas na região se devem ao fluxo de flutuação remota do sul, muito provavelmente águas do rio La Plata. A Água Central do Atlântico Sul domina o fundo da porção norte da plataforma continental da BS com o vento desempenhando um papel importante no soerguimento dessa massa de água. Segundo Dottori (op. cit.) esta parte da plataforma apresenta pequenos volumes de Água Costeira, sendo a Água Tropical a outra massa de água predominante, principalmente perto da superfície e offshore. Esses autores citam que essas diferenças na estrutura hidrográfica da plataforma continental da BS sugerem que ela pode ser dividida em 2 porções distintas, uma a nordeste da Ilha de São Sebastião e outra a sudoeste dela. Esses dados endossam os resultados obtidos com o estudo da fauna de foraminíferos, que também mostram essa diferença, especialmente na porção mais rasa da plataforma. A região mais profunda é bem mais homogênea.

IV.5 Considerações finais

Esta bacia sedimentar marinha tem áreas de grande importância econômica por estar numa das regiões costeiras mais densamente ocupadas e exploradas do país. A avaliação da estrutura das comunidades de foraminíferos bentônicos permitiu reconhecer 4 grandes ambientes na BS. A plataforma interna (25 m) ao sul com foraminíferos associados a sedimentos mais finos e ao domínio da Água de Mistura e Água Costeira, com provável influências das águas do Rio de La Plata e a porção norte da plataforma interna com mais sedimentos da fração areia, muitos foraminíferos aderidos e predominantemente influenciada pela Água Central do Atlântico Sul (ACAS); também individualiza a plataforma média (50 a 100m) com sedimentos da fração lamas, muito ricos em nutrientes, especialmente clorofila e feofitina com predomínio da ACAS e domínio de foraminíferos infaunais com muitas espécies oportunistas, além da plataforma externa (150 m) com dominância de sedimentos da fração cascalho, ricos em carbonatos, onde predominam espécies epifaunais com resposta menos intensa aos eventuais fluxos de nutrientes.

Desta forma, assim como em outras regiões da BS, a origem e composição da matéria orgânica são fatores importantes na manutenção dos foraminíferos, mas na plataforma da BS também o tipo de sedimento e o teor de carbonatos são muito importantes, influenciando tanto os habitats dos foraminíferos como a retenção ou não dos nutrientes a curto ou médio prazo.

IV.6 Referências bibliográficas

- Clarke, K., Gorley, R.N. 2006. **Primer v6: User Manual/Tutorial**. In: **PRIMER-E**.
- Debenay, J.P. 2012. **A Guide To 1,000 Foraminifera From Southwestern Pacific, New Caledonia**. Paris: Institut de recherche pour le développement and Muséum national d'Histoire Naturelle, 378 p.
- Disaró, S.T. 2013. Caracterização da plataforma continental da Bacia de Campos (Brasil, SE) fundamentada em foraminíferos bentônicos recentes [Doutorado]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências.
- Disaró, S.T., Aluizio, R., Ribas, E.R., Pupo, D.V., Tellez, I.R., Watanabe, S., Koutsoukos, E.M.A. 2017. **Foraminíferos bentônicos na plataforma**

- continental da Bacia de Campos.** In: Falcão APC, Lavrado HP, editors. Ambiente Bentônico: Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos. Atlântico Sudoeste. Habitats. Vol. 3. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017. pp. 111-144. DOI: 10.1016/B978-85-352-7263-5.50004-7
- Disaró,S.T., Totah,V.I., Watanabe,S., Ribas,E.R., Pupo,D.V. 2022. **Biodiversidade Marinha da Bacia Potiguar: Foraminifera.** Rio de Janeiro: Museu Nacional. 264p. (Em impressão).
- Dottori,M., Sasaki,D.K., Silva,D.A., Del Giovannino,S.R.,Pinto,A.P., Gnamah,M., Santos,A.D., Silveira,I.C.A., Belo,W.C, Martins,R.P., Moreira,D.L. 2022 **Hydrographic Structure of the Santos Basin Continental Shelf, Brazil. Ocean**
- Hayward, B.W., Grenfell, H.R., Sabaa, A.T., Neil, H., Buzas, M.A. 2010. **Recent New Zealand Deep-Water Benthic Foraminifera: Taxonomy, Ecologic Distribution, Biogeography, and Use in Paleoenvironmental Assessment.** GNS Science: Lower Hutt, New Zealand; ISBN 9780478197778 .DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(01\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(01)00025-1)
- Hottinger,L., Halicz,E., Reiss,Z. 1993. **Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea.** Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti: Ljubljana, Slovenia.
- Kaminski,M.A., Ceteau,C.G. **A Catalogue of Agglutinated Foraminiferal Genera.** (Unpublished).
- Legendre,P., Legendre,L. 1998. **Numerical Ecology.** 2.ed. Amsterdam: Elsevier. Developments in Environmental Modelling, 20.
- Loeblich,A.R., Tappan,H. 1988. **Foraminiferal Genera and Their Classification.** New York: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5760-3>
- Loeblich,A.R., Tappan,H. 1994. **Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea.** Special Publication No. 31, Cushman Foundation for Foraminiferal Research: Lawrence, KS, USA.
- Pielou,E.C. 1975. **Ecological Diversity.** New York: John Wiley and Sons, 165 p.
- R Core Team. 2018. **R Development Core Team.** R A Lang. Environ. Stat. Comput.
- Schönfeld,J., Alve,E., Geslin,E., Jorissen,F., Korsun,S., Spezzaferri,S. 2012. The FOBIMO (FORaminiferal Blo-MONitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. **Marine Micropaleontology**, 94–95, 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2012.06.001>
- Simpson,E.H. 1949. Measurement of Diversity. **Nature**, 163(4148), 688–688. DOI: <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Sousa,S.H.M., Yamashita,C., Semensatto,D.L., Santarosa,A.C.A., Iwai,F.S., Omachi,C.Y., Disaró,S.T., Martins,M.V.A., Barbosa,C.F., Bonetti,C.H.C., Vilela,C.G., Laut,L., Turra,A., Alve,E., Armynot du Châtelet,E., Bouchet,V.,

Burone, L., Carmo, A., Figueira, R.C.L., Figueiredo, M. de S.L., Frontalini, F., Geslin, E., Lamparelli, C., Licari, L., Lorini, M.L., Lourenço, R.A., de Mahiques, M.M., Martin, T., de Mello, R.M., Millo, C., Pawlowski, J., Rodrigues, A.R., Siegle, E., Members of the BIOFOM group. 2020. Opportunities and challenges in incorporating benthic foraminifera in marine and coastal environmental biomonitoring of soft sediments: from science to regulation and practice. **Journal of Sedimentary Environments**, 5(2), 257–265. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43217-020-00011-w>

TAYLOR, L.R., KEMPTON, R.A., WOIWOD, I.P. 1976. Diversity statistics and the log-series model. **Journal of Animal Ecology**, 45, 255-272. <https://doi.org/10.2307/3778>

IV.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Antônio João Malafaia	Biólogo, Dr.	Técnico
Barbara M.de Carvalho	Oceanógrafa, Dra.	Técnica
Cintia Yamashita	Oceanógrafa, Dra.	Bolsista pós doutorado
Daniel Vicente Pupo	Oceanógrafo, Me.	Técnico
Elis Regina Ribas	Bióloga, Me.	Técnica
Giovana F. França	Graduação em Biologia	Bolsista Iniciação científica
Helenita Forcelini	Oceanógrafa, Dra.	Técnica
Isabela S. Kropiwiec	Graduação em Biologia	Bolsista Iniciação científica
Joice Dissenha Gonçalves	Oceanógrafa, Me.	Técnica
Leticia Woss	Oceanógrafa, Bel.	Técnica
Luciana Santa Rosa	Bióloga, Me.	Técnica
Maria Virginia Martins	Bióloga, Dra.	Taxonomista pesquisadora ^e
Naira Yamamoto	Oceanógrafa, Me.	Técnica
Sibelle Trevisan Disaró	Bióloga, Dra.	Coordenadora
Tabata F. Klimeck	Bióloga, Bel.	Técnica
Thiago G. da Silva	Físico, Dr.	Bolsista pós doutorado

V. Foraminíferos bentônicos no talude e Platô de São Paulo da Bacia de Santos

*Capítulo V
Revisão 01
Dezembro/2022*

V.1 Introdução

Os fundos oceânicos atuais são cobertos por sedimentos com grande abundância de foraminíferos, que compreendem mais de 90% da biomassa no mar profundo (Armstrong & Brasier, 2005). Estes microrganismos pertencem ao Reino Protista (organismos eucariontes unicelulares), supergrupo SAR (clado que inclui os grupos Stramenopiles, Alveolata e Rhizaria), e filo Foraminifera (Adl et al., 2012). Os foraminíferos habitam o plâncton, onde ocorrem em torno de 50 espécies, e o fundo marinho, onde o número de espécies bentônicas é superior a 9.953 (WORMS, 2022). No fundo marinho, os foraminíferos bentônicos ocupam diferentes microhabitats, desde a superfície do sedimento (epifaunais), como no seu interior, em profundidades que variam de 0-2 cm (infaunais rasas), entre 1 e 4 cm (infaunais intermediárias) e superiores a 4 cm (infaunais profundas) (Corliss, 1991).

O conteúdo citoplasmático da maioria das espécies dos foraminíferos é protegido de estressores biológicos, físicos e químicos por uma carapaça ou testa, que pode ser constituída por material orgânico proteico ou pseudoquitinoso, ou pode ser mineralizada e composta por calcita, aragonita, sílica opalina, partículas aglutinadas de sedimento provenientes do local em que vivem ou constituídas até mesmo por matéria orgânica (Murray, 2006). Os cristais de carbonato de cálcio nas testas de foraminíferos podem ocorrer orientados de maneira a permitir a passagem de luz, denominados assim de calcário-hialinos, ou não orientados, de forma a não permitir a passagem de luz, e assim denominados de calcário-porcelânicos. Os cristais de carbonato de cálcio podem ocorrer também na forma microgranular (Armstrong & Brasier, 2005). A composição e estrutura da parede dos foraminíferos também são utilizadas na sua classificação. Assim sendo, as formas com paredes orgânicas pertencem à subordem Allogromiina. Os foraminíferos de paredes aglutinantes são agrupados na subordem Textulariina, os calcário-microgranulares pertencem à subordem Fusulinina (extinta), e os calcário-porcelânicos e calcário-hialinos estão nas subordens Miliolina e Rotaliina, respectivamente (Loeblich & Tappan, 1964). No entanto, estudos moleculares revelaram que o grupo de foraminíferos também apresentam espécies sem carapaça denominadas "*naked*" espécies, que não se preservam no registro geológico e, portanto, poderiam ter

surgido antes dos primeiros registros fósseis (Pawlowski et al., 1999). Os mais antigos registros de foraminíferos são do Pré-Cambriano (McIlroy et al. 2001; Min et al. 2021), mas a partir do Cambriano (~540 Ma) seus registros tornaram-se abundantes. Quanto à morfologia das testas, os foraminíferos apresentam uma única câmara (unilocular) ou múltiplas câmaras (multilocular), sendo que em sua maioria são menores que 1 mm (Armstrong & Brasier, 2005).

Os foraminíferos bentônicos ocorrem numa ampla variedade de ambientes, desde os transicionais (lagunas de águas salobras, estuários, mangues, pântanos salgados) até o oceano profundo, e mesmo em lagos de água doce, desde regiões polares até as tropicais (Armstrong & Brasier, 2005; Siemensma et al., 2017; Wylezich et al., 2014). Em razão de serem cosmopolitas, estarem entre os organismos unicelulares da meiofauna mais abundantes encontrados na superfície do sedimento nos oceanos modernos (Armstrong & Brasier, 2005; Murray, 2007), e ficarem preservados no registro geológico, devido a presença de testas na maioria das espécies, os foraminíferos têm sido de grande importância nos estudos de ambientes atuais, mas também no registro histórico de ambientes no passado (Armynot du Châtelet et al., 2018 a, b) e como indicadores de condições de pré-impacto (e.g., Alve, 1991; Alve et al., 2009; Dolven et al., 2013; Francescangeli et al., 2016). Além destas características, os foraminíferos apresentam: a) papel fundamental no funcionamento do ambiente bentônico, contribuindo para a bioturbação, ventilação do fundo marinho e consumo da matéria orgânica (Deldicq et al., 2020), sendo essenciais no ciclo geoquímico do carbono e nitrogênio (Groß, 2002; Piña-Ochoa et al., 2010; Cesbron et al., 2016); b) ciclo reprodutivo curto, respondendo assim rapidamente à mudança ambiental, com informações importantes a respeito da qualidade ambiental do local em que vivem (Schönfeld et al., 2012); c) espécies que são tolerantes às condições ambientais adversas, enquanto outras são mais sensíveis (Bouchet et al., 2007; Jayaraju et al., 2011; Martins et al., 2017; Prazeres et al., 2017; Vidović et al., 2014); e e) abundância em pequenos volumes de amostras de sedimento (poucos cm³), o que proporciona uma base estatística robusta para os estudos (Armynot du Châtelet et al., 2004), além de que a coleta de amostras têm impacto relativamente pequeno sobre os sistemas marinhos (Pati & Patra, 2012).

Os foraminíferos respondem às variações nos parâmetros ambientais com mudanças na composição e abundância de espécies, nos parâmetros biológicos e morfologia de suas testas. Entre os principais parâmetros ambientais que afetam a distribuição das espécies de foraminíferos estão temperatura da água (Prazeres & Pandolfi, 2016), salinidade (Iglukowska & Pawloska, 2015), disponibilidade de alimento e quantidade e qualidade de matéria orgânica (Fontanier et al., 2003; Jorissen, 1999; Sousa et al., 2017; Vicente et al., 2021; Yamashita et al., 2018); potencial hidrogeniônico (pH) e solubilidade de carbonato de cálcio (Haynert et al., 2011; Khanna et al., 2013; Kuroyanagi et al., 2009; Uthicke et al., 2013; Saraswat et al., 2015), tipo de substrato (Armynot du Châtelet et al., 2009; Martins et al., 2015), conteúdo de oxigênio dissolvido (Sen Gupta et al., 1996; Jorissen, 1999; Rathburn et al., 2018), interação com outros organismos (Murray, 2006), e condições hidrodinâmicas (Yamashita et al., 2016).

Parâmetros como concentração de oxigênio na água de fundo, quantidade e qualidade de alimento, além de fatores biológicos como competição, predação e bioturbação controlam os microhabitats dos foraminíferos bentônicos (Jörissen et al., 1995; Jörissen, 1999; Fontanier et al., 2016). Um modelo estabelecido por Jorissen et al. (1995), e denominado de modelo TROX, explica que em ecossistemas oligotróficos e bem oxigenados, os taxa infaunais rasos ocupam a interface água-sedimento. A escassez de matéria orgânica sedimentar soterrada, em razão da fraca bioturbação e o consumo quase que total da matéria orgânica lábil nos primeiros milímetros do sedimento, impede que as espécies de foraminíferos infaunais ocupem as camadas de sedimento mais profundas. Nesta situação, os valores de diversidade e densidade tendem a ser baixos (Jorissen et al., 1995; Fontanier et al., 2016).

Por sua vez, em condições mais eutróficas, onde há limitação na disponibilidade de oxigênio, a diversidade tende a ser alta, mas a diversidade é limitada em razão da adaptação metabólica das espécies necessária à sobrevivência em sedimentos com baixo conteúdo de oxigênio (Jorissen et al., 1995; Fontanier et al., 2016). O modelo TROX demonstra que os maiores valores de diversidade de espécies infaunais, intermediárias e profundas, ocorrem em sistemas mesotróficos, onde há disponibilidade de oxigênio em camadas mais

profundas do sedimento e biodisponibilidade de compostos orgânicos pela bioturbação (Fontanier et al., 2016). Em várias regiões marinhas, o modelo TROX tem sido validado (e.g., Licari et al., 2003; Fontanier et al., 2016), embora se reconheça que outras variáveis ambientais e biológicas, como processos hidro-sedimentares (Sousa et al., 2006; Duros et al., 2011; Yamashita et al., 2016), circulação oceânica (Yamashita et al., 2020), anoxia (Hess & Jorissen, 2009) e competição interespecífica por habitat e alimento são importantes no controle da dinâmica dos foraminíferos (e.g., Murray, 2006).

Portanto, a estrutura de uma comunidade de foraminíferos bentônicos é resultante de vários e complexos controles multifatoriais, o que torna os foraminíferos bentônicos bons indicadores em estudos de biomonitoramento e paleoambientais (Fontanier et al., 2016; Sousa et al., 2020).

Em mar profundo, em geral, a principal fonte de alimento para o bentos é o fluxo descendente de carbono orgânico lábil (Gooday, 1988), que exhibe variação sazonal e espacial, em razão de mudanças na produção primária na camada eufótica. Os foraminíferos bentônicos são os primeiros organismos da microfauna de mar profundo a responderem, aos aportes de fitodetritos, com aumento na sua abundância (Gooday e Turley, 1990) e biomassa (Altenbach & Sarnthein, 1989; Herguera & Berger, 1991; De Rijk et al., 2000; Fontanier et al., 2002). Além disso, as oscilações interanuais e sazonais da produtividade primária podem levar a uma variabilidade na sua composição faunística (Altenbach & Struck, 2001; Fontanier et al., 2003). Além da sazonalidade do suprimento alimentar/fluxo de carbono e conteúdo de oxigênio na água de fundo e na água intersticial, a composição das comunidades destes microrganismos no oceano profundo é também controlada pela advecção lateral, pela corrosão do carbonato pela água de fundo e pelo estado energético na camada bento-pelágica, sendo esses fatores interdependentes (Mackensen et al., 1995; Schmiedl et al., 1997; Sousa et al., 2006).

Poucos são os trabalhos que abordam a comunidade e distribuição dos foraminíferos bentônicos vivos na região mesopelágica e batial da Bacia de Santos. Entre os que relacionam estes organismos com os fatores ambientais condicionantes, citam-se os de Eichler et al. (2008), Burone et al. (2011) e Yamashita et al. (2016). Os autores reconhecem como principais fatores

controladores da fauna de foraminíferos bentônicos, a disponibilidade e qualidade de alimento e a estabilidade do ambiente sedimentar (Araújo et al., 2022).

O presente capítulo é dedicado ao estudo de foraminíferos bentônicos vivos que ocorrem no talude continental na Bacia de Campos e no Platô de São Paulo (PSP), e tem como objetivos específicos colaborar: a) na compreensão da estrutura da comunidade dos foraminíferos bentônicos na referida área de estudo, em termos de densidade, composição e diversidade, entre outros descritores ecológicos; b) no entendimento da variabilidade espacial e temporal dos foraminíferos nessa região; e c) na avaliação dos fatores ambientais condicionantes desses protistas na bacia.

V.2 Material & Métodos

O desenho amostral, e a metodologia de coleta a bordo do navio são apresentados no Volume 4 - Capítulo II.

As amostras de sedimento destinadas às análises de foraminíferos do talude continental e PSP foram armazenadas em recipientes plásticos com solução de formol a 4% tamponada com bórax, e coradas com rosa de Bengala (1-2 g/L) a bordo do navio (ver detalhes em Volume 4 – Capítulo II).

V.2.1 Talude continental e Platô de São Paulo

No Laboratório de Bioindicadores Ambientais do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (LABI-IOUSP), foi verificado inicialmente o pH das amostras do talude e adicionado solução de bórax e rosa de Bengala (1-2 g/L), quando o pH não atingia o valor mínimo de oito.

Em laboratório, alíquotas de 50 cm³ de sedimento do talude foram peneiradas a úmido em malhas de 250 µm, 125 µm e 63 µm (Schröder et al., 1987; Schmiedl et al., 1997). Após o peneiramento, o material foi seco em estufa, à temperatura máxima de 40 °C, por um período de aproximadamente 24 horas. A triagem das testas foi realizada sob estereomicroscópio (aumento máximo de 300 X). Em cada uma das frações, foram triados no mínimo 100 espécimes e colocados em lâminas micropaleontológicas, quantificados e identificados.

No controle de qualidade, algumas amostras triadas foram selecionadas e

submetidas a uma revisão para verificar se a triagem estava correta. Havendo erro superior a 10% na amostra revisada a triagem foi refeita.

A identificação das espécies foi realizada com base em literatura específica de Ellis & Messina (1940); Boltovskoy et al. (1980); van Morkhoven et al. (1986); Loeblich & Tappan (1988); Jones (1994); Murray (2003), Martins & Gomes (2004), Kaminski & Gradstein (2005) e Debenay (2012). Todos os nomes científicos das espécies foram checados junto ao banco de dados internacional WORMS (*World Register of Marine Species*) e ITIS (*Integrated Taxonomic Information System*) antes de serem listados nas planilhas de dados. Fotomicrografias de algumas espécies podem ser observadas nos Pranchas 1, 2 e 3 e a listagem das espécies encontra-se no **Anexo-V.1**.

V.2.2 Platô de São Paulo (Ps)

No Laboratório de Foraminíferos e Micropaleontologia Ambiental (LaFMA-UFPR), em semelhança as análises realizadas no LABI-IOUSP, as amostras do platô foram verificadas quanto ao pH, coloração e volume antes da lavagem em peneira de 63 μm , secagem em estufa e acondicionado para análise. Havendo necessidade, adicionamos mais corante antes da lavagem. Para o processamento, após a drenagem todas as amostras foram padronizadas quanto ao volume úmido pelo princípio de Arquimedes (deslocamento de líquido em proveta graduada). O material excedente também foi quantificado, separado em alíquotas para eventual utilização como contra-prova ou estudos adicionais, e foram submetidas ao mesmo processamento das demais amostras e estocadas.

Para uma melhor representação das assembleias de foraminíferos de mar profundo que geralmente apresentam baixa densidade e, com base na experiência no talude da Bacia Potiguar (Santa-Rosa, 2021), analisamos 100 mL nas amostras do platô de São Paulo. Após a lavagem e secagem, os sedimentos foram peneirados manualmente em peneiras (malha 1000, 850, 500, 250, 125 e 63 μm) para melhor observação dos diferentes tamanhos de grão. A fração maior de 250 μm (>250 μm) foi integralmente triada sob lupa e contada. Segundo Gooday (2003), como as frações finas tomam muito tempo na triagem, pode ser necessário trabalhar com alíquotas. Sendo assim, após o quarteamento da fração fina de

algumas amostras em diferentes alíquotas, avaliamos sua representatividade e optamos por padronizar o quarteamento da fração fina em $\frac{1}{4} = 25$ mL, assim o esforço por ponto amostral foi o mesmo. Depois de quantificados e identificados, os valores foram todos corrigidos para 100 mL.

Em caso de dúvida quanto ao reconhecimento de espécimes corados, os exemplares foram submergidos em água e observados com luz refletida e incidente para visualização do protoplasma. Apesar de utilizar a malha de 63 μm como limite de tamanho na lavagem e triagem das amostras, muitos indivíduos aderidos aos grãos retidos nas peneiras eram muito menores que 63 μm , mas quando vivos foram incorporados às lâminas e estudados. Um cuidadoso controle de qualidade garantiu padrões similares de triagem e identificação de vivos e assim diferenças entre triadores foram minimizadas. Na Campanha 1 foram coletados e analisados em separado os intervalos de 0-1 cm e 1-2 cm, totalizando 102 amostras do platô.

As amostras da isóbata 11 do platô de São Paulo (profundidade 2.400 m de cada transecto) foram analisadas seguindo as técnicas empregadas pelo LAB-IOUSP, responsável pela área do talude.

As identificações de espécies contaram com descrições originais compiladas em Ellis & Messina (catálogo físico e digital/online), Loeblich & Tappan (1987; 1994), Hottinger et al. (1993), Hayward et al. (2010), Debenay (2012) dentre outros. Também comparamos os espécimes da BS com exemplares das coleções de referência da Bacia de Campos e Bacia Potiguar, depositadas no LaFMA-UFPR. Fotomicrografias de algumas espécies podem ser observadas nos Pranchas 1, 2 e 3.

V.2.3 Análises estatísticas dos dados

Foram calculados os seguintes descritores biológicos a partir da média de densidade de espécies das três réplicas:

- Riqueza específica (S) ou riqueza numérica que corresponde ao número de espécies ou gêneros da amostra (Clarke & Gorley 2006);

- Equitabilidade de Pielou (J') ou índice de uniformidade da amostra que expressa a diversidade observada como uma proporção da diversidade máxima possível observada (Pielou, 1975);
- Diversidade de Shannon-Wiener (H') é uma medida de heterogeneidade que considera a riqueza e a equitabilidade da amostra (Shannon & Weaver, 1963) Utilizou-se o logaritmo na base 2;
- Densidade (N) expressa o número de indivíduos em uma área definida ($\text{ind.} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$) A apresentação dos valores de densidade de indivíduos por área teve por objetivo facilitar a comparação com os dados de meiofauna e macrofauna obtidos para o talude continental da bacia. No cálculo de densidade, não foram contabilizados os espécimes de foraminíferos aglutinantes tubulares, visto que esses organismos podem encontrar-se fragmentados, acarretando valores de densidade superestimados (Harloff & Mackensen, 1997; Heinz & Hemleben, 2003);
- Dominância de Simpson (λ) é uma representação da probabilidade de que dois indivíduos, dentro da mesma região e selecionados aleatoriamente e independentemente, sejam do mesmo grupo (Simpson, 1949).

V.2.3.1 Talude continental

Após o cálculo dos descritores biológicos, a aplicação iMESc (Vieira e Fonseca, 2022), ver detalhes em Volume 4 - Capítulo XV, foi utilizada para análises de ML. Algoritmos de *self-organizing maps* (SOM), *clusters* hierárquicos (CH) e *random forest* (RF) foram aplicados para analisar os dados de espécies de foraminíferos bentônicos. No SOM o método de Bray-Curtis foi usado para medir a distância entre cada neurônio e a entrada de dados, a seguir o *codebook* do SOM junto com o método de mínima variância de Ward (ward.D2) foram utilizados para fazer o CH. Realizou-se também a Análise de Correspondência Canônica (CCA), com as médias dos dados abióticos (declividade do relevo, porcentagem de carbonato de cálcio, porcentagem de lama, diâmetro médio, concentração de clorofila-a, feopigmentos, carboidrato, proteína, lipídios, e carbono biopolimérico, razão proteína e carboidrato e razão Cu/Zn-**Anexos- V.1 e V.2**) e da biota (espécies com frequência maior que 2%) por estação. Para isso, utilizou-se o programa Past

versão 3.20 (Hammer et al., 2001).

V.2.3.2 Platô de São Paulo (Ps)

Para avaliar a eficiência do levantamento de espécies de foraminíferos bentônicos no PSP foram realizadas curvas de rarefação com dados das duas campanhas amostrais.

Os valores de abundância das amostras do Platô de São Paulo foram convertidos de 100 mL para 10 mL para representação da densidade nos mapas, juntamente com as amostras do talude e assim também facilitar a comparação com a literatura.

Para as análises empregando a técnica de *Machine Learning* (ML) cada estrato da amostra da Campanha 1 foi agrupado após a triagem e identificação, integrando os intervalos num só estrato (0-2 cm), e cada ponto teve sua amostra representada pela média entre as réplicas. Na planilha biológica realizou-se a exclusão de espécimes duvidosos, fragmentos e espécimes tubulares sem prolóculo.

Também foi utilizada para análises de ML, SOM, CH e RF para analisar os dados de espécies de foraminíferos bentônicos. No SOM foi utilizado o método de Bray-Curtis, e o método de mínima variância de Ward (ward.D2) para fazer o CH.

No caso da CCA para o PSP, além de alguns parâmetros abióticos já citados para o talude continental, utilizamos também a concentração de fósforo orgânico no estrato de 0 a 2 cm, a taxa de ocorrência de ciclones e anticiclones obtida numa série temporal de 8901 dias (01/01/1993 a 15/05/2017) a mistura complexa não resolvida (MCNR) entre 0 e 2 cm e a temperatura conservativa da água do mar junto ao fundo (TEMP-°C); a matriz de abundância de espécies da biota (total, sem cortes) foi agrupada em nível de gêneros; a análise foi realizada no software livre Past versão 4.11 (Hammer et al., 2001), e a significância da análise foi testada através de permutações estilo ANOVA (Legendre & Legendre, 1998). Os dados sobre a ocorrência dos vórtices ciclônicos e anticiclônicos foram cedidos, sob demanda, pelo Laboratório de Dinâmica Oceânica (LaDO-IOUSP).

Os diagramas (*box plot*) foram realizados com os índices ecológicos no programa *Excel® Microsoft® Office Home e Student 2019*.

V.3 Resultados

Primeiramente são apresentados os dados conjuntos da estrutura da comunidade do talude continental e Platô de São Paulo, seguidos da caracterização do talude. Posteriormente é apresentada uma abordagem específica para a caracterização do Platô de São Paulo com base na Campanha 1. Adicionalmente são apresentados dados parciais da Campanha 2 do PSP que ainda não foi concluída.

V.3.1 Caracterização do talude continental

No talude continental, durante a Campanha 1 foram identificados 280 gêneros e 827 espécies compreendendo 66.395 espécimes triados no estrato 0-2 cm. Na campanha 2 foram identificados, 207 gêneros e 576 espécies compreendendo em 39.134 espécimes triados no estrato 0-2 cm.

A densidade de foraminíferos ($\text{ind.}10 \text{ cm}^{-2}$) nas Campanhas 1 e 2 do talude e PSP podem ser observadas nas **Figura V.3.1-1 e V.3.1-2**, respectivamente, e seguem em geral o um padrão de gradiente batimétrico, diminuindo conforme aumenta a profundidade.

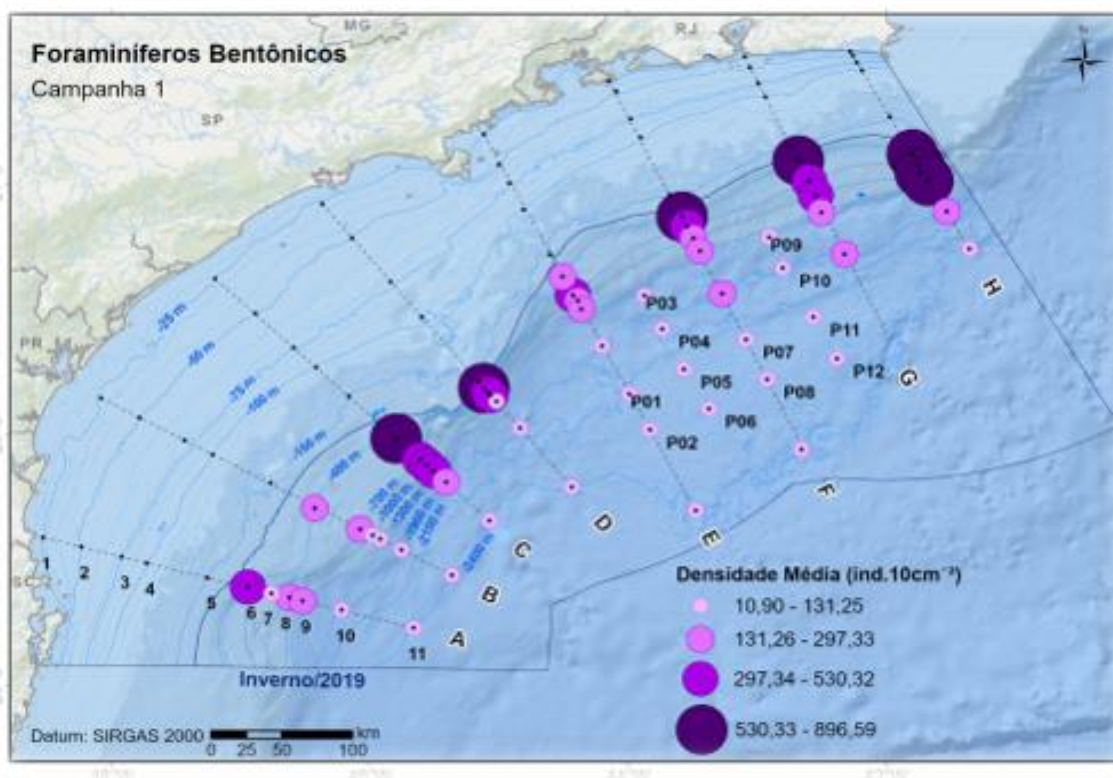


Figura V.3.1-1: Densidade média (ind.10 cm⁻²) ao longo dos transectos A ao H (Campanha 1), nas áreas do talude e do Platô de São Paulo.

Na Campanha 1, os maiores valores de densidade (530 a 896 ind.10 cm⁻²) ocorrem no talude superior (~ 400 m de profundidade), nos transectos C, D e nos transectos F, G e H, situados na porção norte da bacia, e no talude médio (~ 700 a 1.300 m de profundidade) no transecto H. Os menores valores (10 a 131 ind.10 cm⁻²) ocorrem principalmente no talude inferior (~ 1.900 m de profundidade) e nas estações do Platô de São Paulo (~2.400 m de profundidade), podendo ocorrer também no talude médio (~700 a 1.300 m de profundidade), notadamente nos transectos A, B e D, na porção sul da bacia.

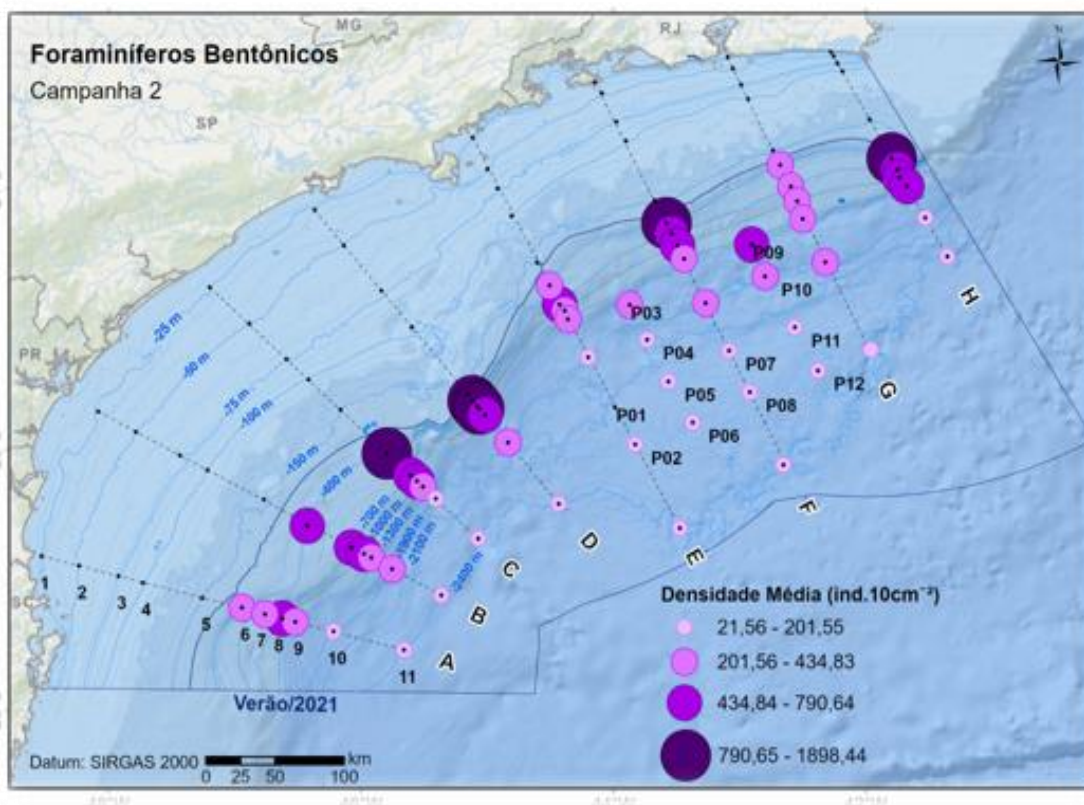


Figura V.3.1-2: Densidade média (ind.10 cm⁻²) ao longo dos transectos A ao H (Campanha 2) nas áreas do talude e do Platô de São Paulo.

Na Campanha 2, a densidade tende a ser mais elevada, chegando a 1.898 ind.10 cm⁻², no entanto, esses valores estão mais localizados no talude superior, nos transectos C, D, F e H. Em algumas estações do talude superior (transectos B e E), os valores são menores, e estão entre 131 a 297 ind.10 cm⁻². No talude médio, principalmente na profundidade de 700 m, em grande parte dos transectos os valores de densidade variam entre 434 e 790 ind.10 cm⁻². Valores relativamente menores de densidade (201 a 434 ind.10 cm⁻²) são observados nos transectos A, E e G. Os menores valores, entre 21 e 201 ind.10 cm⁻², estão preferencialmente no talude inferior e no Platô de São Paulo, à semelhança da Campanha 2.

A distribuição dos foraminíferos bentônicos no talude continental e isóbata de 2.400 m do Platô de São Paulo, em relação à composição da parede da testa, (**Tabela V.3.1-1 e V.3.1-2**) demonstra o domínio de foraminíferos calcários hialinos (rotalídeos, máximo de 77,8 %) e aglutinantes (textularídeos, máximo de 83,9 %), e a ocorrência em frequências muito baixas (máximo de 11,3 %) de testas calcárias porcelanáceas (miliolídeos), nas duas campanhas oceanográficas realizadas

(Figuras. V.3.1-3 e V.3.1-4).

Figura V.3.1-3: Distribuição da média da frequência de espécimes aglutinantes, hialinas e porcelanáceas, ao longo dos transectos A a H, entre as isóbatas de 400 e 1.900 m, incluindo a isóbata de 2.400 m do Platô de São Paulo (Campanha 1).

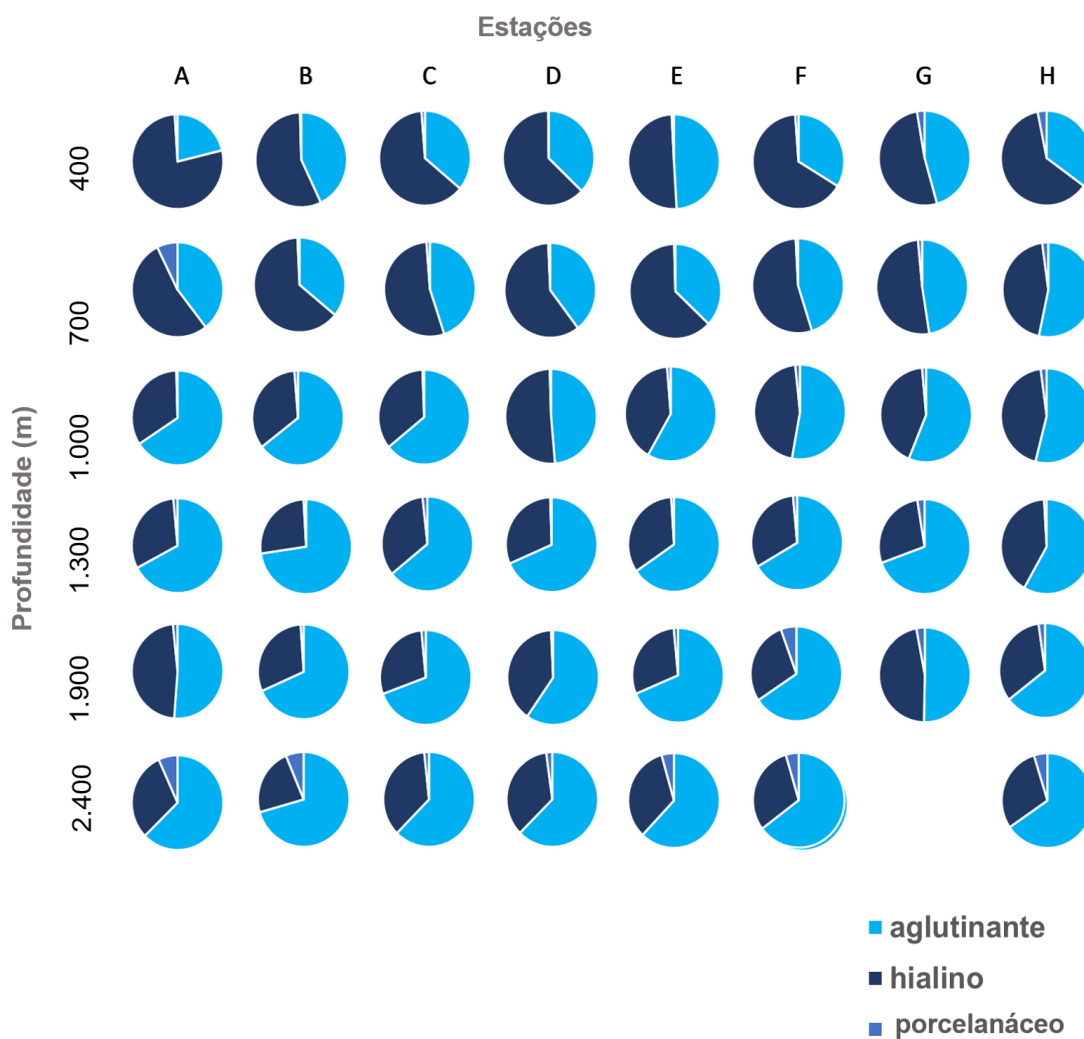


Tabela V.3.1-1: Média de densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (1-λ) de foraminíferos bentônicos vivos, na fração > 63 μm, das três réplicas nas estações dos transectos A a H do talude e isóбата de 2.400 m do PSP, Campanha 1. Onde: * indica ausência de valores.

Estações	Densidade (ind./10cm ²)	Aglutinante (%)	Hialino (%)	Porcelanáceo (%)	S	J'	H' (log2)	1-Lambda'
A06-Campanha 1	392,3	21,2	77,8	1,0	208	0,7	5,7	0,044
A07-Campanha 1	75,2	39,5	53,2	7,3	100	0,9	5,7	0,038
A08-Campanha 1	297,3	65,8	33,8	0,4	202	0,8	5,9	0,040
A09-Campanha 1	247,6	67,3	31,3	1,5	222	0,8	6,0	0,040
A10-Campanha 1	130,5	51,2	47,2	1,6	177	0,8	5,7	0,055
A11-Campanha 1	104,7	62,7	30,6	6,8	160	0,8	6,2	0,030
B06-Campanha 1	207,8	43,0	56,6	0,4	209	0,8	6,2	0,022
B07-Campanha 1	255,4	36,0	63,3	0,7	223	0,8	6,1	0,028
B08-Campanha 1	74,2	64,5	34,2	1,3	181	0,8	6,1	0,038
B09-Campanha 1	107,8	72,7	26,4	0,9	220	0,8	6,3	0,037
B10-Campanha 1	83,9	68,4	30,6	1,1	186	0,8	5,9	0,045
B11-Campanha 1	55,9	70,6	23,0	6,3	180	0,9	6,4	0,020
C06-Campanha 1	728,8	36,1	62,7	1,2	243	0,8	6,2	0,029
C07-Campanha 1	530,3	44,9	53,9	1,2	223	0,8	6,0	0,034
C08-Campanha 1	334,5	64,1	35,3	0,6	215	0,8	6,0	0,047
C09-Campanha 1	400,8	64,2	34,1	1,7	220	0,8	6,2	0,028
C10-Campanha 1	241,8	69,4	29,1	1,5	177	0,8	6,1	0,027
C11-Campanha 1	112,9	62,4	35,9	1,7	139	0,8	5,8	0,046
D06-Campanha 1	856,4	37,2	62,7	0,2	247	0,8	6,6	0,017
D07-Campanha 1	398,7	39,7	59,6	0,7	253	0,8	6,5	0,025
D08-Campanha 1	350,2	48,7	50,9	0,5	212	0,7	5,8	0,051
D09-Campanha 1	88,1	68,5	31,0	0,5	194	0,9	6,5	0,020
D10-Campanha 1	121,5	59,6	39,7	0,7	168	0,8	6,0	0,036
D11-Campanha 1	88,9	62,5	35,3	2,2	154	0,8	6,0	0,037
E06-Campanha 1	260,8	49,1	50,1	0,8	212	0,8	6,3	0,025
E07-Campanha 1	330,4	37,1	62,6	0,4	215	0,8	6,0	0,031
E08-Campanha 1	176,1	58,3	40,4	1,3	205	0,8	6,3	0,029
E09-Campanha 1	183,2	65,4	33,6	1,0	204	0,8	6,4	0,022
E10-Campanha 1	131,3	68,6	29,9	1,5	165	0,8	5,9	0,039
E11-Campanha 1	95,5	62,0	33,6	4,4	181	0,8	6,2	0,031
F06-Campanha 1	844,0	33,7	65,2	1,2	258	0,8	6,6	0,018
F07-Campanha 1	489,2	45,1	54,1	0,8	262	0,8	6,2	0,026
F08-Campanha 1	281,2	52,9	45,5	1,7	220	0,8	6,4	0,023
F09-Campanha 1	188,0	66,6	31,9	1,5	251	0,9	7,0	0,014
F10-Campanha 1	146,2	65,6	28,8	5,5	166	0,8	5,8	0,043
F11-Campanha 1	35,6	64,7	30,7	4,6	123	0,9	6,0	0,026
G06-Campanha 1	600,2	45,6	51,7	2,7	282	0,8	6,8	0,017
G07-Campanha 1	411,4	47,5	51,0	1,5	240	0,8	6,1	0,035
G08-Campanha 1	370,4	56,2	42,4	1,4	245	0,8	6,1	0,039
G09-Campanha 1	206,8	69,4	28,0	2,6	126	0,8	5,7	0,051
G10-Campanha 1	195,3	50,3	46,7	3,0	251	0,7	5,9	0,064
G11-Campanha 1	*	*	*	*	*	*	*	*
H06-Campanha 1	595,7	35,0	61,9	3,1	278	0,8	6,6	0,019
H07-Campanha 1	896,6	53,3	44,5	2,1	287	0,8	6,7	0,021
H08-Campanha 1	872,7	54,0	43,9	2,1	297	0,8	6,7	0,019
H09-Campanha 1	629,1	58,2	40,9	0,9	278	0,8	6,3	0,036
H10-Campanha 1	175,9	64,5	33,2	2,3	246	0,8	6,7	0,029
H11-Campanha 1	110,8	65,5	29,7	4,8	193	0,9	6,5	0,020

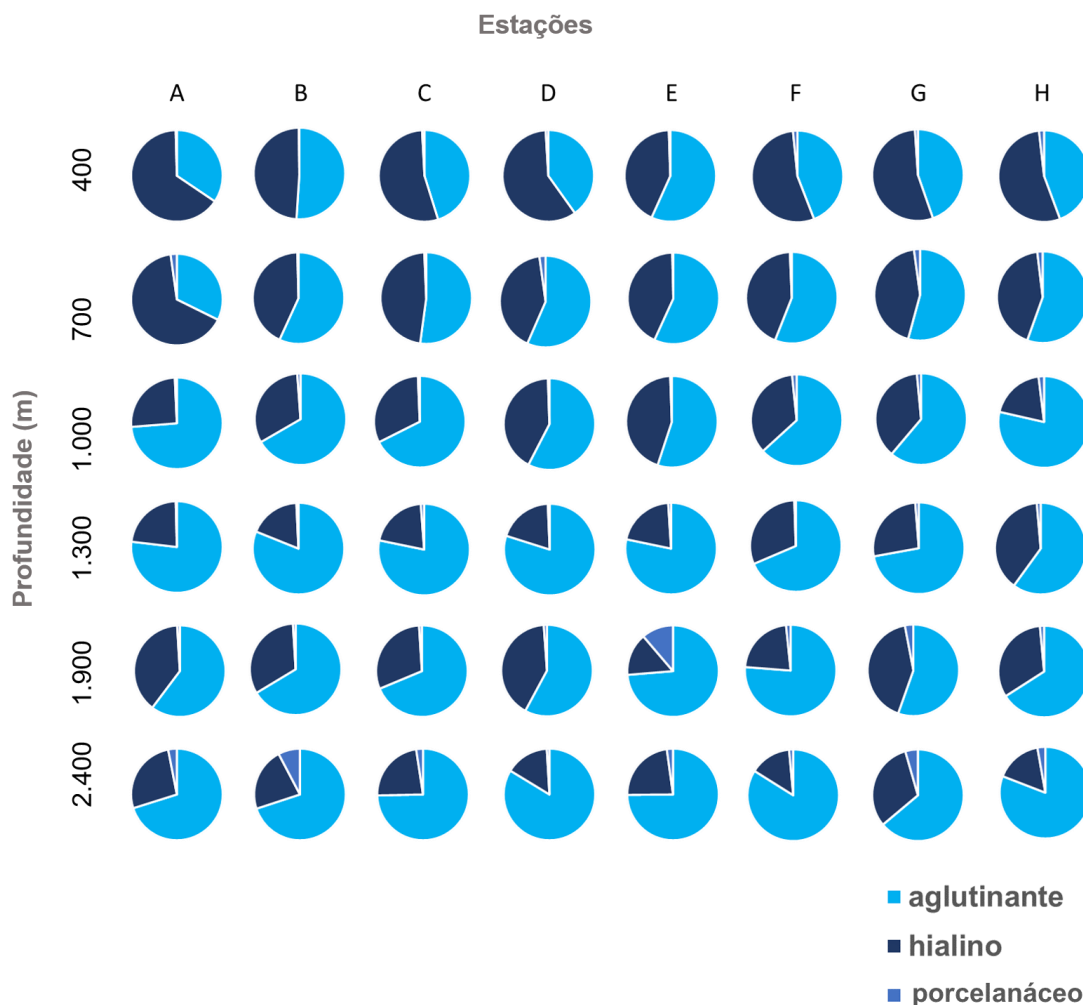


Figura V.3.1-4: Distribuição da média da frequência de espécimes aglutinantes, hialinas e porcelanáceas, ao longo dos transectos A a H, entre as isóbatas de 400 e 1.900 m, incluindo a isóbata de 2.400 m do Platô de São Paulo (Campanha 2).

Os valores do índice de diversidade de Shannon ($H' \log_2$) variam entre 7,01 e 5,66 na Campanha 1, e entre 6,38 e 4,22 na Campanha 2, e também seguem um gradiente batimétrico, com algumas exceções. Na Campanha 1, os maiores valores ocorrem na porção norte da bacia, notadamente nos transectos F, G e H, no talude superior, podendo ocorrer no talude médio (transectos F e H), chegando até mesmo no talude inferior e PSP (transecto H) (**Figura V.3.1-5**). Nos transectos D e E são observados valores elevados de diversidade no talude superior e médio (400 m e 1.000 m de profundidade).

Tabela V.3.1-2: Média de densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (1-λ) de foraminíferos bentônicos vivos, na fração > 63 μm, das três réplicas nas estações dos transectos A a H, Campanha 2.

Estações	Densidade (ind./10cm ²)	Aglutinante (%)	Hialino (%)	Porcelanáceo (%)	S	J'	H' (log2)	1-Lambda'
A06-Campanha 2	459,6	34,4	65,1	0,4	197	0,8	6,0	0,040
A07-Campanha 2	273,6	32,3	65,5	2,2	171	0,8	6,0	0,044
A08-Campanha 2	572,5	73,7	25,5	0,7	151	0,8	6,1	0,028
A09-Campanha 2	360,9	76,9	22,7	0,4	147	0,8	5,7	0,044
A10-Campanha 2	470,1	60,3	38,8	0,9	167	0,8	5,9	0,034
A11-Campanha 2	151,3	70,1	26,8	3,1	79	0,9	5,4	0,043
B06-Campanha 2	417,3	51,0	48,7	0,2	161	0,8	5,8	0,041
B07-Campanha 2	360,3	56,8	42,8	0,4	155	0,8	5,8	0,038
B08-Campanha 2	361,6	66,7	32,2	1,1	199	0,8	6,1	0,036
B09-Campanha 2	555,4	81,1	18,2	0,7	160	0,8	6,0	0,034
B10-Campanha 2	330,0	66,4	32,7	0,9	148	0,8	6,0	0,028
B11-Campanha 2	61,5	70,0	22,3	7,7	29	0,9	4,4	0,057
C06-Campanha 2	230,2	45,2	54,0	0,8	154	0,8	5,8	0,044
C07-Campanha 2	342,9	52,2	47,2	0,6	146	0,8	6,0	0,029
C08-Campanha 2	520,5	67,6	31,8	0,6	156	0,8	5,6	0,049
C09-Campanha 2	261,9	78,2	20,6	1,2	111	0,8	5,5	0,042
C10-Campanha 2	236,4	68,7	30,3	1,0	84	0,8	5,3	0,045
C11-Campanha 2	55,3	74,6	22,9	2,4	36	0,9	4,0	0,117
D06-Campanha 2	566,7	40,1	58,9	0,9	147	0,8	5,7	0,039
D07-Campanha 2	563,4	56,6	41,3	2,2	151	0,8	6,0	0,025
D08-Campanha 2	1111,1	57,6	41,9	0,5	160	0,8	5,9	0,034
D09-Campanha 2	711,3	79,9	19,4	0,7	171	0,8	6,0	0,028
D10-Campanha 2	1898,4	57,9	41,0	1,1	189	0,8	6,1	0,029
D11-Campanha 2	107,1	83,7	15,4	0,9	45	0,9	4,6	0,070
E06-Campanha 2	1172,8	56,8	42,7	0,5	199	0,8	6,4	0,020
E07-Campanha 2	1127,6	56,2	42,9	0,9	204	0,8	6,1	0,031
E08-Campanha 2	669,3	55,1	44,4	0,6	176	0,8	5,6	0,045
E09-Campanha 2	434,8	78,3	20,7	1,0	191	0,8	6,3	0,024
E10-Campanha 2	542,1	73,7	15,0	11,3	171	0,8	6,3	0,022
E11-Campanha 2	52,2	74,9	23,0	2,2	24	0,9	4,1	0,070
F06-Campanha 2	1602,0	44,1	54,3	1,6	160	0,8	5,7	0,035
F07-Campanha 2	764,8	56,0	43,3	0,7	162	0,8	5,9	0,031
F08-Campanha 2	363,7	63,2	35,2	1,6	154	0,9	6,2	0,023
F09-Campanha 2	318,0	68,6	30,9	0,5	152	0,8	6,0	0,031
F10-Campanha 2	1105,4	76,2	22,1	1,6	145	0,8	5,9	0,027
F11-Campanha 2	31,7	83,9	14,6	1,4	16	1,0	3,9	0,077
G06-Campanha 2	577,3	44,7	54,3	1,1	170	0,8	6,2	0,024
G07-Campanha 2	790,6	54,2	43,6	2,2	177	0,8	6,2	0,024
G08-Campanha 2	123,8	61,2	37,3	1,5	127	0,8	5,5	0,053
G09-Campanha 2	242,1	72,1	26,6	1,2	139	0,8	5,7	0,043
G10-Campanha 2	201,6	55,4	41,6	3,0	145	0,8	5,9	0,040
G11-Campanha 2	21,6	63,9	31,6	4,5	15	0,9	3,2	0,165
H06-Campanha 2	259,3	44,3	53,9	1,8	146	0,8	5,8	0,052
H07-Campanha 2	77,8	55,5	42,6	1,9	84	0,8	5,2	0,052
H08-Campanha 2	222,9	78,6	19,5	1,9	114	0,8	5,4	0,066
H09-Campanha 2	228,6	60,0	38,6	1,4	140	0,8	5,8	0,041
H10-Campanha 2	140,9	66,0	32,6	1,5	134	0,8	5,8	0,049
H11-Campanha 2	41,24	80,9	16,3	2,8	19	0,9	3,8	0,110

Os transectos A-C, localizados na porção sul da bacia, os valores de diversidade são menores (entre 5,93 e 5,0), no talude superior e médio, notadamente no transecto A. No PSP, os valores de diversidade de Shannon variam de 6,05 a 5,8 (Figura V.3.1-5).

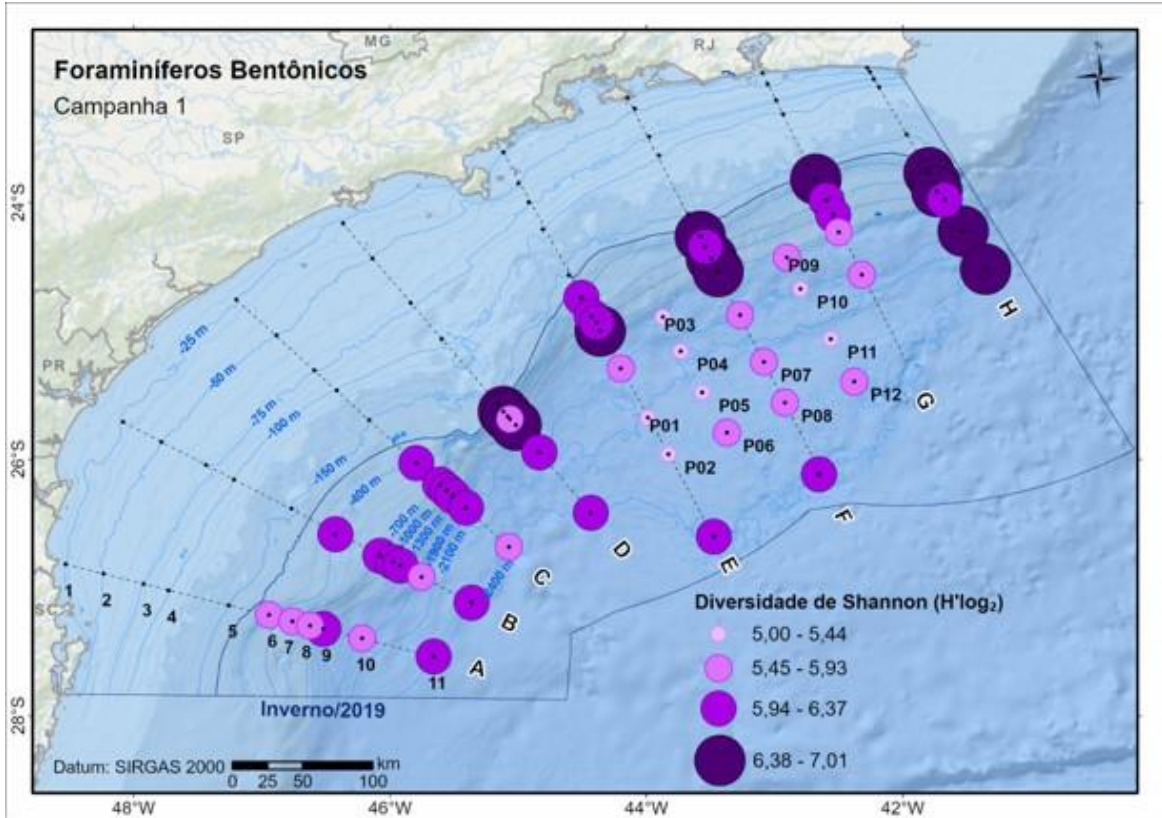


Figura V.3.1-5: Diversidade média (índice de Shannon) ao longo dos transectos A ao H (Campanha 1) nas áreas do talude e do Platô de São Paulo.

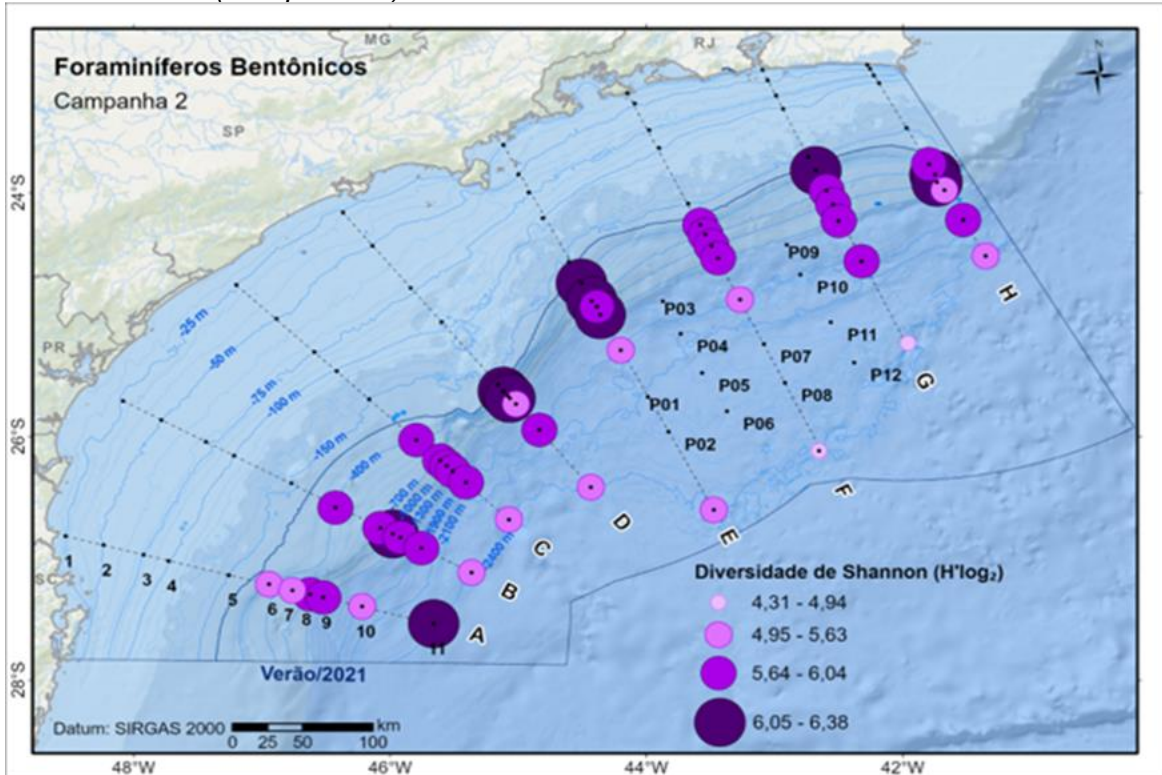


Figura V.3.1-6: Diversidade média (índice de Shannon) ao longo dos transectos A a H (Campanha 2) nas áreas do talude e do Platô de São Paulo.

Os valores de riqueza (S) no talude e PSP variam entre 297 e 58 (Campanha 1) e 204 e 28 (Campanha 2), e seguem o gradiente batimétrico (**Figura V.3.1-7 e V.3.1-8**, respectivamente).

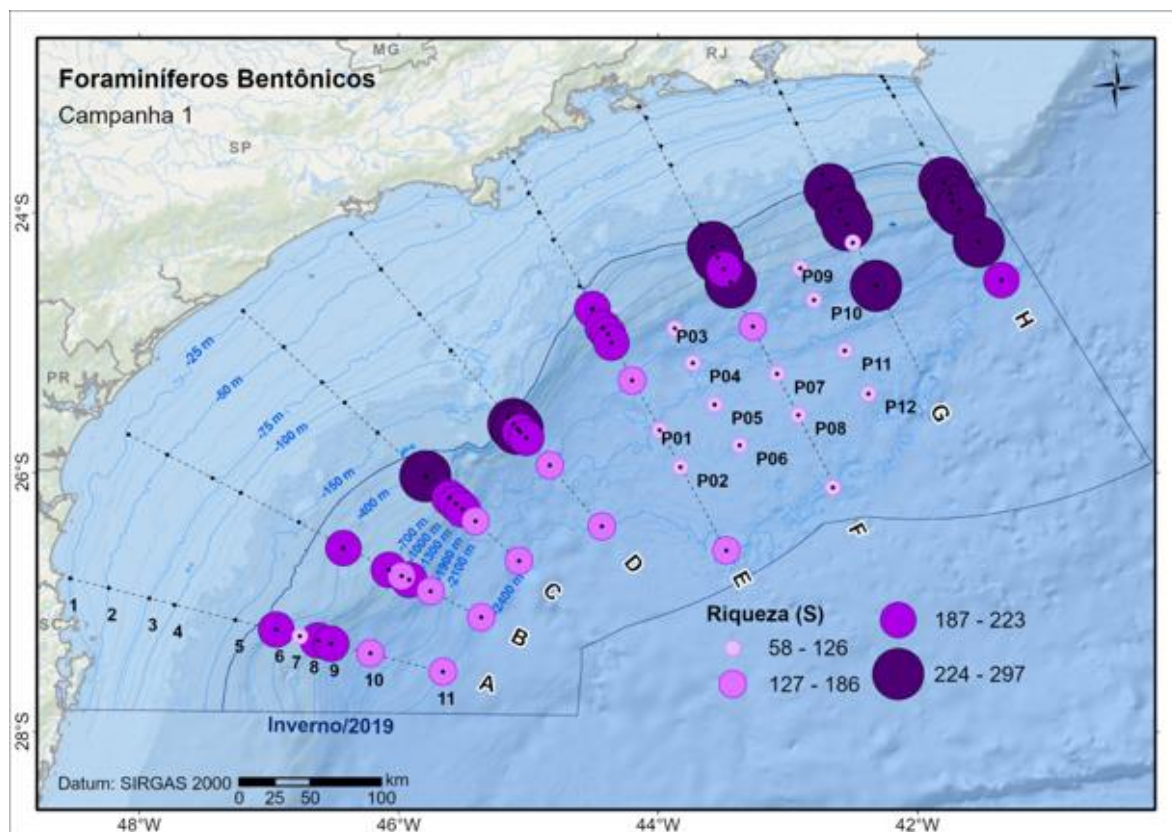


Figura V.3.1-5: Riqueza específica média ao longo dos transectos A a H (Campanha 1) nas áreas do talude e do Platô de São Paulo.

À semelhança da densidade e diversidade de Shannon, valores mais elevados de riqueza (S) ocorrem nos transectos localizados na porção norte da bacia (F, G e H), tanto no talude superior como médio e até mesmo no inferior, como é o caso dos transectos G e H. No PSP a riqueza é menor, variando entre 186 e 58.

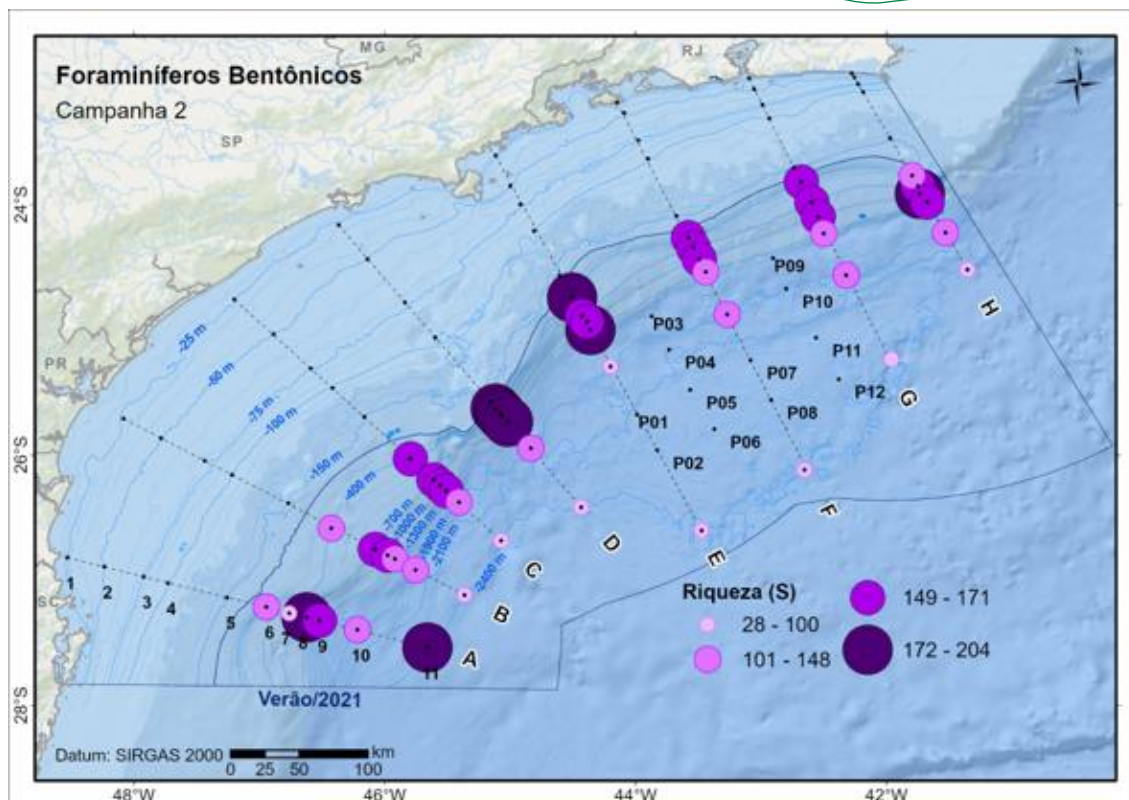


Figura V.3.1-6: Riqueza específica (média) ao longo dos transectos A ao H, Campanha 2 nas áreas do talude e do Platô de São Paulo.

Na Campanha 1, a os maior dominância (entre 0,034 e 0,070) ocorre no PSP e em locais como talude superior no transecto D, e talude médio e inferior nos transectos A e G (**Figura V.3.1-9**). No talude superior os valores tendem a ser menores, variando de 0,047 a 0,013, enquanto no talude médio os valores são relativamente maiores (entre 0,047 e 0,024), à exceção dos transectos D, F e H.

Na campanha 2, o padrão de distribuição da dominância difere pouco do padrão registrado na campanha 1, à exceção de alguns locais no talude médio do transecto B, E e F (**Figura V.3.1-10**).

A equitabilidade é relativamente alta nas campanhas 1 (0,90 a 0,74) e 2 (0,93 a 0,75). Como esperado, a distribuição dos valores de equitabilidade é inversa à distribuição de dominância no talude e PSP (**Figura V.3.1-11 e V.3.1-12**).

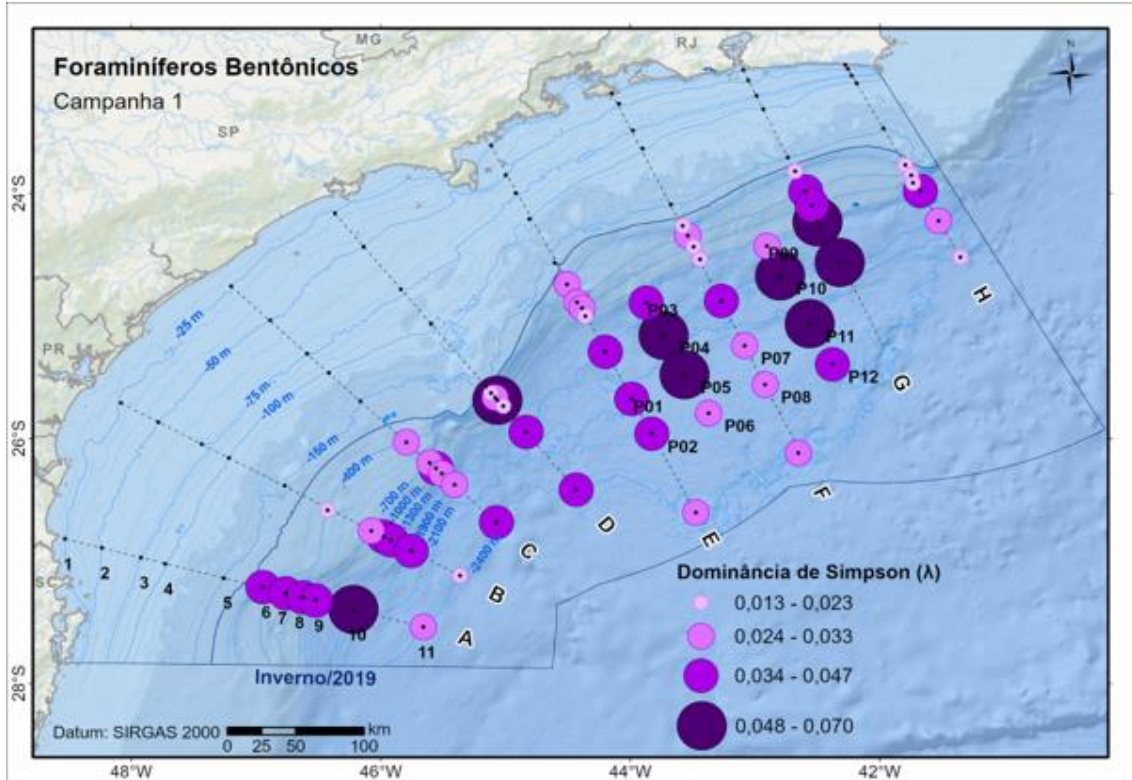


Figura V.3.1-7: Dominância (média) ao longo dos transectos A ao H na Campanha 1 em áreas do talude e do Platô de São Paulo.

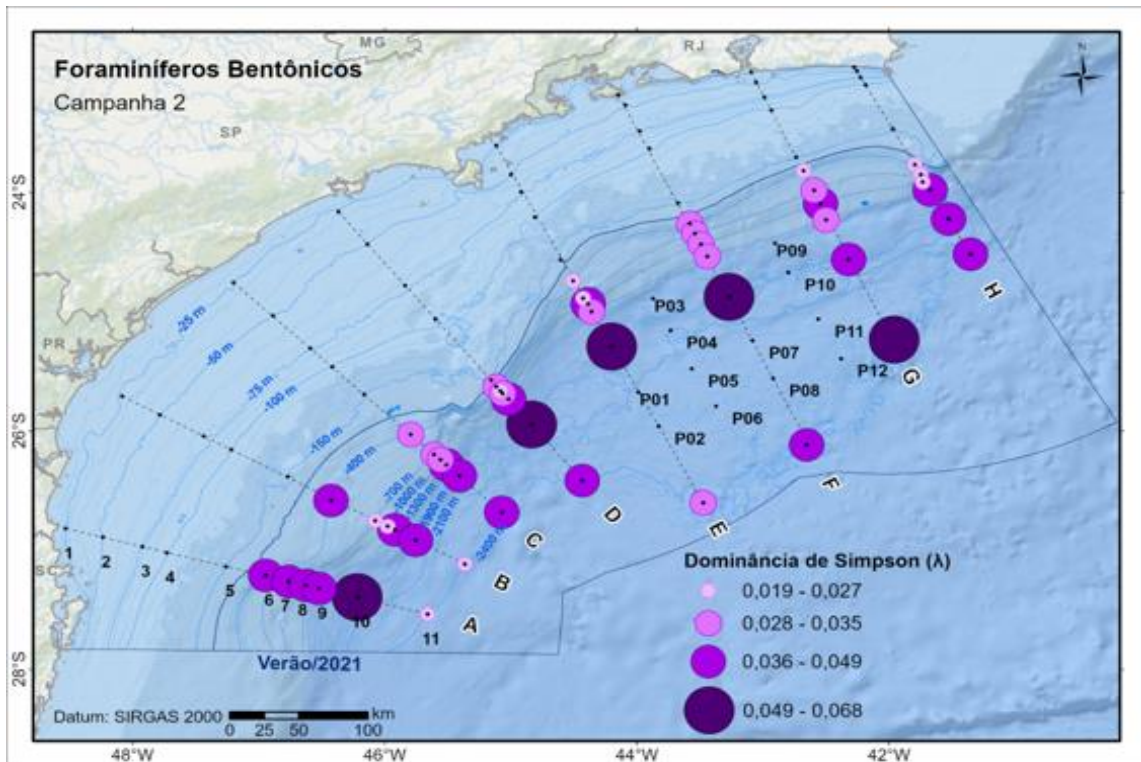


Figura V.3.1-8: Dominância (média) ao longo dos transectos A ao H na Campanha 2 em áreas do talude e do Platô de São Paulo.

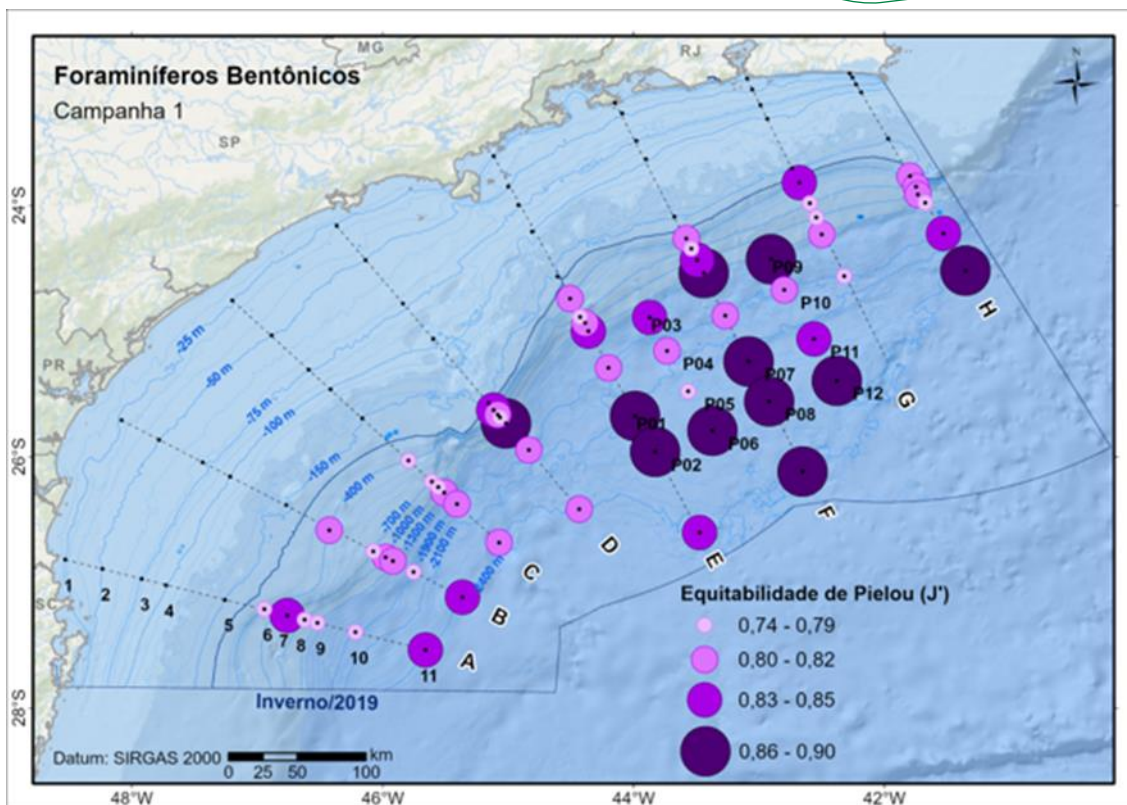


Figura V.3.1-9: Equitabilidade (média) ao longo dos transectos A a H na Campanha 1, em áreas do talude e do Platô de São Paulo.

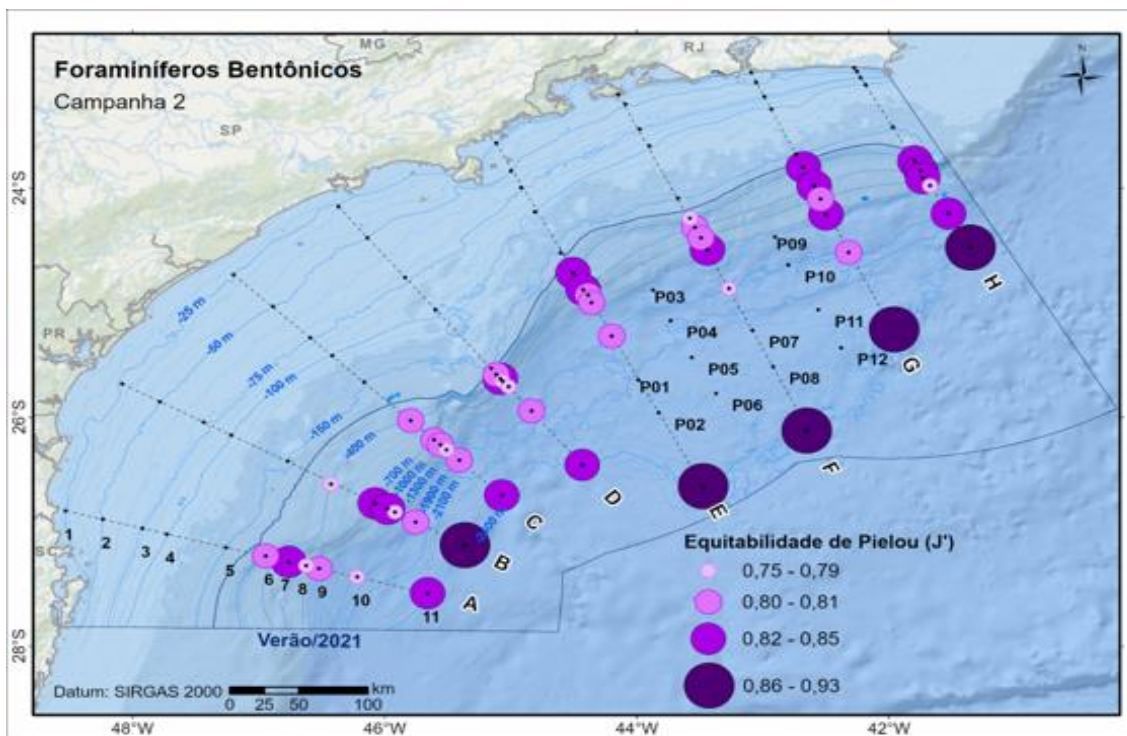


Figura V.3.1-10: Equitabilidade (média) ao longo dos transectos A a H na Campanha 2, em áreas do talude e do Platô de São Paulo.

As análises de SOM e CH separaram as amostras em 4 grupos principais (**Figura V.3.1-13**), o Grupo 1 são as amostras C08, C09, D08, F07, F08, G08 e H09 da Campanha 1 e A08, A09, B08, B09, C08, C09, E08, E09, F08, F09, G08, G09 e H09 da Campanha 2, o Grupo 2 é composto das amostras A06, A07, A08, A09, B06, B07, B08, B09, D09, E06, E07, E08, E09, F09, G07 e G09 da Campanha 1 e A06 e A07 da Campanha 2, no Grupo 3 estão as amostras da C06, C07, D06, D07, F06, G06, H06, H07 e H08 Campanha 1 e B06, B07, C06, C07, D06, D07, D08, D09, E06, E07, F06, F07, G06, G07, H06, H07 e H08 da Campanha 2 e todas as amostras 10 (1.900m de profundidade) das duas campanhas estão no Grupo 4.

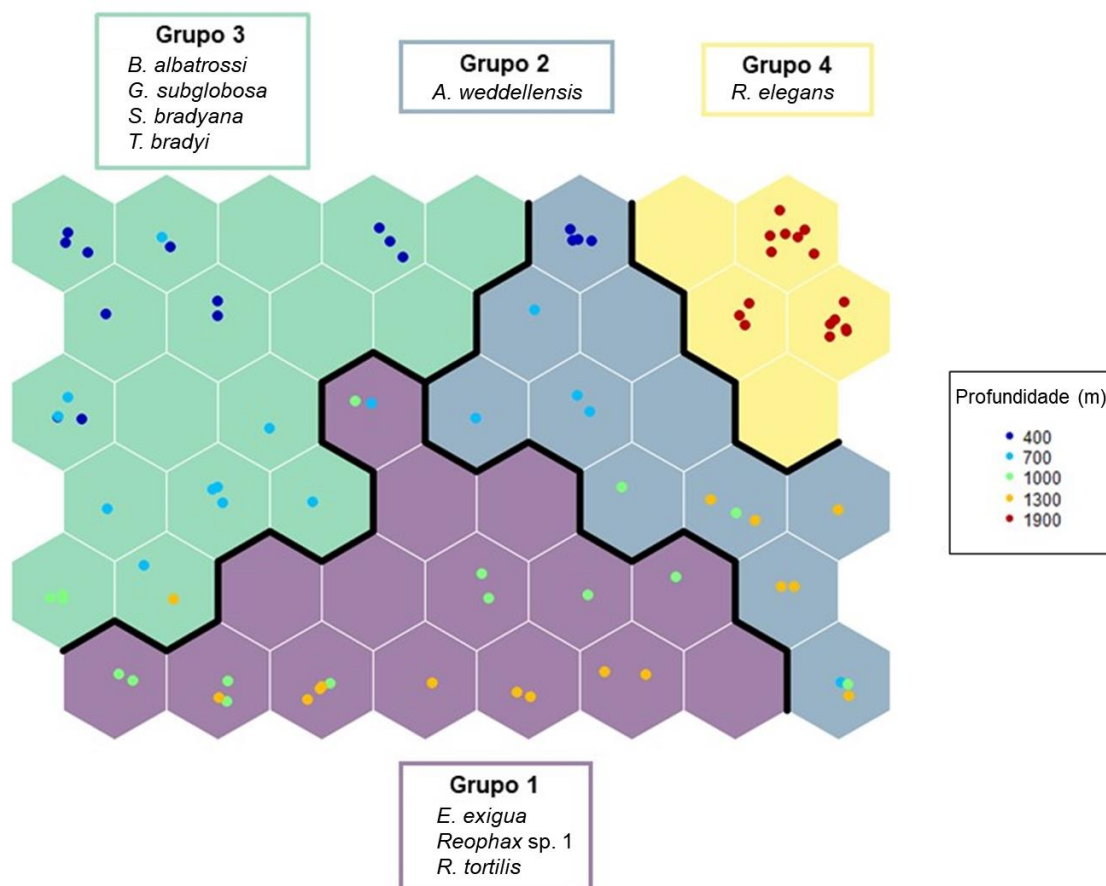


Figura V.3.1-11: SOM separado por clusters, as amostras do talude estão coloridas de acordo com a profundidade da estação. Grupo 1 em roxo, Grupo 2 em azul, Grupo 3 em verde e Grupo 4 em amarelo.

A análise SOM permitiu identificar espécies que definem os grupos de estações, são elas: Grupo 1 *Epistominella exigua*, *Reophax sp. 1* e *Reophax tortilis*;

Grupo 2: *Alabaminella weddellensis*; Grupo 3: *Bolivina albatrossi*, *Globocassidulina subglobosa*, *Siphonina bradyana*, *Trifarina bradyi* e; e Grupo 4: *Reophaxopsis* cf. *elegans*. A distribuição espacial dos grupos das Campanhas 1 e 2 pode ser observada nas **Figuras V.3.1-14** e **V.3.1-15**, respectivamente.

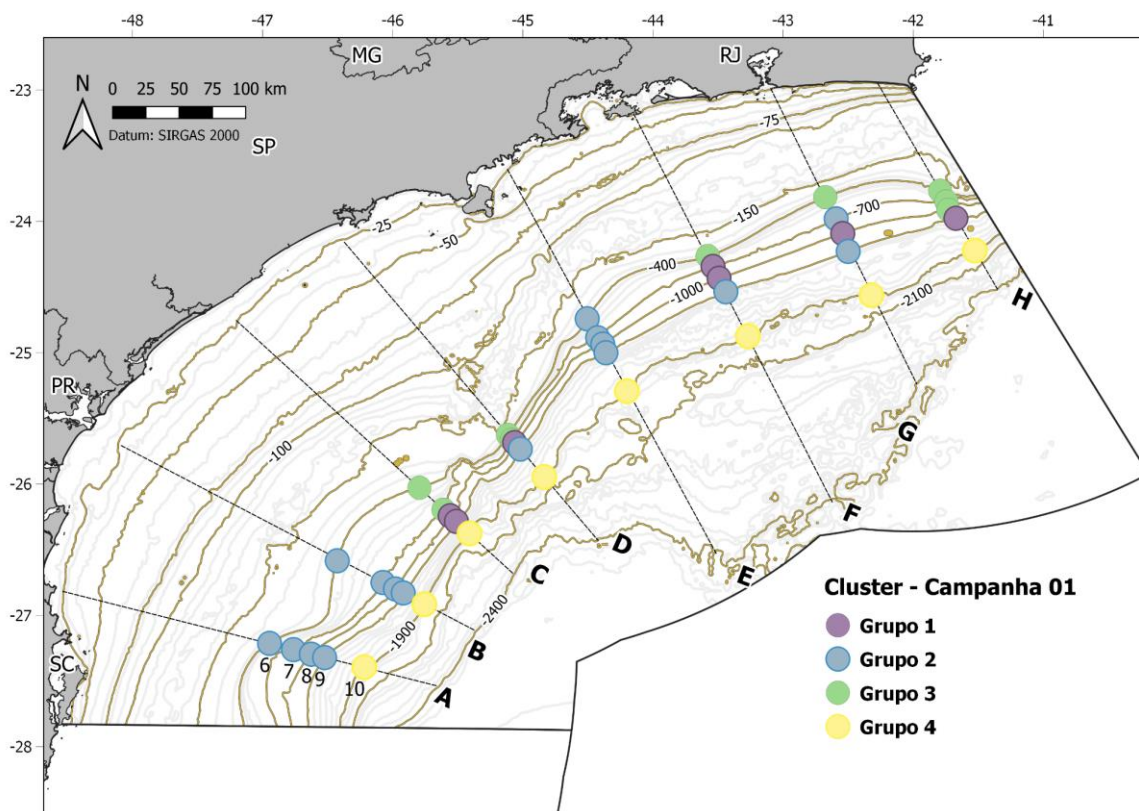


Figura V.3.1-12: Distribuição espacial dos grupos das estações determinados pela análise SOM e CH (Campanha 1) na área do talude continental.

Observa-se mudanças espaço-temporais principalmente dos grupos de estações do talude superior e médio. Na Campanha 1, o Grupo 2 ocorre nas profundidades de 400 m a 1.300 m de profundidade, nos transectos A, B e E, ocorrendo somente no talude médio nos transectos D, F e G. Por sua vez, o Grupo 3 ocorre principalmente no talude superior, sendo observado nas profundidades de 700 e 1.000 m somente nos transectos C e H. Dessa maneira, *A. weddellensis* é representativa de grande parte do talude médio na bacia, durante a Campanha 1. Em se tratando da Campanha 2, o Grupo 2 é restrito ao talude superior e talude médio (700 m de profundidade) do transecto A, sendo que nos demais transectos ocorre o Grupo 3. Assim, é notório observar a predominância de *B. albatrossi*, *G.*

subglobosa, *S. bradyana* e *T. bradyi*, representativas do Grupo 3 no talude superior e médio da bacia, durante a Campanha 2. Nesta campanha, o talude médio (700 m e 1.000 m de profundidade) é ocupado notadamente por *E. exigua*, *Reophax* sp. 1 e *R. tortilis*. O Grupo 4, localizado na profundidade de 1.900 m e representado por *R. cf. elegans*, mantém-se constante nas campanhas 1 e 2.

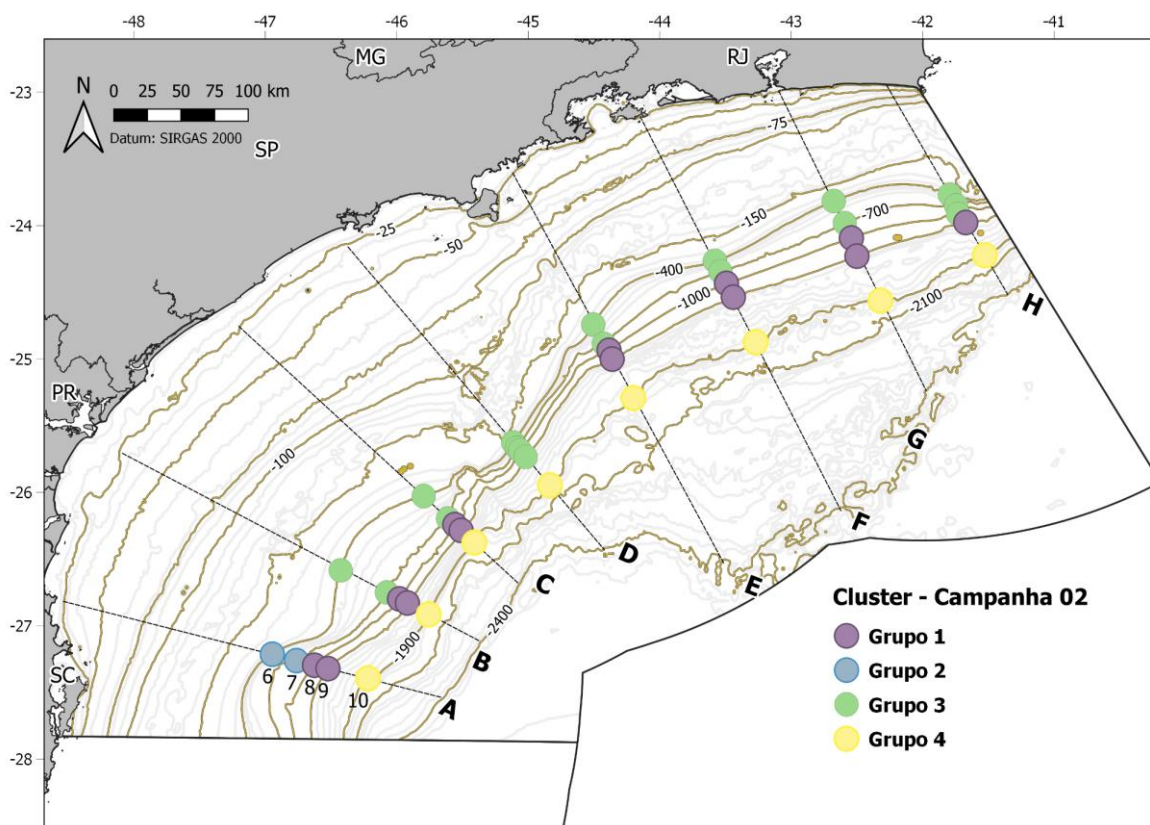


Figura V.3.1-13: Distribuição espacial dos grupos das estações determinados pela análise SOM e CH (Campanha 2) na área do talude continental.

Na **Figura V.3.1-16** são encontra-se a variação dos parâmetros ecológicos nos grupos identificados pelo SOM e CH. Os valores mais elevados de densidade, diversidade de Shannon e riqueza ocorrem no Grupo 3, constituído principalmente das estações localizadas no talude superior e talude médio (700 e 1.000 m). Por outro lado, os valores mais baixos destes parâmetros são observados no Grupo 4, representado pelas estações localizadas no talude inferior (1.900 m de profundidade). Comparando os Grupos 1 e 2, observa-se que os valores de densidade e riqueza de taxa são maiores no Grupo 1. Quanto à diversidade de

Shannon, os valores não apresentam grandes variações entre os Grupos 1 e 2. Os valores de equitabilidade são menores no Grupo 1, e valores de mediana semelhantes nos Grupos 2, 3 e 4. A dominância, por sua vez, apresenta valores de mediana maiores no Grupo 2, e menores no Grupo 3.

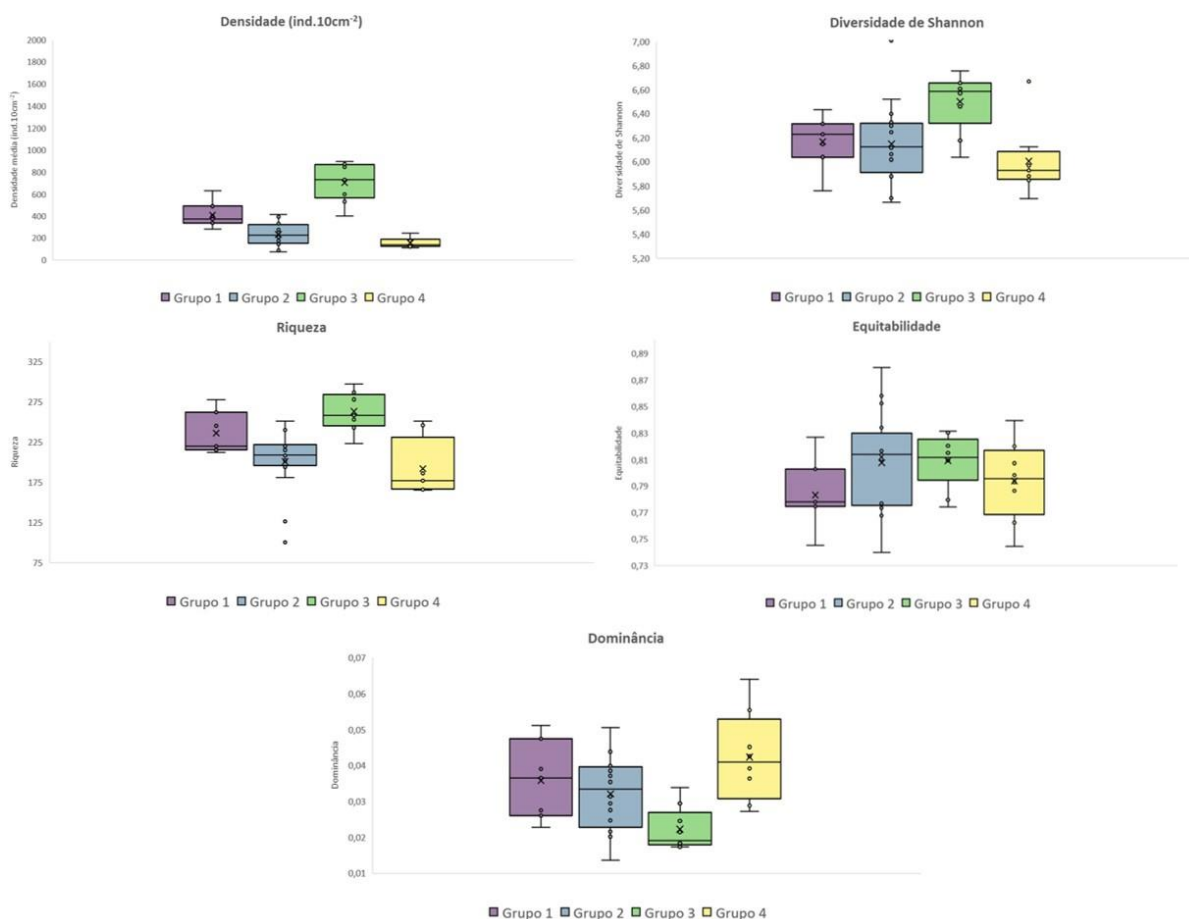


Figura V.3.1-14: Variações dos valores de densidade, diversidade, riqueza, equitabilidade e dominância média, mediana, mínima e máxima, nos grupos identificados pelo SOM e CH, Campanhas 1 e 2. Grupo 1 em roxo, Grupo 2 em azul, Grupo 3 em verde e Grupo 4 em amarelo.

O RF mostra que as variáveis mais importantes que controlam a distribuição dos grupos são Cu/Zn, V/(V+Cu), lipídeos, feopigmentos, porcentagem de carbonato e porcentagem de argila (**Figura V.3.1-17**).

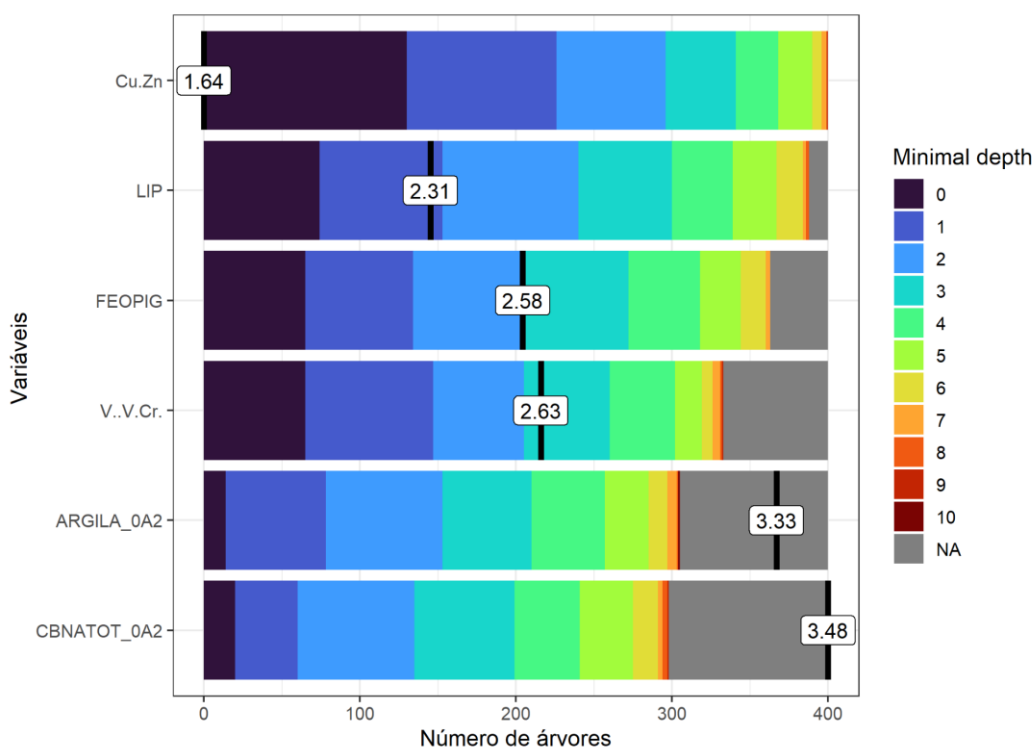


Figura V.3.1-15: Lista de variáveis significativas após rodar 500 árvores. A ordem é de acordo com a profundidade média da variável em todas as árvores. Variáveis mais importantes têm valores menores. A cor indica a posição no nó da árvore. Cu.ZN = Cu/ZN, LIP = lipídeos, FEOPIG = feopigmentos, V..V.Cr = $V/(V+Cr)$, Argila_0A2 = porcentagem de argila, CBNATOT_0A2 = porcentagem de carbonato.

A análise de Correspondência Canônica (CCA) explica 47% da variabilidade dos dados, segundo os dois primeiros eixos (eixos 1 e 2) (**Figura V.3.1-18**). O Grupo 3 (verde), representado pelas espécies *B. albatrossi*, *G. subglobosa*, *S. bradyana* e *T. bradyi*, é comandado pela matéria orgânica, representada pela razão proteína/carboidrato, lipídios, feopigmentos e proteínas; diâmetro médio do grão de sedimento; e declividade do relevo oceânico. Por sua vez, o Grupo 4 (amarelo), representado por *R. elegans*, é influenciado pela porcentagem de $CaCO_3$ no sedimento. Quanto ao Grupo 1 (roxo), constituído pelas espécies *E. exigua*, *Reophax* sp. 1, *R. tortilis*, é controlado teor de carboidrato, carbono biopolimérico e clorofila-a, conteúdo de lama e a razão Cu/Zn, ao passo não é possível afirmar com os parâmetros disponíveis no projeto (**Anexos- V.2 e V.3**), aqueles que controlam o Grupo 2 (azul).

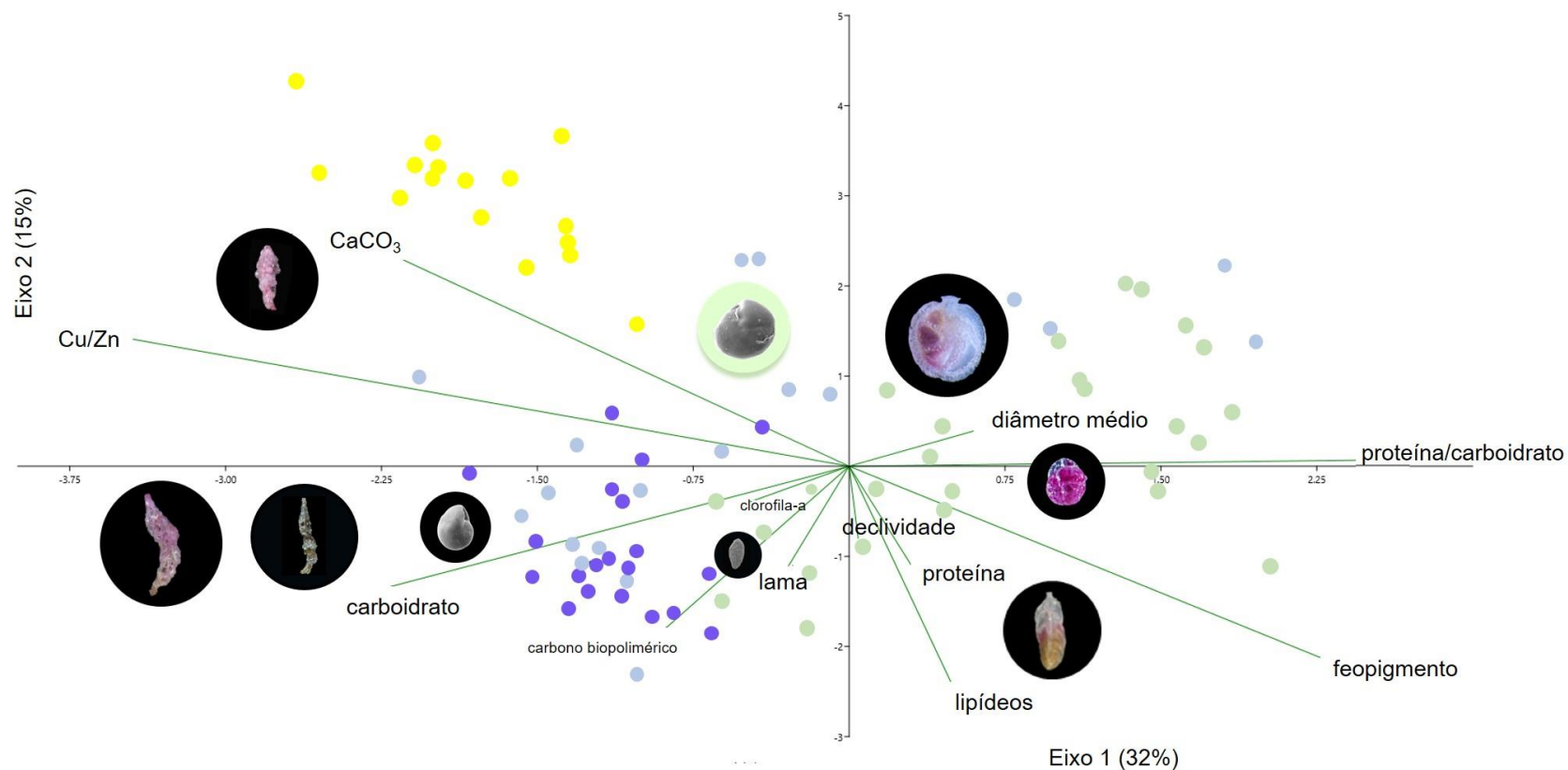


Figura V.3.1-16: Análise de Correspondência Canônica (CCA), com as médias dos dados de declividade do relevo, porcentagem de carbonato de cálcio (CaCO_3 -%), porcentagem de lama (%), diâmetro médio do grão de sedimento (μm), concentração de clorofila-a, feopigmentos, carbohidrato, proteína, lipídios, e carbono biopolimérico, razão proteína e carbohidrato e razão Cu/Zn e espécies maior que 2% por estação. Grupo 1 em roxo, Grupo 2 em azul, Grupo 3 em verde e Grupo 4 em amarelo.

V.3.2 Caracterização do Platô de São Paulo

Na Campanha 1 foram identificadas 515 espécies e 186 gêneros nos pontos amostrais P02 ao P12, totalizando 5.023 exemplares. Incluindo 4.292 espécimes da isóbata de 2.400m, obtivemos um total de 9.315 espécimes estudados. Na Campanha 2 foram triados 11.188 indivíduos no PSP e, incorporando as amostras da isóbata de 2.400 m, obtivemos um total de 13.117 espécimes. Na **Figura V.3.2-19** estão as curvas de rarefação para os estratos 0-1 cm, 1-2 cm e na **Figura V.3.2-20** para os estratos integrados no platô de PSP.

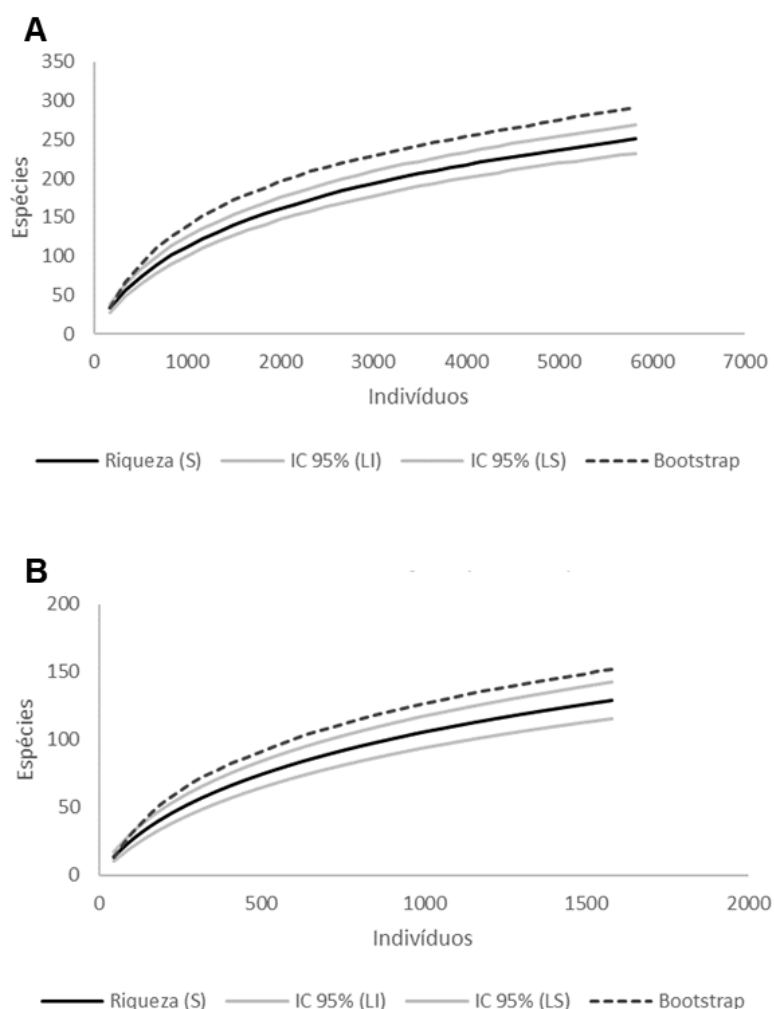


Figura V.3.2-17: Curvas de rarefação de foraminíferos do Platô de São Paulo. baseadas em espécies das réplicas de 100 cm³ provenientes do intervalo 0-1 cm (A) e 1-2 cm (B). Amostras coletadas com box corer e retiradas com delimitadores com 10 cm x 10 cm x 1 cm (L X L X P), espécimes retidos em malha de 63 µm.

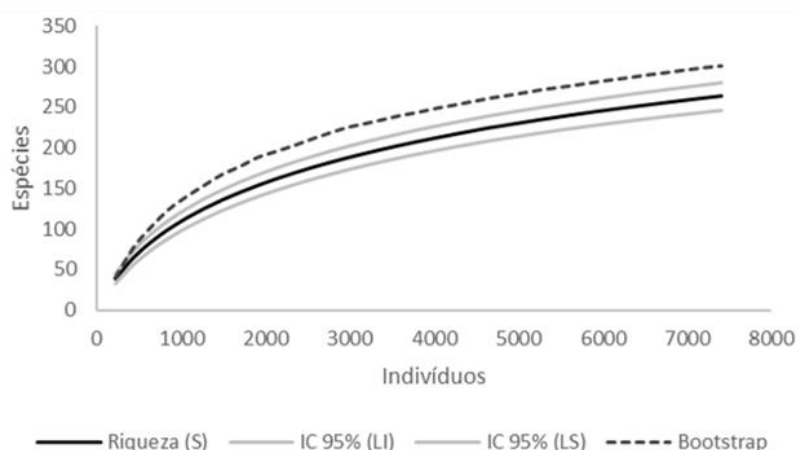


Figura V.3.2-18: Curva de rarefação de foraminíferos do Platô de São Paulo, baseada em espécies de réplicas de 200 cm³ provenientes do intervalo 0-2 cm. Amostras coletadas com box corer e retiradas com delimitadores com 10 cm x 10 cm x 2 cm (L X L X P), espécimes retidos em malha de 63 µm.

Como fizemos coleta por estratos na Campanha 1 para analisar posteriormente a necessidade de amostrar a superfície somente, ou superfície e subsuperfície, insiro as curvas de rarefação obtidas por estrato, para dar uma noção mais exata da distribuição da fauna de foraminíferos e também mostrar a eficiência do levantamento de espécies na área do PSP.

Com base nas curvas de rarefação e resultados do *bootstrap*, vemos que no estrato 0-1 cm atingimos 86,22% da riqueza de espécies estimada, e para o estrato 1-2 cm atingimos 84,73%. Integrando os dois estratos, intervalo 0-2 cm, atingimos 87,31% da riqueza de espécies esperada para a área do PSP. Esse estrato integrado será utilizado para as análises deste capítulo, tanto as análises mais tradicionais como as realizadas com o ML.

A densidade de foraminíferos na área do PSP é muito baixa quando comparada às áreas mais rasas do talude e plataforma continental. Embora ela tenha sido representada nas Figuras **V.3.2-21** e **V.3.2-22** que permitem comparar a riqueza do PSP com o talude, elas não refletem as particularidades regionais da província fisiográfica do Platô de São Paulo.

As **Figuras V.3.2-21 e V.3.2-22** nos possibilita conhecer a distribuição da densidade entre as réplicas de cada campanha, e a **Figura V.3.2-23** representa a densidade média nas distintas estações amostrais do PSP nas duas campanhas.

Entre as réplicas da campanha 1 observa-se também uma grande variação nos pontos amostrais. Na campanha 2 a área mais central do Platô manteve este padrão de grande variação, mas na área da isóbata de 2.400 m a variação foi menor e os valores foram muito mais baixos na porção norte se comparados à porção sul do PSP.

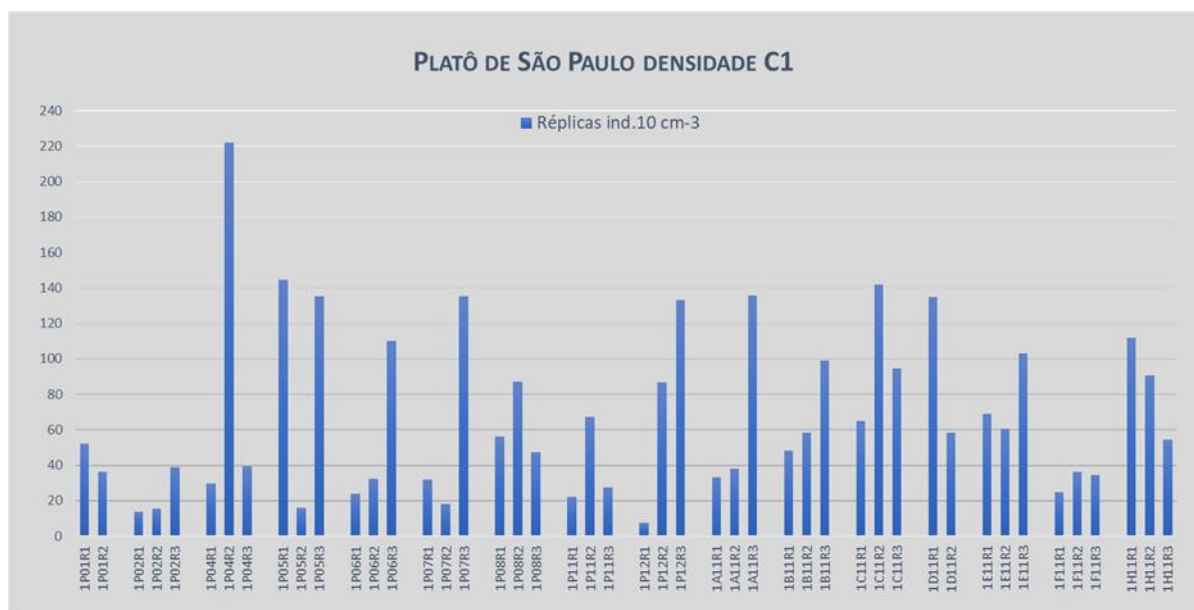


Figura V.3.2- 21: Densidade das réplicas na isóbata de 2.400 m - transectos A ao H, e nas demais áreas do Platô de São Paulo na Campanha 1.

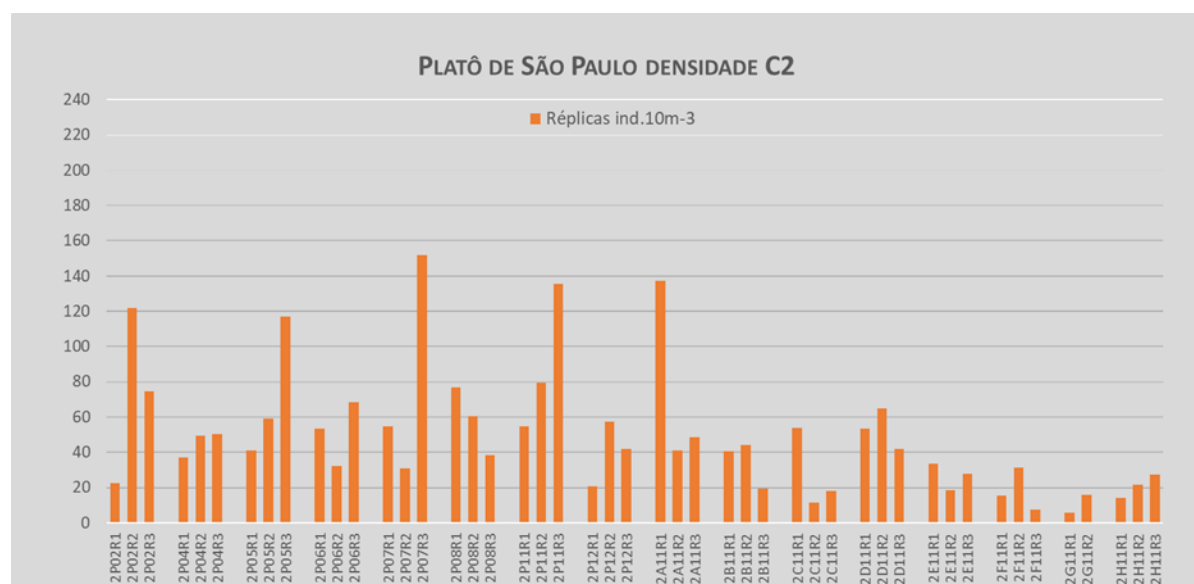


Figura V.3.2-22: Densidade das réplicas na isóbata de 2.400 m - transectos A ao H, e nas demais áreas do Platô de São Paulo na Campanha 2.

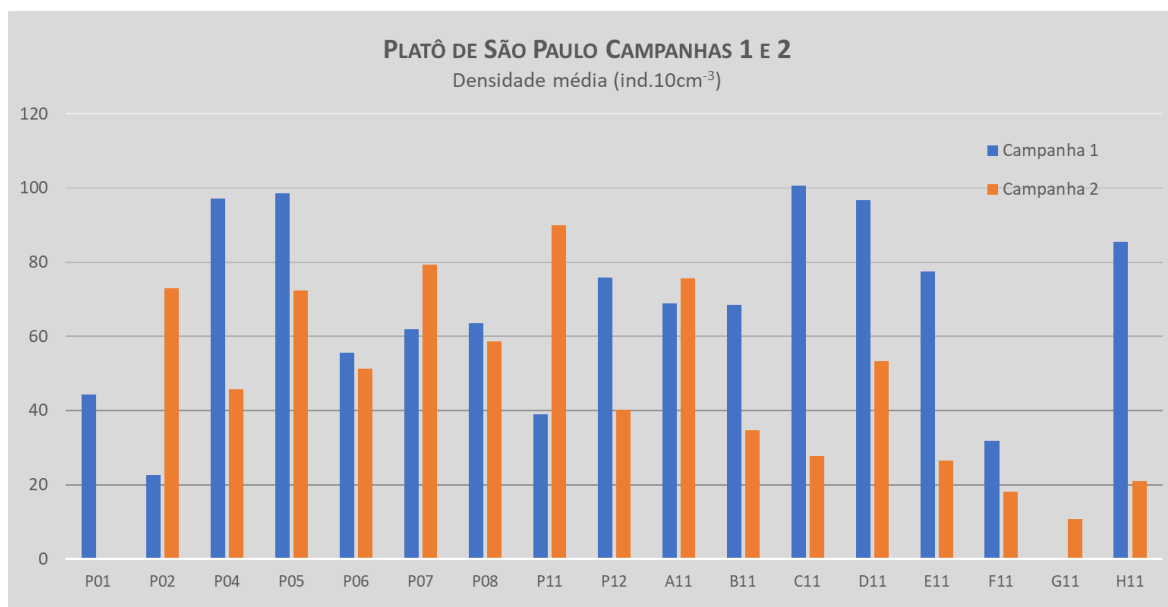


Figura V.3.2-19: Densidade (médias) na isóbata de 2.400 m - transectos A ao H, e nas demais áreas do Platô de São Paulo, nas duas campanhas.

Na **Tabela V.3.2-3** e **Tabela V.3.2-4** encontram-se os parâmetros da estrutura das comunidades de foraminífero da Campanha 1 e Campanha 2, respectivamente

Os valores de densidade média foram maiores na Campanha 1, embora a média geral tenha sido um pouco maior na Campanha 2.

Após avaliar os resultados preliminares, adaptamos procedimentos de triagem para obter dados melhores e assim avaliar mais eficientemente a região. Sendo assim, preferimos evitar comparações entre campanhas neste momento, priorizando as comparações entre áreas/agrupamentos de uma mesma campanha amostral.

Na Campanha 1 a diversidade (índices de diversidade de Shannon e de Fisher) foram mais elevadas nos pontos P08 e P12, enquanto na Campanha 2 foram mais elevadas nos pontos P08, P11 e P12.

Os valores de equitabilidade menores na Campanha 1 encontram-se nos pontos P04, P05 e P11, e na Campanha 2, nos pontos P02, P04, P05 e P07.

Os maiores valores de equitabilidade na Campanha 1 encontram-se nos pontos P01, P02 e P06, além de uma réplica dos pontos P11 e P12; na C2 os maiores valores de equitabilidade encontram-se nos pontos P08 e P12

Tabela V.3.2-3: Densidade (ind.10 cm⁻³), riqueza (S), índice de diversidade de Shannon ($H' \log_2$), índice de diversidade de Fisher (α), dominância de Simpson (1-D) e equitatividade de Pielou (J') de associações de foraminíferos bentônicos vivos, por réplicas, nas estações da região central do Platô de São Paulo (Campanha 1).

	Densidade ind.10cm ⁻³	Taxa (S) spp.	Shannon ($H' \log_2$)	Fisher (α)	Dominância D	Equitatividade (J)
1P01R1	26,2	39	4,79	14,58	0,95	0,91
1P01R2	18,2	36	4,68	16,14	0,95	0,91
1P02R1	6,9	20	3,82	9,87	0,90	0,88
1P02R2	8,1	19	3,91	8,50	0,92	0,92
1P02R3	19,4	36	4,74	14,78	0,95	0,92
1P04R1	14,9	29	3,97	11,53	0,89	0,82
1P04R2	111	83	5,10	23,85	0,93	0,80
1P04R3	19,7	35	4,37	15,33	0,92	0,85
1P05R1	75	41	4,11	11,86	0,90	0,77
1P05R2	7,7	17	3,43	7,28	0,86	0,84
1P05R3	68,1	61	4,93	18,27	0,94	0,83
1P06R1	12	23	3,65	8,73	0,87	0,81
1P06R2	16,2	31	4,56	13,48	0,95	0,92
1P06R3	56,9	68	5,49	24,29	0,97	0,90
1P07R1	16	32	4,45	13,69	0,93	0,89
1P07R2	9,1	28	4,27	13,82	0,93	0,89
1P07R3	68,2	61	5,07	23,13	0,95	0,86
1P08R1	28,1	46	5,14	18,82	0,97	0,93
1P08R2	44,4	47	4,86	18,56	0,94	0,87
1P08R3	24,1	38	4,61	13,69	0,94	0,88
1P11R1	11,1	33	4,76	17,48	0,96	0,94
1P11R2	33,6	49	4,77	17,16	0,94	0,85
1P11R3	13,8	21	3,47	7,14	0,84	0,79
1P12R1	3,3	17	3,87	14,09	0,92	0,95
1P12R2	44,4	41	4,63	16,63	0,93	0,86
1P12R3	66,2	74	5,36	24,45	0,96	0,86

Tabela V.3.2-3: Densidade (ind.10 cm⁻³), riqueza (S), índice de diversidade de Shannon ($H' \log_2$), índice de diversidade de Fisher (α), dominância 1 - D e equitatividade de Pielou (J') de associações de foraminíferos bentônicos vivos, por réplicas, nas estações da região central do Platô de São Paulo na (Campanha 2).

	Densidade ind.10cm ⁻³	Taxa (S) spp	Taxa (S) gên	Shannon ($H' \log_2$)	Fisher (α)	Dominância 1-D	Equitabilidade (J)
2P02R1	18,5	32	26	4,56	11,16	0,05	0,91
2P02R2	62,6	63	51	5,07	17,47	0,05	0,85
2P02R3	49,7	43	31	4,54	11,30	0,07	0,84
2P04R1	24,5	42	33	4,74	14,59	0,06	0,88
2P04R2	31,3	51	38	4,94	17,29	0,06	0,87
2P04R3	36,1	39	29	4,37	11,11	0,09	0,83
2P05R1	26,8	31	26	3,60	9,07	0,18	0,73
2P05R2	39,1	44	38	4,64	12,73	0,06	0,85
2P05R3	75,4	72	51	4,91	19,59	0,07	0,80
2P06R1	28,3	44	37	4,71	14,59	0,07	0,86
2P06R2	29,1	35	27	4,38	10,39	0,07	0,85
2P06R3	36,1	45	34	4,98	13,56	0,04	0,91
2P07R1	36,8	47	39	4,67	14,30	0,07	0,84
2P07R2	16,7	32	25	4,56	11,76	0,05	0,91
2P07R3	71,7	56	35	4,79	14,21	0,06	0,82
2P08R1	54,2	68	52	5,30	20,54	0,04	0,87
2P08R2	36,5	56	42	5,25	18,46	0,04	0,90
2P08R3	17	32	28	4,62	11,65	0,05	0,92
2P11R1	22,8	37	31	4,49	12,52	0,08	0,86
2P11R2	34,6	51	40	5,31	16,51	0,03	0,94
2P11R3	64	65	51	5,12	18,08	0,05	0,85
2P12R1	14,5	34	25	4,89	13,99	0,04	0,96
2P12R2	37,9	56	40	5,25	18,15	0,04	0,90
2P12R3	25,4	40	30	4,54	13,34	0,07	0,85

V.3.3 Foraminíferos do PSP e as variáveis ambientais

Para facilitar a abordagem do PSP que tem as equipes da USP e UFPR envolvidas, optamos por analisar as associações de foraminíferos em nível de gênero, minimizando assim as eventuais diferenças taxonômicas entre equipes.

Assim como realizado pelos demais grupos do sistema bentônico (microbiologia, meiofauna e macrofauna), processamos os dados de foraminíferos bentônicos com análises mais tradicionais da ecologia, e também incluímos

análises de aprendizado de máquina para complementar as avaliações de caracterização da área do PSP.

Através da Análise de Mapas Auto-organizáveis (*Self Organizing Maps* - SOM) com os gêneros de foraminíferos bentônicos e resultados desta análise, seguidos da análise de agrupamento hierárquico, obtivemos a separação da rede de neurônios em 3 agrupamentos para a área do PSP (**Figura V.3.3-24**). Foram excluídos de análise os pontos P03, P09 e P10 que pertencem à província fisiográfica do talude.

Nos neurônios estão representados os pontos amostrais dos agrupamentos hierárquicos da Campanha 1, e os gêneros de cada grupo que tiveram as correlações mais fortes.

O Grupo 1 reúne as estações P04, P05, P06, P07, P08 e P12 localizadas na área de influência do Canal Contornítico de São Paulo; estão associadas a este grupo espécies dos gêneros *Hemisphaerammina*, *Lagenammina*, *Karrerulina* e espécies da subordem Allogromioidea. O Grupo 2 reúne todas as estações da isóbata de 2400 m, exceto a estação F11; estão associadas a este grupo as espécies dos gêneros *Reophax*, *Alabaminella*, *Thurammina* e *Placopsilinella*. O Grupo 3 reúne as estações P01, P02, P11 e F11 que se encontram nas bordas da malha amostral central do PSP; as espécies associadas a este grupo pertencem aos gêneros *Ammomarginulina*, *Nodellum*, *Heterolepa* e *Ceratobulimina*.

Os Grupos 1, 2 e 3 do Platô de São Paulo foram projetados no mapa para visualização de sua distribuição espacial na área de estudo (**Figura V.3.3-25**), e uma imagem de topografia de fundo identificando o Canal Contornítico de São Paulo permite observar a região onde estão os pontos dos Grupos 1 e 3 (**Figura V.3.3-26**).

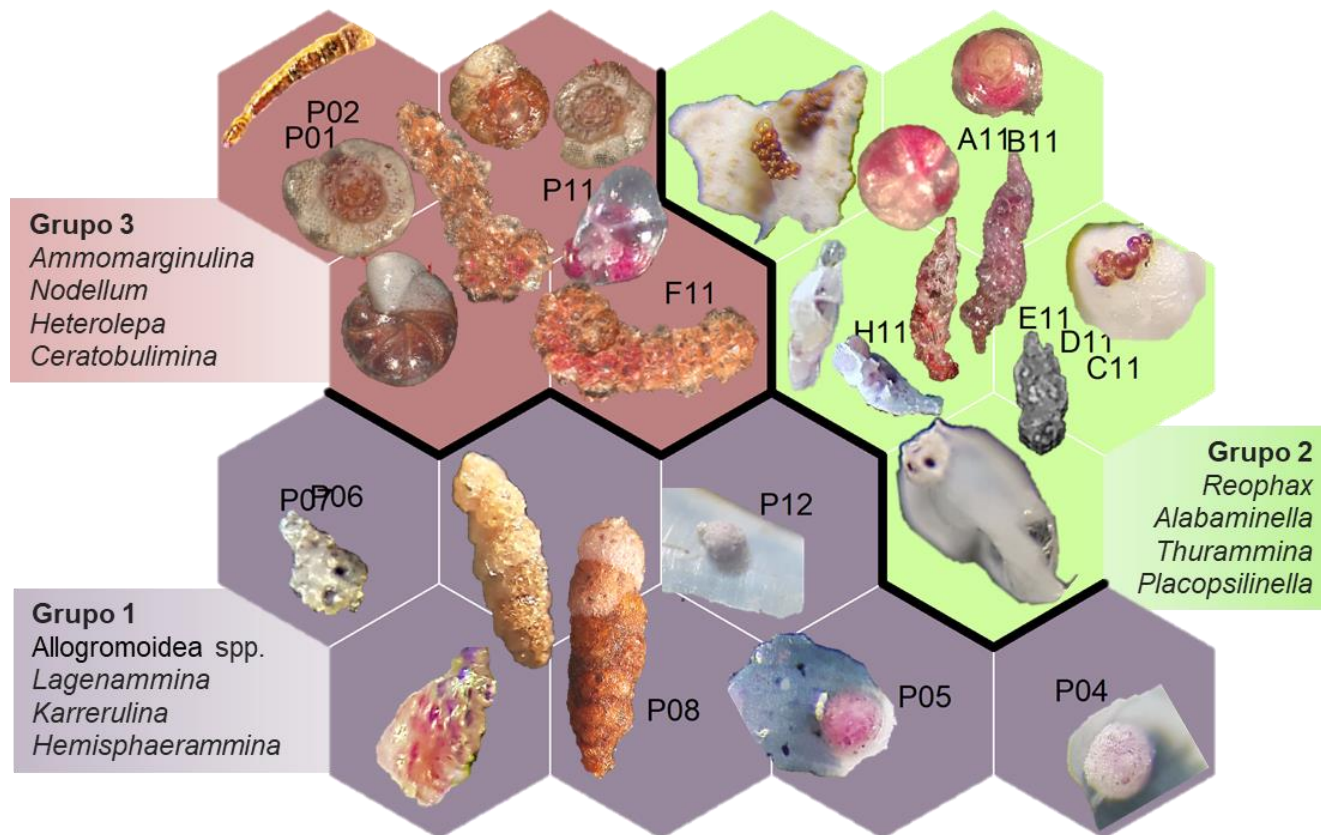


Figura V.3.3-20: Mapeamento bidimensional obtido com o SOM para a área do Platô de São Paulo baseado na composição de gêneros de foraminíferos bentônicos. As espécies dos gêneros que compõem cada grupo estão ilustradas nos respectivos neurônios, onde também podem ser visualizadas as estações que compõem o grupo.

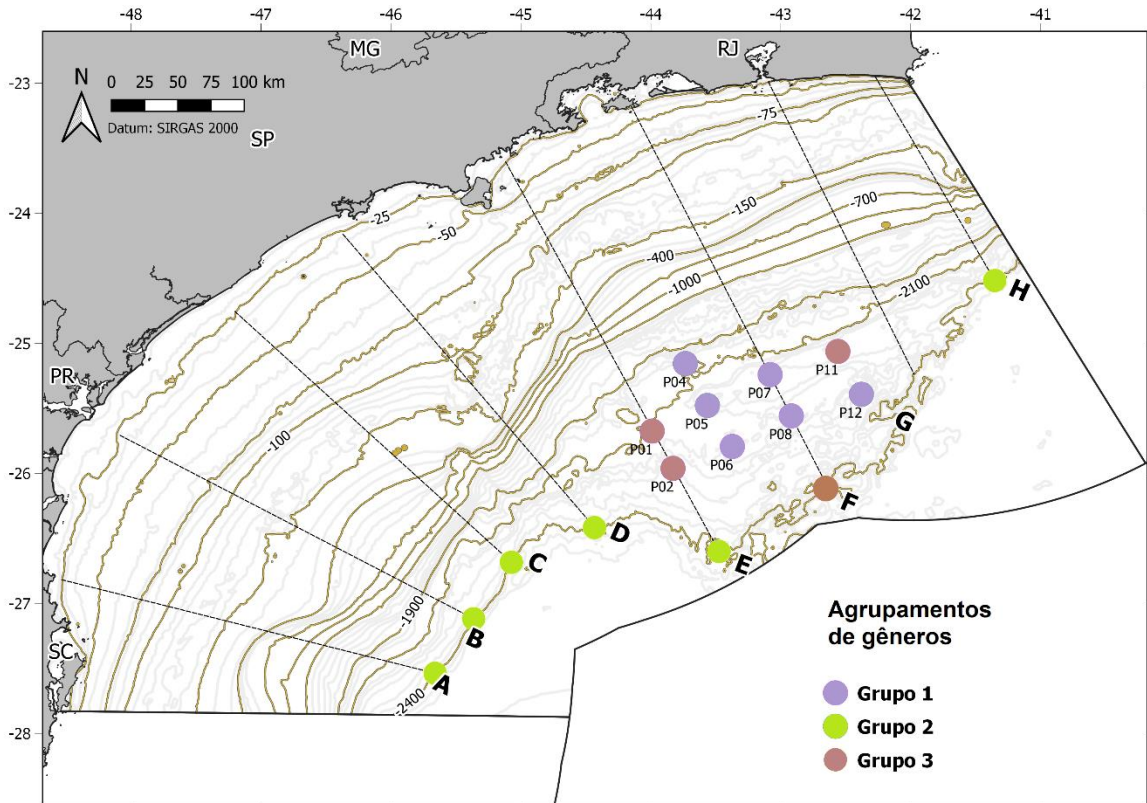


Figura V.3.3-21: Projeção dos agrupamentos sobre a área do Platô de São Paulo segundo a análise SOM e CH.

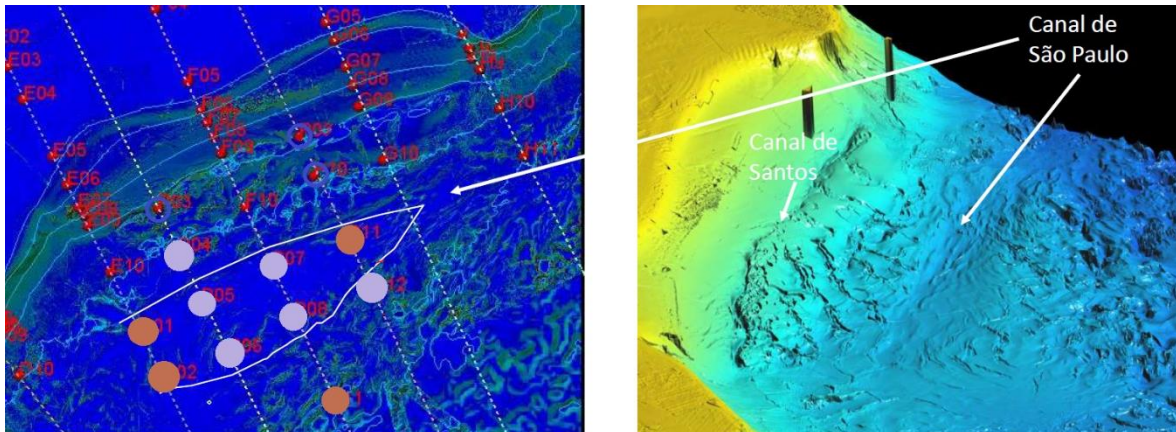


Figura V.3.3-22: Localização dos Grupos 1 (em lilás) e 3 (em marrom) do Platô de São Paulo na área de influência do Canal Contornítico de São Paulo. IMAGEM CEDIDA POR CIZIA MARA HERCOS, PETROBRAS S.A.

Através da Análise de Árvores Aleatórias (*Random Forest*) foi possível identificar, em ordem decrescente de importância, quais variáveis ambientais foram

consideradas melhores preditoras das assembleias de foraminíferos na área do PSP (**Figura V.3.3-27**). O resultado mostra que, em ordem decrescente de importância, as variáveis consideradas melhores preditoras foram a mistura complexa não resolvida, o fósforo orgânico, a clorofila-a e o fósforo total.

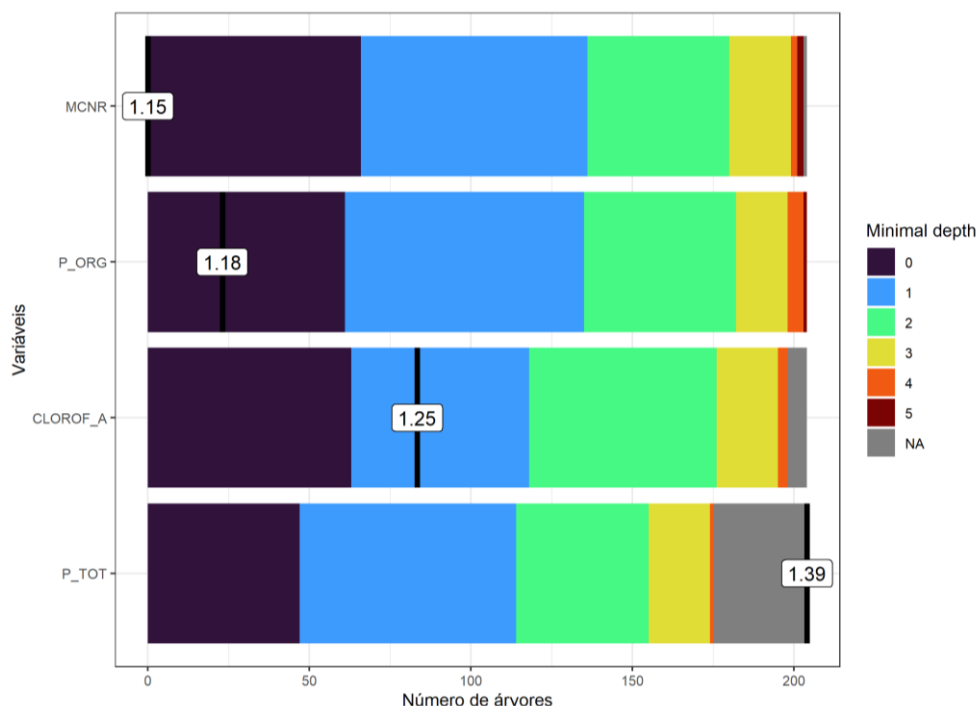


Figura V.3-23: Análise de árvores aleatórias com distribuição da profundidade mínima (minimal depth) de árvores para cada variável ambiental analisado (Acurácia = 0,827). Variáveis: Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR), fósforo orgânico (P_ORG), clorofila-a (CLOROF_A) e fósforo total (P_TOT).

Aprofundando a investigação sobre as variáveis ambientais que poderiam explicar a distribuição dos foraminíferos, avaliamos a posição das estações do PSP em relação a área de ocorrência dos vórtices ciclônicos e anticiclônicos, assim como o tempo que estes vórtices permanecem sobre cada área. Na **Figura V.3.3-28** observa-se a ocorrência de vórtices anticiclônicos e ciclônicos na Bacia de Santos no período de 01/01/1993 a 15/05/2017, com as estações coloridas segundo o grupo a que pertencem.

Grupo 1, em lilás, localiza-se em áreas mais rasa (2.106 a 2.260 m); Grupo 3 em coral, localiza-se entre 2170 e 2400 m, e o Grupo 2, mais afastado da zona de recorrência de vórtices anticiclônicos, situa-se na isóbata de 2.400 m.

Sobre a área mais central da malha do PSP os vórtices anticiclônicos são presença frequente. Por ano, durante 73,1% do tempo há a ocupação de um vórtice anticiclônico na região do PSP (Silveira et. al., 2022). Não existem pontos amostrais das campanhas 1 e 2 do PCR-BS sobre as regiões de maior ocorrência de ciclones, mas ainda assim, são regiões em que passam ciclones com bastante frequência.

Desta forma, reavaliamos a influência vortical na área de estudo, tendo como objeto as associações de foraminíferos bentônicos.

Inserimos os dados de ocorrência dos vórtices ciclônicos e anticiclônicos numa nova Análise Canônica de Correspondência (CCA) cujos eixos 1 e 2 responderam por 49,4% da variação ($p = 0,035$). As duas representações gráficas da mesma análise encontram-se nas **Figuras V.3.3-29 e V.3.3-30**.

Na **Figura V.3.3-29** estão representados os pontos amostrais e suas correlações com as variáveis ambientais, e na **Figura V.3.3-30** encontram-se representados os grupos, os vetores de dados ambientais e os principais gêneros de foraminíferos correlacionados a eles. Toda a matriz de abundância de gêneros foi utilizada nesta análise, mas foram suprimidas da representação gráfica a maior parte dos gêneros que não foram significativamente correlacionados às variáveis avaliadas e que, portanto, não representam os agrupamentos, além de gêneros sem dados ecológicos disponíveis ou pouco explorados em artigos publicados.

O Grupo 1, que ocupa a área mais central do PSP, tem correlação positiva com as temperaturas mais elevadas da água e maiores teores de carbonatos, cascalho, carbono orgânico total e MCNR. Essas informações derivam de várias análises de CCA e nMDS realizadas, mas para tivemos de escolher uma, apenas, onde nem todas as informações estão representadas.

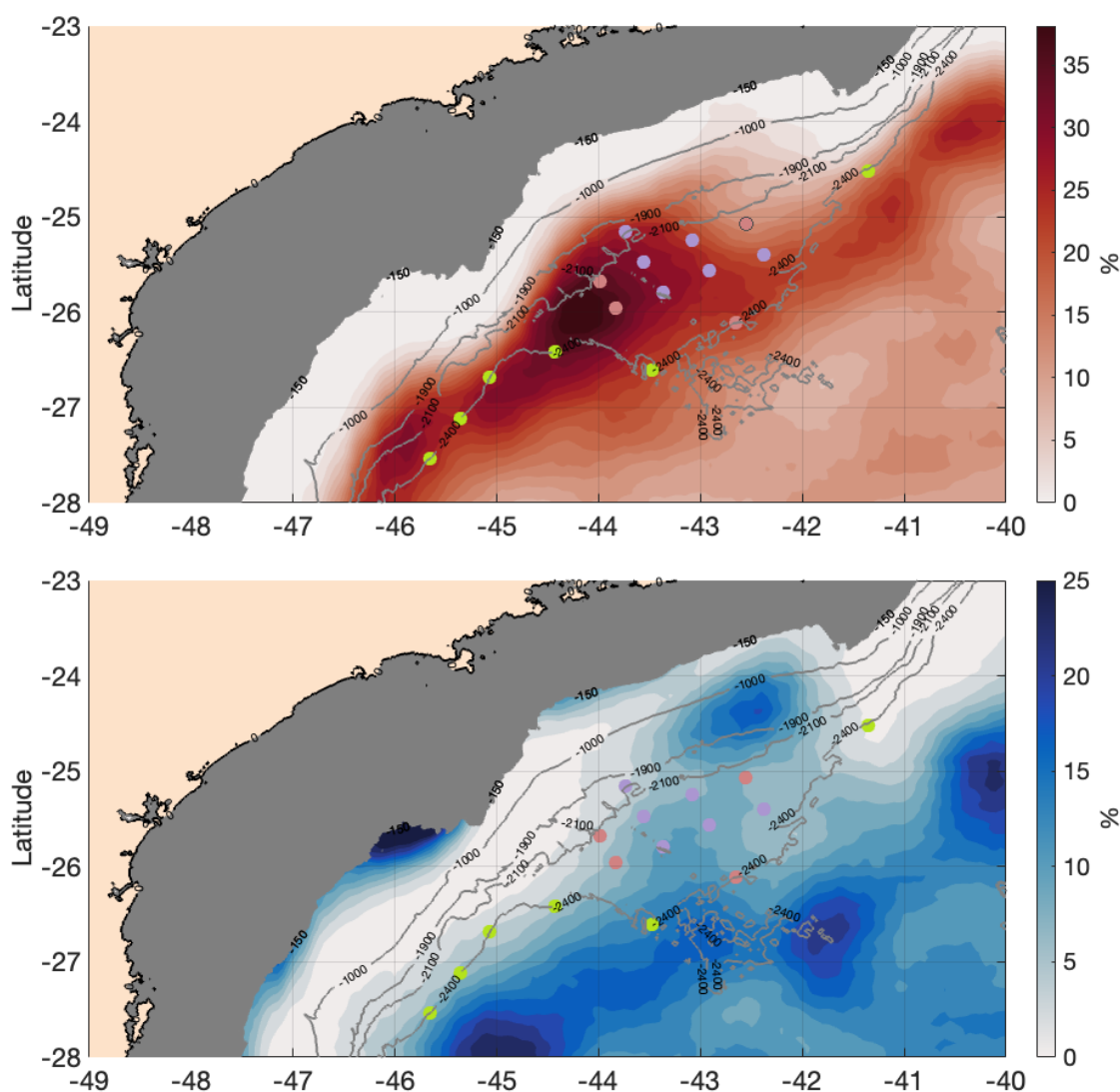


Figura V.3.3-24: Ocorrência de vórtices anticiclônicos (tons de vermelho) e ciclônicos (tons de azul) na Bacia de Santos entre 01/01/1993 e 15/05/2017, de acordo com dados de identificação de vórtices de Laxenaire et al. (2018). Em cinza, isóbatas de 1.000, 2.000 e 2.400 metros. Círculos lilás = Grupo 1 de foraminíferos, verde = Grupo 2 e coral = Grupo 3. IMAGENS GERADAS PELO LABORATÓRIO DE DINÂMICA OCEÂNICA (LADO-IO/USP).

O Grupo 2 encontra-se na isóbata de 2.400 m; esta região está positivamente correlacionada à maior declividade, maior concentração de clorofila-a, de feofitina-a e fósforo orgânico.

O Grupo 3 encontra-se nas áreas mais externas da malha amostral do PSP e tem correlação positiva com a fração areia.

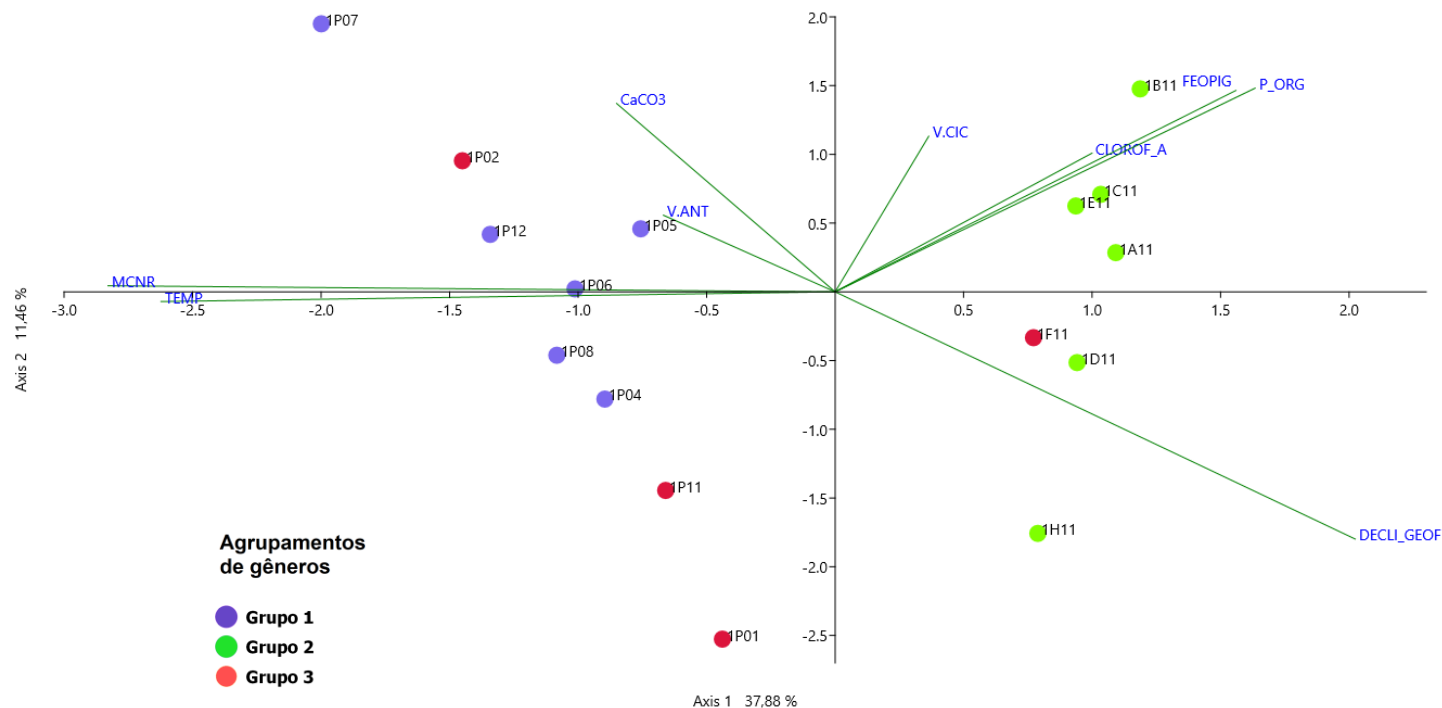


Figura V.3.3-25: Análises de correspondência canônica (CCA) baseadas na matriz de abundância de foraminíferos bentônicos do Platô de São Paulo. DECLI_GEOF = declividade geográfica (graus); P_ORG = concentração de fósforo orgânico no estrato de 0 a 2 cm; FEOPIG = concentração de pigmentos no estrato 0 a 2 cm ($\mu\text{g/g}$); CLOROF_A = concentração de clorofila-a no estrato 0-2 cm; VOR.CICL = taxa de ocorrência de ciclones (série temporal de 8901 dias - 01/01/1993 a 15/05/2017); CaCO3 = teor de carbonato (%); MCNR = Mistura Complexa Não Resolvida, entre 0 e 2 cm; TEMP = temperatura da água junto ao fundo ($^{\circ}\text{C}$) e V.ANT= taxa de ocorrência de anticiclones (série temporal de 8901 dias - 01/01/1993 a 15/05/2017).

V.3.4 Comparações entre bacias

Na **Tabela V.4-1** estão as comparações metodológicas entre os dados produzidos neste trabalho da BS com as informações de dois projetos de caracterização regional: Bacia de Campos (Sousa et al., 2017) e Bacia Potiguar (Santa-Rosa et al., 2021), todos os projetos foram idealizados pelo CENPES/Petrobras.

Comparando os índices de densidade, diversidade de Shannon e riqueza específica (**Tabela V.4-2**) nota-se uma tendência batimétrica, onde os maiores valores estão no talude continental superior e diminui em direção ao sopé continental. Outra característica observada é a ocorrência de valores dos índices mais elevados na Bacia de Santos em comparação com as outras bacias.

Quanto aos índices de dominância e equitatividade (**Tabela V.4-2**), o padrão batimétrico acontece novamente, porém os índices aumentam com a profundidade. No caso desses índices, a Bacia de Campos também em se destaca com os maiores valores

Em relação as espécies dominantes (**Tabela III-5**), nas 3 bacias ocorrem 3 espécies em comum: *Bolivina albatrossi*, *Epistominella exigua* e *Trifarina bradyi*. Comparando a BS individualmente com as outras bacias, temos 4 espécies abundantes em comum com a Bacia de Campos e 2 espécies em comum com a Bacia Potiguar

Tabela V.4-1: Comparação das metodologias empregada para a caracterização ambiental das bacias de Santos, Campos e Potiguar.

Itens	Bacia de Santos	Bacia de Campos	Bacia Potiguar
Estrato	0-2 cm	0-2 cm	0-2 cm
Época de coleta	junho a agosto de 2019 e fevereiro e março de 2021	inverno de 2008 e verão 2009	março/abril de 2011
Fração	> 63 µm	> 63 µm	> 63 µm
Fixador	formaldeído 4% tamponado com bórax	Álcool 70%	formaldeído 4% tamponado com bórax
Concentração de corante	Rosa de bengala (2g/L) adicionado na solução de formaldeído no navio	Rosa de bengala (1g/L) adicionado na amostra no laboratório em terra	Rosa de bengala (1g/L) adicionado na solução de formaldeído no navio
Volume analisado	50 ml	50 ml	100 ml
Quarteamento	A fração acima de 250 µm foi triada integralmente e as frações menores foram quarteadas em diversas proporções e depois extrapoladas para 50ml	Sem quarteamento	A fração ≥ 250µ m foi triada integralmente e a fração < 250 µm foi quarteada em 1/4 e depois extrapolada para 100mL
Índices ecológicos	Diversidade de Shannon (log ₂) Riqueza específica(S) Equitabilidade de Pielou Dominância (D)	Diversidade de Shannon (log ₂) Riqueza específica(S) Equitabilidade de Pielou Dominância (D)	Diversidade de Shannon (log). Riqueza específica(S) Equitabilidade de Pielou Dominância (D) – foi calculada somente para as densidades maior que 50 ind.100cm ⁻³ ou 100mL

Tabela V.4-2: Comparação dos parâmetros ecológicos para as bacias de Santos, Campos e Potiguar.

Itens	Bacia de Santos	Bacia de Campos	Bacia Potiguar	
Densidade (ind.10cm⁻²) média ± desv. pad.	400 m	739,38±413,95	88,56±58,73	180,64±75,45
	700 m	517,08±212,2	26,78±19,36	
	1.000 m	457,69±209,96	23,61±21,12	122,24±85,24
	1.300 m	332,98±115,78	18,00±8,00	
	1.900 m	170,2±40,29	4,83±2,59	
	2.000 m			40±17,48
	2.400 m	71,73±34,17		
	2.500 m		4,17±1,46	
Riqueza média ± desv. pad.	400 m	199,63±20,66	42,94±15,48	90±27,61
	700 m	191,44±43,02	23,48±11,41	
	1.000 m	196,38±20,93	20,03±9,69	57±23,31
	1.300 m	188,69±23,8	19,24±5,94	
	1.900 m	160,31±23,6	7,45±3,06	
	2.000 m			31,2±8,41
	2.400 m	110,81±41,2		
	2.500 m		6,21±1,94	
Diversidade de Shannon média ± desv. pad.	400 m	6,15±0,28	4,3±0,62	3,91±0,21
	700 m	6,08±0,3	3,65±0,75	
	1.000 m	6,08±0,16	3,29±0,55	3,3±0,3
	1.300 m	6,09±0,2	3,26±0,43	
	1.900 m	5,82±0,24	2,04±0,9	
	2.000 m			2,87±0,35
	2.400 m	5,63±0,58		
	2.500 m		2,07±0,47	
Equitabilidade média ± desv.	400 m	0,81±0,02	0,83±0,05	0,88±0,03
	700 m	0,81±0,02	0,87±0,08	

Itens		Bacia de Santos	Bacia de Campos	Bacia Potiguar
pad.	1.000 m	0,8±0,02	0,89±0,04	0,84±0,05
	1.300 m	0,81±0,02	0,86±0,07	
	1.900 m	0,8±0,02	0,94±0,04	
	2.000 m			0,84±0,06
	2.400 m	0,87±0,03		
	2.500 m		0,93±0,02	
Dominância média ± desv. pad.	400 m	0,03±0,01	0,1±0,06	0,03±0,01
	700 m	0,03±0,01	0,14±0,08	
	1.000 m	0,03±0,01	0,15±0,05	0,07±0,01
	1.300 m	0,04±0,01	0,21±0,11	
	1.900 m	0,05±0,01	0,39±0,27	
	2.000 m			0,1±0,05
	2.400 m	0,04±0,01		
	2.500 m		0,34±0,11	

V.1 Discussão

V.1.1 Estrutura da comunidade de foraminíferos e fatores ambientais

A análise dos dados obtidos permite-nos reconhecer que a distribuição de foraminíferos, nas Campanhas 1 e 2, ocorre segundo dois grandes setores no talude continental da Bacia de Santos: talude superior e médio (400 a 1.300 m de profundidade) e talude inferior (1.900 m de profundidade). Padrão semelhante a este foi observado por Sousa et al. (2017) na Bacia de Campos. Além da ocorrência da comunidade de foraminíferos bentônicos segundo um gradiente batimétrico, é possível também reconhecer que a disponibilidade de alimento, oxigenação, o estado energético no limite bento-pelágico e a morfologia de fundo na área controlam a estrutura da comunidade de foraminíferos bentônicos na bacia de Santos, demonstrada pela composição de espécies e parâmetros ecológicos (**Figuras V.3.1-17 e V.3.1-18**). O reconhecimento destes fatores controladores da fauna de foraminíferos na bacia corrobora estudos realizados em mar profundo (e.g., mar Arábico, den Dulk et al., 1998; mar Mediterrâneo, De Rijk et al., 2000, Atlântico Norte, Fontanier et al., 2003, Mojtahid et al., 2010; Atlântico Sudeste, Fontanier et al., 2016).

Os altos valores de densidade de indivíduos, diversidade, riqueza e equitabilidade, e relativamente menores de dominância observados no talude superior e médio (principalmente em 700 m de profundidade), nas Campanhas 1 (notadamente na porção norte da bacia) e 2, refletem uma distribuição heterogênea das espécies, e indicam que nesses setores do talude as condições são propícias à sobrevivência e reprodução da população de foraminíferos. Em mar profundo, a abundância, diversidade e riqueza de foraminíferos pode ser explicada pela disponibilidade e composição biogeoquímica da matéria orgânica sedimentar (Levin et al., 2001; Nardelli et al., 2010), estabilidade no fundo marinho (Nardelli et al., 2010), e disponibilidade de oxigênio (Fontanier et al., 2016) na água intersticial. Em contraposição no talude inferior e Platô de São Paulo, a ocorrência de valores relativamente menores de densidade, diversidade, riqueza, e maiores de dominância, tanto na Campanha 1 como na

Campanha 2, é indicativa provavelmente de escassez da matéria orgânica sedimentar soterrada e lábil (Jorissen et al., 1995; Fontanier et al., 2016).

Além disso, a predominância de espécies de foraminíferos calcários hialinos no talude superior e médio, principalmente em 700 m de profundidade, nas duas campanhas oceanográficas, tais como, *A. weddellensis* (Grupo 2), e *B. albatrossi*, *G. subglobosa*, *S. bradyana* e *T. bradyi* (Grupo 3), é indicativo de que a disponibilidade de alimento não é restritiva (Kuhnt & Wiedmann, 1995). As espécies representativas do Grupo 3, tratam-se de espécies infaunais rasas (Murray, 1991), indicando que a matéria orgânica disponível está na interface água-sedimento e o oxigênio não é restritivo para fauna (Jorissen et al., 1995 e Jorissen, 1999). *Bolivina albatrossi* é considerada espécie oportunista e associada a entrada de nutrientes no talude continental médio da Bacia de Campos (Sousa et al., 2006), e as espécies *S. bradyana* e *T. bradyi* são indicativas da entrada de fitodetritos, altos fluxos de matéria orgânica e altas concentrações de oxigênio nas águas de fundo (Fontanier et al., 2002; Hayward et al., 2002; Vicente et al., 2021). Por sua vez, a espécie *G. subglobosa* é conhecida por habitar ambientes com aporte de fitodetritos (Gooday, 1993; Sousa et al., 2006; Sen Gupta & Smith, 2010), e também por conter altas quantidades de ácidos graxos polinsaturados no seu interior, indicando a preferência por fontes de alimento fitodetríticas (Suhr et al., 2003). A análise de CCA corrobora esta interpretação, ao demonstrar que as espécies representativas do Grupo 3 são controladas pela razão PRT/CHO, proteínas, feopigmentos e lipídeos (**Figura V.3-18**), o que demonstra que a matéria orgânica disponível no talude superior e médio (700 m de profundidade), notadamente na Campanha 2 pode ser mais lábil (Grémare et al., 2003; Campanyà-Llovet et al., 2017).

Além disso, a espécie *G. subglobosa* é reconhecida por ocorrer em ambientes caracterizados por velocidades de correntes de fundo mais intensas (Mackensen et al., 1995; Schmiedl et al., 1997), o que é corroborado pelo aumento do diâmetro médio (μm) do sedimento no Grupo 3, conforme observado na análise de CCA (**Figura V.3.1-18**). Apesar da declividade do substrato ser um fator controlador do Grupo 3 (**Figura V.3.1-18**), o talude superior e médio não apresenta aparentemente instabilidade no substrato, ao ponto de diminuir os valores de densidade, diversidade e riqueza da comunidade neste grupo (**Figura**

V.3.1-16).

Por sua vez, a ocorrência da espécie *A. weddellensis* no Grupo 2, considerada epifaunal ou infaunal rasa e detritívora (e.g., Corliss, 1985; Jones & Charnock, 1985; Corliss & Chen, 1988), e que responde ao aporte de fitodetritos parece indicar que pulsos de fitodetritos ocorrem também no talude intermediário até a profundidade de 1.300 m, como observado na Campanha 2. No entanto, a constatação de valores de densidade de indivíduos, diversidade de Shannon e riqueza relativamente menores dos observados no Grupo 3 (**Figura V.3.1-16**), evidencia que na Campanha 1, no talude superior (400 m de profundidade) e médio (700 a 1.300 m de profundidade), a matéria orgânica estaria menos disponível e seria menos metabolizável (**Figura V.3.1-18**), ao passo que na Campanha 2, esta condição ambiental estaria restrita ao transecto A, localizado na porção sul da bacia (**Figuras V.3.1-14 e V.3.1-15**). No entanto, esta é uma questão em aberto, pois não foram obtidos dados que possibilitem identificar a ocorrência de matéria orgânica mais refratária.

Diferentemente dos Grupos 2 e 3, o Grupo 1, presente preferencialmente no talude médio entre 1.000 m e 1.300 m de profundidade, é definido por espécies calcárias hialinas (*E. exigua* e *B. albatrossi*) e aglutinantes (*Reophax* sp.1 e *R. tortilis*). O alto conteúdo de carbono biopolimérico sugere que nas referidas profundidades do talude médio na bacia não há condições limitantes de alimento para o metabolismo heterotrófico dos foraminíferos, como é indicado pela presença de *B. albatrossi*. No entanto, fatores como clorofila-a e carboidrato, que controlam o Grupo 1, indicam qualidade da matéria orgânica diferenciada neste setor da bacia (Grémare et al., 2003; Campanyà-Llovet et al., 2017), o que é corroborado pelas espécies representativas do grupo.

Epistominella exigua é considerada por Fontanier et al. (2003) por responder aos aportes de matéria orgânica lábil em um ecossistema. Esta espécie tem sido também considerada como uma espécie oportunista, capaz de se desenvolver e reproduzir rapidamente na presença de detritos de fitoplâncton, após períodos de "bloom" nas águas superficiais (Gooday, 1993; Loubere, 1998; Fontanier et al., 2003). Por outro lado, espécies do gênero *Reophax*, considerado como infaunal e detritívoro (Murray, 1991; Kaminski e Schroder, 1987; Jorissen et al., 2009), e oportunista, é passível de recolonizar ambientes oceânicos instáveis (Kaminski e Schroder, 1987; Hess et al., 2001). Além disso, a reprodução de

espécies de *Reophax* é beneficiado pela ocorrência de fitodetritos associados a lipídios derivados de bactérias, de acordo com Gooday (1996), o que poderia indicar a presença de matéria orgânica menos metabolizável juntamente com matéria lábil no talude médio. Os parâmetros ecológicos observados para o Grupo 1 (**Figura V.3-16**) parecem confirmar condições menos favoráveis ao desenvolvimento de foraminíferos neste setor da bacia.

Apesar do talude médio (1.000 m a 1.300 m de profundidade) da Bacia de Santos estar sob condições relativamente menos eutróficas, os valores relativamente altos de diversidade refletem que a disponibilidade de oxigênio não é limitada (Kuhnt et al., 1996). Soma-se a isso, a constatação de valores menores que 1 da razão Cu/Zn (**Anexos- V.2 e V.3**), que indicaria condições óxicas nos primeiros centímetros de sedimento (0-2 cm) (Baioumy & Lehmann, 2017) neste setor do talude e, portanto, não limitantes ao desenvolvimento de foraminíferos epifaunais e infaunais rasos (**Figura V.3.1-18**).

No talude inferior (Grupo 4), as espécies são controladas pelo conteúdo de carbonato de cálcio. A diminuição nos valores de densidade, diversidade e riqueza, aumento da dominância leva-nos a inferir condições mais oligotróficas, e óxicas, em razão da ocorrência de valores de Cu/Zn menores que 1, nas duas campanhas de amostragem. Neste setor do talude a espécie *R. cf. elegans* (**Figura V.3.1-13**) se destaca, contudo, tanto a ecologia da espécie quanto o gênero não são conhecidos na literatura.

V.1.2 Controles oceanográficos sobre a fauna de foraminíferos

O fluxo de carbono orgânico é um importante parâmetro, que estrutura os ecossistemas bentônicos de mar profundo (Altenbach & Struck, 2001). A composição de espécies de comunidades de foraminíferos bentônicos (e.g., Fontanier et al., 2003; Vicente et al., 2021), e seus microhabitats estão relacionados a quantidade e qualidade do fluxo de alimento disponível (e.g., Licari et al., 2003; de Mello et al., 2014). A zona de redox no sedimento está associada com a remineralização da matéria orgânica, que é em grande parte proporcionada por comunidades microbianas, que decompõem ativamente as moléculas de carbono orgânico (Corg) (Froelich et al., 1979). Em regiões oligotróficas onde o fluxo de matéria orgânica e o conteúdo de Corg sedimentar

são baixos, praticamente todo o carbono é remineralizado através da respiração aeróbia (Goloway & Bender, 1982), resultando em zona redox profunda. O aumento de Corg no sedimento e incremento nas taxas de oxidação na remineralização bacteriana do Corg (Canfield et al., 1993) levam ao desenvolvimento de uma zona redox mais rasa e verticalmente mais comprimida (Berner, 1980).

É conhecido que a matéria orgânica particulada proveniente da produção primária nas margens continentais oeste é menor do que os sistemas de ressurgência altamente eutróficos das margens orientais. No entanto, ainda é pouco conhecido como o suprimento alimentar pode ser levado para o fundo oceânico da Bacia de Santos. Turra e Brandini (2014) reconhecem que as instabilidades de mesoescala da Corrente do Brasil (CB) (ver Volume 3 - Capítulo IV) parecem atuar no transporte e como agente de exportação da matéria orgânica particulada para as águas profundas na plataforma externa da bacia.

Vicente et al. (2021) reconhecem que a distribuição de espécies de foraminíferos na Bacia de Campos é influenciada por correntes oceânicas, as quais afetam a concentração de oxigênio na água e as taxas de sedimentação da matéria orgânica particulada (Gooday, 2003; Yamashita et al., 2016, 2018). Ainda segundo estes autores, processos oceanográficos, tais como ressurgência, frentes oceânicas e vórtices podem também influenciar as comunidades de foraminíferos, alterando o aporte de nutrientes da zona eufótica, e conseqüentemente, as taxas de produção de produção primária (Palóczy et al., 2014; Siegel et al., 1999; Siegel et al., 1990).

Na região do PSP, os vórtices ciclônicos e anticiclônicos parecem ser determinantes na estruturação das associações de foraminíferos bentônicos. Sua atuação promovendo o enriquecimento orgânico ou limitando-o, é um importante fator envolvendo os processos oceânicos de curta e longa escala, e a sua influência direta na manutenção das comunidades do fundo oceânico em ambientes de mar profundos. Os vórtices anticiclônicos são menos frequentes, mas seu tempo de permanência sobre a área do PSP é muito grande, chegando a cerca de seis meses, se contarmos em dias num período de 1 ano; enquanto os vórtices ciclônicos são mais frequentes, mas seu tempo de permanência sobre a área do PSP é menor.

V.1.3 Área do Platô de São Paulo

Com base no resultado das curvas de rarefação e *bootstrap* identificamos que o levantamento de espécies de foraminíferos foi bastante efetivo, atingindo 87,31 % da riqueza de espécies esperada para o PSP. A inclinação da curva de rarefação do PSP (**Figura V.3-2**) e os desvio padrão já indicam que a curva está atingindo sua estabilidade.

Em relação à densidade, os valores registrados no PSP são predominantemente mais elevados que os registrados para profundidades similares na Bacia de Campos (Sousa et al., 2017).

As densidades aqui registradas para o PSP são muito similares às registradas por Licari e Mackensen (2005), em profundidades de 1.200 e 1.500 m, da margem continental oeste africana.

Comparações com dados provenientes do Mar de Weddell (Cornelius & Gooday, 2004) indicam que em profundidade de 1.120 a 2.074 m daquela região, existe uma densidade maior que a registrada no PSP. Outra peculiaridade, mas não surpresa, é que estes autores coletaram em duas estações material em triplicata, com *multicorer*, e mencionam que em ambas as estações registraram valores de densidade muito distintos, indicando distribuição claramente agregada, que coincide com o que temos registrado na maior parte das estações do PSP.

Embora o índice de diversidade de Shannon (H') seja muito utilizado, ele não é ideal para comparar amostras de tamanho diferente. Sendo assim, Cornelius e Gooday (*op. cit.*) incluíram o índice α de Fisher porque ele, diferentemente de H' , permite comparar amostras de distintos tamanhos. Os valores de α registrados por estes autores são muito similares aos da Bacia de Santos, em profundidades similares.

A composição das associações fitodetríticas no Mar de Weddell é muito similar à registrada na BS. Segundo estes autores, as assembleias fitodetríticas de foraminíferos são surpreendentemente semelhantes às relatadas em regiões abissais no Atlântico Norte, e sugerem haver ligações faunísticas próximas entre as faunas de águas profundas do Mar de Weddell e as de outras regiões oceânicas, talvez mediadas por circulação termohalina.

Segundo Silveira e colaboradores (2022) foram observados vórtices

anticiclônicos provenientes da Retroflexão das Agulhas na BS, representando uma contribuição remota a esta região. Estes autores mostram a presença de vórtices ciclônicos e anticiclônicos na região do PSP, e citam que “...a permanência dos vórtices anticiclônicos sobre o PSP está vinculada ao aprisionamento recorrente por vórtices de polaridade oposta, que podem ser compostos por ciclones formados localmente devido à instabilidade da CB, e/ou remotos, que se deslocaram para a BS. Os ciclones contornam e mantém os anticiclones adjacentes à CB, favorecendo a permanência destes, próximo à região do PSP, impedindo que anéis escapem para fora da BS”.

Com base nos dados de Silveira e colaboradores (*op. cit.*), observamos que a presença dos vórtices anticiclônicos sobre a área central do PSP poderia contribuir para a manutenção de condições oligotróficas sobre essa região, ao mesmo tempo que o seu aprisionamento por vórtices ciclônicos, condição recorrente na área, viabilizaria um maior enriquecimento orgânico nas áreas adjacentes.

Se o período estimado de ocupação anual dos vórtices anticiclônicos é tão extenso, cerca de 73% do tempo no período de um ano, então é muito provável que sejam fenômenos ambientais importantes na área do PSP.

Ao comentar sobre a dissipação de vórtices e a mistura oceânica na Bacia de Santos, os autores acima citam Lazaneo et al. (2020) que indicam que “o cisalhamento vertical entre o escoamento sul da Corrente do Brasil em superfície, e escoamento norte da Corrente de Contorno Intermediária em subsuperfície, resulta em um campo turbulento capaz de dissipar grandes quantidades de energia além de transportar nutrientes da camada subsuperficial para a camada superficial oligotrófica”. Se processos similares forem recorrentes próximo à região da isóbata de 2.500 m, poderiam influenciar também a região da isóbata de 2.400 m, supostamente tão oligotrófica quanto as regiões da área central do PSP. Em períodos de maior influência de vórtices ciclônicos, estes processos poderiam promover um enriquecimento orgânico em subsuperfície incrementando a produção primária local. Não há dúvida que esta região com mais oferta de nutrientes na região do PSP é comparavelmente muito mais pobre que as áreas da plataforma e talude continental enriquecidos pela produção primária, mas estes fluxos orgânicos, mesmo diminuídos promovem uma acoplamento bento pelágico que pode propiciar a manutenção de associações

de foraminíferos com espécies conhecidamente indicadoras de fluxos de fitodetritos, como é o caso de *Alabaminella weddellensis* e várias espécies dos gêneros *Epistominella*, *Adercotryma*, *Eggerella*, *Eggerelloides*, *Rhumlerella*, *Eilohedra*, *Reophax*, *Thurammina* e tantas outras.

Talvez a área onde se encontra o ponto F11 esteja menos exposta à influência dos vórtices ciclônicos, ou poderia estar na área de circulação preferencial dos vórtices anticiclônicos. Se isto ocorrer, seria possível compreender a menor afinidade deste ponto com as demais estações da isóbata de 2.400 m.

Tanto o Grupo 1 (P04, P05, P06, P07, P08 e P12) como o Grupo 3 (P01, P02, P11 e F11) encontram-se na área de influência do Canal Contornítico de São Paulo, entre 2106 a 2260 m, numa área mais oligotrófica que a do Grupo 2 (A11, B11, C11, D11, E11 H11) distribuído pela isóbata de 2.400m.

O Grupo 1 encontra-se numa área de menor declividade e permanece mais tempo sob influência dos vórtices anticiclônicos, enquanto o Grupo 3 tem os pontos P01 e P02 numa área de forte influência dos vórtices anticiclônicos, que favoreceria a permanência de condições mais oligotróficas. O Grupo 2 encontra-se numa área de maior declividade mais próximos à área de influência dos vórtices ciclônicos.

Os foraminíferos associados ao Grupo 1 contém espécies dos gêneros *Hemisphaerammina*, *Lagenammina*, *Karrerulina* e da subordem Allogromoidea. Segundo Murray (1991), as espécies de *Hemisphaerammina* são epifaunais, herbívoras passivas e aderidas a substratos duros. Nesta região as conchas de pterópodes e de foraminíferos mortos podem ser considerados um substrato duro. O gênero *Karrerulina* é infaunal profundo, depositívoro ativo (Setoyama et al., 2011) e, conforme Yamashita (2015), são comumente registrados em planícies abissais, caracterizadas por serem um ambiente com baixo fluxo de matéria orgânica (Kaminski & Gradstein, 2005). Segundo Yamashita (2015) e Murray (1991) *Lagenammina* é infaunal rasa, livre e suspensívora e/ou detritívora passiva e, segundo Licari e Mackensen (2005) ocorre da plataforma até profundidades abissais com teor de COT variando de 0,1% a cerca de 3% e ocorre em ambientes influenciados por fluxos sazonalmente altos de carbono orgânico, em sedimentos geralmente moderadamente enriquecidos com COT.

Análises escalonadas não métricas e outras análises realizadas de forma

especulativa mostraram o carbono orgânico total (COT) associado a estas estações. Ele pode permanecer armazenado nos sedimentos e ser posteriormente utilizado pelos foraminíferos como nutriente, numa região permanentemente pobre em nutrientes.

O Grupo 3 contém espécies dos gêneros *Ammomarginulina*, *Nodellum*, *Heterolepa* e *Ceratobulimina*.

Segundo Schröder et al. (1988), numa área entre 5.700 e 5.800 m de profundidade com fundos de argilas pelágicas quase sem carbonato (abaixo da CCD) da planície abissal de Nares (Atlântico Norte Ocidental), localizada sob águas superficiais de baixa produtividade do Mar dos Sargaços, as espécies mais abundantes e frequentes são <297 µm de diâmetro como *Adercotryma glomerata*, *Nodellum membranaceum*, *Ammomarginulina foliacea* [= *Eratidus foliaceus* (Brady, 1881)] e *Haplophragmoides rotulatum* [= *Evolutinella rotulata* (Brady, 1881)].

Estudando a porção norte do estreito de Nares, na Groenlândia, Jennings e colaboradores (2020) registram associações com baixa diversidade e baixa abundância, limitada por pouca oferta nutricional; essa associação era dominada pelas espécies aglutinantes *Textularia earlandi*, *Trochammina quadriloba* e *Rhizammina algaeformis*, e espécies calcárias *Stetsonia horvathi* e *Ceratobulimina arctica*. O ambiente onde estes foraminíferos vivem, sob uma língua de gelo no estreito de Nares, tem falta de luz para sustentar a produtividade marinha pelágica e sua subsistência se dá com suprimento alimentar muito baixo, advectado sob a plataforma de gelo, do fiorde.

Segundo Heinz e colaboradores (2001), *C. arctica* é uma espécie infaunal profunda, com maior abundância entre 3,5 e 4 cm de profundidade no sedimento. Eles realizaram experimentos em laboratório com espécies de mar profundo, para observar o comportamento em relação a fluxos de fitodetritos no sedimento, e *C. arctica* manteve-se nas áreas mais profundas dos sedimentos. Segundo os autores, mais espécimes foram encontrados em camadas mais profundas, porque mais material orgânico foi transportado para baixo, no sedimento, após o pulso de alimento.

Além destas espécies citadas nos Grupos 1 e 3, também estão associadas a estas áreas mais oligotróficas espécies dos gêneros *Glomospira*, *Tolypammina* e espécies tubulares epifaunais, *Ammovertellina*, *Ammolagena*, etc. (**Figura**

V.3.2- 12).

Bukenberger e colaboradores (2015) registraram *Tolypammima vagans* na em uma região oligotrófica do Oceano Ártico, no monte submarino Karasik, situado na Crista Submarina de Gakkel, um cume ativo no meio do Oceano Ártico central, uma região oligotrófica completamente coberta de gelo. A superfície do monte submarino Karasik é coberta por grandes esponjas, que fornecem um nicho bastante específico foraminíferos. Os foraminíferos vivem provavelmente comensais em agulhas de esponja, beneficiando-se de estarem presos ao obter acesso ao alimento suspenso na corrente de água mantida em circulação pela esponja. *Tolypammima vagans* e *Placopsilinella aurantiaca* foram comumente observadas crescendo ao longo e ao redor de agulhas de esponja.

Os montes submarinos são ambientes marinhos profundos únicos e frequentemente considerados como pontos quentes de diversidade.

Glomospira charoides, foi originalmente descrita como *Trochammina squamata* var. *charoides* Jones & Parker, 1860 e já foi atribuída a diferentes gêneros (*Repmanina*, *Usbekistania*, *Ammodiscus* e *Gordiammina*). O gênero é considerado epifaunal por Murray (1991), depositívoro-ativo e passivo por Akker e colaboradores (2000) e, segundo Rijk e colaboradores (2000), a espécie *G. charoides* é registrada em regiões oligotróficas.

O Grupo 2 mantém espécies dos gêneros *Reophax*, *Alabaminella*, *Thurammina* e *Placopsilinella*. Na **Figura V.3.2-12** é possível observar estes gêneros e também *Adercotryma*, *Epistominella*, *Eggerella* e *Eggerelloides* associados à clorofila-a e feopigmentos.

Reophax é livre, infaunal profundo associado a fundos lodosos e arenosos, depositívoro ativo e associado a aumentos no fluxo de matéria orgânica, ocorrendo da plataforma continental às áreas batiais, em ambientes frios a temperados (Murray, 1991; Setoyama et al., 2011).

Alabaminella, similar a *Eilohedra* e *Eponides*, é epifaunal a infaunal, livre, detritívora e associada a sedimentos lodosos em regiões temperadas a frias, da plataforma à região abissal (Murray, 1991). *Alabaminella weddellensis* é uma espécie mundialmente conhecida como indicadora de pulsos de fitodetrítos no fundo oceânico (Gooday, 1988; Heinz et al., 2001; Cornelius & Gooday, 2004).

Segundo Suhr et al. (2003) *Thurammina* é detritívora seletiva, associada pulsos de produção primária (fitodetrítos) e utiliza material mais degradado.

Segundo dados compilados de Yamashita (2015), a depender da espécie, o gênero pode ser infaunal ou epifaunal. No caso da BS seria epifaunal, associado a “substrato duro, aderido às conchas de Pteropoda.

Segundo Fontanier e colaboradores (2003), espécies como *Epistominella exigua* e *Reophax guttiferus*, proliferam preferencialmente de 2-3 meses após o pico de clorofila das águas superficiais atingirem o fundo oceânico, conforme constataram na Baía de Biscaia (Oceano Atlântico Norte). Após 4-6 semanas do bloom de fitodetritos, proliferam as espécies calcárias como *Bolivina spathulata*, *Cassidulina carinata*, *Nuttallides pusillus*, *Uvigerina peregrina* e *Uvigerina mediterranea*. Posteriormente, respondem ao aporte de fitodetritos espécies calcárias como *Globobulimina affinis* e *Melonis barleeanus*.

Sendo assim, entre um pico de clorofila/feofitina as espécies podem se manter na área profunda, com uma oferta de nutrientes quase contínua, durante o ano, porém muito limitada nestas regiões naturalmente menos enriquecidas de nutrientes. O tempo entre a ocorrência do aumento de produção fitoplanctônica e as coletas de sedimentos de fundo pode ser determinante para que se tenha um sinal efetivo das condições predominantes numa determinada área, se estivermos avaliando a “fauna viva”, mas se analisarmos a “fauna total” d foraminíferos (vivos e mortos, indistintamente) certamente temos o registro das áreas mais enriquecidas, mesmo que as amostragens não estejam rigorosamente sincronizadas com os períodos que sinalizam o enriquecimento orgânico pela resposta das associações fitodetrítivas.

V.1.4 Comparações entre bacias

Após analisar dados de outras Bacias brasileiras (Campos e Potiguar) no talude continental e Platô de São Paulo, observou-se que algumas estações, embora se localizem em profundidades semelhantes (**Tabela V.3-4**), as associações dos foraminíferos bentônicos observadas são diferentes (Sousa et al., 2017; Santa-Rosa et al., 2021). Isso pode estar relacionado as diferenças metodológicas, temporal, juntamente com o fato que os foraminíferos bentônicos recentes de mar profundo não respondem somente a diferenças longitudinais e latitudinais, mas principalmente a sazonalidade do suprimento alimentar/fluxo de carbono orgânico, conteúdo de oxigênio na água intersticial, advecção lateral de

massas de água profundas; corrosibilidade do carbonato pela água; estado energético na camada bêntica e composição granulométrica do substrato (Mackensen et al., 1995; Schmiedl et al., 1997; Sousa et al., 2006; Vicente et al., 2021). Assim, para comparar dados entre as Bacias, indiferente a data de coleta e de algumas pequenas diferenças metodológicas, seria necessário dados específicos de cada Bacia (p.e., morfologia local/pontual) e dados ambientais comuns entre eles (p.e, fluxo de matéria orgânica), para avaliar e determinar os bioindicadores regionais e depois compará-los, sendo o ideal a realização de estudos sazonais.

V.2 Considerações finais

A distribuição de foraminíferos bentônicos ocorre, nas duas campanhas oceanográficas, segundo dois grandes setores no talude da Bacia de Santos, talude superior/médio (400 a 1.300 m de profundidade) e talude inferior (1.900 m de profundidade), à semelhança do que foi demonstrado por Sousa et al. (2017) para a Bacia de Campos. Os dados de foraminíferos bentônicos e geoquímicos indicam para o talude continental da Bacia de Santos condições ambientais estáveis, oligotróficas a mesotróficas, e bem oxigenadas nas águas intersticiais nos primeiros centímetros do sedimento. No talude superior (400 m de profundidade) e médio (a 1.300 m de profundidade), a disponibilidade de alimento não é limitante ao metabolismo heterotrófico dos foraminíferos, ocorrendo variação na qualidade da matéria orgânica disponível. No talude superior e médio, em 700 m de profundidade, a matéria orgânica tende a ser mais metabolizável aos foraminíferos, notadamente na porção norte, na Campanha 1 (inverno de 2019), e ao longo de toda a bacia, na Campanha 2 (verão de 2021). No talude médio, entre 1.000 m e 1.300 m de profundidade, a matéria orgânica é menos metabolizável à fauna, sendo estas condições observadas em toda a bacia. Por sua vez, no talude inferior as condições são oligotróficas, e portanto, mais restritivas ao desenvolvimento da fauna de foraminíferos. O substrato tem papel importante na distribuição desta fauna, no entanto, a morfologia de fundo da bacia exerce aparentemente papel secundário, mas que ainda merece comprovação.

Na região do PSP, os vórtices ciclônicos e anticiclônicos parecem ser determinantes na estruturação das associações de foraminíferos bentônicos. Sua atuação promovendo o enriquecimento orgânico ou limitando-o, é um importante fator envolvendo os processos oceânicos de curta e longa escala, assim como a sua influência direta na manutenção das comunidades do fundo oceânico em ambientes de mar profundos. Desta forma, assim como em outras regiões da BS, a origem e composição da matéria orgânica são fatores importantes na manutenção dos foraminíferos, seguido dos demais fatores abióticos como tipo de sedimento, carbonatos etc.

Estudos sobre a relação entre a distribuição da fauna de foraminíferos e os processos oceanográficos na Bacia de Santos são ainda incipientes, e certamente merecerão atenção dos pesquisadores nos próximos anos.

V.3 Referências bibliográficas

- Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Lane, C.E., Lukeš, J., Bass, D., Bowser, S.S., Brown, M.W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D.H., McManus, H., Mitchell, E.A.D., Mozley-Stanridge, S.E., Parfrey, L.W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C.L., Smirnov, A., Spiegel, F.W. 2012. The Revised Classification of Eukaryotes. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, 59(5), 429–514. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>
- Altenbach, A., Sarnthein, M. 1989. Productivity record in benthic foraminifera (pp. 255–269).
- Altenbach, A.V., Struck, U. 2001. ON THE COHERENCE OF ORGANIC CARBON FLUX AND BENTHIC FORAMINIFERAL BIOMASS. **Journal of Foraminiferal Research**, 31(2), 79–85. DOI: <https://doi.org/10.2113/0310079>
- Alve, E. 1991. Foraminifera, climatic change, and pollution: a study of late Holocene sediments in Drammensfiord, southeast Norway. **The Holocene**, 1(3), 243–261. DOI: <https://doi.org/10.1177/095968369100100306>
- Alve, E., Lepland, A., Magnusson, J., Backer-Owe, K. 2009. Monitoring strategies for re-establishment of ecological reference conditions: Possibilities and limitations.

Marine Pollution Bulletin, 59(8), 297–310. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.08.011>

Araújo,B.D., Yamashita,C., Santarosa,A.C.A., Rocha,A.V., Vicente,T.M.,
Mendes,R.N.M., Passos,C.C., Martins,M.V.A., Sousa,S.H.M. 2022. Deep-sea
living (stained) benthic foraminifera from the continental slope and São Paulo
Plateau, Santos Basin (SW Atlantic): environmental insights. *Ocean and Coastal
Research*. (in press).

Araújo,B.D., Yamashita,C., Santarosa,A.C.A., Rocha,A.V., Vicente,T.M.,
Mendes,R.N.M., Passos,C.C., Martins,M.V.A., Sousa,S.H.M. 2022. Deep-sea
living (stained) benthic foraminifera from the continental slope and São Paulo
Plateau, Santos Basin (SW Atlantic): environmental insights. **Ocean and
Coastal Research**. (in press)

Armstrong,H.A., Brasier,M.D. 2005. Foraminifera. In:**Microfossils** (2nd ed., pp.
142–187). USA: Blackwell Publishing.

Armynot du Châtelet,É., Bout-Roumazeilles,V., Riboulleau,A., Trentesaux,A. 2009.
Sediment (grain size and clay mineralogy) and organic matter quality control on
living benthic foraminifera. **Revue de Micropaléontologie**, 52(1), 75–84. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.revmic.2008.10.002>

Armynot du Châtelet,E., Debenay,J.-P., Souldard,R. 2004. Foraminiferal proxies for
pollution monitoring in moderately polluted harbors. **Environmental Pollution**,
127(1), 27–40. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00256-2](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00256-2)

Armynot du Châtelet,E., Francescangeli,F., Bouchet,V.M.P., Frontalini,F. 2018.
Benthic foraminifera in transitional environments in the English Channel and the
southern North Sea: A proxy for regional-scale environmental and paleo-
environmental characterisations. **Marine Environmental Research**, 137, 37–
48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.02.021>

Armynot du Chatelet,E., Frontalini,F., Francescangeli,F. 2018. The significance of
replicates: environmental and palaeoenvironmental studies on foraminifera and
testate amoebae. **Micropaleontology**, 63.

Baioumy,H., Lehmann,B. 2017. Anomalous enrichment of redox-sensitive trace
elements in the marine black shales from the Duwi Formation, Egypt: Evidence

- for the late Cretaceous Tethys anoxia. **Journal of African Earth Sciences**, 133, 7–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.05.006>
- Berner, R.A. 1980. **Early Diagenesis: A Theoretical Approach** (Vol. 16). Princeton: Princeton University Press, 241 p. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/gj.3350160113>
- Boltovskoy, E., Giussani, G., Watanabe, S., Wright, R. 1980. **Atlas of Benthic Shell Foraminifera of the Southwest Atlantic**. The Hague: Dr. W Junk, 147 p.
- Bouchet, V.M.P., Debenay, J.-P., Sauriau, P.-G., Radford-Knoery, J., Soletchnik, P. 2007. Effects of short-term environmental disturbances on living benthic foraminifera during the Pacific oyster summer mortality in the Marennes-Oléron Bay (France). **Marine Environmental Research**, 64(3), 358–383. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2007.02.007>
- Burone, L., Sousa, S.H. de M.E., Mahiques, M.M. de, Valente, P., Ciotti, Á.M., Yamashita, C. 2011. Benthic foraminiferal distribution on the southeastern Brazilian shelf and upper slope. **Marine Biology**, 158(1), 159–179.
- Campanyà-Llovet, N., Snelgrove, P.V.R., Parrish, C.C. 2017. Rethinking the importance of food quality in marine benthic food webs. **Progress in Oceanography**, 156, 240–251. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.07.006>
- Canfield, D.E., Jørgensen, B.B., Fossing, H., Glud, R., Gundersen, J., Ramsing, N.B., Thamdrup, B., Hansen, J.W., Nielsen, L.P., Hall, P.O.J. 1993. Pathways of organic carbon oxidation in three continental margin sediments. **Marine Geology**, 113(1), 27–40. DOI: [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(93\)90147-N](https://doi.org/10.1016/0025-3227(93)90147-N)
- Cesbron, F., Geslin, E., Jorissen, F.J., Delgard, M.L., Charrieau, L., Deflandre, B., Jézéquel, D., Anschutz, P., Metzger, E. 2016. Vertical distribution and respiration rates of benthic foraminifera: Contribution to aerobic remineralization in intertidal mudflats covered by *Zostera noltei* meadows. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 179, 23–38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.005>
- Clarke, K., Gorley, R.N. 2006. **Primer v6: User Manual/Tutorial**. In: **PRIMER-E**.
- Corliss, B.H. 1985. Microhabitats of benthic foraminifera within deep-sea sediments.

- Nature**, 314(6010), 435–438. DOI: <https://doi.org/10.1038/314435a0>
- Corliss, B.H. 1991. Morphology and microhabitat preferences of benthic foraminifera from the northwest Atlantic Ocean. **Marine Micropaleontology**, 17(1975), 195–236.
- Cornelius, N., Gooday, A.J. 2004. 'Live' (stained) deep-sea benthic foraminiferans in the western Weddell Sea: trends in abundance, diversity and taxonomic composition along a depth transect. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, 51, 1571–1602. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.06.024>
- Corliss, B.H., Chen, C. 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. **Geology**, 16(August), 716–719.
- De Rijk, S., Jorissen, F.J., Rohling, E.J., Troelstra, S.R. 2000. Organic flux control on bathymetric zonation of Mediterranean benthic foraminifera. **Marine Micropaleontology**, 40(3), 151–166. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(00\)00037-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(00)00037-2)
- Debenay, J.P. 2012. **A GUIDE TO 1,000 FORAMINIFERA FROM SOUTHWESTERN PACIFIC, NEW CALEDONIA**. Paris: Institut de recherche pour le développement and Muséum national d'Histoire Naturelle, 378 p.
- Deldicq, N., Seuront, L., Langlet, D., Bouchet, V.M.P. 2020. Assessing behavioural traits of benthic foraminifera: implications for sediment mixing. **Marine Ecology Progress Series**, 643, 21–31. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps13334>
- Dolven, J.K., Alve, E., Rygg, B., Magnusson, J. 2013. Defining past ecological status and in situ reference conditions using benthic foraminifera: A case study from the Oslofjord, Norway. **Ecological Indicators**, 29, 219–233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.031>
- den Dulk, M., Reichart, G.J., Memon, G.M., Roelofs, E.M.P., Zachariasse, W.J., van der Zwaan, G.J. 1998. Benthic foraminiferal response to variations in surface water productivity and oxygenation in the northern Arabian Sea. **Marine Micropaleontology**, 35(1), 43–66. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(98\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(98)00015-2)

- Duros,P., Fontanier,C., Metzger,E., Pusceddu,A., Cesbron,F., de Stigter,H.C., Bianchelli,S., Danovaro,R., Jorissen,F.J. 2011. Live (stained) benthic foraminifera in the Whittard Canyon, Celtic margin (NE Atlantic). **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 58(2), 128–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2010.11.008>
- Eichler,P.P.B., Sen Gupta,B.K., Eichler,B.B., Braga,E.S., Campos,E.J. 2008. Benthic foraminiferal assemblages of the South Brazil: Relationship to water masses and nutrient distributions. **Continental Shelf Research**, 28(13), 1674–1686. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2007.10.012>
- Ellis,B.F., Messina,A.R. 1940. **Catalog of Foraminifera** (2nd ed, Vol. Special Publication). New York: American Museum of Natural History.
- Fonseca,G., Vieira,D.C. 2022. Overcoming the challenges of data integration in ecosystem studies with machine learning pipelines: an example from the PCRBS **Ocean and Coastal Research**. (in press).
- Fontanier,C., Jorissen,F.J., Chaillou,G., David,C., Anschutz,P., Lafon,V. 2003. Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550 m depth in the Bay of Biscay. **Deep-Sea Research**, 50, 457–494. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(02\)00167-X](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(02)00167-X)
- Fontanier,C., Jorissen,F.J., Licari,L., Alexandre,A., Anschutz,P., Carbonel,P. 2002. Live benthic foraminiferal faunas from the Bay of Biscay: faunal density , composition , and microhabitats. **Deep-Sea Research**, 49, 751–785.
- Fontanier,C., Sakai,S., Toyofuku,T., Garnier,E., Eugène,T., Brandily,C., Deflandre,B. 2016. Stable isotopes in deep-sea living (stained) foraminifera from the Mozambique Channel (eastern Africa): multispecies signatures and paleoenvironmental application. **Journal of Oceanography**, 73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10872-016-0401-1>
- Francescangeli,F., Arminot du Chatelet,E., Billon,G., Trentesaux,A., Bouchet,V.M.P. 2016. Palaeo-ecological quality status based on foraminifera of Boulogne-sur-Mer harbour (Pas-de-Calais, Northeastern France) over the last 200 years. **Marine Environmental Research**, 117, 32–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.04.002>

- Froelich, P.N., Klinkhammer, G.P., Bender, M.L., Luedtke, N.A., Heath, G.R., Cullen, D., Dauphin, P., Hammond, D., Hartman, B., Maynard, V. 1979. Early oxidation of organic matter in pelagic sediments of the eastern equatorial Atlantic: suboxic diagenesis. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, 43(7), 1075–1090. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(79\)90095-4](https://doi.org/10.1016/0016-7037(79)90095-4)
- Goloway, F., Bender, M. 1982. Diagenetic models of interstitial nitrate profiles in deep sea suboxic sediments. **Limnology and Oceanography**, 27(4), 624–638. DOI: <https://doi.org/10.4319/lo.1982.27.4.0624>
- Gooday, A.J. 1988. A response by benthic Foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. **Nature**, 332(6159), 70–73. DOI: <https://doi.org/10.1038/332070a0>
- Gooday, A.J. 1993. Deep-sea benthic foraminiferal species which exploit phytodetritus: Characteristic features and controls on distribution. **Marine Micropaleontology**, 22(3), 187–205. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(93\)90043-W](https://doi.org/10.1016/0377-8398(93)90043-W)
- Gooday, A.J. 1996. Epifaunal and shallow infaunal foraminiferal communities at three abyssal NE Atlantic sites subject to differing phytodetritus input regimes. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 43(9), 1395–1421. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(96\)00072-6](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(96)00072-6)
- Gooday, A.J., Turley, C.M. 1990. Responses by benthic organisms to inputs of organic material to the ocean floor: a review. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences**, 331(1616), 119–138. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.1990.0060>
- Grémare, A., Medernach, L., DeBovee, F., Amouroux, J.-M., Charles, F., Diné, A., Vétion, G., Albert, P., Colomines, J.-C. 2003. Relationship between sedimentary organic matter and benthic fauna within the Gulf of Lion: synthesis on the identification of new biochemical descriptors of sedimentary organic nutritional value. **Oceanologica Acta**, 26(4), 391–406. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0399-1784\(03\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0399-1784(03)00018-5)
- Groß, O. 2002. SEDIMENT INTERACTIONS OF FORAMINIFERA: IMPLICATIONS FOR FOOD DEGRADATION AND BIOTURBATION PROCESSES. **Journal of**

Foraminiferal Research, 32(4), 414–424. DOI:
<https://doi.org/10.2113/0320414>

Hammer,O., Harper,D.A.T., Ryan,P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, 4(1), 1-9.

Harloff,J., Mackensen,A. 1997. Recent benthic foraminiferal associations and ecology of the Scotia Sea and Argentine Basin. **Marine Micropaleontology**, 31(1), 1–29. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(96\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(96)00059-X)

Haynert,K., Schönfeld,J., Riebesell,U., Polovodova,I. 2011. Biometry and dissolution features of the benthic foraminifer *Ammonia aomoriensis* at high pCO₂. **Marine Ecology Progress Series**, 432, 53–67. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps09138>

Hayward,B.W., Neil,H., Carter,R., Grenfell,H.R., Hayward,J.J. 2002. Factors influencing the distribution patterns of Recent deep-sea benthic foraminifera, east of New Zealand, Southwest Pacific Ocean. **Marine Micropaleontology**, 46(1), 139–176. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(02\)00047-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(02)00047-6)

Hayward, B.W., Grenfell, H.R., Sabaa, A.T., Neil, H., Buzas, M.A. 2010. **Recent New Zealand Deep-Water Benthic Foraminifera: Taxonomy, Ecologic Distribution, Biogeography, and Use in Paleoenvironmental Assessment**. GNS Science: Lower Hutt, New Zealand; ISBN 9780478197778

Heinz,P., Kitazato,H., Schmiedl,G., Hemleben,C. 2001. Response of deep-sea benthic foraminifera from the Mediterranean Sea to simulated phytoplankton pulses under laboratory conditions. **Journal of Foraminiferal Research**, 31(3), 210-227.

Heinz,P., Hemleben,C. 2003. Regional and seasonal variations of recent benthic deep-sea foraminifera in the Arabian Sea. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 50(3), 435–447. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(03\)00014-1](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(03)00014-1)

Herguera,J.C., Berger,W.H. 1991. Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: Glacial to postglacial change in the west-equatorial Pacific. **Geology**, 19, 1173–1177.

- Hess,S., Jorissen,F.J. 2009. Distribution patterns of living benthic foraminifera from Cap Breton canyon, Bay of Biscay: Faunal response to sediment instability. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 56(9), 1555–1578. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.04.003>
- Hess,S., Kuhnt,W., Hill,S., Kaminski,M.A., Holbourn,A., de Leon,M. 2001. Monitoring the recolonization of the Mt Pinatubo 1991 ash layer by benthic foraminifera. **Marine Micropaleontology**, 43(1), 119–142. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(01\)00025-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(01)00025-1)
- Hottinger,L., Halicz,E., Reiss,Z. 1993. **Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea**. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti: Ljubljana, Slovenia.
- Iglikowska,A., Pawłowska,J. 2015. The Adaptations of the Foraminifera and Ostracoda to Fresh Water Colonisation. In: **Impact of Climate Changes on Marine Environments** (pp. 91–113). Cham: Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-14283-8_8
- Jayaraju,N., Reddy,B.C.S.R., Reddy,K.R., Reddy,A.N. 2011. Impact of Iron Ore Tailing on Foraminifera of the Uppateru River Estuary, East Coast of India. **Journal of Environmental Protection**, 2(3), 213–220. DOI: <https://doi.org/10.4236/jep.2011.23025>
- Jennings, A., Andrews,J., Reilly,B., Walczak,M., Jakobsson,M., Mix, A., Stoner,J., Nicholls, K.W., Cheseby,M. 2020. Modern foraminiferal assemblages in northern Nares Strait, Petermann Fjord, and beneath Petermann ice tongue, NW Greenland. **Arctic, Antarctic, and Alpine Research**, 52(1), 491-511. DOI: [10.1080/15230430.2020.1806986](https://doi.org/10.1080/15230430.2020.1806986)
<https://doi.org/10.1080/15230430.2020.1806986>
- Jones,R.W. 1994. **The Challenger Foraminifera**. Oxford University Press, 149 p.
- Jones,R.W. 2013. **Foraminifera and their Applications**. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139567619>
- Jones,R.W., Charnock,M.A. 1985. Morphogroups of agglutinating foraminifera their life positions and feeding habits and potential applicability in paleoecological studies. **Revue de Paleobiologie**, 4(2), 311–320.

- Jorissen, F.J. 1999. Benthic foraminiferal microhabitats below the sediment-water interface. In: **Modern Foraminifera** (pp. 161–179). Dordrecht: Springer Netherlands. DOI: https://doi.org/10.1007/0-306-48104-9_10
- Jorissen, F.J., Bicchi, E., Duchemin, G., Durrieu, J., Galgani, F., Cazes, L., Gaultier, M., Camps, R. 2009. Impact of oil-based drill mud disposal on benthic foraminiferal assemblages on the continental margin off Angola. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, 56(23), 2270–2291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2009.04.009>
- Jorissen, F.J., Stigter, H.C. de, Widmark, J.G.V. 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. **Marine Micropaleontology**, 26(1–4), 3–15. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8398\(95\)00047-X](https://doi.org/10.1016/0377-8398(95)00047-X)
- Kaminski, M., Gradstein, F. 2005. Atlas of Paleogene Cosmopolitan Deep-Water Agglutinated Foraminifera. **Grzybowski Foundation Special Publication**, 10, 1–547.
- Kaminski, M.A., Schroder, C.J. 1987. ENVIRONMENTAL ANALYSIS OF DEEP-SEA AGGLUTINATED FORAMINIFERA: CAN WE DISTINGUISH TRANQUIL FROM DISTURBED ENVIRONMENTS? DOI: <https://doi.org/10.5724/gcs.87.08.0090>
- Kaminski, M.A., Cetean, C.G. **A Catalogue of Agglutinated Foraminiferal Genera**. (Unpublished).
- Khanna, N., Godbold, J.A., Austin, W.E.N., Paterson, D.M. 2013. The Impact of Ocean Acidification on the Functional Morphology of Foraminifera. **PLOS ONE**, 8(12), e83118. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083118>
- Kuhnt, W., Moullade, M., Kaminski, M.A. 1996. Ecological structuring and evolution of deep sea agglutinated foraminifera — a review. **Revue de Micropaléontologie**, 39(4), 271–281. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0035-1598\(96\)90119-1](https://doi.org/10.1016/S0035-1598(96)90119-1)
- Kuhnt, W., Wiedmann, J. 1995. Cenomanian-Turonian Source Rocks: Paleobiogeographic and Paleoenvironmental Aspects. In: **Paleogeography, Paleoclimate, and Source Rocks** (Vol. 40, p. 0). American Association of Petroleum Geologists. DOI: <https://doi.org/10.1306/St40595C10>

- Kuroyanagi,A., Kawahata,H., Suzuki,A., Fujita,K., Irie,T. 2009. Impacts of ocean acidification on large benthic foraminifers: Results from laboratory experiments. **Marine Micropaleontology**, 73(3), 190–195. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2009.09.003>
- Legendre,P., Legendre,L. 1998. **Numerical Ecology**. 2.ed. Amsterdam: Elsevier. Developments in Environmental Modelling, 20.
- Levin,L.A., Etter,R.J., Rex,M.A., Gooday,A.J., Smith,C.R., Pineda,J., Stuart,C.T., Hessler,R.R., Pawson,D. 2001. Environmental Influences on Regional Deep-Sea Species Diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 32(1), 51–93. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114002>
- Licari,L.N., Schumacher,S., Wenzhöfer,F., Zabel,M., Mackensen,A. 2003. COMMUNITIES AND MICROHABITATS OF LIVING BENTHIC FORAMINIFERA FROM THE TROPICAL EAST ATLANTIC: IMPACT OF DIFFERENT PRODUCTIVITY REGIMES. **Journal of Foraminiferal Research**, 33(1), 10–31. DOI: <https://doi.org/10.2113/0330010>
- LICARI, L., MACKENSEN, A. 2005. Benthic foraminifera off West Africa (18N to 32S): Do live assemblages from the topmost sediment reliably record environmental variability?. **Marine Micropaleontology**, 55, 205–233.
- Loeblich,A.R., Tappan,H. 1964. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C: Protista 2, Sarcodina, chiefly ‘Thecamoebians’ and Foraminiferida**. Geological Society of America and University of Kansas Press Lawrence.
- Loeblich,A.R., Tappan,H. 1988. **Foraminiferal Genera and Their Classification**. New York: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-5760-3>
- Loeblich,A.R., Tappan,H. 1994. **Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea**. Special Publication No. 31, Cushman Foundation for Foraminiferal Research: Lawrence, KS, USA.
- Loubere,P. 1998. The impact of seasonality on the benthos as reflected in the assemblages of deep-sea foraminifera. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 45(2), 409–432. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(97\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(97)00092-7)

- Mackensen,A., Schmiedl,G., Harloff,J., Giese,M. 1995. Deep-Sea Foraminifera in the South Atlantic Ocean: Ecology and Assemblage Generation. **Micropaleontology**, 41(4), 342–358. DOI: <https://doi.org/10.2307/1485808>
- Martins,M.V.A., Gomes,V.C.R.D. 2004. **Foraminíferos da margem Continental NW Ibérica: sistemática, ecologia e distribuição.**
- Martins,M.V.A., Moreno,J.C., Miller,P., Miranda,P., Laut,L., Pinheiro,A.E.P., Yamashita,C., Terroso,D.L., Rocha,F., Bernardes,C. 2017. BIOCENOSES OF BENTHIC FORAMINIFERA OF THE AVEIRO CONTINENTAL SHELF (PORTUGAL): INFLUENCE OF THE UPWELLING EVENTS AND OTHER SHELF PROCESSES. **Journal of Sedimentary Environments**, 2(1), 9–34. DOI: <https://doi.org/10.12957/jse.2017.28041>
- Martins,M.V.A., Silva,F., Laut,L.L.M., Frontalini,F., Clemente,I.M.M.M., Miranda,P., Figueira,R., Sousa,S.H.M., Dias,J.M.A. 2015. Response of Benthic Foraminifera to Organic Matter Quantity and Quality and Bioavailable Concentrations of Metals in Aveiro Lagoon (Portugal). **PLOS ONE**, 10(2), e0118077. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118077>
- Mcllroy,D., Green,O.R.; Brasier,M.D. 2001. Palaeobiology and evolution of the earliest agglutinated Foraminifera: Platysolenites, Spirosolenites and related forms. **Lethaia**, 34: 13–29, 2001. <https://doi.org/10.1080/002411601300068170>
- Min,X.; Hua,H.; Sun,B.; Dai,Q.; Luo,J.; Pan,X.; Liu,Z. Diversification of heterotrophic protists at the eve of Cambrian explosion. **Global and Planetary Change**, 203: 103545, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103545>
- de Mello,C., Burone,L., Ortega,L., Franco-Fraguas,P., Lahuerta,N., Mahiques,M., Marin,Y. 2014. Benthic foraminiferal distributions on the Uruguayan continental margin (South-western Atlantic) and controlling environmental factors. **Continental Shelf Research**, 91, 120–133.
- Mojtahid,M., Griveaud,C., Fontanier,C., Anschutz,P., Jorissen,F.J. 2010. Live benthic foraminiferal faunas along a bathymetrical transect (140–4800m) in the Bay of Biscay (NE Atlantic). **Revue de Micropaléontologie**, 53(3), 139–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revmic.2010.01.002>
- van Morkhoven,F.P.C.M., Berggren,W.A., Edwards,A.S., Oertli,H.J. 1986. Cenozoic

- Cosmopolitan Deep-Water Benthic Foraminifera. **Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine, Mem**, 11, 421.
- Murray, J. 2003. An illustrated guide to the benthic foraminifera of the Hebridean Shelf, west of Scotland, with notes on their mode of life. **Palaeontologia Electronica**, 5, 1–31.
- Murray, J.W. 1991. **Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera**. New York: Longman Scientific and Technical, 402 p.
- Murray, J.W. 2006. **Ecology and Applications of Benthic Foraminifera** (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 426 p.
- Murray, J.W. 2007. Biodiversity of living benthic foraminifera: How many species are there? **Marine Micropaleontology**, 64(3), 163–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2007.04.002>
- Nardelli, M.P., Jorissen, F.J., Pusceddu, A., Morigi, C., Dell'Anno, A., Danovaro, R., De Stigter, H.C., Negri, A. 2010. Living benthic foraminiferal assemblages along a latitudinal transect at 1000m depth off the Portuguese margin. **Micropaleontology**, 56(3/4), 323–344.
- Palóczy, A., da Silveira, I.C.A., Castro, B.M., Calado, L. 2014. Coastal upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil): The supporting role of deep ocean processes. **Continental Shelf Research**, 89, 38–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2013.09.005>
- Pati, P., Patra, P. 2012. Benthic foraminiferal responses to coastal pollution: a review. **Int. J. Geol., Earth Environ. Sci.**, 2, 42–56.
- Pawlowski, J., Bolivar, I., Fahrni, J., Vargas, C. de, Bowser, S.S. 1999. Naked foraminiferans revealed. **Nature**, 399(6731), 27–27. DOI: <https://doi.org/10.1038/19881>
- Pielou, E.C. 1975. **Ecological Diversity**. New York: John Wiley and Sons, 165 p.
- Piña-Ochoa, E., Høgslund, S., Geslin, E., Cedhagen, T., Revsbech, N.P., Nielsen, L.P., Schweizer, M., Jorissen, F., Rysgaard, S., Risgaard-Petersen, N. 2010. Widespread occurrence of nitrate storage and denitrification among Foraminifera and Gromiida. **Proceedings of the National Academy of**

- Sciences of the United States of America**, 107(3), 1148–1153. DOI:
<https://doi.org/10.1073/pnas.0908440107>
- Prazeres, M., Pandolfi, J.M. 2016. Effects of Elevated Temperature on the Shell Density of the Large Benthic Foraminifera *Amphistegina lobifera*. **The Journal of Eukaryotic Microbiology**, 63(6), 786–793. DOI:
<https://doi.org/10.1111/jeu.12325>
- Prazeres, M., Roberts, T.E., Pandolfi, J.M. 2017. Variation in sensitivity of large benthic Foraminifera to the combined effects of ocean warming and local impacts. **Scientific Reports**, 7(1), 45227. DOI:
<https://doi.org/10.1038/srep45227>
- Rathburn, A.E., Willingham, J., Ziebis, W., Burkett, A.M., Corliss, B.H. 2018. A New biological proxy for deep-sea paleo-oxygen: Pores of epifaunal benthic foraminifera. **Scientific Reports**, 8(1), 9456. DOI:
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-27793-4>
- Santa-Rosa, L. C. de C., Disaró, S. T., Totah, V., Watanabe, S. Guimarães, A. T. B. 2021. Living benthic foraminifera from the surface and subsurface sediment layers applied to the environmental characterization of the Brazilian continental slope (SW Atlantic). **Water (Switzerland)**, 13(13). DOI:
<https://doi.org/10.3390/w13131863>
- Saraswat, R., Kouthanker, M., Kurtarkar, S.R., Nigam, R., Naqvi, S.W.A., Linshy, V.N. 2015. Effect of salinity induced pH/alkalinity changes on benthic foraminifera: A laboratory culture experiment. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 153, 96–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.12.005>
- Schiebel, R., Hemleben, C. 2017. **Planktic Foraminifers in the Modern Ocean**. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-50297-6>
- Schmiedl, G., Mackensen, A., Müller, P.J. 1997. Recent benthic foraminifera from the eastern South Atlantic Ocean: Dependence on food supply and water masses. **Marine Micropaleontology**, 32(3), 249–287. DOI:
[https://doi.org/10.1016/S0377-8398\(97\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8398(97)00023-6)
- Schönfeld, J., Alve, E., Geslin, E., Jorissen, F., Korsun, S., Spezzaferri, S. 2012. The FOBIMO (FORaminiferal Blo-MONitoring) initiative—Towards a standardised

- protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. **Marine Micropaleontology**, 94–95, 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2012.06.001>
- Schröder,C., Scott,D.B., Medioli,F.S. 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? **Journal of Foraminiferal Research**, 17(2), 101–105.
- Schroder-Adams,C., Scott, D.B., Medioli, F.S., Bernstein, B.B., Hessler, R.R. 1988. Larger agglutinated foraminifera: comparison of assemblages from central North Pacific and western North Atlantic (Nares Abyssal Plain). **Journal of Foraminiferal Research**, 18(1), 25-41.
- Sen Gupta,B.K., Eugene Turner,R., Rabalais,N.N. 1996. Seasonal oxygen depletion in continental-shelf waters of Louisiana: Historical record of benthic foraminifers. **Geology**, 24(3), 227–230. DOI: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1996\)024<0227:SODICS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1996)024<0227:SODICS>2.3.CO;2)
- Sen Gupta,B.K., Smith,L.E. 2010. Modern benthic Foraminifera of the Gulf of Mexico: A census report. **Journal of Foraminiferal Research**, 40, 247–265.
- Shannon,C.E., Weaver,W. 1963. **The mathematical theory of communication**. Urbana: The University of Illinois Press.
- Siegel,D.A., Granata,T.C., Michaels,A.F., Dickey,T.D. 1990. Mesoscale eddy diffusion, particle sinking, and the interpretation of sediment trap data. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 95(C4), 5305–5311. DOI: <https://doi.org/10.1029/JC095iC04p05305>
- Siegel,D.A., McGillicuddy Jr.,D.J., Fields,E.A. 1999. Mesoscale eddies, satellite altimetry, and new production in the Sargasso Sea. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 104(C6), 13359–13379. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999JC900051>
- Siemensma,F., Apothéoz-Perret-Gentil,L., Holzmann,M., Clauss,S., Völcker,E., Pawlowski,J. 2017. Taxonomic revision of freshwater foraminifera with the description of two new agglutinated species and genera. **European Journal of Protistology**, 60, 28–44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2017.05.006>

- Silveira, I.C., Lazaneo, C.Z., Bernardo, P.S., Souza Neto, P.W.M, Amorim, J.P.M., Silva, M.B. 2022. Caracterização da oceanografia física do talude continental e região oceânica da Bacia de Santos. no prelo.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. **Nature**, 163(4148), 688–688. DOI: <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Sousa, S.H.M., Passos, R.F., Fukumoto, M., da Silveira, I.C.A., Figueira, R.C.L., Koutsoukos, E.A.M., de Mahiques, M.M., Rezende, C.E. 2006. Mid-lower bathyal benthic foraminifera of the Campos Basin, Southeastern Brazilian margin: Biotopes and controlling ecological factors. **Marine Micropaleontology**, 61(1), 40–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marmicro.2006.05.003>
- Sousa, S.H.M., Yamashita, C., Nagai, R.H., Martins, M.V.A., Ito, C., Vicente, T., Taniguchi, N., Burone, L., Fukumoto, M., Aluizio, R., Koutsoukos, E.A.M. 2017. 5 - Foraminíferos bentônicos no talude continental, Platô de São Paulo e cânions da Bacia de Campos. In: **Ambiente Bentônico** (pp. 111–144). Campus. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-85-352-7263-5.50005-9>
- Sousa, S.H.M., Yamashita, C., Semensatto, D.L., Santarosa, A.C.A., Iwai, F.S., Omachi, C.Y., Disaró, S.T., Martins, M.V.A., Barbosa, C.F., Bonetti, C.H.C., Vilela, C.G., Laut, L., Turra, A., Alve, E., Armynot du Châtelet, E., Bouchet, V., Burone, L., Carmo, A., Figueira, R.C.L., Figueiredo, M. de S.L., Frontalini, F., Geslin, E., Lamparelli, C., Licari, L., Lorini, M.L., Lourenço, R.A., de Mahiques, M.M., Martin, T., de Mello, R.M., Millo, C., Pawlowski, J., Rodrigues, A.R., Siegle, E., Members of the BIOFOM group. 2020. Opportunities and challenges in incorporating benthic foraminifera in marine and coastal environmental biomonitoring of soft sediments: from science to regulation and practice. **Journal of Sedimentary Environments**, 5(2), 257–265. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43217-020-00011-w>
- Suhr, S.B., Pond, D.W., Gooday, A.J., Smith, C.R. 2003. Selective feeding by benthic foraminifera on phytodetritus on the western Antarctic Peninsula shelf: evidence from fatty acid biomarker analysis. **Marine Ecology Progress Series**, 262, 153–162. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps262153>
- Tura, P.M., Brandini, F.P. 2020. Nutrients and particulate organic matter dynamics in

- the outer-shelf of the South Brazil Bight: Two distinct scenarios during summer 2013. **Regional Studies in Marine Science**, 37, 101345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101345>
- Uthicke,S., Momigliano,P., Fabricius,K.E. 2013. High risk of extinction of benthic foraminifera in this century due to ocean acidification. **Scientific Reports**, 3(1), 1769. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep01769>
- Vicente,T.M., Yamashita,C., Sousa,S.H. de M. e, Ciotti,A.M. 2021. Evaluation of the relationship between biomass of living (stained) benthic foraminifera and particulate organic matter vertical flux in an oligotrophic region, Campos Basin, southeastern Brazilian continental margin. **Journal of Sea Research**, 176, 102110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2021.102110>
- Vidović,J., Dolenc,M., Dolenc,T., Karamarko,V., Žvab Rožič,P. 2014. Benthic foraminifera assemblages as elemental pollution bioindicator in marine sediments around fish farm (Vrgada Island, Central Adriatic, Croatia). **Marine Pollution Bulletin**, 83(1), 198–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.03.051>
- WoRMS Editorial Board (2022). World Register of Marine Species. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2022-12-10. doi:10.14284/170
- Wylezich,C., Kaufmann,D., Marcuse,M., Hülsmann,N. 2014. *Dracomyxa pallida* gen. et sp. nov.: a new giant freshwater foraminifer, with remarks on the taxon *Reticulomyxidae* (emend.). **Protist**, 165(6), 854–869. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.protis.2014.10.004>
- Wollenburg,J. 2018. Living inside a sponge: Foraminifera at the Karasik Seamount (Central Arctic Ocean), Geophysical Research Abstracts, Vol. 20, EGU EGU General Assembly, Vienna Austria, 8 April 2018 - 13.
- Yamashita,C., Mello e Sousa,S.H. de, Vicente,T.M., Martins,M.V., Nagai,R.H., Frontalini,F., Godoi,S.S., Napolitano,D., Burone,L., Carreira,R., Figueira,R.C.L., Taniguchi,N.K., Rezende,C.E. de, Koutsoukos,E.A.M. 2018. Environmental controls on the distribution of living (stained) benthic foraminifera on the continental slope in the Campos Basin area (SW Atlantic). **Journal of Marine**

Systems, 181, 37–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.01.010>

Yamashita,C., Nagai,R.H., Martins,M.V.A., Vicente,T.M., Sousa,S.D.M. e, Frontalini,F., Palóczy,A., Mahiques,M.M. de, Godoi,S.S. de, Montoya-Montes,I., Figueira,R.C.L. 2016. ON THE INTERPLAY BETWEEN HYDRODYNAMICS, BOTTOM MORPHOLOGY, SEDIMENTARY PROCESSES AND BENTHIC FORAMINIFERA ASSEMBLAGES IN THE SÃO PAULO BIGHT (BRAZIL, SW ATLANTIC). **Journal of Sedimentary Environments**, 1(3), 334–355. DOI: <https://doi.org/10.12957/jse.2016.25990>

Yamashita,C., Omachi,C., Santarosa,A.C.A., Iwai,F.S., Araujo,B.D., Disaró,S.T., Alves Martins,M.V., Vicente,T.M., Taniguchi,N., Burone,L., Mahiques,M.M., Bicego,M.C., Figueira,R.C.L., Sousa,S.H.M. 2020. Living benthic foraminifera of Santos continental shelf, southeastern Brazilian continental margin (SW Atlantic): chlorophyll-a and particulate organic matter approach. **Journal of Sedimentary Environments**, 5(1), 17–34. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43217-019-00001->

V.4 Equipe Técnica

Nomes	Formação	Atuação
Silvia Helena de Mello e Sousa	Geóloga, Dra.	Coordenadora
Sibelle Trevisan Disaró	Bióloga, Dra.	Coordenadora
Cintia Yamashita	Oceanógrafa, Dra.	Bolsista pós doutorado
Thaís M. Vicente	Oceanógrafa, Me	Técnica
Ana Santarosa	Oceanógrafa, Dra.	Bolsista pós doutorado
Barbara M.de Carvalho	Oceanógrafa, Dra.	Técnica
Daniel Vicente Pupo	Oceanógrafo, Me.	Técnico
Elis Regina Ribas	Bióloga, Me.	Técnica
Helenita Forcelini	Oceanógrafa, Dra.	Técnica
Isabela S. Kropiwiec	Graduação em Biologia	Bolsista Iniciação científica
Joice Dissenha Gonçalves	Oceanógrafa, Me.	Técnica
Leticia Woss	Oceanógrafa, Bel.	Técnica

Luciana Santa Rosa	Bióloga, Me.	Técnica
Maria Virginia Martins	Bióloga, Dra.	Taxonomista e pesquisadora
Rafaela Mendes	Oceanógrafa, Bel.	Técnica
Tabata F. Klimeck	Bióloga, Bel.	Técnica
Thiago G. da Silva	Físico, Dr.	Bolsista pós doutorado

VI. Meiofauna e associações de nematoda da margem continental da Bacia de Santos

*Capítulo VI
Revisão 01
Dezembro/2022*

VI.1 Introdução

As margens continentais constituem 28% da superfície do oceano (Cook & Chris, 2000). São constituídas pela região da plataforma e talude continentais e englobam outras feições que ali se desenvolvem, como cânions e platôs. Essas regiões são recobertas por sedimentos representados por areias, lamas e cascalhos, que são habitados por uma grande diversidade de organismos cujas ações mediam uma série de processos ecossistêmicos. Estes processos, como a reciclagem de nutrientes, a degradação e distribuição de poluentes, a decomposição, o enterramento e o estoque de matéria orgânica, são importantes em escala global e são essenciais para o sustento da vida no planeta (Snelgrove, 1997; 1999). Tais processos são mantidos e moldados por interações entre os próprios organismos que vivem nos sedimentos e entre esses e o ambiente físico e químico sedimentar (Snelgrove, 1999). Deste modo, conhecer as comunidades biológicas e entender padrões e processos ecológicos que ocorrem nos sedimentos marinhos é fundamental para a conservação e gerenciamento dos ecossistemas que constituem as margens continentais.

Dentre os organismos que habitam os fundos sedimentares marinhos, a meiofauna representa o grupo mais abundante (Giere, 2009). O termo meiofauna refere-se particularmente a um grupo de invertebrados bentônicos que possuem tamanho reduzido. Em função dos métodos necessários para a separação destes organismos, a meiofauna compreende os invertebrados dentro do intervalo de tamanho entre 31 e 500 μm (Giere, 2009). Este grupo de organismos relativamente pouco conhecido no Brasil é mais diverso do que qualquer outro componente da biota marinha: até o momento, sabe-se que 24 filos (de um total de 35 filos de invertebrados conhecidos) apresentam representantes meiobentônicos (Fonseca et al., 2018). Alguns representantes como Gastrotricha, Gnathostomulida, Kinorhyncha, Loricifera e Tardigrada são exclusivamente meiobentônicos. Outros grupos incluem representantes dos Mystacocarida, Rotifera, Nematoda, Polychaeta, Copepoda, Ostracoda, Halacaroidea e Turbellaria e alguns membros especializados de Hydrozoa, Nemertina, Entoprocta, Gastropoda, Aplacophora, Brachiopoda, Tunicata, Priapulida, Oligochaeta e Sipuncula. Dentre os diversos grupos, Nematoda é geralmente o táxon mais abundante. Comumente compõem mais de 50% da

meiofauna, podendo atingir mais de 90% em áreas lamosas e sedimentos do mar profundo (Soetaert et al., 1995; Soltwedel, 2000). Os Nematoda são habitualmente seguidos em abundância pelos Copepoda Harpacticoida, que podem inclusive superá-los em fundos com sedimentos grosseiros. Os outros grupos são frequentemente encontrados em baixas abundâncias. Além da grande diversidade de grupos meiobentônicos, a diversidade da meiofauna em níveis taxonômicos menos incluídos, como gênero e espécie, também é elevada, com uma fauna extremamente rica (Heip et al., 1985, Moens et al., 2013).

A meiofauna em geral, e os Nematoda em particular, são responsáveis por importantes funções ecossistêmicas, como o revolvimento do sedimento, que facilita processos biogeoquímicos, a mineralização, soterramento e distribuição da matéria orgânica e de poluentes. Também estão intrinsecamente relacionados à produtividade primária nos sedimentos de áreas mais rasas, além de constituírem grande parte da produtividade secundária do bentos (Schratzberger & Ingels, 2018). Além da importância ecológica, a meiofauna e associações de Nematoda vêm sendo amplamente documentadas como sentinelas para o monitoramento de mudanças em ecossistemas marinhos, particularmente nas margens continentais onde organismos maiores são mais escassos e, conseqüentemente, organismos menores acabam por dominar em biomassa e diversidade, tornando-se amplamente responsáveis pela manutenção do funcionamento do ecossistema (Ingels et al., 2021). Vantagens do uso da meiofauna como indicadores biológicos de mudanças ambientais inclui sua onipresença em diversos ecossistemas, o tamanho reduzido e as altas abundâncias, tempo de geração curto e a ausência de estágio larval planctônico e íntima associação e dependência do sedimento, o que contribui para respostas rápidas e confiáveis a mudanças ambientais locais (Kennedy & Jacoby, 1999, Zeppilli et al., 2015). Além disso, a presença de uma variedade de grupos indicadores que diferem em uso do microhabitat, amplitude de nicho, função ecológica e respostas a mudanças no ambiente, aumentam a sensibilidade deste grupo a perturbações ambientais diversas. Assim, a meiofauna tem sido considerada uma ferramenta eficiente para a análise de impactos e monitoramento ambientais (Ingels et al., 2021; Ridall & Ingels, 2021).

A avaliação e o monitoramento dos impactos ecológicos são fundamentais para a gestão e tomada de decisões com base científica (Nichols & Williams, 2006). Isso

requer detectar mudanças e, mais importante, desenvolver uma compreensão das suas causas nos padrões e processos de indicadores ecológicos representativos e que sejam sensíveis ao longo do tempo. Como tal, o primeiro passo para monitorar os impactos ecológicos advindos de atividades antropogênicas envolve a compreensão dos padrões espaciais dos parâmetros ecológicos alvo (por exemplo, biodiversidade, biomassa, composição da comunidade) e os processos responsáveis por esses padrões. Esse conhecimento é imperativo para fornecer a base para projetos de monitoramento sólidos, delineados em torno de questões científicas claras e objetivas, que são cruciais para a decisão sobre quais indicadores ecológicos medir, a extensão espacial da amostragem, sua frequência e, finalmente, reconhecer a utilidade e limites dos dados para avaliar e monitorar impactos relevantes. Muitas vezes, no entanto, a ausência de dados de base suficientes torna a avaliação de impacto desafiadora (Korpinen & Andersen, 2016; Ridall & Ingels, 2021).

Na costa brasileira, apesar da grande importância da margem continental com relação aos recursos biológicos, minerais e às crescentes atividades socioeconômicas nesta região (Hall, 2002), o conhecimento quanto à ecologia e à estrutura das comunidades da meiofauna e das associações de Nematoda ainda é parcial. Parte dos estudos estão restritos à análise dos grandes grupos meiofaunais, com menor resolução taxonômica (por exemplo, Corbisier, 1993; Corbisier et al., 1997, 2008; Dalto e Albuquerque, 2000). Outra parte, considerou a meiofauna e as associações de gêneros de Nematoda, porém foram vinculados a projetos institucionais com objetivos específicos para responder a questões oceanográficas de áreas mais delimitadas (por exemplo, Argeiro, 2009, Projeto DEPROAS, Yaginuma, 2010, Projeto ECOSAN). Por outro lado, estudos sobre a meiofauna e os Nematoda das bacias de Campos, do Espírito Santo e Sergipe-Alagoas, reuniu importantes informações sobre a estrutura das comunidades e associações de gêneros de Nematoda por meio de projetos da Petrobrás (Petrobras 2013; Venekey et al., 2016; Fonseca-Genevois et al., 2017; Esteves et al., 2017; dos Santos et al. 2016, 2020; Pinto et al., 2018). Os objetivos destes projetos foram caracterizar amplas áreas da margem continental brasileira sobre vários aspectos biológicos e geológicos dentro do escopo das atividades ligadas à exploração de petróleo e gás. No entanto, particularmente na Bacia de Santos, que apresenta crescentes atividades industriais relacionadas à exploração de petróleo e gás (Moreira et al., 2022; Sumida et al., 2022;

ANP, 2021; Perez et al., 2020), dados sobre a meiofauna são incipientes, e estão restritos à plataforma continental ao largo dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (Corbisier, 1993; Silva, 1996; Corbisier et al., 1997, 2008; Pires Vanin et al., 1997; Dalto & Albuquerque, 2000; Moellmann et al., 2001; Curvelo, 2003; Argeiro, 2009; Yaginuma, 2010). A falta de conhecimento científico sobre padrões espaciais e processos que moldam essas comunidades em uma escala mais abrangente impossibilita a implementação de programas de monitoramento e a gestão adequada dos ecossistemas que compõem a Bacia. Assim, este capítulo tem por objetivos caracterizar a variação espaço-temporal das comunidades meiofaunais (grandes grupos zoológicos) e das associações de gêneros de Nematoda da margem continental da Bacia de Santos e modelar as variáveis da fauna em função das variáveis ambientais do sedimento a fim de entender os processos que influenciam a estrutura e dinâmica dessas comunidades, fornecendo subsídios para o monitoramento e gestão ambiental da região

VI.2 Material & Métodos

Os métodos de coleta seguiram os descritos no Capítulo II deste volume. Em resumo, durante duas campanhas de coleta, foram visitadas um total de 100 estações distribuídas em oito transectos (A - H ao longo de um gradiente S - N), onde foram retiradas amostras em 11 isóbatas (25, 50, 75, 100, 150, 400, 700, 1000, 1300, 1900 e 2400 m). Doze estações adicionais foram amostradas entre 1900 e 2400 m na região do Platô de São Paulo. Para as estações mais profundas (talude continental e Platô de São Paulo), as duas campanhas aconteceram no inverno de 2019 (Campanha 1: C1) e verão de 2021 (Campanha 2: C2), enquanto para as estações da plataforma continental as campanhas foram realizadas na primavera de 2019 (Campanha 1: C1) e outono de 2021 (Campanha 2: C2).

As amostras de sedimento foram coletadas preferencialmente com um box-corer (0,25 m² de superfície), mas o uso do Van-Venn (231 L, 0,75 m² de superfície) foi necessário em 21 estações. Para amostras de meiofauna, um corer cilíndrico (5 cm de diâmetro, 10 cm de altura, 19,63 cm² de área) foi cuidadosamente inserido no sedimento, extraído, armazenado e fixado com formaldeído a 4 %. Durante a primeira

campanha, um gabarito de 10 x 10 x 10 também foi amostrado para a meiofauna, caso o gabarito cilíndrico de 5 x 10 não se mostrasse adequado. Após processamento e análise das amostras de meiofauna da primeira campanha, o corer cilíndrico mostrou-se adequado e foi validado como amostrador padrão para a segunda campanha. Variáveis ambientais foram coletadas das mesmas amostras e analisadas por outras partes da pesquisa. Os detalhamentos dos métodos de análise para essas variáveis estão disponíveis no Volume 4, capítulo II.

Na primeira campanha, a amostragem para a meiofauna foi incompleta nas estações P1, B5 (apenas 2 réplicas bem-sucedidas), A7, H4, G9 (apenas uma réplica bem-sucedida) e G11 (sem amostragem bem-sucedida), e a amostra B1R1 foi perdida por erro no processamento. Na segunda campanha, a amostragem foi incompleta nas estações G9, G11 (apenas 2 réplicas bem-sucedidas), A7 (apenas uma réplica bem-sucedida) e P1 (sem amostragem bem-sucedida).

VI.2.1 Processamento das amostras

O processamento das amostras de meiofauna consistiu em quatro etapas principais: (1) peneiramento e elutriação dos organismos, (2) contagem e identificação dos organismos meiofaunais, (3) montagem de lâminas de Nematoda e (4) identificação dos gêneros do filo Nematoda (**Figura VI.2-1**). Para a elutriação dos organismos, o sedimento foi peneirado em duas peneiras (500 e 45 μm de abertura) para eliminar o sedimento mais grosso e a fauna maior e os sedimentos finos, respectivamente. Os organismos foram extraídos do material retido na peneira de 45 μm com o método de flotação utilizando sílica coloidal Ludox TM50 (Sigma-Aldrich) com densidade de $1,18 \text{ g.cm}^{-3}$ (Sommerfield et al. 2005). A flotação foi repetida três vezes com cada amostra. Em seguida, os organismos foram fixados com formaldeído a 4% e corados com Rosa de Bengala. A meiofauna total foi contabilizada em placas de Dollfus e identificada em grupos mais incluídos (ex: Filo, Classe, Subclasse e Ordem) com o auxílio de um estereomicroscópio. Para o filo Nematoda, o total de 200 indivíduos foi amostrado aleatoriamente de cada amostra, com o uso de agulha, diafanizados (de Grisse, 1965) e, na sequência transferidos para lâminas permanentes para identificação em nível de gênero. A identificação dos Nematoda foi realizada com o auxílio de um microscópio óptico, seguindo a literatura taxonômica do grupo (Schmidt-Rhaesa 2013, Warwick et al. 1998) e a base de dados Nemys

(Nemys, 2022), que é integrada ao WORMS (WORMS, 2022). Os dados foram planilhados e incluídos no Banco de Dados Costeiros e Oceânicos da Petrobras (BDCO) e o material foi depositado na Coleção Biológica "Prof. Edmundo Nonato" do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (COLBIO).

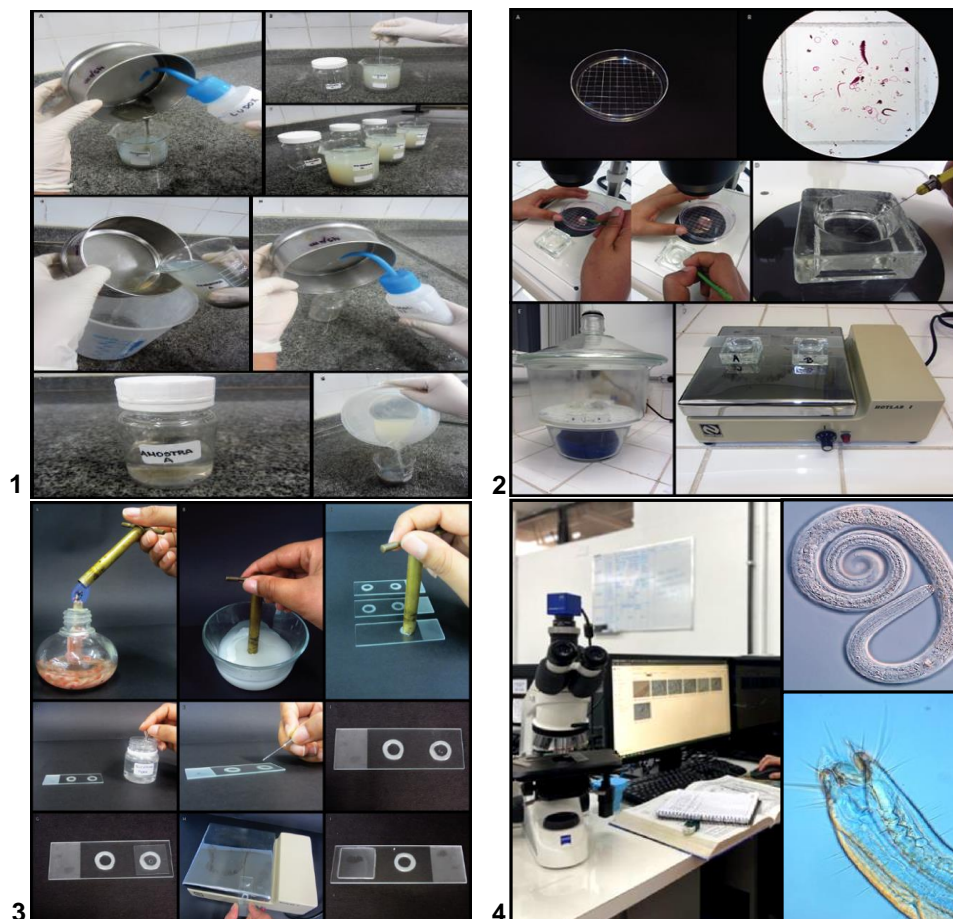


Figura VI.2-1: Etapas de processamento: 1-peneiramento e elutriação, 2- triagem da meiofauna e diáfanização de Nematoda, 3- montagem de lâminas e 4- identificação de Nematoda.

VI.2.2 Análise dos dados

Como descritores da comunidade de meiofauna foram utilizados a densidade total da meiofauna, densidades dos grupos mais frequentes (>50% das amostras), riqueza de táxons (S) e índice de diversidade de Shannon (H', log base 2). As densidades foram ajustadas para ind.10cm⁻², e a riqueza e diversidade foram calculadas por amostra. Para as associações de Nematoda foram consideradas a

riqueza e diversidade de Shannon com base nos gêneros. A estrutura das associações de Nematoda foi avaliada por meio de mapas-autorganizáveis (sigla em inglês SOM) seguido por um agrupamento hierárquico (Fonseca e Vieira, SI). O SOM consistiu em uma rede de 11 por 11 neurônios, utilizando 1000 ciclos de aprendizado, distância de Bray-Curtis e vizinhança gaussiana. Os dados da fauna foram previamente transformados utilizando o método de Hellinger (Legendre & Gallagher, 2001). Uma vez treinado o SOM, é possível avaliar as variáveis (neste caso gêneros) que mais contribuíram para a estrutura da rede e obter a lista de gêneros para cada neurônio ("codebook"). A lista de gêneros de cada neurônio foi agrupada utilizando a técnica de agrupamento hierárquico pelo método "Ward2". O número de grupos escolhidos foi feito através do ponto de estabilidade da curva de decaimento da média do somatório dos quadrados em função do número de agrupamentos. Cada grupo representa uma associação de gêneros e foram utilizados como um fator da amostra. A representação espacial dos descritores univariados nas duas campanhas foi feita com a média por estação de coleta. A representação da associação por estação foi feita pelo voto da maioria das réplicas.

As análises dos dados tanto dos parâmetros univariados quanto das associações de Nematoda foram realizadas em duas etapas. A primeira etapa consistiu em unificar os dados de C1 e C2 e avaliar quanto o conjunto de variáveis ambientais juntamente com as variáveis geográficas prevêem tanto a variabilidade espacial quanto a variabilidade temporal da fauna. A segunda etapa teve por objetivo modelar as variáveis ambientais em função do "grid" batimétrico de alta resolução. Todas as análises foram feitas no iMESC v3.0 (Viera & Fonseca 2022). A seguir detalhamos o fluxo analítico utilizado em cada uma das etapas:

VI.2.2.1 Modelagem da fauna: Descritores univariados

O fluxo analítico desta etapa consistiu em analisar os descritores univariados em função do conjunto de 41 variáveis ambientais (**Figura VI.2-2**). Todos os modelos foram realizados utilizando análise de árvores aleatórias (RF, sigla em inglês de "Random Forest") e seguindo as seguintes parametrizações: 500 árvores, 10 repetições, divisão dos dados em 5 para validação cruzadas e "tune length" 10. Para todos os modelos, 20% dos dados foram utilizados como teste e 80% para

treinamento. Quando a quantidade de dados faltantes de uma dada variável ambiental foi menor do que 15% do número total de observações, estes foram preenchidos usando a função "bagging". Nesta etapa foi possível construir um modelo em alta resolução dos valores preditos do modelo ambiental completo em função dos dados batimétricos obtidos na escala de 2 km². Por ser um modelo em cima dos valores preditos do modelo completo nos referimos a essa abordagem daqui em diante como meta-modelo. Para o meta-modelo, os valores preditos são modelados em função da batimetria juntamente com as coordenadas geográficas. Para toda bacia de Santos, temos ~105.000 pontos de batimetria em cada uma das campanhas, totalizando 210.000 pontos.

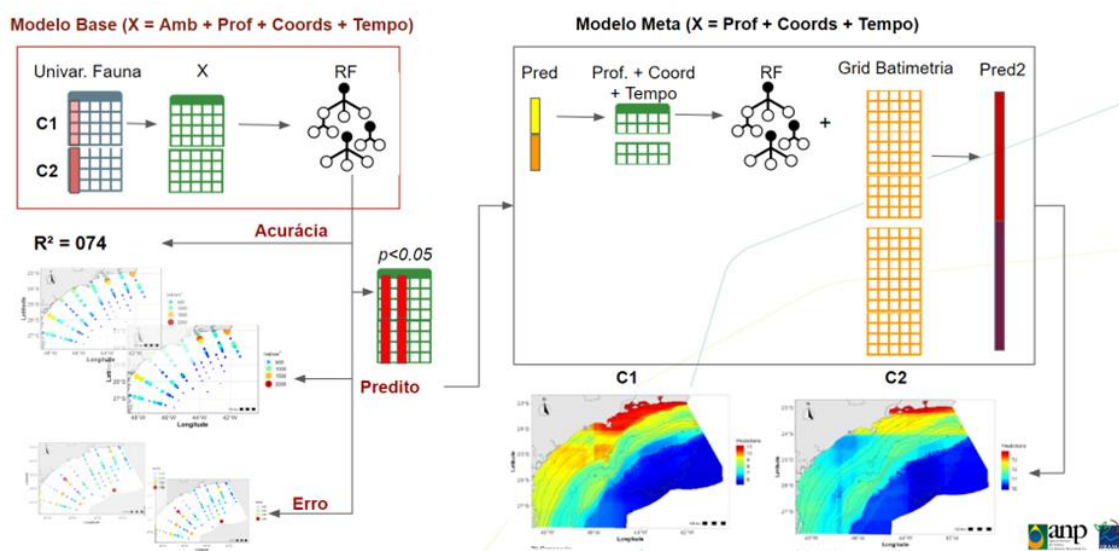


Figura VI.2-2: Esquema mostrando o fluxo analítico aplicado para os dados univariados da meiofauna. C1: Campanha 1; C2: Campanha 2; RF: random forest; Pred: valores preditos; Amb: variáveis ambientais; Prof: profundidade; Coords: coordenadas geográficas.

VI.2.2.2 Modelagem da fauna: Descritores Multivariados

O fluxo analítico seguido aqui foi o mesmo apresentado para os dados univariados, com a única distinção de que a variável modelada são as associações. Como dito acima, as associações foram obtidas após o agrupamento hierárquico do codebook proveniente do SOM. O meta-modelo multivariado é feito em cima das predições de associações para cada estação amostrada (**Figura VI.2-3**).

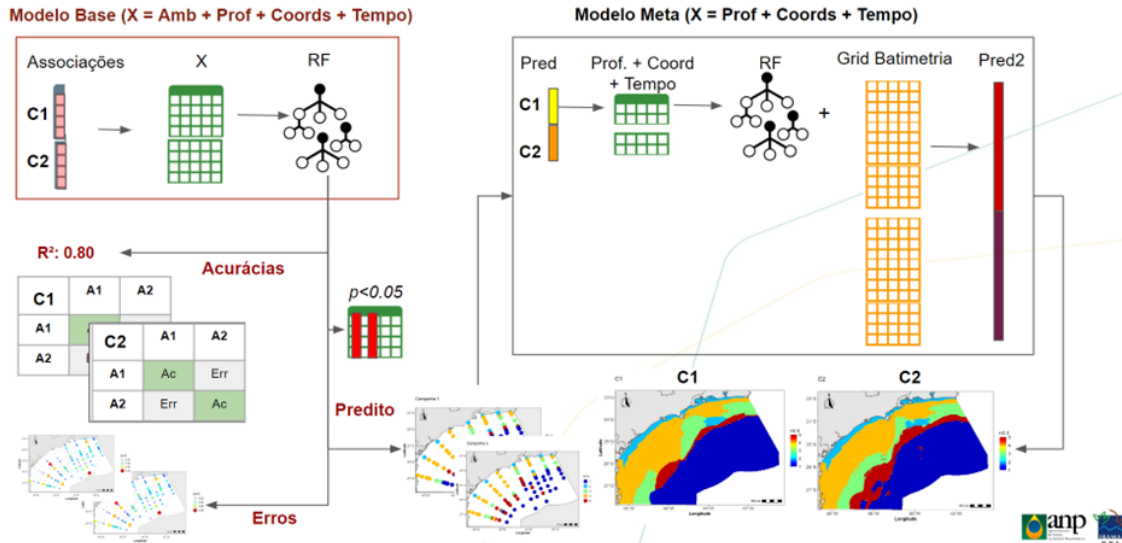


Figura VI.2-3: Esquema mostrando o fluxo analítico aplicado para os dados multivariados da meiofauna. C1: Campanha 1; C2: Campanha 2; RF: random forest; Pred: valores preditos; Amb: variáveis ambientais; Prof: profundidade; Coords: coordenadas geográficas.

VI.2.2.3 Modelo das variáveis ambientais significativas

A modelagem das variáveis ambientais selecionadas pelos modelos de RF da fauna seguiu as mesmas parametrizações apresentadas anteriormente. Neste caso as variáveis ambientais foram analisadas em função da batimetria e coordenadas. Do mesmo modo que feito no modelo completo, para estas variáveis foi possível realizar o meta-modelo em cima do grid batimétrico (**Figura VI.2-4**).

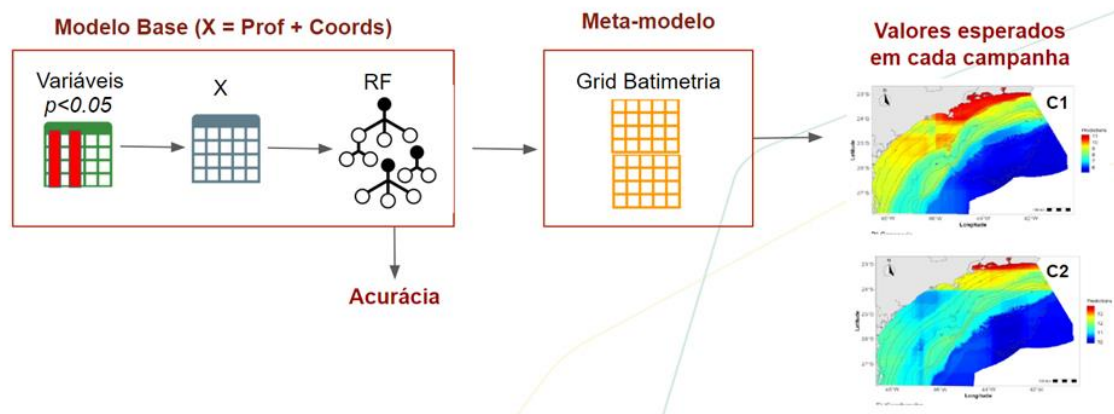


Figura VI.2-4: Esquema mostrando o fluxo analítico aplicado para os dados ambientais e gêneros indicadores de Nematoda. C1: Campanha 1; C2: Campanha 2; RF: random forest; Pred: valores preditos; Amb: variáveis ambientais; Prof: profundidade; Coords: coordenadas geográficas.

VI.3 Resultados

VI.3.1 Meiofauna

VI.3.1.1 Dados descritivos

Foram contabilizados 618.135 indivíduos da meiofauna, pertencentes a 28 grupos taxonômicos, nas 581 amostras. A densidade da meiofauna total variou entre 7 e 3.334, com média de 542 indivíduos por 10 cm² (**Tabela VI.3-1**). Durante as duas campanhas, as maiores densidades foram encontradas na plataforma continental, principalmente nos três transectos mais ao norte (F-H). As densidades decresceram com o aumento da profundidade, sendo mais baixas no Platô de São Paulo (**Figura VI.3-1 A e B**). Na isóbata de 150 m (isóbata 5), que coincide com a quebra da plataforma continental, houve uma diminuição mais abrupta da densidade.

As densidades da meiofauna na plataforma interna, nos transectos ao norte da Ilha de São Sebastião (E-H), foram mais altas na Campanha 2 em comparação com a Campanha 1. Nos transectos ao sul da ilha (A-D), as densidades foram mais baixas na Campanha 2 do que na Campanha 1 (**Figura VI.3-1 A e B**). No talude e Platô de São Paulo as densidades também foram menores na Campanha 2, em comparação com a Campanha 1.

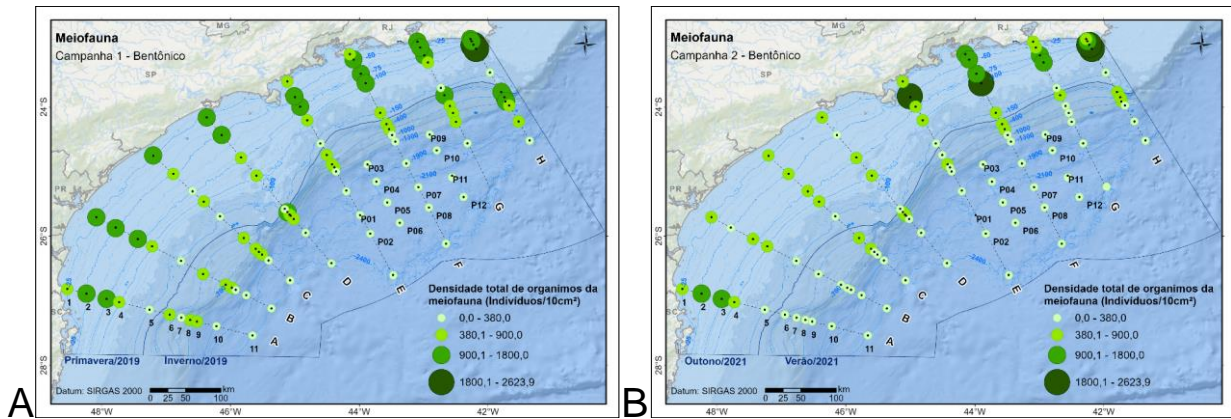


Figura VI.3-1: Densidade média da meiofauna (inds/10 cm²), em cada ponto de coleta, na Campanha 1 (A) e na Campanha 2 (B).

A riqueza de grupos da meiofauna variou entre 1 e 16 por amostra, com média de 7 grupos (Tabela VI.3-2). A plataforma continental apresentou maior riqueza quando comparada ao talude e o platô, principalmente nos transectos mais ao norte (Figura VI.3-2 A e B). Assim como para a densidade, na quebra da plataforma (150 m) foi observada uma diminuição mais abrupta da riqueza, com valores intermediários no talude superior e médio (400 - 1300 m) e menores valores no talude inferior e platô. Comparando as duas campanhas, foram observados menores valores de riqueza na Campanha 2, em toda região sul da Bacia de Santos, abaixo da Ilha de São Sebastião (transectos A - D) (Figura VI.3-2 A e B).

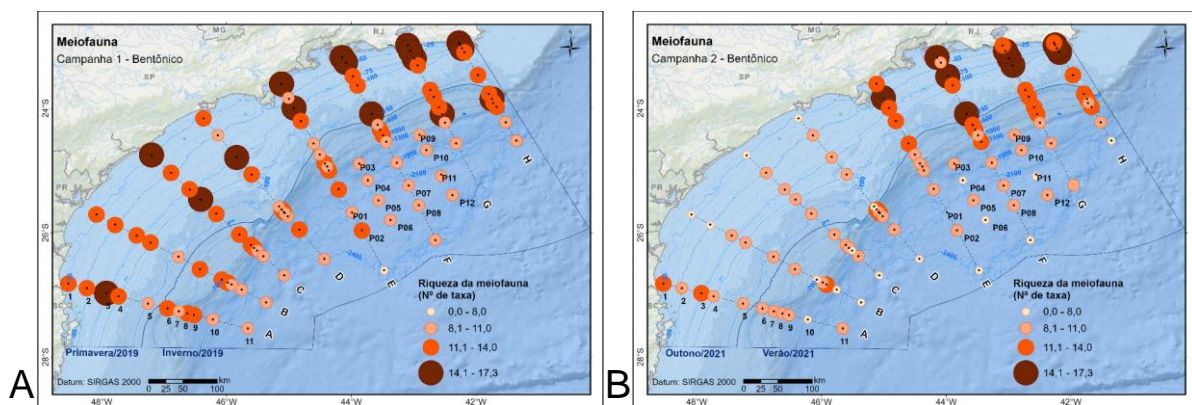


Figura VI.3-2: Riqueza média da meiofauna em cada ponto de coleta, na Campanha 1 (A) e na Campanha 2 (B).

Houve pouca variação na composição da meiofauna entre plataforma, talude e platô. Nas duas campanhas e em todas as províncias geográficas o grupo mais representativo foi Nematoda (>78%), seguido de Copepoda (incluindo Naupli) e Polychaeta. A representatividade de Nematoda foi ligeiramente maior no talude e platô (**Figura VI.3-3** e **Figura VI.3-4**). Outros táxons da meiofauna foram Amphipoda, Aplacophora, Asteroidea, Bivalvia, Cnidaria, Cumacea, Enteropneusta, Gastropoda, Gastrotricha, Holothuroidea, Hydrozoa, Isopoda, Kinorhyncha, Loricifera, Mystacocarida, Nemertea, Oligochaeta, Ophiuroidea, Ostracoda, Priapulida, Sipuncula, Tanaidacea, Tardigrada, Ascidiacea e Turbellaria. Os táxons Acarina, Arachnida, Cladocera, Rotifera e Insecta apareceram esporadicamente nas amostras e foram excluídos das análises, sendo considerados contaminação terrestre ou de água doce.

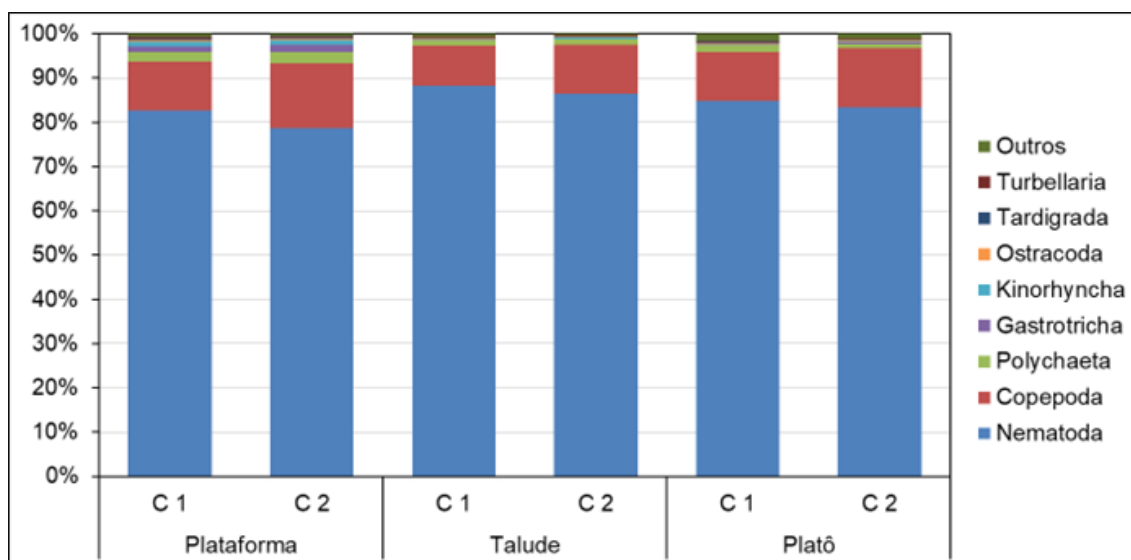


Figura VI.3-3: Contribuições relativas de cada grupo da meiofauna nas Campanhas 1 (C 1) e 2 (C 2).



Figura VI.3-4: Principais táxons representantes da meiofauna. A - Nematoda, B- Polychaeta, C- Copepoda e D- Kinorhyncha.

Assim como a meiofauna total, os principais grupos da meiofauna foram mais abundantes na plataforma continental, principalmente na região norte (**Figura VI.3-5**), com redução da densidade nos 150 m, valores intermediários entre 400 - 1300 m e mais baixos no talude inferior e platô. Na plataforma central (transectos D e E) foram observadas densidades mais baixas de Copepoda, Polychaeta e Kinorhyncha do que ao norte e ao sul, principalmente na Campanha 1.

Quanto à variação espaço-temporal, assim como para a densidade da meiofauna total, as densidades dos principais táxons foram mais altas na Campanha 2, na plataforma interna, nos transectos ao norte da Ilha de São Sebastião (E-H), em comparação com a Campanha 1 (**Figura VI.3-5**). Ao sul da Ilha de São Sebastião, na plataforma interna, as densidades de Nematoda, Kinorhyncha e Polychaeta foram mais baixas na Campanha 2 do que na Campanha 1. Copepoda mostrou um padrão diferente, com valores mais altos na Campanha 2, principalmente na plataforma média, nos transectos ao sul, quando comparado com a Campanha 1 (**Figura VI.3-5 C e D**).

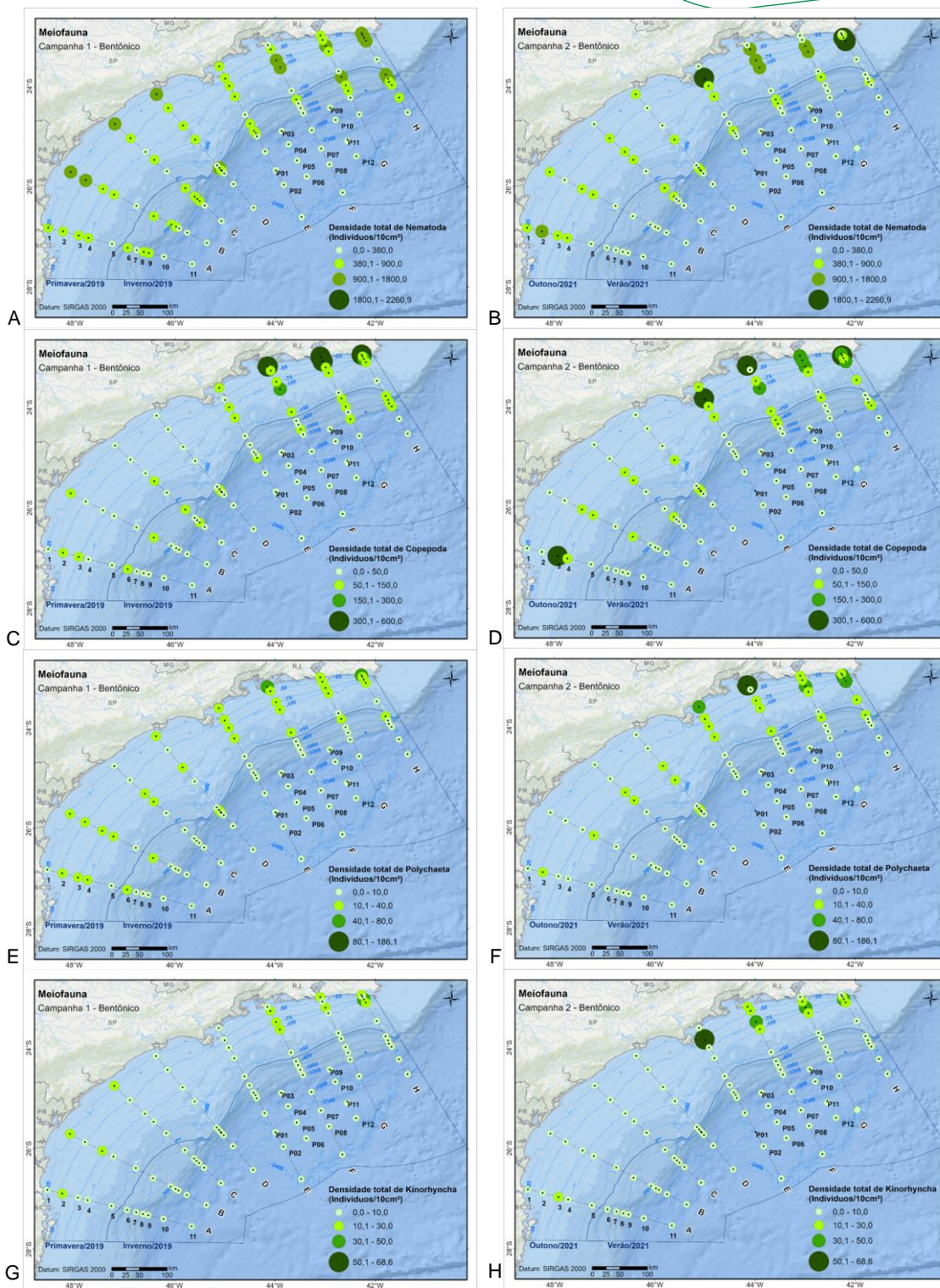


Figura VI.3-5: Densidade dos grupos mais abundantes da meiofauna (inds/10 cm²) em cada ponto de coleta na Campanha 1 e na Campanha 2 (A e B- Nematoda; C e D- Copepoda; E e F - Polychaeta; G e H - Kinorhynchana).

Tabela VI.3-1: Resumo dos resultados obtidos para meiofauna e Nematoda da Bacia de Santos. Riqueza- número de taxa; Diversidade – Shannon \log_2 ; DP- desvio padrão; Pm- Primavera; Ot - Outono; Vr- Verão; In – Inverno

Província Campanha	Estação	Plataforma		Talude		Platô		Talude+Platô		TOTAL
		1	2	1	2	1	2	1	2	
		Pm	Ot	In	Vr	In	Vr	In	Vr	
Nº amostras		116	120	125	126	47	47	172	173	581
Meiofauna										
Densidade	Máx	2541	3334	1894	995	381	382	1894	995	3334
	Min	36	48	7	25	23	16	7	16	7
	Média	863	830	527	315	134	71	419	249	542
	DP	560	719	310	226	64	54	319	223	530
Nº taxa		28	27	26	23	18	16	27	24	28
Riqueza por amostra	Máx	15	16	14	11	8	9	14	11	16
	Min	3	2	2	2	3	1	2	1	1
	Média	9	8	8	6	5	4	7	6	7
	DP	3	3	2	2	1	2	2	2	3
Nematoda										
Densidade	Máx	2285	2956	1750	887	354	346	1750	887	2956
	Min	32	36	5	19	12	11	5	11	5
	Média	714	653	465	273	113	59	369	215	450
	DP	475	612	284	202	59	49	290	11	446
Nº ind identificados		24147	24566	25755	24015	7896	4228	33651	28243	110607
Nº famílias		51	54	48	49	42	38	49	49	57
Riqueza Gêneros		230	239	199	201	151	147	204	211	261
Riqueza por amostra	Máx	73	66	70	69	54	56	70	68	73
	Min	16	21	4	18	17	10	4	10	4
	Média	46	48	46	46	37	31	44	42	44
	DP	9	9	8	9	9	10	9	11	10
Diversidade	Máx	5,4	5,5	5,6	5,3	5,0	5,3	5,6	5,3	5,6
	Min	2,4	2,0	1,8	3,1	3,3	3,2	1,8	3,1	1,8
	Média	4,5	4,5	4,6	4,6	4,4	4,3	4,6	4,5	4,5
	DP	0,5	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5

VI.3.1.2 Modelo Base

Os resultados da modelagem dos dados univariados da meiofauna em função das 41 variáveis ambientais considerando as duas campanhas mostraram maiores acurácias para densidade de meiofauna e densidade de Nematoda, particularmente na parte de treinamento (**Tabela VI.3-2**). Na parte de teste, as acurácias para densidades de Copepoda, Polychaeta e Kinorhyncha foram similares às da meiofauna total e Nematoda, ou então, mais altas. A riqueza taxonômica foi pouco explicada pelo conjunto de variáveis ambientais ($R^2 < 0,6$, **Tabela VI.3-2**).

Tabela VI.3.2: Resultados do modelo-base da floresta aleatória para cada indicador da meiofauna para o conjunto de dados de treinamento e de teste. RMSE: erro quadrático médio, R²: acurácia, MAE: erro absoluto médio, SD: desvio padrão. S: riqueza em número de táxons. Negrito: indicam valores de R² acima de 0,5.

	Treino						Teste		
	RMSE	R ²	MAE	RMSESD	R ² SD	MAESD	RMSE	R ²	MAE
Meiofauna Total	294,36	0,68	199,04	41,10	0,05	20,38	369,33	0,61	209,00
Nematoda	246,71	0,69	167,19	27,87	0,07	17,77	280,69	0,67	164,99
Copepoda	1,16	0,50	0,86	0,08	0,06	0,05	0,97	0,63	0,78
Kinorhyncha	0,95	0,58	0,70	0,11	0,10	0,06	0,87	0,70	0,66
Polychaeta	1,02	0,59	0,79	0,09	0,06	0,07	0,85	0,74	0,65
S - Meiofauna	2,13	0,46	1,68	0,15	0,07	0,13	1,96	0,54	1,58

Dentre as 41 variáveis ambientais, um total de 25 variáveis foram significativas para prever o padrão espaço-temporal da fauna (**Figura VI.3-6**). A concentração de feopigmentos, juntamente com as variáveis geográficas como profundidade, distância da costa, e as coordenadas aparecem entre as mais importantes em todos os modelos. A concentração de carbonatos foi particularmente importante na predição das densidades de Nematoda, Copepoda e Polychaeta. Adicionada a essas variáveis destacam-se ainda percentagens de areia muito fina, concentrações de carboidratos, proteínas, clorofila-a, carbono bio-polimétrico e teores de fósforo orgânico, inorgânico e totais.

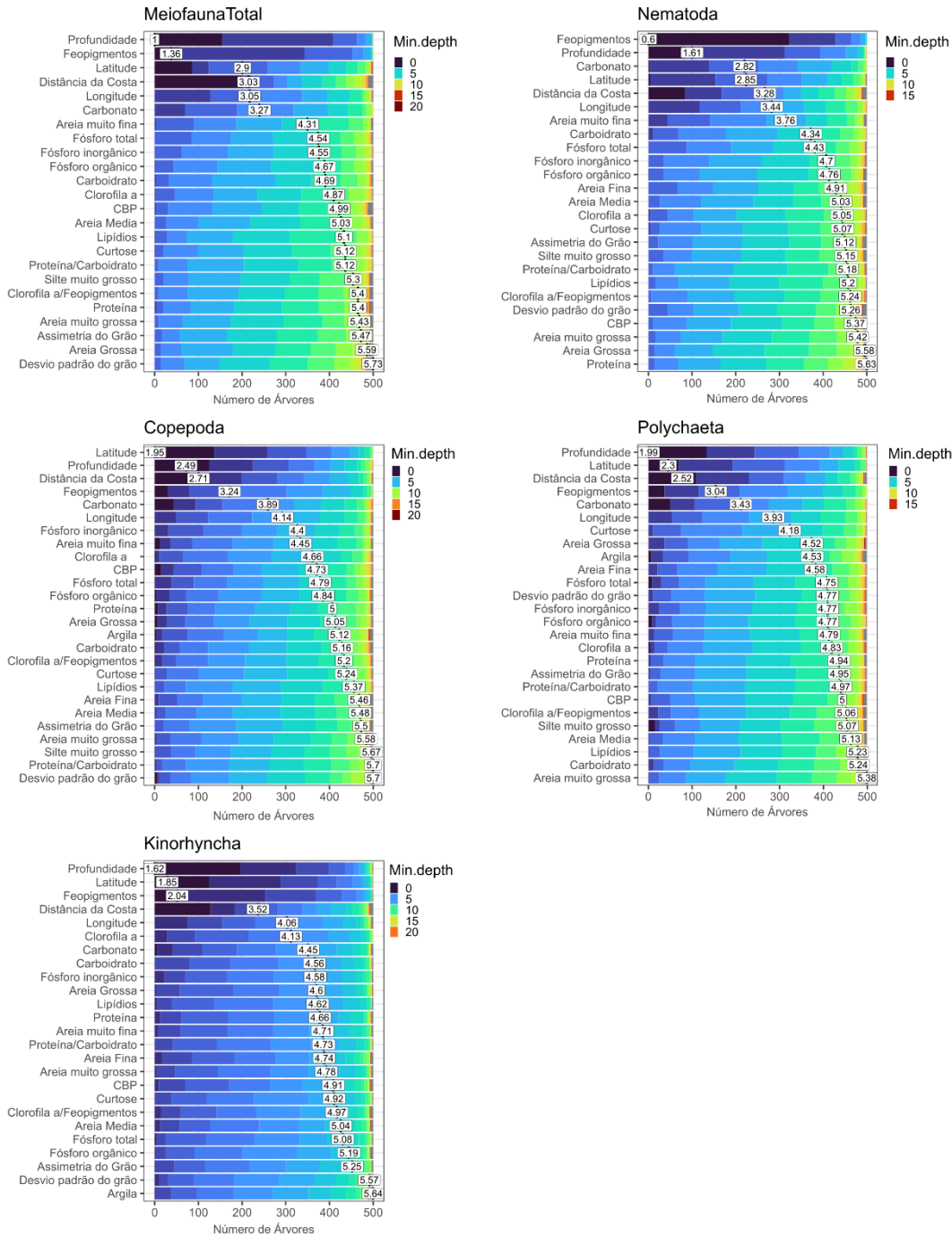


Figura VI.3-6: Resultados das análises de florestas aleatórias das variáveis significativas para cada descritor da meiofauna. A ordem das variáveis foi definida de acordo com o número médio da posição da variável entre os nós das árvores geradas. A posição dos nós (Prof. Min.) está representada no gradiente de cores. Quanto menor o número, mais importante é a variável. CBP- Carbono bio-polimérico.

VI.3.1.3 Meta-Modelo

A interpolação dos valores preditos com o modelo base no grid batimétrico de alta resolução evidenciaram que os maiores valores de densidade estão na plataforma continental e talude superior para todos os taxa meiofaunais (**Figuras VI.3-7 e VI.3-8**). Além disso, maiores densidades foram observadas na porção mais ao norte da BS, seguidas por um segundo pico de densidades, de menor magnitude, na região mais ao sul. Essa distribuição mostrou-se constante entre as duas campanhas e bastante congruente com a distribuição das concentrações de fitopigmentos (clorofila-a e feopigmentos) e carbono biopolimérico, também constantes no tempo (**Apêndice VII-1 a 4**). Em ambas as campanhas a densidade de Nematoda, em particular, apresentou uma redução conspícua ao longo da isóbata de 150 m, coincidente com concentrações elevadas de carbonatos (> 60 %) (**Figura VI.3-7, Apêndice VII- 4**). As densidades de Copepoda e Polychaeta também apresentaram esse padrão de diminuição na isóbata de 150 m, porém com menor evidência (**Figura VI.3.8**). Já no talude continental superior, observa-se uma faixa contínua de densidades intermediárias para Nematoda, e em menor magnitude para Copepoda e Polychaeta, particularmente entre as isóbatas de 400 e 1000 m de profundidade, associada a concentrações relativamente elevadas de carbono bio-polimérico, principalmente durante a campanha 1 (**Figuras VI.3.7 e VI.3.8, Apêndice VII-3**). Essa mesma faixa, apesar de ainda evidente na campanha 2, apresenta valores de densidades e concentrações de lipídios mais baixas nesta segunda campanha. As estações mais profundas e o Platô de São Paulo apresentaram as menores densidades de meiofauna e Nematoda, enquanto Copepoda, Polychaeta e Kinorhyncha foram praticamente ausentes nestas estações, e não apresentaram variações conspícuas entre as campanhas. Estas mesmas estações apresentaram os menores valores de fitopigmentos e outros indicadores de matéria orgânica.

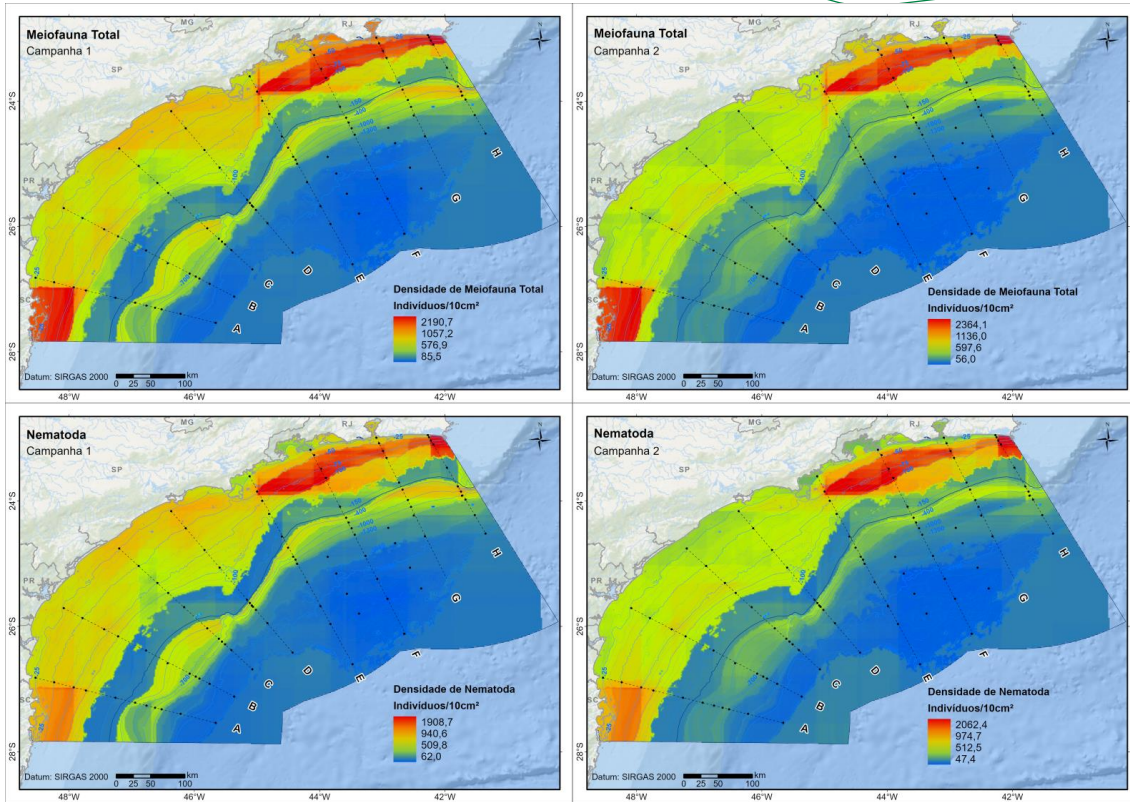


Figura VI.3-7: Modelos preditivos baseados nos meta-modelos para a densidade potencial da meiofauna e de Nematoda para a Campanha 1 e Campanha 2.

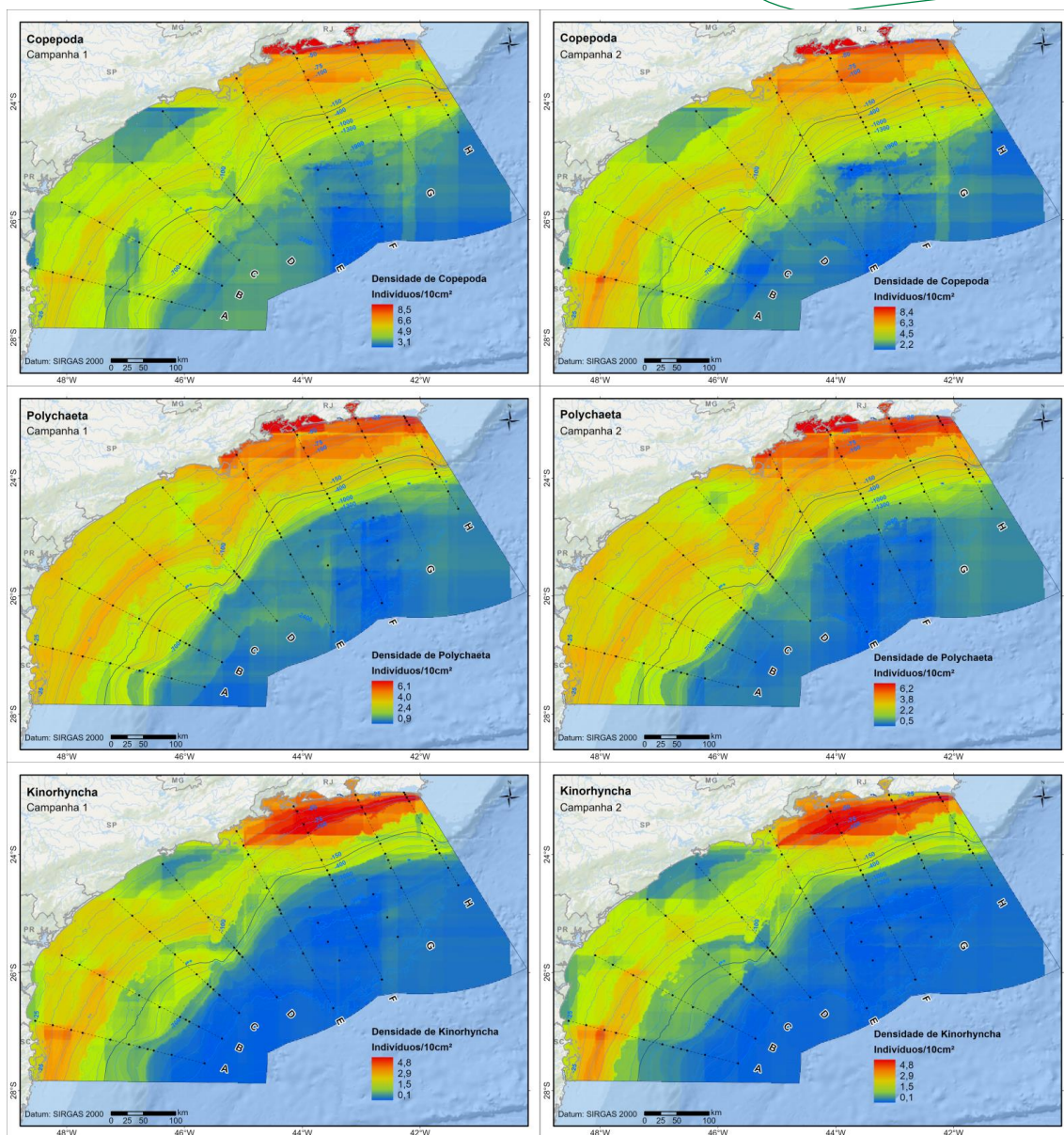


Figura VI.3-8: Modelos preditivos baseados nos meta-modelos para a densidade de Copepoda, Polychaeta e Kinorhyncha para a Campanha 1 e Campanha 2.

VI.3.2 Associações de Nematoda

VI.3.2.1 Dados descritivos

Foram identificados aproximadamente 110 mil indivíduos de Nematoda nas 581 amostras, distribuídos em 57 famílias e 261 gêneros (**Anexo VI-5**). A composição de gêneros foi semelhante nas duas campanhas, com dominância de *Sabatieria*, *Halalaimus* e *Acantholaimus* (**Figura VI.3-9**). Os gêneros *Sabatieria*, *Microlaimus* e *Richtersia* foram mais abundantes na plataforma continental, enquanto

Acantholaimus, *Halalaimus*, *Monhystrella*, *Cervonema* e *Metasphaerolaimus* foram mais abundantes no talude e platô (**Figura VI.3-9**).

O número de gêneros por estação de coleta (riqueza) variou de 4 a 73, com média de 44 gêneros (**Tabela VI.3-1**), sendo mais baixo no Platô de São Paulo e nas isóbatas mais profundas nas duas campanhas (**Figura VI.3-10**). A riqueza, apesar de ser fortemente influenciada pela densidade, não apresentou o mesmo padrão de redução com o aumento da batimetria. Quanto à variação latitudinal, também não houve padrão claro, mas o transecto D teve baixos índices de diversidade e riqueza nas duas campanhas em comparação aos demais. A diversidade de Shannon para os gêneros de Nematoda variou de 1,8 a 5,6 bits/ind (média=4,5), sem apresentar um padrão de variação batimétrico, espacial ou temporal (**Figura VI.3-11**).

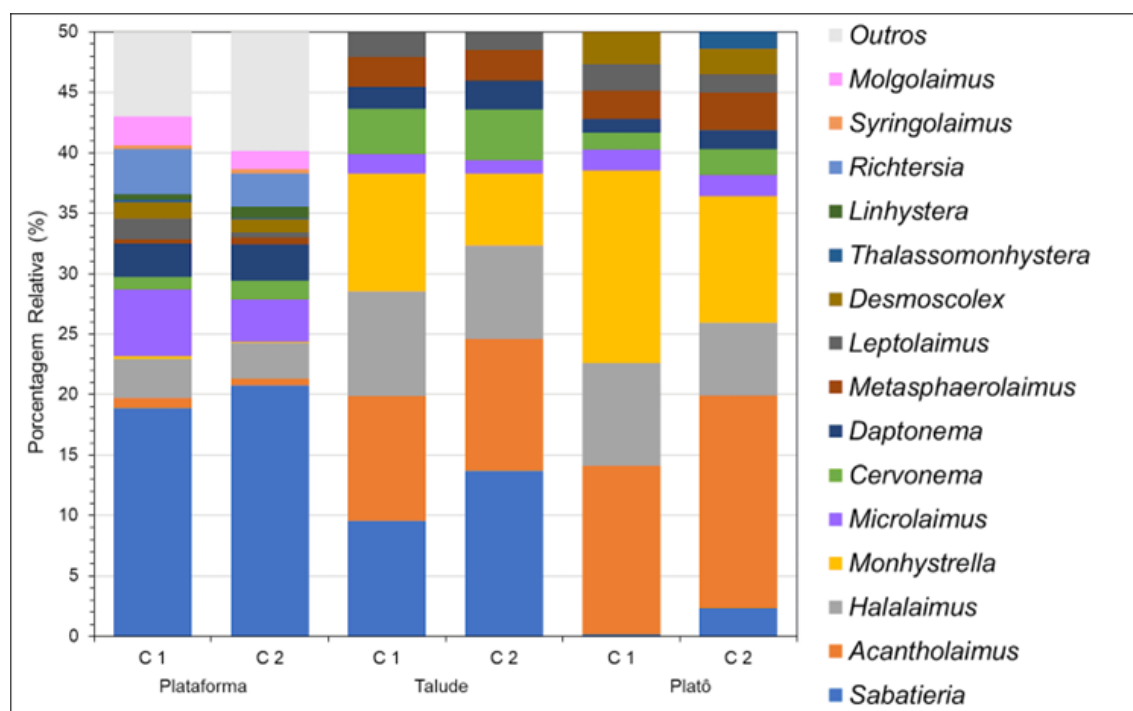


Figura VI.3-9: Abundância relativa dos principais gêneros de Nematoda na plataforma, talude e platô, na Campanha 1 (C1) e na Campanha 2 (C2).

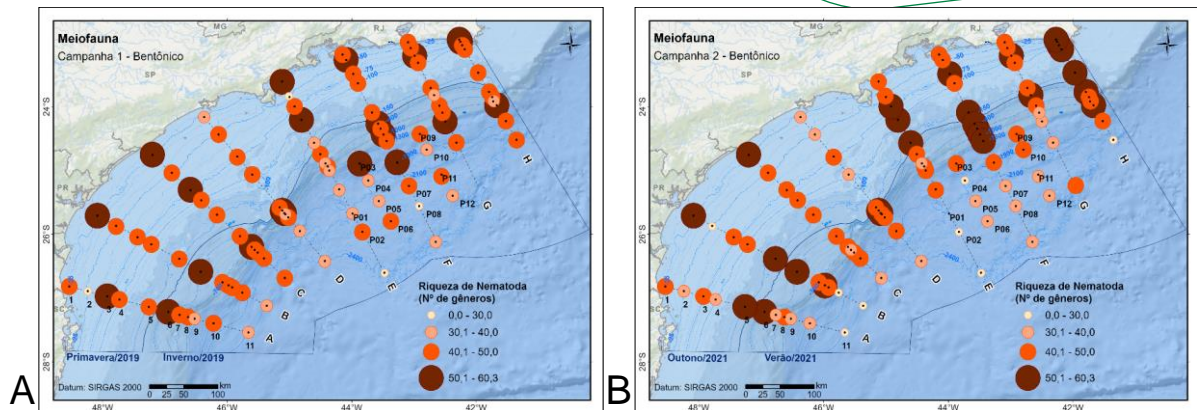


Figura VI.3-10: Riqueza média dos gêneros de Nematoda em cada ponto de coleta, na Campanha 1 (A) e na Campanha 2 (B).

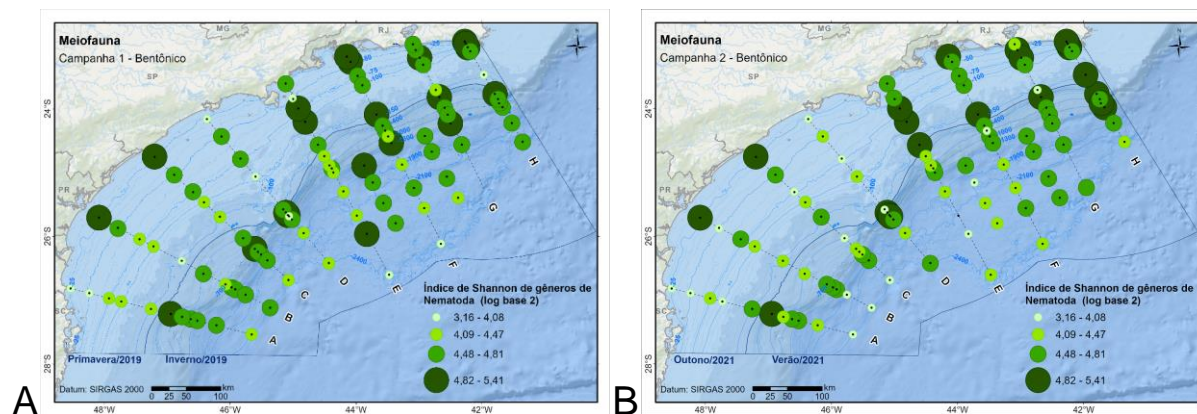


Figura VI.3-11: Diversidade média dos gêneros de Nematoda em cada ponto de coleta, na Campanha 1 (A) e na Campanha 2 (B).

VI.3.2.2 Modelo base: índices univariados de nematoda

Os resultados da modelagem dos dados univariados de Nematoda (Riqueza, Equitabilidade, Diversidade de Shannon (H) e Margalef) em função das 41 variáveis ambientais considerando as duas campanhas mostraram baixos valores de acurácia para todas as variáveis, tanto no treino quanto no teste (**Tabela VI.3-3**).

Tabela VI.3-3: Resultados do modelo-base da floresta aleatória para cada indicador de Nematoda para o conjunto de dados de treinamento e de teste. RMSE: erro quadrático médio, R^2 : acurácia, MAE: erro absoluto médio, SD: desvio padrão. S: riqueza em número de gêneros; H: diversidade Shannon-Winner.

	Treino						Teste		
	RMSE	R^2	MAE	RMSESD	R^2SD	MAESD	RMSE	R^2	MAE
S - Gêneros de Nematoda	8,46	0,32	6,53	0,71	0,07	0,49	7,27	0,39	5,46
Margalef	1,40	0,24	1,09	0,08	0,06	0,06	1,61	0,24	1,19
Equitabilidade	0,06	0,17	0,04	0,01	0,07	0,00	0,06	0,24	0,04
H	0,43	0,17	0,31	0,07	0,10	0,03	0,52	0,07	0,38

VI.3.2.3 Estrutura multivariada

Os resultados da análise de SOM seguidos do agrupamento hierárquico separaram a rede de neurônios de associações de Nematoda em seis grupos (**Figura VI.3-12**). Todos os grupos estiveram representados na primeira e segunda campanhas (**Figura VI.3-12 B**). Para cada agrupamento foi possível identificar os principais gêneros indicadores (**Figura VI.3-13, Figura VI.3-14**). Na Associação 1, destacam-se os gêneros *Elzalia* e *Sabatieria*; na Associação 2, o gênero *Microlaimus*; na Associação 3, *Pseudometachromadora*; na Associação 4, *Cervonema*; na Associação 5, *Chromadorina*, *Rhynconema* e *Latronema*; e na Associação 6, *Manganonema*, *Monhystrella* e *Acantholaimus*.

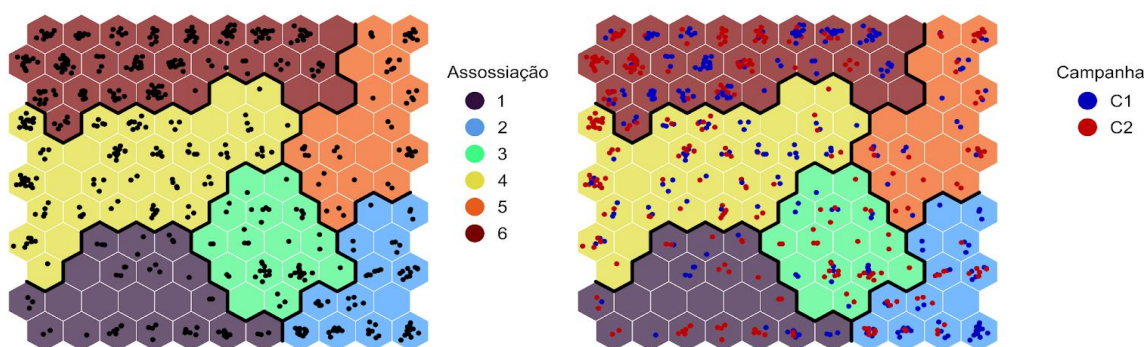


Figura VI.3.12: Mapas auto-organizados (SOM) sobrepostos a análise de agrupamento hierárquico, separando os neurônios com base nas associações de gêneros de Nematoda (A). As associações foram semelhantes nas duas campanhas (B).

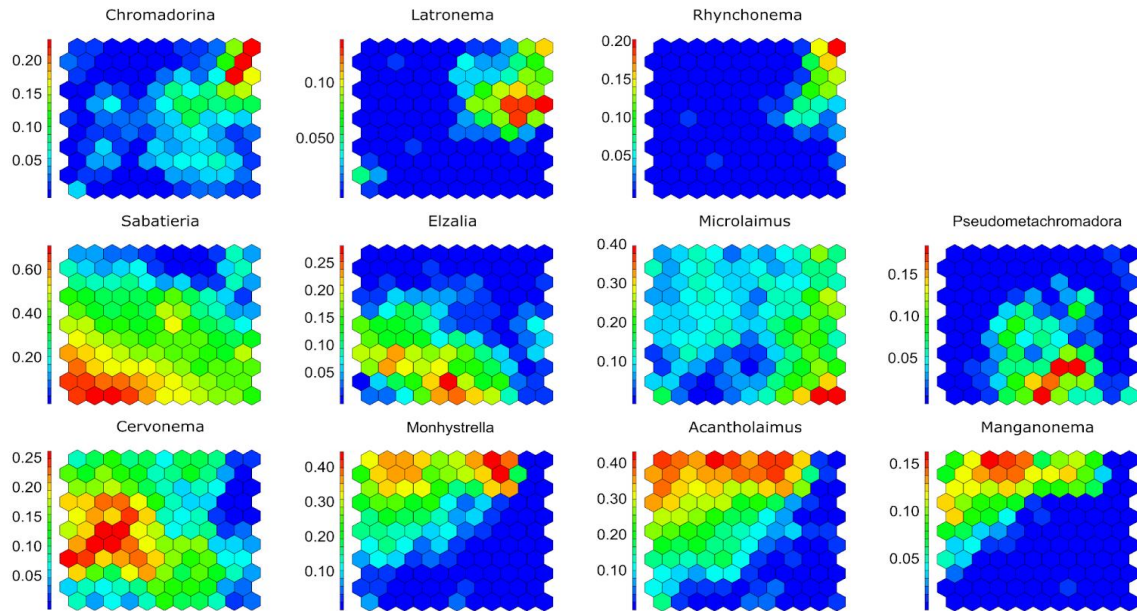


Figura VI.3-13: Mapas auto-organizados (SOM) indicando em cada neurônio a importância dos principais gêneros que contribuíram nas associações de Nematoda.

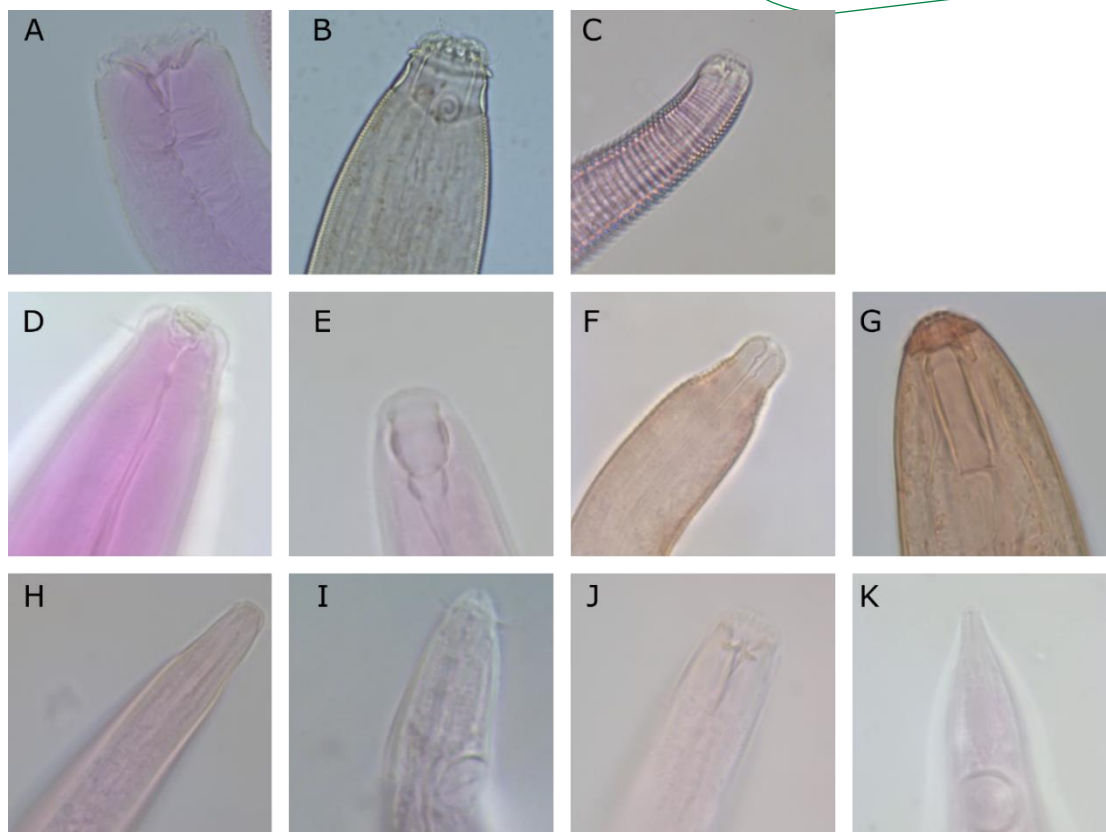


Figura VI.3-14: Fotografias exemplificando os principais gêneros de Nematoda. A: *Latronema*, B: *Richtersia*, C: *Chromadorina*, D: *Sabatieria*, E: *Elzalia*, F: *Microlaimus*, G: *Pseudometachromadora*, H: *Cervonema*, I: *Monhystrella*, J: *Acantholaimus*, K: *Manganonema*

Ao projetar as associações no mapa percebe-se que as 6 associações estão geograficamente ordenadas (**Figura VI.3-15**). As Associações 1, 2, 3 e 5 são restritas à plataforma continental e as Associações 4 e 6 ao talude e Platô de São Paulo, respectivamente. A distribuição espacial das seis associações é relativamente constante no tempo, com variações temporais observadas principalmente na plataforma continental, entre as Associações 1, 2 e 5. Observa-se que a Associação 1 expandiu na C2 ocupando espaço das Associações 2 e 5. As Associações 3, 4 e 6 permaneceram constantes entre as duas campanhas (**Figura VI.3-15**).

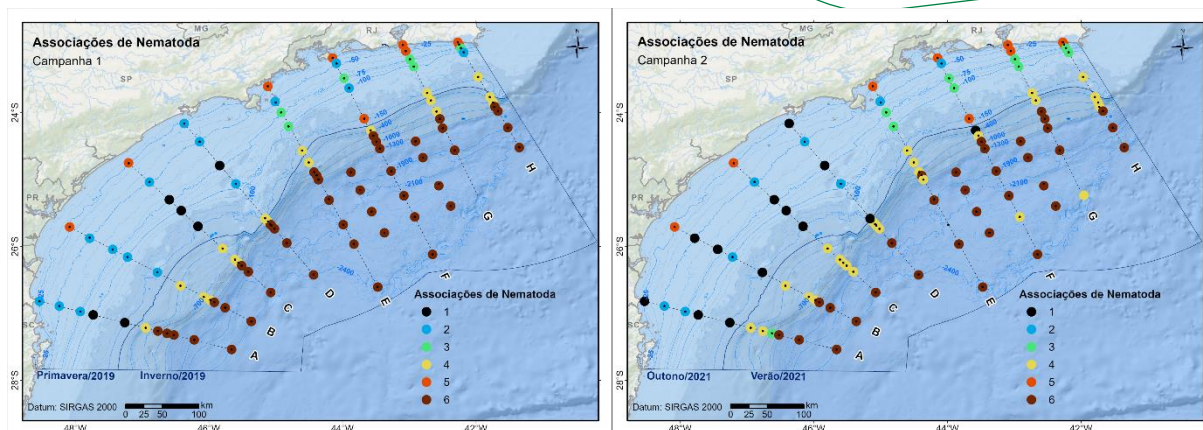


Figura VI.3-15: Distribuição espacial das associações de gêneros de Nematoda formadas pelo agrupamento hierárquico, na Campanha 1 e na Campanha 2.

VI.3.2.4 Modelo base: estrutura multivariada

Ao todo 41 variáveis ambientais foram consideradas para prever a ocorrência das associações de Nematoda. Com base em 18 variáveis ambientais, a análise de árvores aleatórias (“Random Forest”, RF) previu as associações com 85% de acurácia na parte treino e 80% na parte teste (**Figura VI.3-16**). Na parte de treino, o modelo apresentou uma maior acurácia para a Associação 6, a mais profunda, e menor, para a Associação 1. Na parte teste, a melhor acurácia foi na Associação 3 e as piores na 1 e 2.

A) Treinamento

Acurácia: 85.15 %

	1	2	3	4	5	6	Erro
1	0.052	0.024	0	0.011	0	0	0.4
2	0.004	0.112	0.006	0.002	0.004	0	0.133
3	0.002	0.002	0.071	0.006	0.002	0.002	0.175
4	0.002	0	0.002	0.173	0.002	0.045	0.231
5	0	0	0.004	0.006	0.076	0	0.125
6	0	0	0	0.022	0	0.365	0.056

B) Teste

Acurácia: 79.66 %

	1	2	3	4	5	6	Erro
1	5.085	1.695	0	1.695	0	0	0.4
2	2.542	6.78	2.542	0	0.847	0	0.467
3	0	0	7.627	0.847	0	0	0.1
4	0	0	0	19.492	0	3.39	0.148
5	0	0.847	0	0.847	7.627	0	0.182
6	0	0	0	5.085	0	33.051	0.133

Figura VI.3-16. Matriz de acurácia das Árvores Aleatórias na previsão da ocorrência das associações de Nematoda na parte treino (A) e na parte teste (B).

Das 41 variáveis preditoras, 18 foram significativas para prever as associações de Nematoda (**Figura VI.3-17**). Dentre elas, as variáveis geográficas (profundidade, distância da costa, longitude e declividade) juntamente com concentrações de fósforo inorgânico, feopigmentos e carbonatos foram as mais importantes.

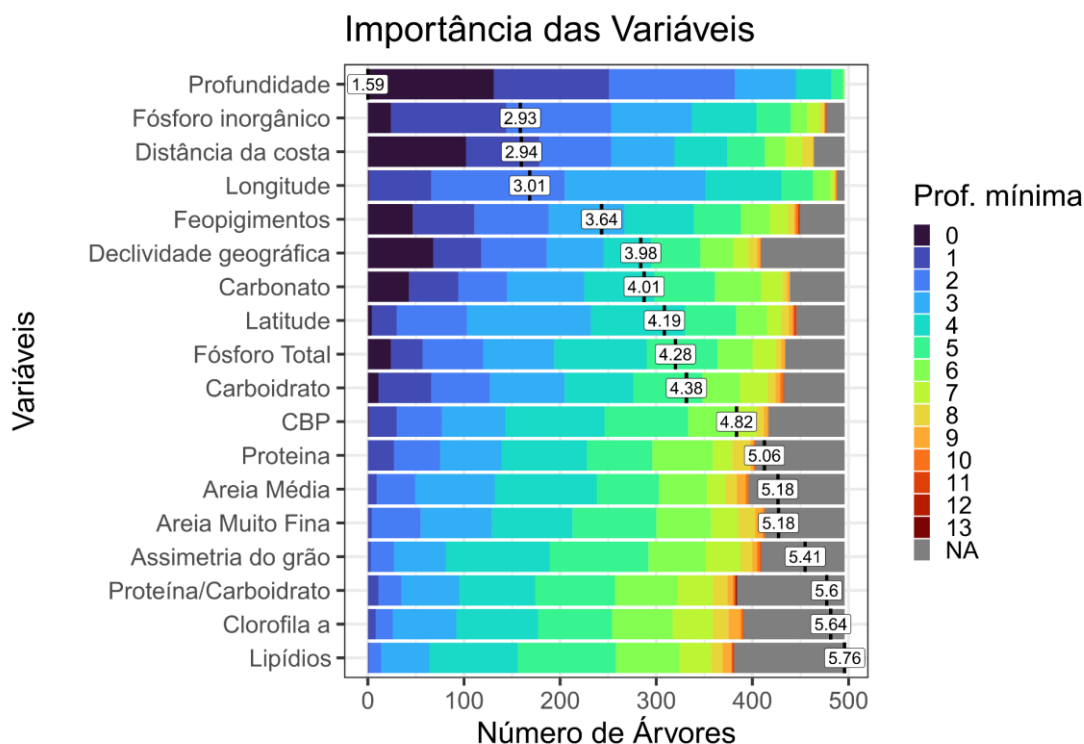


Figura VI.3-17: Resultados da análise de floresta aleatória com variáveis significativas para explicar os dados das associações de Nematoda. A ordem das variáveis foi definida de acordo com o número médio da posição da variável entre os nós das árvores geradas. A posição dos nós está representada no gradiente de cores. Quanto menor o número mais importante é a variável. CBP- Carbono bio-polimérico.

Ao espacializar as predições do RF para as associações em um grid batimétrico de alta resolução fica evidente a maior heterogeneidade na plataforma continental quando comparada ao talude e platô (**Figura VI.3.18**). Enquanto existe uma faixa contínua na região mais costeira que se distribui desde o extremo norte da BS até a região norte do litoral do Paraná, em frente a Baía de Paranaguá (latitude 26°S, aproximadamente) (Associação 5), a plataforma intermediária é recortada em um mosaico composto por 3 associações (Associações 1, 2 e 3). A associação 3 (verde) é restrita a região ao norte da Ilha de São Sebastião (latitude 24°S), enquanto as Associações 1 e 2 (azul claro e azul escuro) ocorrem principalmente na região ao sul (**Figura VI.3-18**). As Associações 4 e 6 ocorrem de norte a sul da BS em faixas contínuas que representam uma transição entre o talude superior e o talude inferior e platô. A distribuição espacial das associações foi constante entre as campanhas 1 e

2, à exceção da região sul da plataforma continental, onde a Associação 1 expande sutilmente sua distribuição em direção norte e também em algumas áreas mais costeiras.

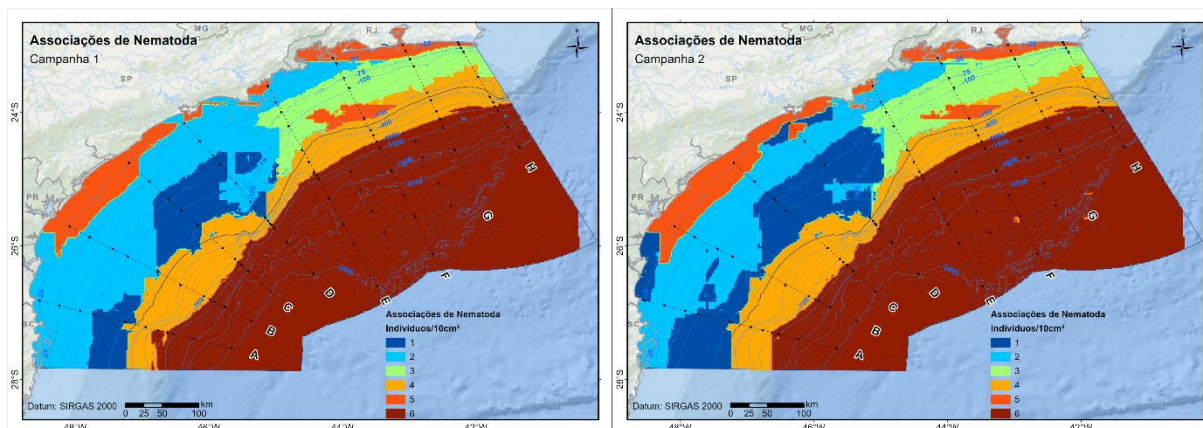


Figura VI.3-18: Espacialização das predições do RF para as associações de Nematoda em um grid batimétrico de alta resolução, para a Campanha 1 e para a Campanha 2.

VI.3.2.5 Gêneros indicadores

Ao analisar a distribuição dos gêneros indicadores das associações da Bacia de Santos fica evidente que a variação espacial sobressai à variação temporal. A distribuição das abundâncias relativas de *Chromadorina*, *Rhynconema* e *Latronema*, indicadoras da Associação 5, está restrita à região mais costeira da BS e permaneceu constante entre as duas campanhas (**Figura VI.3-19**). *Sabatieria*, que se distribui por toda a plataforma, abrangendo as áreas das Associações 1, 2 e 3, apresentou abundâncias relativas maiores na Associação 1, e maior representatividade na C2 em relação a C1, principalmente na região sul (**Figura VI.3-20**). De modo mais restrito, *Elzalia* também se mostrou mais presente na plataforma intermediária sul e com maiores abundâncias relativas na C2 (**Figura VI.3-20**). A plataforma sul da BS, representada principalmente pela Associação 2, foi caracterizada pelas altas abundâncias relativas de *Microlaimus* durante as duas campanhas. A distribuição de *Pseudometachromadora* ocorreu em uma faixa por toda a plataforma intermediária, porém com maior representatividade na associação 3 (**Figura VI.3-20**). A região do talude de toda a bacia (Associação 4) foi representada pelas maiores proporções de *Cervonema*, cuja distribuição foi constante entre as duas campanhas (**Figura VI.3-**

21). Finalmente a Associação 6, que engloba todo o fundo da Bacia de Santos, é representada pelas maiores densidades relativas dos gêneros *Monhystrella*, *Acantholaimus* e *Manganonema*. As proporções entre elas mudaram no tempo, sendo *Monhystrella* maior na C1 e *Acantholaimus* maior na C2 (**Figura VI.3-21**). Apenas os modelos de *Monhystrella* e *Acantholaimus*, em função das 41 variáveis ambientais considerando as duas campanhas, apresentaram valores de R² maiores que 0,5 tanto para os dados de treinamento como para os de teste (**Tabela VI.3-4**).

Tabela VI.3-4: Resultados do modelo-base da floresta aleatória para os principais gêneros indicadores para o conjunto de dados de treinamento e de teste. RMSE: erro quadrático médio, R²: acurácia, MAE: erro absoluto médio, SD: desvio padrão. Negrito: indicam valores de R² acima de 0.5.

	Treino						Teste		
	RMSE	R ²	MAE	RMSESD	R ² SD	MAESD	RMSE	R ²	MAE
<i>Chromadorina</i>	0,01	0,58	0,01	0,00	0,15	0,00	0,01	0,17	0,01
<i>Rhynchonema</i>	0,01	0,56	0,00	0,00	0,17	0,00	0,01	0,27	0,00
<i>Latronema</i>	0,00	0,25	0,00	0,00	0,13	0,00	0,01	0,47	0,00
<i>Sabatieria</i>	0,09	0,52	0,06	0,01	0,07	0,01	0,08	0,52	0,06
<i>Elzalia</i>	0,02	0,48	0,01	0,00	0,12	0,00	0,02	0,29	0,01
<i>Microlaimus</i>	0,03	0,45	0,02	0,01	0,11	0,00	0,03	0,51	0,02
<i>Pseudometachromadora</i>	0,01	0,46	0,00	0,00	0,08	0,00	0,01	0,39	0,01
<i>Cervonema</i>	0,02	0,39	0,02	0,00	0,05	0,00	0,02	0,37	0,02
<i>Monhystrella</i>	0,04	0,67	0,03	0,01	0,08	0,00	0,04	0,64	0,03
<i>Acantholaimus</i>	0,04	0,76	0,02	0,01	0,05	0,00	0,04	0,74	0,02
<i>Manganonema</i>	0,01	0,43	0,01	0,00	0,10	0,00	0,01	0,38	0,01

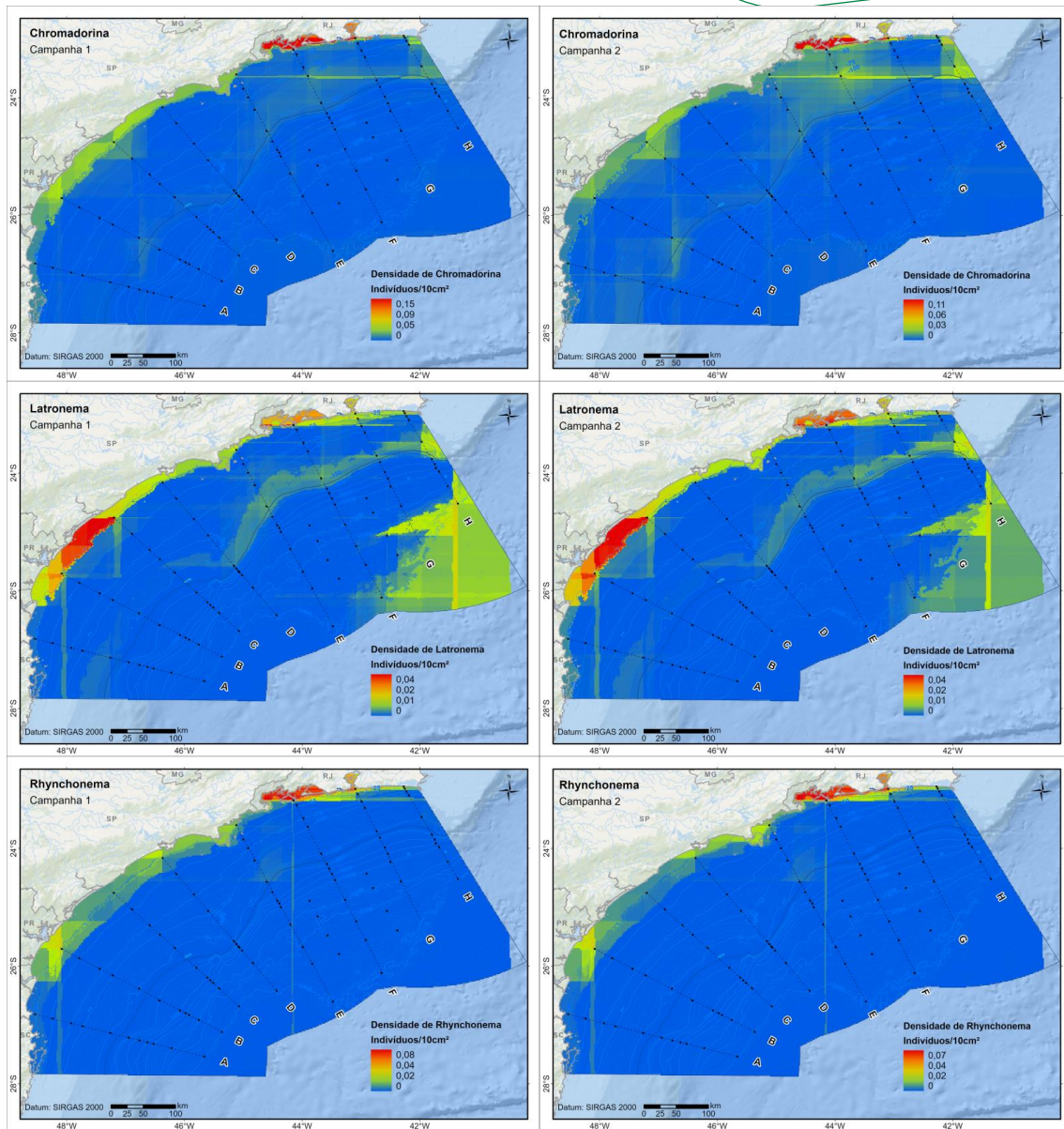


Figura VI.3-19: Modelos preditivos baseados nos meta-modelos para as abundâncias relativas dos principais gêneros indicadores da associação 5, nas campanhas 1 e 2.

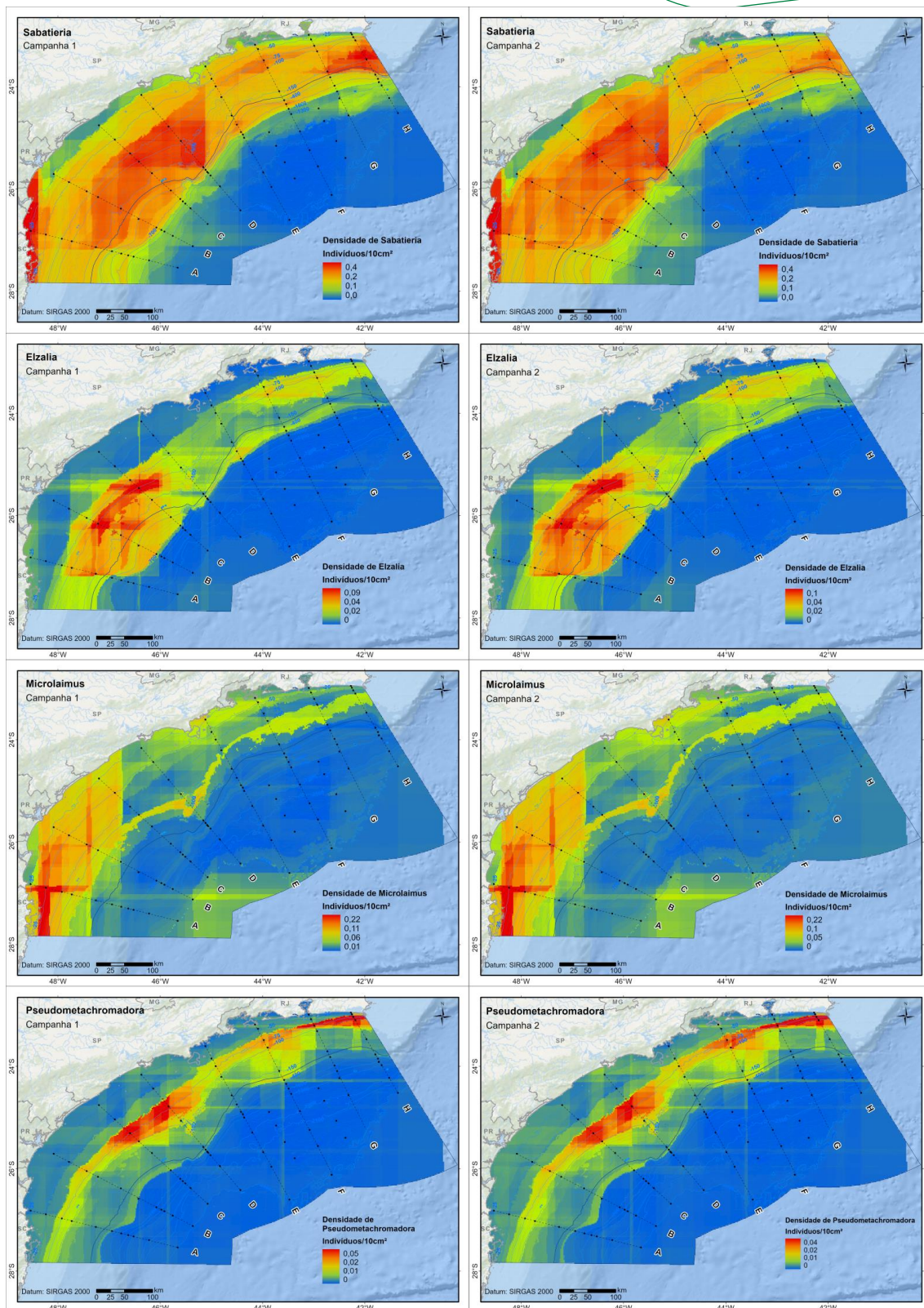


Figura VI.3-20: Modelos preditivos baseados nos meta-modelos para as abundâncias relativas dos principais gêneros indicadores das associações 1, 2 e 3, nas campanhas 1 e 2.

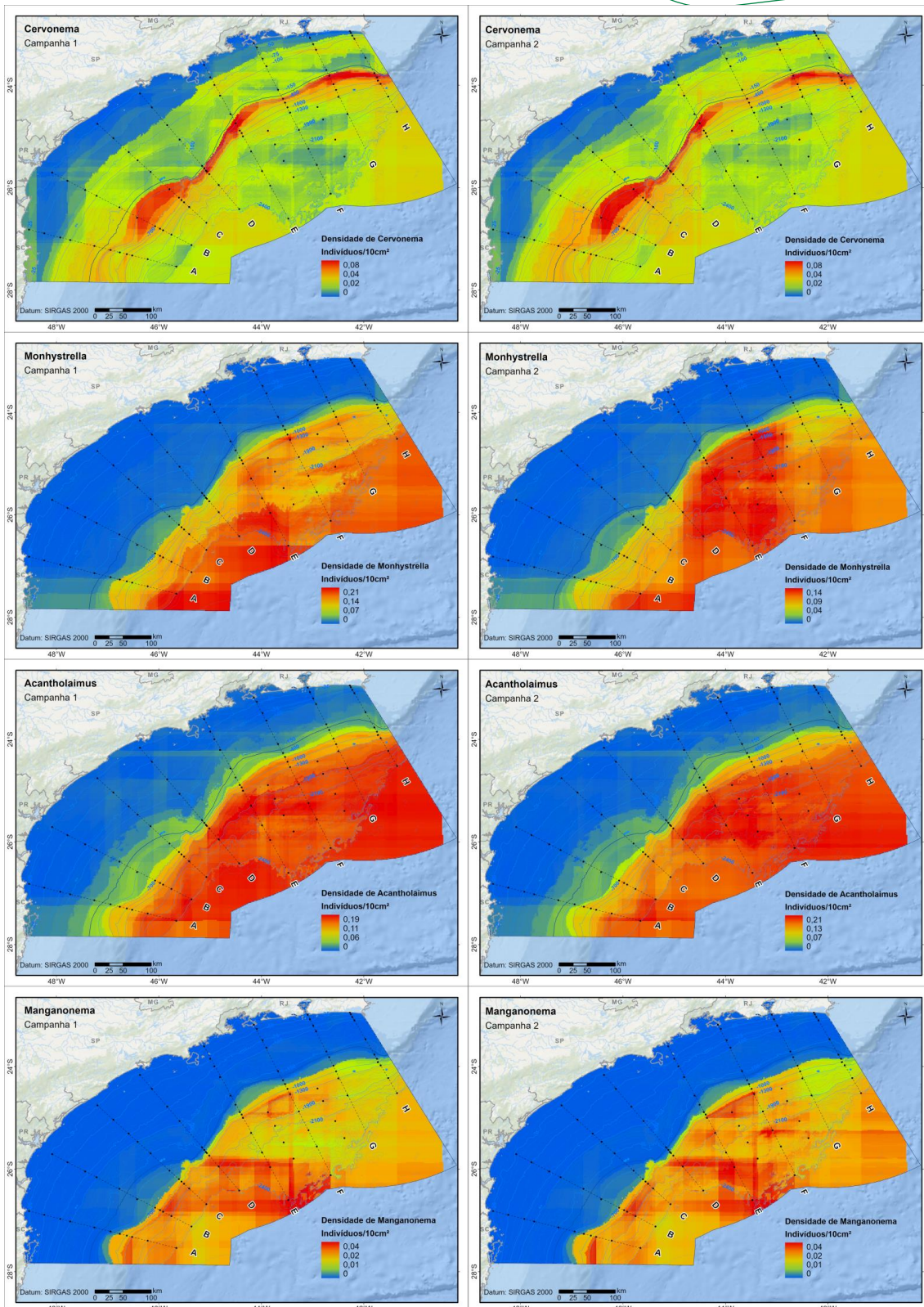


Figura VI.3-21: Modelos preditivos baseados nos meta-modelos para as abundâncias relativas dos principais gêneros indicadores das associações 4 e 6, nas campanhas 1 e 2.

VI.4 *Discussão*

VI.4.1 *Comparação dos dados da Bacia de Santos com outras Bacias brasileiras*

A plataforma continental e o talude brasileiro vêm sendo estudados intensivamente nos últimos anos por pesquisadores brasileiros associados aos programas da Petrobras. Deste esforço, dois estudos importantes foram publicados com os dados de meiofauna, um referente a Bacia de Campos (Petrobras 2013; Fonseca-Genevois et al., 2017; Esteves et al., 2017; Projeto HABITATS) e outro referente a Bacia do Espírito Santo (dos Santos et al. 2016, 2020; Venekey et al., 2016; Projeto AMBES). Há um terceiro projeto, associado a um programa da Petrobrás, entre Sergipe e o sul de Alagoas (Pinto et al., 2018; Projeto MARSEAL). Juntamente com o estudo atual, a área conjunta estudada cobre aproximadamente 2.000 km de costa entre profundidades de 25 a 3.000 metros. Além desses grandes projetos, há outros estudos realizados no talude da Bacia de Campos (Netto et al., 2005), na plataforma continental ao largo de Cabo Frio e Ubatuba (Argeiro, 2009, Projeto DEPROAS) e da Baixada Santista (Yaginuma, 2010, Projeto ECOSAN) e em um estuário em Ilha Grande (Dalto e Albuquerque, 2000). Nossos resultados compartilham muitas semelhanças com esses estudos anteriores, principalmente em relação ao total de número de gêneros de Nematoda encontrados na plataforma e no talude e nos valores de riqueza por ponto amostral (**Tabela VI.4-1**). Apesar dos diferentes esforços amostrais e gradientes batimétricos investigados, estes estudos mostram que, em relação à meiofauna, a margem continental brasileira está entre as mais ricas do planeta (**Tabela VI.4-3**).

A lista dos gêneros de Nematoda, identificados como os mais representativos, também é muito similar entre os estudos. Por exemplo, os gêneros *Sabatieria*, *Daptonema*, *Microlaimus*, *Molgolaimus* e *Richtersia*, os mais abundantes na plataforma, foram comuns em diversos estudos e suas distribuições estão, de modo geral, dentro do esperado para padrões globais (Vanreusel et al. 2010). Em relação ao talude, Platô de São Paulo e cânions, os gêneros mais representativos, *Acantholaimus*, *Sabatieria*, *Thalassomonhystera* e *Cervonema*, também foram comuns aos três estudos.

Em termos de diversidade de famílias e gêneros, os valores da plataforma ao longo da costa brasileira foram similares (**Tabela VI.4-1**). Em relação ao talude, as bacias de Santos e do Espírito Santo foram mais similares em número de famílias (54 e 51, respectivamente) e a de Campos apresentou menor valor (41). Quanto ao número de gêneros na plataforma e no talude (248 e 230, respectivamente, com total de 261), esses estão dentro do intervalo observado nos outros estudos na costa brasileira, entre 194 e 270 gêneros. Foram um pouco mais baixos que os do talude da Bacia do Espírito Santo e da plataforma continental de Campos (270 e 268, respectivamente). A riqueza de gêneros na Bacia de Santos é próxima à observada por Venekey et al. (2010) na revisão de estudos de toda a costa brasileira (294 gêneros).

Em relação ao índice de Shannon (\log_2), no atual projeto da Bacia de Santos, os valores máximos observados na plataforma e talude (5,5 e 5,6, respectivamente) foram tão altos quanto aos observados nos demais estudos nas outras plataformas ou taludes, incluindo a plataforma ao largo de Santos, Ubatuba e Cabo Frio em outros períodos ($> 4,8$) (**Tabela VI.4-1**). Apenas na plataforma de Sergipe-sul de Alagoas os valores foram mais baixos (2,0 a 2,6) que nas outras plataformas brasileiras.

Em relação às variáveis ambientais estruturantes, de forma geral estas estão relacionadas à disponibilidade de recursos alimentares (fitopigmentos e quantidade e qualidade de matéria orgânica) e à parâmetros granulométricos do sedimento em todos os estudos das bacias brasileiras. Apenas em Sergipe e Alagoas e em Espírito Santo, alguns metais também foram estruturantes para a meiofauna e as associações de Nematoda (**Tabela VI.4-2**). Porém vale ressaltar que no presente estudo as concentrações de metais não foram consideradas nas análises.

Tabela VI.4-1: Comparação dos dados da meiofauna e de Nematoda da Bacia de Santos com outras Bacias brasileiras. PL-Plataforma Continental; TL- Talude Continental; PT- Platô de São Paulo; C-Cânions; UB-Ubatuba; CF-Cabo Frio.

Região	Bacia de Santos	Bacia de Campos	Bacia do ES	Bacia de SE-AL	Baixada Santista	Cabo Frio-Ubatuba	
Projeto	SANTOS (PCR-BS)	HABITATS (PCR-BC)	AMBES (PCR-ES)	MARSEAL (PCR-SEAL)	ECOSAN	DEPROAS	
Provincia Fisiográfica	PL, TL+PT	PL, TL	PL, TL	PL	PL	PL	
Profundidades (m)	PL	25, 50, 75, 100, 150	25, 50, 75, 100, 150	25, 40, 100, 150	10, 25, 50	17, 29, 31, 32, 56, 94	40 e 100
	TL	400, 700, 1000, 1300, 1900, 2400	400, 700, 1000, 1300, 1900, 2500, 3000	400, 1000, 1900, 2500, 3000			
No. estações	PL	40	45	26	22	6 Nematoda (21 Meiofauna)	4
	TL + PT	60	63 (+ 8 Cânions)	40 (+ 8 Cânion)			
	Coleta 1	jun/2019 nov/2019	mai-jun/2008	dez/2011- fev/2012	nov-dez/2010	ago-set/2005	fev e jul/2001 CF
	Coleta 2	fev-mar/2021 junho/2021	jan-mar/2009	jun-jul/2013	jun/2011	fev/2006	jul/2001 UB fev/2002 UB
Equipamento	Van Veen modificado ou Box-corer				Box-corer	Box-corer	
No. de réplicas	3	3	3	3	2	2	
Amostrador - área (cm ²)	19,63	100 (PL quarterado)	100 (PL quarterado)	100	4,9	4,9	
Amostrador - altura (cm)	10	10 (PL) ou 2 (TL)	10	10	10	10	
Malha (µm)	500 - 44	300 - 45	300 - 45	300 - 45	500 - 44	500 - 42	
No. Nematoda ident/amostra	200	150	150	120	150	200	
Total de amostras	581	660 Nema (408 Meio)	393	129	24	16	
Meiofauna	PL	36 - 3334 (média=846)	319 - 1753 (>25m)		6 - 577 (média=173)	255 - 4933 (média=1549)	768 - 2061 CF 1504 - 4084 UB
	TL + PT	7 - 1893 (média=334)	408 - 1415				
No. de grupos meiofauna	PL	28	30		27		
	TL + PT	26 (21 PT)	25				
Grupos principais da meiofauna		Nematoda (85 a 81%)	Nematoda (61 - 99%)	Nematoda	Nematoda (73%)	Nematoda (> 90%)	Nematoda
		Copepoda			Copepoda	Polychaeta	
		Polychaeta			Polychaeta	Copepoda	
Nematoda	PL	32 - 2956	55 - 2987	94 - 2140 (> 25 m)	36 - 347 (média 128)	571 - 4737 In 624 - 4946 Vr	718 - 1786 CF 1098 - 3845 UB
	TL	5 - 1750	25 - 567	? - 7122	-		
	PT	11 - 346					
No. Inds identificados	110.607	~112.500	~70.200	?	~3.600	~1.600	
No. total de famílias	PL	54	46	44	40	31	20 - 22
	TL	53 (TL+PT) (total geral 57)	41	51 (TL+C)	-	-	-
No. total de gêneros	PL	248	268	212	194 (168 e 199)	134	59 - 83 CF 62 - 65 UB
	TL	230 (TL+ PT) (total geral 261)	243 (TL+C)	270 (TL+C)	-	-	-
No. de gêneros por estação	PL	16 - 73	13 a 50 (média=25)	31 - 74	20 - 22 (média)		
	TL	4 - 70 10 - 55 (PT) (média = 45)		27 - 55 (TL) 30 - 58 (C)	-	-	-
Diversidade (H' base 2)	PL	2,0 - 5,5	3,0 - 4,8	2,7 - 5,1	2,2 - 2,6	3,3 - 4,9	4,0 - 5,2
	TL	1,8 - 5,6		3,4 - 5			
Gêneros mais abundantes	PL	<i>Sabatieria</i> <i>Microlaimus</i> <i>Richtersia</i> <i>Daptonema</i> <i>Halalaimus</i> <i>Molgolaimus</i> <i>Eizalia</i> <i>Paramonohystera</i> <i>Terschellingia</i>	<i>Sabatieria</i> <i>Microlaimus</i> <i>Molgolaimus</i> <i>Ptycholaimellus</i> <i>Richtersia</i> <i>Terschellingia</i> <i>Pselionema</i>	<i>Sabatieria</i> <i>Dorylaimopsis</i> <i>Viscosia</i> <i>Paracomosoma</i> <i>Daptonema</i> <i>Terschellingia</i> <i>Maryllynia</i> <i>Oncholaimellus</i> <i>Ptycholaimellus</i>	<i>Dorylaimopsis</i> <i>Terschellingia</i> <i>Xyala</i> <i>Desmodora</i> <i>Neochromadora</i> <i>Sabatieria</i> <i>Paramonohystera</i> <i>Daptonema</i>	<i>Microlaimus</i> <i>Chromadorita</i> <i>Molgolaimus</i> <i>Sabatieria</i> <i>Ptycholaimellus</i> <i>Richtersia</i> <i>Terschellingia</i>	<i>Daptonema</i> <i>Terschellingia</i> <i>Sabatieria</i> <i>Paramonohystera</i> <i>Aponema</i> <i>Pselionema</i> <i>Neochromadora</i> <i>Halalaimus</i>
	TL + PT	<i>Acantholaimus</i> <i>Monyhystrella</i> <i>Halalaimus</i> <i>Sabatieria</i> <i>Cervonema</i> <i>Metasphaerolaimus</i> <i>Thalassomonhystera</i> <i>Leptolaimus</i> <i>Desmoscolex</i>	<i>Acantholaimus</i> <i>Thalassomonhystera</i> <i>Desmoscolex</i> <i>Sabatieria</i> <i>Cervonema</i> <i>Desmodorella</i> <i>Pselionema</i>	<i>Sabatieria</i> <i>Thalassomonhystera</i> <i>Acantholaimus</i> <i>Daptonema</i> <i>Halalaimus</i> <i>Metasphaerolaimus</i> <i>Cervonema</i> <i>Molgolaimus</i> <i>Desmoscolex</i>			

Tabela VI.4-2: Comparação dos resultados principais e variáveis ambientais estruturantes da meiofauna e Nematoda na Bacia de Santos e outras Bacias brasileiras. PL- Plataforma Continental; TL- Talude Continental; PT- Platô de São Paulo; C- Cânions

		Resultados Principais	Variáveis ambientais estruturantes
BACIA de SANTOS (PCR-BS)	PL	- Densidades mais altas na plataforma ao norte, da Baía de Guanabara até Cabo Frio; - No geral, composição similar do sul ao norte até 100 m com dominância de <i>Sabatieria</i> , exceto poucas estações a 25 m, com predominância de <i>Chromadorina</i> ; - Faixa em torno dos 150 m ao longo de toda plataforma com predominância de <i>Sabatieria</i>	Fitopigmentos; Clorofila-a, Carbonatos; Desvio padrão do tamanho do grão; Lipídios
	TL	- Faixa dos 400 m com dominância de <i>Sabatieria</i> ; - Talude superior (700 a 1.300 m) com dominância de <i>Acantholaimus</i> e <i>Monhystrella</i> ; - Talude inferior (≥ 1900 m) e Platô de São Paulo com baixas densidades e predominância de <i>Acantholaimus</i> e <i>Monhystrella</i>	Fitopigmentos; Clorofila-a, Carbonatos; Desvio padrão do tamanho do grão
HABITATS (PCR-BC)	PL	- Grupos de amostras em três regiões: plataforma interna (25 m e 50 m), média-externa (75 m, 100 m e 150 m) e sul (transectos A, B e C); - Sem padrão de riqueza por profundidade	Fitopigmentos; Carbono orgânico total; Areia grossa; Silte; Grau de seleção; Carbonatos
	TL	- Redução da densidade a partir de 1.300 m; - Talude superior (400 a 1000) <i>Sabatieria</i> ; - Talude inferior (> 1.900 m) <i>Acantholaimus</i> ; - Cânions diferem do talude adjacente apenas no período seco	Fitopigmentos; Grau de seleção do sedimento
AMBES (PCR-ES)	PL	- Baixa densidade, alta diversidade; - Composição diferiu entre profundidades, exceto entre 40 e 50 m; - Separação entre amostras do sul e do norte	Tamanho médio dos grãos; Grau de seleção; Profundidade; Porcentagem de areia fina e silte; Assimetria; Temperatura
	TL	- Densidade e biomassa decresceram de forma inversa à profundidade; - Sem padrão de riqueza com profundidade; - Não houve grupos formados, mas claro padrão batimétrico: talude superior, médio, inferior	Tamanho médio do grão; Teor de carbonatos; Metais arsênio e chumbo
MARSEAL (PCR-SEAL)	PL	- Baixa densidade; - Duas províncias têm assembleias diferentes das demais devido a sedimento lamosos (foz de rios)	Metais; Moda do sedimento; Grau de seleção dos grãos; Carbono orgânico; Carbonatos; Profundidade
ECOSAN	PL	- Separação das estações mais rasas (< 32 m) das mais profundas (> 56 m); - Não houve diferença significativa entre períodos	Profundidade; Areia fina; Desvio padrão do tamanho do grão; Carbonatos; Clorofila-a
DEPROAS	PL	- Estações de Ubatuba (40 e 100 m) diferiram de Cabo Frio; - Em Cabo Frio, 40 m foi distinto dos 100 m	Porcentagem de areia, argila e silte

VI.4.2 Comparação dos dados da Bacia de Santos com outras regiões do mundo

Nossos resultados têm muitas semelhanças com os estudos realizados em plataforma e talude continentais de diversas regiões do mundo (**Tabela VI.4-3**). Deve-se considerar que o esforço de coleta é diverso, assim como alguns estudos não apresentam todos os resultados. As densidades da meiofauna, em geral, são mais altas na plataforma continental e menores no talude, como observado na BS. A dominância dos Nematoda também é recorrente nas margens continentais, seguida geralmente pelos Copepoda. Em relação ao número de famílias de Nematoda, o valor observado na BS foi o mais alto observado nos estudos compilados (57 famílias). O mesmo ocorreu para o número de gêneros de Nematoda na BS (261 gêneros). Apenas a revisão de Vanreusel et al. (2010) registrou maior número de gêneros (210 gêneros para plataforma continental e 325 gêneros no talude), contudo esta incluiu diversos ambientes de mar profundo em uma escala global. O índice de diversidade H' também foi alto na BS. Os gêneros dominantes de Nematoda, no geral, foram

comuns tanto na plataforma (*Sabatieria*) como no talude (*Acantholaimus* e *Halalaimus*). Entre as variáveis ambientais mais importantes para a distribuição da meiofauna, composição e diversidade dos Nematoda, em comum a todos os estudos, estão a profundidade, as características granulométricas do sedimento e a qualidade e quantidade da matéria orgânica, em especial de origem pelágica.

VI.4.3 Distribuição espaço-temporal da meiofauna, associações de Nematoda e variáveis ambientais estruturantes

As variações de densidades e riqueza dos taxa meiofaunais e estrutura das associações de Nematoda ao longo da margem continental da Bacia de Santos refletiu interações complexas entre variações na profundidade, composição dos sedimentos e quantidade e qualidade da matéria orgânica. Com base nos dados da meiofauna, associações de gêneros de Nematoda e variáveis ambientais estruturantes, foi possível reconhecer na Bacia de Santos regiões que compartilham características comuns, tanto em relação à fauna quanto em relação às condições ambientais, que nos ajudam a compreender melhor os principais processos oceanográficos estruturantes. De acordo com a presença de características comuns, a bacia pôde ser dividida em sete zonas que formam um mosaico de ambientes bentônicos (**Figura VI.4-1**).

Tabela VI.4-3: Tabela comparativa entre estudos de meiofauna e Nematoda em diversas regiões do mundo. Meiofauna – Densidade, Tóxicos dominantes (% de Nem-Nematoda e Cop-Copepoda); Nematoda- Número de gêneros (ou famílias-f), H' - diversidade de gêneros (Shannon Wiener log2), Clor-a – clorofila a, CPE-pigmentos cloroplásticos equivalentes, MO – matéria orgânica.

Região	Prof. (m)	Densidade ind/10cm ²	Taxa Dominante	N. Gêneros	H' log2	Gêneros principais	Resultados Principais
Mar profundo - Revisão - Atlântico NE (Vincx et al. 1994)	70 - 5340	20 - 4300	80 Nem 10 Cop				Tipo de sedimento, oxigênio dissolvido no sedimento, matéria orgânica, massas d' água e correntes de fundo
Margem continental - Revisão - Várias regiões (Soltwedel, 2000)	20 - 5225	0 - 5120	80 Nem 12 Cop				CPE
Mar profundo - Revisão - Todos Oceanos (Vanreusel et al. 2010)	< 200 > 200-4100			210 3 25		- plataforma: <i>Sabatieria</i> - talude: <i>Thalassomonhystera</i> , <i>Acantholaimus</i> , <i>Halalaimus</i> , <i>Daptonema</i>	Abrange diversos habitats. Gêneros dominantes são cosmopolitas.
Mar profundo - Ártico - Groenlândia (GL) e Noruega-Spitsbergen (NS) (Fonseca et al. 2010)	656 - 3350			80 1		GL- <i>Monhysteridae</i> , <i>Acantholaimus</i> , <i>Daptonema</i> NS - <i>Tricoma</i> , <i>Halalaimus</i> , <i>Dichromadora</i> , <i>Desmoscolex</i> , <i>Theristus</i> , <i>Sabatieria</i> , <i>Microlaimus</i>	Em escala regional, abundância e diversidade aumentam com maior matéria orgânica e porosidade no sedimento.
Plataforma continental - Costa O da Índia (Sajan et al. 2010a, b)	30 a 200	8 - 1208	88 Nem 8 Cop	9 9 (28 f)		<i>Desmodora</i> , <i>Dorylaimopsis</i> , <i>Tricoma</i> , <i>Theristus</i> , <i>Halalaimus</i>	Redução densidade e biomassa da meiofauna e diversidade de Nematoda co aumento da profundidade; Aumento densidades com maior porcentagem de matéria orgânica e de argila.
Talude - Nova Zelândia (+ canion, seamount, seep) (Rosli et al. 2016)	700 - 1500	92 9 ± 396 - 1.481 ± 538	87 Nem 6 Cop				Maior abundância em cânions e seeps, relacionadas a valores maiores de CPE e carbono orgânico no sedimento.
Margem continental - Portugal (Lins et al. 2017)	290 - 1006			55 1	,2 - 3,7 (base do H?)	- talude superior (300-400 m): <i>Cervonema</i> , <i>Richtersia</i> e <i>Microlaimus</i> - talude (> 400 m): <i>Acantholaimus</i> , <i>Halalaimus</i> <i>Sabatieria</i>	Densidade e H' maior no talude superior, correlacionada a areia muito fina, heterogeneidade do sedimento, e carbono e nitrogênio total.
Plataforma continental - Mediterrâneo E (Lampadariou e Eleftheriou, 2018)	20, 70, 130, 190	83 ± 14 - 2.969 ± 982	78 - 95 Nem 2- 18 Cop	19 (37 f)		20 m- <i>Richtersia</i> , <i>Molgolaimus</i> ; 70 m- <i>Richtersia</i> , <i>Molgolaimus</i> , <i>Sabatieria</i> , <i>Elzalia</i> e <i>Hopperia</i> ; 130 e 190 m- <i>Hopperia</i> e <i>Sabatieria</i>	Diâmetro médio e assimetria do sedimento, profundidade, CPE, Clor a. 20 a 130 m - Variação sazonal, com maiores densidades na primavera, em resposta a maior produtividade primária. 70 m - Menor diversidade de nematoda nos, onde a perturbação física e biológica foi maior. 190 m - Sem variação sazonal.
Cânions (C) vs Talude (T) - Mar Mediterrâneo L e O e Atlântico NE - Metanálise (Bianchelli e Danovaro, 2019)	150 - 4000	23 - 9704					Pouca diferença na densidade e biomassa da meiof. entre C e T adjacente. Riqueza de tóxicos maior nos cânions. Alta dissimilaridade na composição taxonômica entre C e T adjacente. Fatores: Prof. da água, diferenças regionais entre sub-bacias e características geomorfológicas.
Cânions e Talude adjacente - Mar Mediterrâneo NO (Carugati et al. 2019)	222 - 2004	68 ± 10 - 651 ± 222	84 - 96 Nem 0- 14 Cop				Diversidade tóxicos maior nos cânions. Diferenças entre C e T devido a quantidade e qualidade de recurso alimentar e feições topográficas específicas.
Talude - Golfo do México (Cisterna-Céliz et al. 2019)	1,233 - 3738		>80 Nem		,8 - 4,9	<i>Microlaimus</i> , <i>Desmoscolex</i> , <i>Halalaimus</i> .	Redução da densidade com gradiente batimétrico e latitudinal. Diferentes associações de espécies correlacionam com diferentes variáveis ambientais.
Cânions - Mar Mediterrâneo Central (Gambi et al. 2019)	92 - 1024		64 - 98 Nem 0 - 29 Cop	6 - 29 f			Quantidade e qualidade do alimento a 200 m; heterogeneidade ambiental aos 500 m

Região	Prof. (m)	Densidade ind/10cm ²	Taxa Dominante	N. o. Gêneros	H' log2	Gêneros principais	Resultados Principais
Margem continental - Índia O (Sautya et al. 2021)	111 - 3918	27 ± 48	85 Nem 11 Cop				Baixa densidade e diversidade relacionados aos menores teores de oxigênio dissolvido e profundidade. Altos valores densidade e biomassa relacionados aos altos valores de CPE.
Plataforma continental - Canadá, Ártico (McMahon et al. 2021)	40 - 440	até 300 ind/100 cm ³				(Obs: Inclui Foraminíferos)	Plataforma média tem maior diversidade e densidade impulsionada por maiores teores de carbono lábil de origem marinha
Margem continental - Atlântico SO - Presente trabalho (2022)	24 - 2400	7 - 3.334	79 - 85 Nem 10-15 Cop	2 (61 57 f)	1 ,8 - 5,6	- Plataforma: <i>Sabatieria</i> , <i>Microalaimus</i> , <i>Richtersia</i> , <i>Halalaimus</i> , <i>Daptonema</i> - Talude: <i>Sabatieria</i> , <i>Acantholaimus</i> , <i>Halalaimus</i> , <i>Monhystrella</i> - Platô: <i>Acantholaimus</i> , <i>Monhystrella</i> , <i>Halalaimus</i> , <i>Thalassomonhystera</i> .	Densidades mais altas na plataforma ao norte da Baía de Guanabara até Cabo Frio, e mais baixos na isóbata de 150 m e no platô. Declínio acentuado da densidade e riqueza na faixa de 150 m, com predominância de <i>Sabatieria</i> . Feopigmentos, Clorofila-a, Carbonatos, Desvio padrão do tamanho do grão, Lipídios.

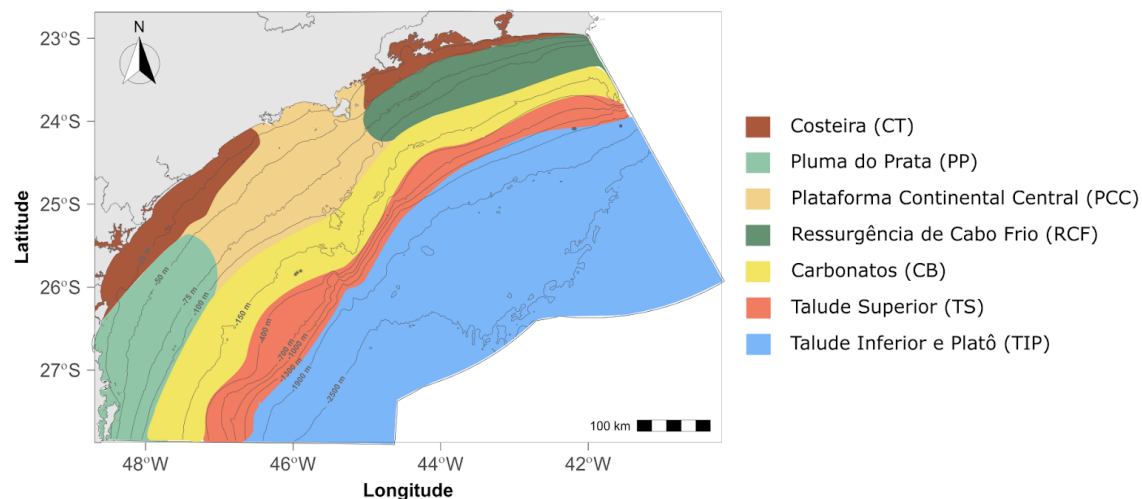


Figura VI.4-1: Mapa esquemático das principais zonas bentônicas presentes na Bacia de Santos.

Das sete zonas, cinco estão localizadas na plataforma continental, que se mostrou mais heterogênea do que a região de talude e platô de São Paulo. Na plataforma continental interna, os dados de gênero de Nematoda destacaram uma zona costeira (CT) descontínua (**Figura VI.4-1**). Essa zona, que percorre a isóbata de 25 m, é caracterizada por baixas concentrações de fitopigmentos e baixa qualidade da matéria orgânica e pela presença de grupos taxonômicos típicos de regiões rasas e do entre-marés. Na plataforma média (25 - 100 m) há duas zonas onde valores de densidades e riqueza de meiofauna são relativamente altos e estão associadas a processos oceanográficos que promovem um alto aporte de fitodetritos e matéria orgânica para o sedimento: a zona da Pluma do Prata (PP), ao sul da bacia, e a zona da Ressurgência de Cabo Frio (RCF), ao norte. Entre essas duas zonas, há a zona da Plataforma Continental Central (PCC, **Figura VI.4-1**), caracterizada por menor produtividade e baixas densidades da meiofauna, com a presença de duas associações de Nematoda distintas. Na região da quebra da plataforma, ao longo da isóbata de 150 m, encontra-se a zona de Carbonatos (CB, **Figura VI.4-1**), com altas porcentagens de carbonato no sedimento e baixas densidades da meiofauna, particularmente dos Nematoda, porém bastante heterogênea em termos de composição de gêneros. A sexta zona localiza-se no Talude Superior (TS, **Figura VI.4-1**), entre as isóbatas de 400 e 1000 m ao longo de toda a bacia, e é caracterizada por densidades intermediárias da meiofauna que estão associadas a um aumento da contribuição de matéria orgânica de qualidade no sedimento em comparação a áreas adjacentes. Por fim, a zona do Talude Inferior e Platô (TIP, **Figura VI.4-1**) apresenta baixas concentrações de fitopigmentos e altas concentrações de carbonatos no sedimento, que se reflete em baixas densidades da meiofauna. Muito importante destacar que dentre todas as zonas, somente a zona costeira e o PCC apresentaram variação entre as campanhas. Enquanto a zona costeira expandiu ao longo da costa, sobrepondo-se à PCC, na PCC uma das associações de Nematoda (associação 1) se expandiu em relação a outra (associação 2). Abaixo segue uma discussão detalhada de cada zona:

VI.4.3.1 Zona costeira (CT)

Esta zona bentônica, que percorre parte da Bacia de Santos, se limita a isóbata de 25 m e não é contínua. Quando comparado às demais regiões da Bacia, ela se destaca principalmente pela estrutura das associações de Nematoda com a presença da Associação 5, caracterizada principalmente pelas maiores contribuições dos gêneros *Latronema*, *Chromadorina* e *Rhynconema*, pela baixa qualidade da matéria orgânica e pela presença de sedimentos mais grosseiros. Próximo à costa, correntes associadas a sistemas frontais impedem a deposição do sedimento fino e o acúmulo de matéria orgânica, predominando sedimentos arenosos com baixos ou nenhum teor de finos (Mahiques et al., 1999). Já as baixas concentrações dos indicadores de qualidade da matéria orgânica (carbono biopoliméricos, lipídios, carboidratos e proteínas) estão possivelmente associadas à origem terrígena deste material, embora haja uma produção autóctone observada pelas concentrações de clorofila-a, principalmente na porção mais ao Norte (Carreira et al., 2022), onde observa-se elevadas densidades de Copepoda, Polychaeta e Kinorhyncha. Já os três gêneros indicadores desta região são frequentemente encontrados em regiões costeiras oceânicas ao redor do mundo e associados a sedimentos arenosos (Fonseca et al., 2014, Tchesunov et al., 2020). Um aspecto interessante é que entre as duas campanhas essa zona se expandiu levemente sobre a região central, próximo à Ilhabela. Essa expansão está provavelmente associada às mudanças de sedimento, que se tornaram mais grosseiros nessa região na segunda campanha.

VI.4.3.2 Zona da ressurgência de Cabo Frio (RCF)

Esta zona bentônica abrange a região ao norte da Ilha de São Sebastião (24°S) na plataforma continental da BS (**Figura VI.4-1**). Caracteriza-se por altas densidades da meiofauna e dos grupos taxonômicos que a compõem (**Figura VI.3-5**) e altas concentrações de fitopigmentos no sedimento (**Apêndice VII-1 a 4**). A região apresenta condições favoráveis para a ressurgência costeira que resulta na aproximação da costa e afloramento da Água Central do Atlântico Sul (ACAS, Castro et al., 1987), mais fria e rica em nutrientes. A intrusão da ACAS

na plataforma continental promove a deposição de matéria orgânica lábil e de alta qualidade no sedimento (Arasaki et al., 2004, Carreira et al., 2012), que por sua vez propicia aumento da densidade e biomassa da biota bentônica (De Leo & Pires-Vanin, 2006, Sumida et al. 2005). Além disso, estudos de escala regional mostraram que áreas com alta disponibilidade de recursos alimentares são tipicamente caracterizados por uma alta diversidade local (e.g., Lamshead et al., 2000; Danovaro et al., 2008), como observado no presente estudo. A ressurgência costeira da ACAS e seu consequente aumento da produção primária ocorre mais pronunciadamente próximo a Cabo Frio (RJ, Coelho-Souza et al., 2012). Contudo, sua frente pode ser observada até cerca de 400 km ao sul, atingindo a Ilha de São Sebastião (SP, Castro et al., 1987, Brandini et al., 2018), coincidindo com a área da zona bentônica delimitada neste estudo. Tais eventos de ressurgência costeira em Cabo Frio possuem uma variabilidade sazonal, sendo mais frequentes e intensos no verão e menos frequentes no inverno, devido à predominância de ventos de nordeste e sudoeste, respectivamente (Castro et al., 1987). A campanha 1 ocorreu no fim da primavera de 2019, período que se espera maior probabilidade de ocorrência de ressurgência do que no período da segunda campanha de coleta, a qual ocorreu no fim do outono de 2021. Essa variação temporal pode ser observada pelas diferenças nas concentrações de clorofila-a no sedimento entre a primeira e a segunda campanha. Contudo, as concentrações de feopigmentos e a densidade da meiofauna apresentaram variações mais sutis entre campanhas, podendo indicar um efeito mais prolongado da ressurgência para as comunidades bentônicas. De acordo com Sumida e colaboradores (2005), a resposta bentônica ao evento de ressurgência em Cabo Frio pode durar por meses, mantendo comunidades microbianas mesmo em períodos sem ocorrência da ressurgência. Os resultados aqui apresentados corroboram o forte acoplamento bento-pelágico já observado por outros grupos da fauna bentônica nesta região (Sumida et al., 2005, De Leo & Pires-Vanin, 2006, Corbisier et al., 2014) e ressaltam a importância deste fluxo de matéria orgânica, seja lábil ou mais refratária, para as densidades da meiofauna da região norte da plataforma continental da Bacia de Santos.

VI.4.3.3 Zona da pluma do Prata (PP)

Esta zona compreende a região mais ao sul da plataforma continental interna e média da BS e apresentou densidades e riquezas da meiofauna mais altas em relação às áreas adjacentes, embora menos substancial quanto às observadas na Zona da Ressurgência de Cabo Frio (RCF, **Figura VI.4-1**). Esta zona também foi caracterizada por maiores concentrações de clorofila-a, principalmente abaixo de 27°S e na região próxima à costa entre 24,5°S e 25,5°S, e de feopigmentos, abaixo de 26°S e em torno da isóbata de 100 m, indicando um aumento na disponibilidade de fitodetritos no sedimento (**Apêndice VII-1 a 4**). Tal padrão foi observado nas duas campanhas e é provavelmente decorrente da intrusão de águas menos salinas, frias e ricas em nutrientes provenientes da plataforma continental subantártica argentina, da descarga do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos, as quais são transportadas para norte pela Corrente Costeira do Brasil (CCB) e ocupam a plataforma interna e média da região sul da BS (Piola et al., 2000; de Souza & Robinson, 2004; Brandini et al., 2018). A intrusão dessas águas intensifica a produção primária (Brandini et al., 2018) que, por sua vez, contribuem para a deposição de matéria orgânica pelágica no sedimento (Mahiques et al., 2004). Nossos resultados indicam que todos os grupos da meiofauna respondem a esse aporte de fitodetritos, em termos de densidade e riqueza. Esta zona bentônica pode variar sazonalmente em razão da variação do regime de ventos. Durante o inverno, os ventos predominantes de sudoeste impulsionam a CCB para norte, podendo transportar águas com influência da pluma do Rio da Prata até 24°S, mesmo em períodos de baixa descarga fluvial (Piola et al., 2005; Möller et al., 2008). Particularmente no período da primeira campanha de coleta, os dados de salinidade indicaram a contribuição de águas provenientes da pluma do Rio da Prata até 25°S (transecto B, Dottori et al., 2022), que coincide com a zona PRP aqui delimitada com base nos dados de meiofauna e indicadores de fitodetritos no sedimento, sugerindo um importante acoplamento bento-pelágico nesta zona. Apesar da possibilidade de variação sazonal da influência da pluma do Rio da Prata, esta zona bentônica mostrou-se constante durante as duas campanhas amostrais.

VI.4.3.4 Zona da plataforma continental central (PCC)

Esta zona compreende a plataforma continental interna e média entre as zonas RCF e PRP (**Figura VI.4-1**) e apresentou condições mais oligotróficas em relação às demais zonas da plataforma continental da BS, com aporte limitado de matéria orgânica pelágica (baixas densidades de clorofila-a e feopigmentos, Carreira et al., 2022). Tal condição nutricional foi refletida nas menores densidades dos grupos da meiofauna, principalmente dos copépodes e quinorrincos. Observando o padrão das zonas, pode-se inferir que esses grupos têm preferência por zonas mais produtivas da plataforma continental, reduzindo suas densidades em direção à zona central e às mais profundas e menos produtivas. A associação de copepoda e quinorrinco com processos pelágicos é corroborada pela literatura. Copépodes harpacticóides se alimentam de diatomáceas (De Troch et al., 2005, Mascart et al., 2013, Urban-Malinga, 2014) e suas abundâncias estão frequentemente relacionadas a fitopigmentos, matéria orgânica e bactérias no sedimento (Mohamed et al., 2018, Veit-Köhler et al., 2018, Pruski et al., 2021). Os quinorrincos se alimentam principalmente de detritos e diatomáceas e geralmente estão associados a sedimentos com alto teor de matéria orgânica (Giere, 2009, Landers et al., 2020).

Um aspecto interessante da PCC é o padrão de distribuição das associações de Nematoda. Esse grupo apresentou variação tanto na composição (Associação 1 e 2) quanto no tempo. A associação 1, principalmente representada pelas maiores proporções de *Sabatieria* e *Elzalia*, está associada à matéria orgânica com maiores concentrações de proteínas e carbono biopolimérico. Com a expansão dessas variáveis ambientais durante a segunda campanha, percebe-se um avanço da associação 1 sobrepondo-se a 2, indicando maiores dominâncias desses gêneros. Particularmente o gênero *Sabatieria* é amplamente conhecido por habitar a plataforma continental ao redor do mundo (Moens et al. 2013) e por ser um gênero oportunista geralmente associado a mudanças ambientais (Schratzberger et al. 2009, Moreno et al. 2011).

Um aspecto importante a ser considerado em um plano de monitoramento para esta zona é a potencial dinâmica temporal dos processos oceanográficos das zonas adjacentes PRP e RCF, mesmo que não tenham sido marcantes entre

as duas campanhas. A variabilidade da PP e RCF está bem documentada na literatura (Castro et al., 1987, Castro et al., 2006, Piola et al., 2008). Por exemplo, durante o inverno, a contribuição do rio La Plata chega a 24°S cobrindo metade da área estipulada como PCC. Da mesma forma, durante os meses de primavera-verão, a massa de água que caracteriza a zona RCF pode deslocar-se mais ao sul. Assim, a sincronia do acoplamento bento-pelágico no espaço e no tempo pode ser determinante para entender a dinâmica da PCC.

VI.4.3.5 Zona carbonática (CB)

Conforme demonstrado pela análise de RF, a porcentagem de carbonato de cálcio foi um importante preditor para os indicadores da meiofauna. Duas regiões distintas com altas porcentagens de carbonato ocorrem na área: um cinturão carbonático conspícuo na quebra da plataforma, entre as isóbatas de 100 e 200 m (classificado aqui como zona carbonática; CB) e um depósito calcário abaixo de 1300 m de profundidade (TIP, **Figura VI.4-1**). A zona CB é um depósito de algas calcárias formado durante o Quaternário como consequência das oscilações do nível do mar (Dominguez et al., 2013, Filho et al. 2022). A predominância de carbonatos na quebra da plataforma juntamente com a baixa concentração de matéria orgânica e fitopigmentos indicam uma área de alta hidrodinâmica. Particularmente ao longo da quebra da plataforma da BS, o fluxo principal da Corrente do Brasil traz águas tropicais, salgadas, oligotróficas e quentes do nordeste (Brandini et al. 2018). Essas águas pobres em nutrientes e as baixas taxas de sedimentação (Mahiques et al., 2004) contribuem para as condições oligotróficas observadas nesta zona bentônica.

Se por um lado esse cordão carbonático é caracterizado por baixas densidades, a composição dos gêneros de Nematoda que ocorrem ao longo desse cordão é altamente heterogênea. No limite mais profundo desta zona, entre a isóbata de 150 e 200 m, os gêneros são os mesmos daqueles encontrados no talude inferior, principalmente caracterizado pelo gênero *Cervonema*. Porém, entre as isóbatas 100 e 150 m, as 4 associações de Nematoda da plataforma podem ser encontradas nesta faixa. As associações 1 e 2 na porção Sul, e as associações 3 e 5 ao Norte da Bacia. Neste caso, pode-

se deduzir que as associações de Nematoda nesta faixa são estruturadas por outros processos oceanográficos que ocorrem na plataforma, porém, menores densidades ocorrem nesta zona carbonática para todas as distintas associações. Baixa abundância da meiofauna (especialmente Nematoda) em sedimentos carbonáticos e áreas oligotróficas é comum (Giere, 2009). O aumento do espaço intersticial, juntamente com a falta de matéria orgânica, são as principais causas que levam a baixa densidade.

VI.4.3.6 Zona do talude superior (TS)

Esta zona compreende o talude continental, estendendo-se de 400 a 1000 m de profundidade ao longo de toda a bacia (**Figura VI.4-1**). Caracteriza-se por maior riqueza de táxons e densidades relativamente mais altas de Nematoda, Copepoda e Kinorhyncha, quando comparado ao seu entorno (ou seja, zonas CB e TIP), bem como maiores abundâncias relativas de *Cervonema*, gênero tipicamente encontrado no talude superior em outros locais do mundo (Vanreusel et al. 2010). O TS também é definido por uma banda de concentrações de carboidratos relativamente altas, que não é acompanhada por concentrações de clorofila-a ou feopigmentos (Carreira et al. 2022). Além das concentrações de carboidratos, o teor de carbono biopolimérico também é relativamente alto nessa zona batimétrica, indicando alto valor nutricional da matéria orgânica disponível (Carreira et al. 2022). Em um contexto oligotrófico, como observado para o TS, a qualidade dos compostos orgânicos presentes no carbono orgânico particulado é crítica para a fauna (Danovaro et al. 1999, Campanyà-Llovet et al., 2017) e pode explicar as maiores densidades e riqueza da meiofauna nesta zona.

Diferentemente das outras zonas da plataforma continental, onde os padrões da meiofauna foram claramente relacionados a processos oceanográficos já bem descritos, a origem da matéria orgânica de alta qualidade observada na zona do talude superior não é evidente. Carreira et al. (2022) sugere que essa matéria orgânica possa ter sido transportada lateralmente ou produzida na zona fótica offshore e transportada verticalmente para o sedimento. Os autores argumentam que a primeira hipótese seja mais plausível, visto a ausência de fitopigmentos nesta região. A segunda hipótese, embora menos

plausível, pode ser corroborada pela ocorrência de uma camada máxima de clorofila profunda (DCML), que corresponde a uma concentração máxima de clorofila em águas subsuperficiais na base da zona eufótica (Tura e Brandini, 2020). O DCML é observado durante eventos de dominância de águas oligotróficas acima da plataforma continental e talude, juntamente com eventos de ressurgência de quebra de plataforma e contribuem para a produção e acúmulo substanciais de estoques de material particulado subsuperficial na coluna d'água (Tura e Brandini, 2020). Além disso, no talude continental próximo a isóbata de 500 m, o acúmulo de material particulado é favorecido pela transição entre a Corrente do Brasil, que flui acima em direção ao sul, e a Corrente de Contorno Oeste Intermediária, que flui abaixo em direção ao norte, onde as velocidades de corrente são nulas. (Mahiques et al., 2021). Considerando que os pigmentos se degradam mais rapidamente que os biopolímeros durante o transporte de MO na coluna d'água e na camada superior de sedimentos (Wakeham e Canuel, 2006), a segunda hipótese não deve ser descartada.

VI.4.3.7 Zona do talude inferior e Platô de São Paulo (TIP)

Esta zona incorpora as isóbatas de 1300 m até 2400 m, incluindo todas as estações do Platô de São Paulo (**Figura VI.4-1**). Toda a zona caracterizou-se por densidades muito baixas de todos os táxons da meiofauna, bem como um empobrecimento na riqueza taxonômica. Esta zona também se distinguiu claramente pela estrutura das associações de Nematoda, sendo caracterizada pela predominância dos gêneros *Acantholaimus*, *Manganonema* e *Monhystrella*. A maior abundância relativa destes três gêneros, juntamente com as baixas abundâncias de meiofauna nas regiões mais profundas não é surpresa. Esses gêneros são típicos de zonas profundas no Brasil (Fonseca-Genevois et al., 2017; Venekey et al., 2017) e ao redor do mundo (Vanreusel et al. 2010, Moens et al. 2013) e baixas densidades nestas profundidades são bem relatadas na literatura (Danovaro et al., 1999; Netto et al., 2005; Rex et al., 2006; Schmidt e Martinez-Arbizu, 2015). As baixas densidades estão geralmente associadas à baixa entrada de recursos alimentares (Soltwedel, 2000). Em média, enquanto 25 a 50% da produtividade primária atinge o fundo nas áreas costeiras, apenas

cerca de 1% atinge o assoalho oceânico no mar profundo (Suess, 1980). Além da pequena quantidade, a matéria orgânica que atinge o sedimento nestas profundidades é altamente refratária, uma vez que as bactérias se ligam e transformam partículas fito-detríticas à medida que estas afundam, degradando os compostos orgânicos mais lábeis (Danovaro et al., 1999). Da mesma forma, indicadores de recursos alimentares no SB, como feopigmentos, clorofila-a e lipídios, foram extremamente baixos nas estações dessa zona (Carreira et al. 2022).

Outra característica marcante desta zona profunda é a maior concentração de sedimentos carbonáticos, particularmente na região do Platô de São Paulo, caracterizado por porcentagens de carbonato de até 80%. Nesta zona, os carbonatos de cálcio se originaram da deposição de detritos biogênicos, principalmente conchas de foraminíferos pelágicos e pterópodes, de modo similar à Bacia de Campos (Kowsmann et al., 2015). Essa deposição pode não ser recente, mas afeta fortemente a estrutura do sedimento e contribui para um maior desvio padrão do tamanho do grão. Apesar de sua importância como preditor ambiental selecionado pela modelagem, é improvável que esse parâmetro supere a influência da baixa disponibilidade de alimentos nas maiores profundidades, conforme discutido acima.

VI.4.4 Implicações para o monitoramento ambiental

Com base nos resultados aqui expostos, existem 3 aspectos importantes a serem considerados para a implementação de um monitoramento para a gestão ecossistêmica da Bacia de Santos: (1) a configuração e mapeamento dos habitats da Bacia, (2) a localização das pressões antrópicas e potenciais riscos ecológicos e (3) o entendimento sobre como os indicadores-chave do ecossistema responderão a essas pressões e riscos (Leslie e McLeod. 2007; Long et al. 2015). Mapear os ambientes, os riscos e modelar as respostas são, portanto, questões críticas para o sucesso do programa e, principalmente, para a conservação dos ecossistemas. Nesse sentido, o presente estudo demonstrou que os descritores da meiofauna e das associações de Nematoda estão intimamente ligados às mudanças nos ambientes pelágico e sedimentar. Assim,

qualquer pressão antrópica que possa causar alterações em variáveis importantes associadas a tais processos, como mudanças climáticas (Danovaro et al., 2004), perturbação da pesca de arrasto (Schratzberger e Jennings, 2002), mineração (Miljutin et al., 2011) e exploração de petróleo e gás (Netto et al., 2009; Rohal et al., 2020; Montagna et al., 2013; Reuscher et al., 2017) pode potencialmente afetar a meiofauna. Nesse sentido, o monitoramento de indicadores da meiofauna acoplados à sua localização (zonas bentônicas) e variação das variáveis estruturantes indicadoras são importantes para a detecção de eventuais mudanças.

Outro aspecto importante a ser considerado é que, entre as 41 variáveis ambientais disponíveis, apenas 25 foram utilizadas para obter previsões precisas. Esse resultado nos mostra que o uso de modelagem por aprendizado de máquina no contexto do monitoramento ambiental promove um ganho significativo tanto em capacidade de predição para a conservação quanto para a otimização das variáveis e redução de custos. Assim, a abordagem de monitoramento através do aprendizado de máquina permite que os valores preditos do modelo possam ser utilizados como controle, de modo que a cada novo valor coletado, este possa ser validado (**Figura VI.4-2**). Caso o novo valor esteja fora do previsto, informações adicionais precisam ser incorporadas. Tal abordagem é o princípio dos programas de monitoramento adaptativo (Iacono et al. 2010), que reduz custos e melhora a compreensão do sistema. Essa mesma abordagem pode ser utilizada para construir um programa de monitoramento de aprendizado de máquina de longo prazo (Fonseca e Vieira, 2022). Para efetividade desta abordagem, um ponto crítico a ser considerado é o estabelecimento dos limites de mudança que serão tolerados (Johnson, 2013). Como ponto de partida pode-se usar os resultados preditos dos 10 melhores modelos e destes valores calcular os limites inferiores e superiores (ou seja, 2,5% e 97,5%, quantis). O uso de quantis, em vez de intervalos de confiança, é recomendado porque este último assume uma distribuição normal da variância em cada célula da grade, o que não ocorre em grandes conjuntos de dados multidisciplinares. Ressalta-se que essa faixa de tolerância deve ser avaliada de acordo com os objetivos do programa (Fidler et al., 2006).

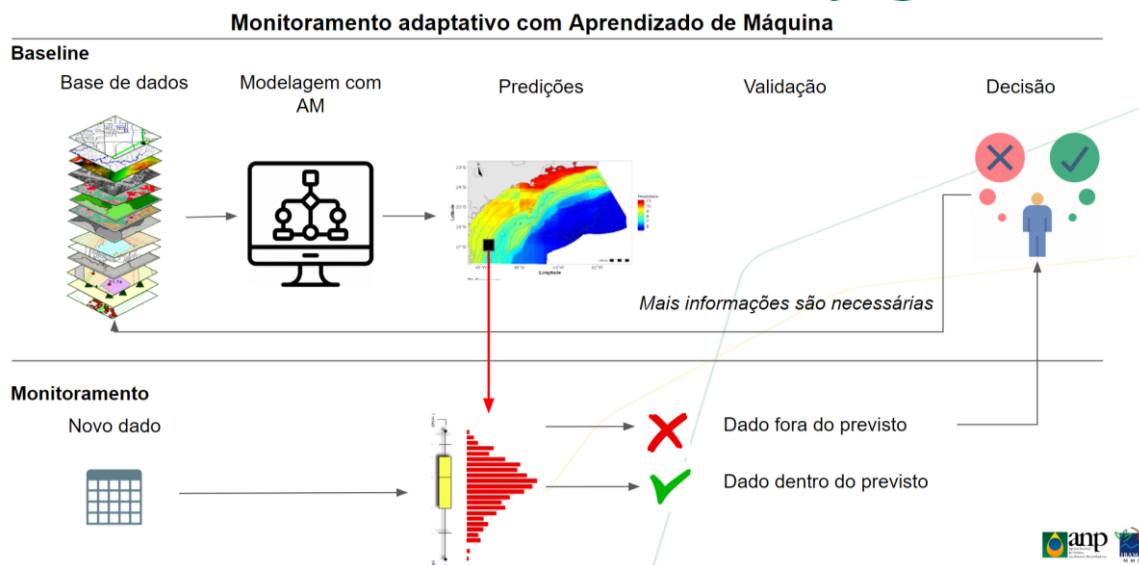


Figura VI.4-2: Fluxograma mostrando as etapas de uma proposta de monitoramento adaptativo baseado em aprendizado de máquina (AM) que integra os conhecimentos adquiridos “baseline” e a coleta de novos dados no monitoramento.

VI.5 Conclusão

A meiofauna da Bacia de Santos compartilha muitas semelhanças com a meiofauna de outras bacias na margem continental brasileira e também com outras regiões do mundo, principalmente em relação a composição e riqueza de gêneros de Nematoda encontrados na plataforma e no talude. Com relação à distribuição espacial, a meiofauna da Bacia de Santos está organizada em um mosaico de 7 zonas bentônicas. Cinco zonas estão localizadas na plataforma continental, que se mostrou mais heterogênea. Na plataforma continental interna, os dados de gênero de Nematoda destacaram uma “Zona Costeira” descontínua que percorre a isóbata de 25 m e é caracterizada por baixas concentrações de fitopigmentos e baixa qualidade da matéria orgânica bem como pela presença de grupos taxonômicos típicos de regiões rasas e do entremarés. Duas das zonas mais produtivas estão ao longo da plataforma continental média sob influência da ressurgência de Cabo Frio (setor norte) e águas ricas em nutrientes da pluma do rio da Prata (setor sul), e foram caracterizadas por maior abundância de meiofauna e riqueza de táxons. Essas

duas zonas são separadas pela zona menos produtiva da plataforma continental central, que apresentou baixas densidades da meiofauna, com a presença de duas associações de Nematoda distintas. Uma quinta zona, com densidades de meiofauna muito baixas, corresponde aos sedimentos carbonáticos da quebra de plataforma. O talude continental superior é uma zona estreita que segue ao longo de toda a bacia, com densidades intermediárias e riqueza taxonômica aparentemente sustentada por pequenas quantidades de carbono orgânico de alta qualidade. Por fim, a zona do Talude Inferior e Platô apresenta baixas concentrações de fitopigmentos e altas concentrações de carbonatos no sedimento, que se reflete em baixas densidades e riqueza da meiofauna. Muito importante destacar que dentre todas as zonas, somente a zona costeira e a zona da Plataforma Continental Central apresentaram variação temporal. Para fins de monitoramento, o estudo demonstrou que cada zona possui um conjunto de variáveis da fauna específico, o que implica que os indicadores da meiofauna devem ser monitorados concomitantemente. Além disso, os resultados dos modelos de aprendizado de máquina mostraram que 25 variáveis ambientais, em conjunto com variáveis geográficas, foram suficientes para obter previsões precisas. Esses resultados podem auxiliar na otimização de futuros programas de monitoramento no que diz respeito à cobertura e frequência amostrais e variáveis ambientais necessárias para reduzir custos e aumentar nossa compreensão sobre o sistema. Preferencialmente, o programa de monitoramento a ser implementado deve ser adaptativo, baseado em algoritmos de aprendizado de longo prazo.

VI.6 Referências bibliográficas

- ANP. 2021. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2021. In: **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes>. Acesso em: 10/11/2022.
- Arasaki, E., Muniz, P. & Pires-Vanin, A. M. S. 2004. A functional analysis of the benthic macrofauna of the São Sebastião Channel (southeastern Brazil). **Marine Ecology**, 25, 4, 249-263. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2004.00032.x>
- Argeiro, M. C. C. 2009. Os Nematoda da plataforma continental da região sudeste brasileira sob a influência da Água Central do Atlântico Sul: Cabo Frio (RJ) e Ubatuba (SP). **Master's dissertation. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**. DOI: 10.11606/D.21.2009.tde-05082011-105858
- Bianchelli, S.; Danovaro R. 2019. Meiofaunal biodiversity in submarine canyons of the Mediterranean Sea: A meta-analysis. **Progress in Oceanography**, 170: 69 – 80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.10.018>
- Brandini, F. P., Tura, P. M. & Santos, P. P. G. M. 2018. Ecosystem responses to biogeochemical fronts in the South Brazil Bight. **Progress in Oceanography**, 164, 52-62. DOI:10.1016/j.pocean.2018.04.012
- Campanyà-Llovet, N., Snelgrove, P. V. R. & Parrish, C. C. 2017. Rethinking the importance of food quality in marine benthic food webs. **Oceanography**, 156, 240-251. DOI: 10.1016/j.pocean.2017.07.006
- Carreira, R. S., Canuel, E. A., Macko, S. A., Lopes, M. B., Luz, L. G. & Jasmim, L. N. 2012. On the accumulation of organic matter on the southeastern Brazilian continental shelf: a case study based on a sediment core from the shelf off Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Oceanography**, 60, 1, 75-87.
- Carreira, R. S., Lazzari, L., Ceccopieri, M., Rozo, L., Martins, D., Fonseca, G., Vieira, D. C., & Massone, C. G. 2022. Sedimentary provinces of organic matter accumulation in the Santos Basin, SW Atlantic: insights from multiple bulk proxies and machine learning analysis. **Ocean and Coastal Research** - submitted May 2022.
- Carugati, L.; Martire, M. Lo; Danovaro, R. 2019. Patterns and drivers of meiofaunal assemblages in the canyons Polcevera and Bisagno of the Ligurian Sea (NW Mediterranean Sea). **Progress in Oceanography**, 175: 81-91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2019.03.010>
- Castro, B. M., Miranda, L. B., Myao, S. Y. 1987. Considerações hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, 35,

135–151.

- Castro, B. M., Lorenzetti, J. A., Silveira, I. C. A. & Miranda, L. B. 2006. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**. [S.l.]: EDUSP, cap. 1, p.11-120.
- Cisterna-Céliz, J. A.; Marcelino-Barros, M.; Herguera, J.C.; Rocha-Olivares, A. 2019. Metacommunity analysis of meiobenthos of deep-sea sediments from the Gulf of Mexico. **Marine Biodiversity**, 49:1217–1231. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12526-018-0899-0>
- Coelho-Souza, S. A., López, M.S., Guimarães, J. R. D., Coutinho, R., Candella, R. N. 2012. Biophysical interactions in the Cabo Frio upwelling system, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, 60, 353–365
- Cook, C.; Paxton, J. (Ed.). **European political facts of the twentieth century**. Springer, 2000. p 480.
- COLBIO-IOUSP (Coleção Biológica Prof. Edmundo F. Nonato). 2022. Disponível em: <https://www.io.usp.br/index.php/infraestrutura/museu-oceanografico/40-portugues/infraestrutura/laboratorios/509-colecao-biologica-prof-edmundo-f-nonato.html>. Acesso em: 15/03/2022.
- Corbisier, T. N. 1993. Meiofauna da plataforma continental interna do litoral norte de São Paulo - verão/89. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**. 10: 123-135.
- Corbisier T.N., De Sousa E.C.P.M. And Eichler B.B. 1997. Distribuição espacial do meiobentos e do microfítobentos na Enseada do Flamengo, Ubatuba, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** 57: 109–119.
- Corbisier, T.N.; Moellmann, A. M. & Curvelo, R.R. 2008. Meiofauna. In: Pires-Vanin, A.M. ed. **Oceanografia de um Ecossistema Tropical: Plataforma Interna de São Sebastião. Parte IV – Sistema Bêntico**. EDUSP, São Paulo, pp 351-367.
- Corbisier, T. N., Petti, M. A. V., Soares, L. S. H., Muto, E. Y., Bromberg, S. & Valiela, I. 2014. Trophic structure of benthic communities in the Cabo Frio upwelling system (southeastern Brazilian shelf): a temporal study using stable isotopic analysis. **Marine Ecology Progress Series** 512: 23 -38.
- Curvelo, R. R. 2003. Variação da estrutura e distribuição da meiofauna na enseada de Pincinguaba, Ubatuba, SP. **Tese (Doutorado) Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**. p 145.
- DANOVARO, R., DINET, A., DUINEVELD, G., TSELEPIDES, A. 1999. Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions–Catalan Sea (western-Mediterranean) and the Cretan Sea (eastern-Mediterranean). **Progress in Oceanography**, 44, 1–3, 287-312. doi:10.1016/S0079-6611(99)00030-0.

- Danovaro, R., Dell'anno, A. & Pusceddu, A. 2004. Biodiversity response to climate change in a warm deep sea. **Ecology letters**, 7, 9, 821-828. doi:10.1111/j.1461-0248.2004.00634.
- Danovaro, R., Gambi, C., Lampadariou, N., Tselepides, A. 2008 Deep-sea nematode biodiversity in the Mediterranean basin: testing for longitudinal, bathymetric and energetic gradients. **Ecography**, 31, 231– 244. doi:10.1111/j.0906-7590.2008.5484.
- Dalto, A G; Albuquerque, E F. 2000. Meiofauna distribution in a tropical estuary of the south-western atlantic (Brazil). **Vie et Milieu / Life & Environment, Observatoire Océanologique - Laboratoire Arago**, p.151-162.
- De Grisse, A. 1965. A labour-saving method for fixing and transferring eelworms to anhydrous glycerin. LandHogesch. OpzoekStns - Leerstoel Dierk., Gent: 4 p.
- De Leo, F. C. & Pires-Vanin, A. M. S. 2006. Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: a comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. **Journal of Marine Systems**, 60, 268–284.
- De Souza, R. B. & Robinson, I. S. 2004. Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current. **Continental Shelf Research**, 24, 2, 241-262. DOI: 10.1016/j.csr.2003.10.001.
- De Troch, M., Steinarsdóttir, M. B., Chepurnov, V. & Ólafsson, E. 2005. Grazing on diatoms by harpacticoid copepods: species-specific density-dependent uptake and microbial gardening. **Aquatic Microbial Ecology**, 39, 135-144. DOI:10.3354/ame039135
- Dominguez, J. M. L., Silva, R. P., Nunes, A. S. & Freire, A. F. M. 2013. The narrow, shallow, low-accommodation shelf of central Brazil: Sedimentology, evolution, and human uses. **Geomorphology**, 203, 46-59. DOI:10.1016/j.geomorph.2013.07.004.
- Dos Santos, G. A. P., Neres, P. F., Vazquez, Y. V. & Esteves, A. M. 2016. Associações de Nematoda no talude continental. **Petrobras/Cenpes, Rio de Janeiro. Relatório Técnico**. p 39.
- Dos Santos, G. A. P., Silva, A. C., Esteves, A. M., Ribeiro-Ferreira, V. P., Neres, P. F., Valdes, Y. & Ingels, J. 2020. Testing bathymetric and regional patterns in the southwest Atlantic deep sea using infaunal diversity, structure, and function. **Diversity**, 12, 485. doi:10.3390/d12120485
- Dottori, M, Sasaki, D. K., Silva, D. A., Giovannino, S. R., Pinto, A. P., Gnamah, M., Santos, A. D., Silveira, I. C. A., Belo, W. C., Martins, R. P. & Moreira, D. L. 2022. Hydrographic structure of the continental shelf in Santos Basin and its causes: The SANAGU and SANSED campaigns (2019). **Ocean and Coastal Research**, submitted May 2022.
- Esteves, A.M., Neres, P.F., Silva, M.C., Lima, R.C.C., Lira, V.F., Fonsêca-Genevois, V. Meiofauna da plataforma continental da Bacia de Campos, com ênfase em Nematoda. 2017. In: Falcão, A.P.C., Lavrado, H.P.,

- editoras. **Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats**, v. 3. p. 145-181.
- Figueiredo, R., A. G., Carneiro, J. C., Santos Filho, J. R., Cecilio, A. B., Rocha, G. J., Santos, S. T. V., Oliveira, A. S., Ferreira, F. & Luz, M. R. 2022. Sedimentary processes as a set-up conditions for living benthic communities in Santos Basin, Brazil. **Ocean and Coastal Research**, submitted May 2022.
- Fonseca, G., Soltwedel, T., Vanreusel, A. & Lindegarth, M. 2010. Variation in nematode assemblages over multiple spatial scales and environmental conditions in Arctic deep seas. *Progress in Oceanography*, 84, 174–184. DOI: 10.1016/j.pocean.2009.11.001
- Fonseca, G., Maria, T. F., Kandravicius, N., Venekey, V., Gheller, P. F., & Gallucci, F. 2014. Testing for nematode–granulometry relationships. **Marine Biodiversity**, 44(3), 435-443. DOI: 10.1007/s12526-014-0241-4
- Fonseca, G., Fontaneto, D., & Di Domenico, M. 2018. Addressing biodiversity shortfalls in meiofauna. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 502, 26-38. DOI: 10.1016/j.jembe.2017.05.007
- Fonseca, G. & Vieira, D. 2022. Overcoming the challenges of data integration in ecosystem studies with machine learning pipelines: an example from the PCRBS. **Ocean and Coastal Research** - submitted May 2022.
- Fonseca-Genevois, V., Silva, M. C., Lira, V. F., Neres, P. F., Lima, R. C. C. & Esteves, A. M. 2017. Meiofauna do talude continental e cânions da Bacia de Campos, com ênfase em Nematoda. In: **FALCÃO, A. P. C. & LAVRADO, H. P., (eds.) Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats**, v. 3. p. 183-226.
- Fidler, F., Burgman, M. A., Cumming, G., Buttrose, R., & Thomason, N. 2006. Impact of criticism of null-hypothesis significance testing on statistical reporting practices in conservation biology. **Conservation Biology**, 20(5), 1539-1544. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2006.00525.x
- Gambi, C.; Carugati, L.; Martire, M. Lo; Danovaro, R. 2019. Biodiversity and distribution of meiofauna in the Gioia, Petrace and Dohrn Canyons (Tyrrhenian Sea). **Progress in Oceanography**, 171: 162-174.
- Giere, O. 2009. Meibenthology - The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments, Berlin, **Springer-Verlag**. doi:10.1007/978-3-540-68661-3.
- Hall, S.J. 2002. The continental shelf benthic ecosystem: current status, agents for change and future prospects. **Environment Conservation**. 29(3): 350-374. DOI: 10.1017/S0376892902000243
- Heip, C.H.R.; Vincx, M.; Vranken, G. 1985. The ecology of marine nematodes. In: **Barnes, H.B. et al. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 23. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, 23: pp. 399-

- Iacono, M., Romano, E., & Marrone, S. 2010. Adaptive monitoring of marine disasters with intelligent mobile sensor networks. In: **2010 IEEE Workshop on Environmental Energy and Structural Monitoring Systems**, 38-45.
- Ingels, J., Vanreusel, A., Pape, E., Pasotti, F., Macheriotou, L., Arbizu, P. M., et al. 2021. Ecological variables for deep-ocean monitoring must include microbiota and meiofauna for effective conservation. **Nature Ecology and Evolution**, 5, 27–29. DOI:10.1038/s41559-020-01335-6
- Johnson, C. J. 2013. Identifying ecological thresholds for regulating human activity: Effective conservation or wishful thinking? **Biological Conservation**, 168, 57-65. DOI: 10.1016/j.biocon.2013.09.012
- Kennedy, A. D. & Jacoby, C. A. 1999. Biological indicators of marine environmental health: meiofauna – a neglected benthic component? **Environmental Monitoring and Assessment**, 54, 47–68.
- Korpinen, S. & Andersen, J. H. 2016. A global review of cumulative pressure and impact assessments in marine environments. **Marine Science**, 3, 153. DOI: 10.3389/fmars.2016.00153
- Lamshead, P. J. D., Tietjen, J., Ferrero, T. & Jensen, P. 2000. Latitudinal diversity gradients in the deep sea with special reference to North Atlantic nematodes. **Marine Ecology Progress Series**, 194,159–167. DOI:10.3354/meps194159
- Lampadariou, N.; Eleftheriou, A. 2018. Seasonal dynamics of meiofauna from the oligotrophic continental shelf of Crete (Aegean Sea, eastern Mediterranean). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 502: 91-104. DOI: 10.1016/j.jembe.2017.12.014
- LANDERS, S. C., BASSHAM, R. D., MILLER, J. M., INGELS, J. SÁNCHEZ, N. & SØRENSEN, M. V. 2020. Kinorhynch communities from Alabama coastal waters. **Marine Biology Research**, 16, 6-7, 494-504. doi: 10.1080/17451000.2020.1789660
- LEGENDRE, P., & GALLAGHER, E. D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia**, 129(2), 271-280. DOI: 10.1007/s004420100716
- LESLIE, H. M., & MCLEOD, K. L. 2007. Confronting the challenges of implementing marine ecosystem-based management. **Ecology and the Environment**, 5(10), 540-548.
- Lins, L.; Leliaert, F.; Riehl, T.; Ramalho, S.P.; Cordova, E.A.; Esteves, A.M.; Vanreusel, A. (2017). Evaluating environmental drivers of spatial variability in free-living nematode assemblages along the Portuguese margin. **Biogeosciences**, 14: 651–669.
- LONG, R. D., CHARLES, A., & STEPHENSON, R. L. 2015. Key principles of marine ecosystem-based management. **Marine Policy**, 57, 53-60. DOI:

10.1016/j.marpol.2015.01.013

- MAHIQUES, M. M., MISHIMA, Y., RODRIGUES, M. Characteristics of the sedimentary organic matter on the inner and middle continental shelf between Guanabara Bay and São Francisco do Sul, southeastern Brazilian margin. **Continental Shelf Research**, v. 19, n. 6, p. 775-798, 1999. DOI: 10.1016/S0278-4343(98)00105-8
- MAHIQUES, M. M., TESSLER, M. G., CIOTTI, A. M., SILVEIRA, I. C. A., SOUSA, S. H. M., FIGUEIRA, R. C. L., TASSINARI, C. C. G., FURTADO, V. V. & PASSOS, R. F. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. **Continental Shelf Research**, 24, 1685-1697. DOI:10.1016/j.csr.2004.05.013
- Mahiques, M. M., Violante, R., Franco-Fraguas, P., Burone, L., Rocha, C.B., Ortega, L., Dos Santos, R.F., Kim, B.S.S.M., Figueira, R.C.L., Bicego, M.C. 2021. Control of oceanic circulation on sediment distribution in the southwestern Atlantic margin (23 to 55° S). **Ocean Science**, 17, 1213–1229. DOI: 10.5194/os-17-1213-2021
- Mascart, T., Lepoint, G. & De Troch, M. 2013. Meiofauna and harpacticoid copepods in different habitats of a Mediterranean seagrass meadow. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 93(6), 1557–1566. doi:10.1017/S0025315413000222.
- Mcmahon, R., Taveras, Z., Neubert, P., Harvey, H.R. 2021. Organic biomarkers and Meiofauna diversity reflect distinct carbon sources to sediments transecting the Mackenzie continental shelf. **Continental Shelf Research**, 220: 104406. DOI: 10.1016/j.csr.2021.104406
- Miljutin, D. M., Miljutina, M. A., Arbizu, P. M. & Galeron, J. 2011. Deep-sea nematode assemblage has not recovered 26 years after experimental mining of polymetallic nodules (Clarion-Clipperton Fracture Zone, Tropical Eastern Pacific). **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 58, 885–897. DOI:10.1016/j.dsr.2011.06.003
- Mohamed, H. S., Muthumbi, A., Githaiga, J. & Okondo, J. 2018. Sediment macro- and meiobenthic fauna distribution along the Kenyan continental shelf. **Western Indian Ocean Journal of Marine Science**, 17, 103-116. DOI:10.4314/wiojms.v17i2.9
- Moellmann, A. M.; Corbisier, T. N.; Curvelo, R. R. 2001. Variação espacial entre verão e inverno da meiofauna do Canal de São Sebastião - SP. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 49, p. 75-85.
- Moens, T., Braeckman, U., Derycke, S., Fonseca, G., Gallucci, F., Gingold, R., Guillini, K., Ingels, J., Leduc, D., Vanaverbeke, J., Van Colen, C., Vanreusel, A. & Vincx, M. 2013. Ecology of free-living marine nematodes. In: **Schmidt-Rhaesa, A. (eds.) Handbook of Zoology** (pp.109-152) De Gruyter. DOI:10.1515/9783110274257.109
- Möller, O. O., Piola, A. R., Freitas, A. C., & Campos, E. J. D. 2008. The effects

- of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, 28, 1607-1624. DOI: 10.1016/j.csr.2008.03.012
- Montagna, P. A., Baguley, J. G., Cooksey, C., Hartwell, I., Hyde, L. J., Hyland, J. L., Kalke, R. D., Kracker, L. M., Reuscher, M. & Rhodes, A. C. E. 2013. Deep-Sea Benthic Footprint of the Deepwater Horizon Blowout. **PLoS One**, 8 (8). DOI:10.1371/journal.pone.0070540.
- Moreira, D. L., Marcon, E. H., Toledo, R. G. A., Bonecker, A. C. T., ET AL. 2022. Multidisciplinary Scientific Cruises for Environmental Characterization in the Santos Basin. **Ocean and Coastal Research - submitted May 2022**.
- Moreno, M., Semprucci, F., Vezzulli, L., Balsamo, M., Fabiano, M. & Albertelli, G. 2011. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems. **Ecological Indicators** 11 (2011) 328–336. DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.05.011
- NEMYS. 2022. Nemys: World Database of Nematodes. In: <https://nemys.ugent.be> on 2022-11-14. Acessado em: 10/03/2022. DOI:10.14284/366
- Netto, S. A., Gallucci, F. & Fonseca, G. F. C. 2005. Meiofauna communities of continental slope and deep-sea sites off SE Brazil. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 52, 5, 845-859. doi: 10.1016/j.dsr.2004.11.009.
- Netto S. A., Gallucci, F. & Fonseca, G. 2009. Deep-sea meiofauna response to synthetic-based drilling mud discharge off SE Brazil. **Deep-Sea Research II**, 56, 41-49. DOI: 10.1016/j.dsr2.2008.08.018
- Nichols, J. D. & Williams, B.K. 2006. Monitoring for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, 21, 12, 668-673. DOI: 10.1016/J.Tree.2006.08.007
- Perez, J. A. A., Abreu, J. G. N., Lima, A. O. S., Silva, M. A. C., Souza, L. H. P. & Bernardino, A. F. 2020. Living and non-living resources in Brazilian deep waters. In: **SUMIDA, P. Y. G., BERNARDINO, A. F. & DE LÉO, F. C. (eds) Brazilian Deep-Sea Biodiversity. Brazilian Marine Biodiversity. Springer, Cham.** DOI: 10.1007/978-3-030-53222-2_8
- PETROBRAS. 2013. **Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC/Habitats)**. Ambiente bentônico. Volume 5.
- Pinto, T. K., Rocha, E. M., Ferreira, R. C., Silva, M. C. & Guilherme, B. C. 2018. Meiofauna na Plataforma Continental de Sergipe e Sul de Alagoas. In: **CARNEIRO, M. E. R & ARGUELHO, M. L. P. M. (eds.) (p. 250-276)**. Plataforma Continental de Sergipe e Alagoas: Geoquímica e Comunidade Bêntica. Brazil, ES: Editora UFS.
- Piola, A. R., Campos E. J. & Möller, O. O. 2000. Subtropical shelf front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research Oceans**, 105(C3), 6565–6578. DOI: 10.1029/1999JC000300

- Piola, A. R., Moller, O. O., Guerrero, R. A., & Campos, E. J. 2005. The Subtropical Shelf Front of Eastern South America: Winter 2003 and Summer 2004. In: **AGU Spring Meeting Abstracts**. p. OS21A-02.
- Pires-Vanin, A.M.S; Corbisier, T.N; Arasaki, E. & Moellmann, A.M. 1997. Composição e distribuição espaço-temporal da fauna bêntica no Canal de São Sebastião. *Relat. téc. Inst. oceanogr.*, 41:29-46.
- Pruski, A. M., Rzeznik-Orignac, J., Kerhervé, P., Vétion, G., Bourgeois, S., Peru, E., Brosset, P., Toussaint, F. & Rabouille, C. 2021. Dynamic of organic matter and meiofaunal community on a river-dominated shelf (Rhône prodelta, NW Mediterranean Sea): Responses to river regime. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 253, 107274. DOI:10.1016/j.ecss.2021.107274.
- Reuscher, M. G., Baguley, J. G., Conrad-Forrest, N., Cooksey, C., Hyland, J. L., Lewis, C., Montagna, P. A., Ricker, R. W., Rohal, M. & Washburn, T. 2017. Temporal patterns of Deepwater Horizon impacts on the benthic infauna of the northern Gulf of Mexico continental slope. **PLoS One**, 12 (6). DOI:10.1371/journal.pone. 0179923.
- Rex, M. A., Etter, R. J., Morris, J. S., McClain, C.R., Johnson, N.A., Stuart, C.T., Deming, J.W., Thies, R. & Avery, R. 2006. Global bathymetric patterns of standing stock and body size in the deep-sea benthos. **Marine Ecology Progress Series**, 317, 1–8. DOI:10.3354/meps317001
- Ridall, A. & Ingels, J. 2021. Suitability of free-living marine nematodes as bioindicators: Status and future considerations. **Frontiers Marine Science**, 8: 685327. DOI:10.3389/ fmars.2021.685327.
- Rohal, M.; Barrera, N., Escobar-Briones, E., Brooks, G., David Hollander, D., Larson, R., Montagna, P. A., Pryor, M., Romero, I. C. & Schwing, P. 2020. How quickly will the offshore ecosystem recover from the 2010 Deepwater Horizon oil spill? Lessons learned from the 1979 Ixtoc-1 oil well blowout. **Ecological Indicators**, 117, 106593. DOI: 10.1016/j.ecolind.2020.106593
- Rosli, N.; Leduc, D.; Rowden, A.A.; Clark, M.R.; Probert, P.K.; Berkenbusch, K.; Neira, C. 2016. Differences in meiofauna communities with sediment depth are greater than habitat effects on the New Zealand continental margin: implications for vulnerability to anthropogenic disturbance. **PeerJ**, 4:e2154. DOI: 10.7717/peerj.2154
- Sajan, S.; Joydas, T.V.; Damodaran, R. 2010a. Meiofauna of the western continental shelf of India, Arabian Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 86: 665-674. DOI: 10.1016/j.ecss.2009.11.034
- Sajan, S.; Joydas, T.V.; Damodaran, R. 2010b. Depth-related patterns of meiofauna on the Indian continental shelf are conserved at reduced taxonomic resolution. **Hydrobiologia**, 652:39–47. DOI: 10.1007/s10750-010-0314-8
- Sautya, S., Gaikwad, S., Khokher, S., Pradhan, U. K., Chatterjee, S., Choudhury,

- A., Sahun, B. & Attri, S. 2021. Distribution pattern of the benthic meiofaunal community along the depth gradient of the Western Indian continental margin, including the OMZ and abyssal plain. **Frontiers in Marine Science**, 8, 671444. DOI: 10.3389/fmars.2021.67144
- Silva, J. Da. 1996. Meiofauna da Enseada do Flamengo, Ubatuba- SP. Dissertação de Mestrado. **Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**. p 110.
- Schratzberger, M., & Ingels, J. 2018. Meiofauna matters: the roles of meiofauna in benthic ecosystems. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 502, 12-25. DOI: 10.1016/j.jembe.2017.01.007
- Schratzberger, M., Lampadariou, N., Somerfield, P. J., Vandepitte, L., & Vanden Berghe, E. (2009). The impact of seabed disturbance on nematode communities: linking field and laboratory observations. **Marine Biology**, 156(4), 709-724. DOI: 10.1007/s00227-008-1122-9
- Schratzberger, M. & Jennings, S. 2002. Impacts of chronic trawling disturbance on meiofaunal communities. **Marine Biology**, 141, 991-1000. doi:10.1007/s00227-002-0895-5.
- Schmidt-Rhaesa, A. 2013. Gastrotricha, Cycloneuralia and Gnathifera. **De Gruyter**. DOI: 10.1515/9783110274271
- Schmidt, C. & Martínez Arbizu, P. 2015. Unexpectedly higher metazoan meiofauna abundances in the Kuril–Kamchatka Trench compared to the adjacent abyssal plains. **Deep-Sea Research II Top Studies in Oceanography**, 111, 60–75. DOI:10.1016/j.dsr2.2014.08.019.
- Soetaert, K., Vincx, M., Wittoeck J., Tulkens M. 1995. Meiobenthic distribution and nematode community structure in five European estuaries. **Hydrobiologia** 311,185–206. DOI: 10.1007/BF00008580
- Soltwedel, T. 2000 Metazoan meiobenthos along continental margins: a review. **Progress in Oceanography**, 46, 59–84. DOI:10.1016/s0079-6611(00)00030-6
- Somerfield, P. J., Warwick, R. M. & Moens, T. 2005. Meiofauna techniques. In: **ELEFTHERIOU, E. & MCINTYRE, A.** Methods for the Study of Marine Benthos. Oxford, UK: Blackwell Science. 229–272.
- Sumida, P. Y. G., Yoshinaga, M. Y., Ciotti, A. M. & Gaeta, S. A. 2005. Benthic response to upwelling events off the SE Brazilian coast. **Marine Ecology Progress Series**, 20, 35-42. DOI: 10.3354/meps291035
- Sumida, P. Y. G., Pellizari, V. H., Lourenço, R. A., Signori, C. N., Bendia, A. G., Carrerette, O., Nakamura, F. M., Ramos, R. B.1, Bergamo, G., Souza, B. H. M., Butarelli, A. C. A., Passos, J. G., Dias, R.Vj. S., Maly, M., Banha, T. N. S., Güth, A. Z. ,1, Soares, L. F., Perugino, P. D. N., Santos, F. R., Santana, F. R., Mahiques, M.M. 2022. Seep hunting in the Santos Basin, Southwest Atlantic: sampling strategy and employed methods of the multidisciplinary cruise BIOIL 1. **Ocean and Coastal Research**, 70 (suppl 2): e22031. DOI:10.1590/2675-2824070.22077pygs

- Suess, E. 1980. Particulate organic fluxes in the oceans — surface productivity and oxygen utilization. **Nature**, 288, 260–263. DOI: 10.1038/288260a0
- Snelgrove, P.V.R. 1999. Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats: ocean bottoms are the most widespread habitat on earth and support high biodiversity and key ecosystem services. **BioScience**, v. 49, n. 2, p. 129-138. DOI: <https://doi.org/10.2307/1313538>
- Snelgrove, P.V.R. 1997. The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes. **Ambio**, p. 578-583.
- Turra, P. M. & Brandini, F. P. 2020. Nutrients and particulate organic matter dynamics in the outer-shelf of the South Brazil Bight: Two distinct scenarios during summer 2013. **Regional Studies in Marine Science**, 37, 101345. doi:10.1016/j.rsma.2020.101345
- Tchesunov, A., Jeong, R., & Lee, W. (2020). Two new marine free-living nematodes from Jeju Island together with a review of the genus *Gammanema* Cobb 1920 (Nematoda, Chromadorida, Selachinematidae). **Diversity**, 12(1), 19. DOI: 10.3390/d12010019
- Urban-Malinga, B. 2014. Meiobenthos in marine coastal sediments. **Geological Society of London**, 388, 59-78. doi:10.1144/SP388.9
- Vanreusel, A.; Fonseca, G.; Danovaro, R.; Da Silva, M.C.; Esteves, A.M.; Ferrero, T.; Gad, G.; Galtsova, V.; Gambi, C.; Genevois, V.D.; et al. 2010. The contribution of deep-sea macrohabitat heterogeneity to global nematode diversity. **Marine Ecology**, 31, 6–20. DOI: 10.1111/j.1439-0485.2009.00352.x
- Veit -Kohler, G., Durst, S., Schuckenbrock, J., Hauquier, F., Suja, L. D., Dorschel, B., Vanreusel, A. & Arbizu, P. M. 2018. Oceanographic and topographic conditions structure benthic meiofauna communities in the Weddell Sea, Bransfield Strait and Drake Passage (Antarctic). **Progress in Oceanography**, 162, 240 -256. DOI: 10.1016/j.pocean.2018.03.005.
- Venekey, V.; Fonseca-Genevois, V.; Santos, P.J.P. 2010. Biodiversity of free-living marine nematodes on the coast of Brazil: a review. **Zootaxa** 2568: 39–66.
- Venekey, V.; Braga, C. F.; Lira, V. F.; Lisboa, V. B.; Barros, D. F.; Silva, R. F. 2016. Nematofauna da plataforma continental da Bacia do Espírito Santo. **Petrobras/Cenpes, Rio de Janeiro. Relatório Técnico**, 37 p.
- Vieira, D. C. & Fonseca, G. 2022. iMESc: An Interactive Machine Learning App for Environmental Science. DOI:10.5281/zenodo.6484391
- Vincx, M.; Bett, B.J.; Dinot, A.; Ferrero, T.; Gooday, A.J.; Lambshead, P.J.D.; Pfannkuche, O.; T. Soltwedel, T.; Vanreusel, A. 1994. Meiobenthos of the Deep Northeast Atlantic. **Advances In Marine Biology**, 3: 1-88. DOI: 10.1016/S0065-2881(08)60061-9
- Warwick, R. M., & Clarke, K. R. 1998. Taxonomic distinctness and environmental

assessment. **Journal of Applied ecology**, 35(4), 532-543. DOI:
0.1046/j.1365-2664.1998.3540532.x

Wakeham, Stuart G., & Elizabeth A. Canuel. 2006. Degradation and preservation of organic matter in marine sediments. **Marine organic matter: biomarkers, isotopes and DNA**, 295-321.

WoRMS Editorial Board. 2022. World Register of Marine Species. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2022-11-14. DOI:10.14284/170

Yaginuma, L. E. 2010. Os Nematoda da plataforma continental ao largo do sistema estuarino de Santos. **Master's dissertation. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo**. DOI:10.11606/D.21.2011.tde-27072011-153347

Zeppilli, D., Sarrazin, J., Leduc, D., Arbizu, P. M., Fontanetto, D., Fontanier, C., Gooday, A.J., KRISTENSEN R. M., IVANENKO, V.N, SORENSEN, M. V. ET AL. 2015. Is meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts? **Marine Biodiversity**, 45: 505-535.

VI.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Fabiane Gallucci	Bióloga, Dra	Coordenadora
Thaís N. Corbisier	Bióloga, Dra	Coordenadora
Danilo Cândido Vieira	Biólogo, Dr	Bolsista pós doutorado
Paula Gheller	Bióloga, Dra	Bolsista pós doutorado
Simone Brito de Jesus	Bióloga, Bel.	Técnica
Luciana Yaginuma	Oceanógrafa, Me.	Bolsista de doutorado
Mariana Aliceda	Bióloga, Dra	Bolsista pós doutorado
William Jonhson	Biólogo, Me.	Bolsista de mestrado
Gustavo Fonseca	Bióloga, Dr.	Coordenador

VII. Macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos

*Capítulo VII
Revisão 01
Dezembro/2022*

VII.1 *Introdução*

A macrofauna bentônica é um dos compartimentos biológicos mais utilizados na avaliação da qualidade e monitoramento de ambientes marinhos. Esse grupo é composto por pequenos invertebrados (geralmente entre 0,5 mm e 2 cm) que vivem intimamente associados ao substrato, em parte ou durante todo seu ciclo de vida, influenciando na estrutura física e geoquímica do sedimento (Pearson & Rosenberg, 1978; Aller et al., 2001). Estas características fazem com que estes organismos sejam capazes de fornecer uma resposta eficiente e relativamente rápida às modificações em seu hábitat natural (Alongi, 1990; Gray & Elliot, 2009). Além disso, a macrofauna bentônica faz parte da dieta de diversas espécies de peixes e invertebrados com alto valor econômico, geralmente participando de níveis tróficos intermediários entre produtores primários (fitoplâncton e fitobentos) e predadores de topo, incluindo espécies de valor comercial como peixes (corvinas, linguados) e crustáceos como camarões, siris e caranguejos (Amaral et al, 1994).

A plataforma continental da Bacia de Santos compreende duas áreas de grande importância econômica: 1) a plataforma continental norte do Estado de São Paulo; e 2) a região de Cabo Frio, ao norte do Estado do Rio de Janeiro, onde ocorre o fenômeno de afloramento sazonal da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) próximo à costa (Valentin et al., 1987; Carbonel & Valentin, 1999; Valentin, 2001). Essa massa de água fria é bastante rica em nutrientes, favorecendo o aumento da produção primária (Moser & Giancesella-Galvão, 1997) e influenciando na qualidade e quantidade de recursos disponíveis para as comunidades bentônicas ao longo da costa sudeste (Quintana et al., 2015).

Apesar dessas características ambientais e socioeconômicas, o conhecimento sobre as características do fundo na região ainda é relativamente limitado, principalmente no que diz respeito às regiões da plataforma externa. Estudos desenvolvidos no âmbito do Programa REVIZEE (Programa de Avaliação do potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva), na década de 90, incluíram a Bacia de Santos em sua malha amostral, no trecho denominado REVIZEE Score-Sul, entre 90 e 600m de profundidade (Amaral e Rossi- Wongtschowski, 2004). Este foi o maior e mais

completo levantamento realizado até os dias de hoje na costa brasileira. Os resultados obtidos pelo REVIZEE Score-Sul demonstraram que as regiões Sudeste e Sul apresentam uma fauna bentônica rica e diversa na plataforma externa. Dentre os grupos faunísticos encontrados na região de plataforma continental entre o Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, os grupos de poliquetas, crustáceos, equinodermas, moluscos e cnidários foram bastante comuns e frequentes, sendo os dois primeiros ocorrendo em mais de 90% das estações de coleta ao longo da costa. As abundâncias e a composição da fauna encontradas neste levantamento, refletiram a heterogeneidade sedimentar característica da região ao norte (Rio de Janeiro) e uma maior homogeneidade em direção ao sul (Amaral e Rossi-Wongtschowski, 2004). De acordo com Pires-Vanin (1993) essa maior diversidade de ambientes proporciona um aumento no número de micro-habitat e, conseqüentemente, a possibilidade de um maior número de espécies encontrar local propício para se estabelecer ao longo da plataforma continental.

Embora as plataformas sul e sudeste do Brasil se estendam por até 220 km de largura (Knoppers et al., 2009), a maior concentração de estudos sobre a macrofauna bentônica está localizada nas áreas de plataforma interna, especialmente na região de Arraial do Cabo (Rio de Janeiro), devido ao fenômeno de ressurgência da ACAS (Gonçalves & Lana, 1991; Almeida & Ruta, 2000; Attolini, 2002; De Léo, 2003, Almeida et al., 2006; Gomes, 2006; Sumida et al., 2005), e no litoral norte do Estado de São Paulo (principalmente nas regiões de Ubatuba e São Sebastião, incluindo enseadas e ilhas) (Morgado, 1988; Pires-Vanin, 1992; 1993a,b; Pires-Vanin et al., 1997; Paiva, 1993; 1996; Muniz, 1996; Heitor, 1996; Arasaki, 1997; Pires-Vanin et al., 1997; Valério-Berardo et al., 2000; Amaral & Rossi-Wongtschowshi, 2004; Amaral et al., 2011). Um menor número de estudos ocorre na plataforma da região sul dos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo, além das plataformas continentais dos estados do Paraná e Santa Catarina (Lana et al., 1996; Röhr et al., 2006; Creed et al., 2007). Destacam-se ainda os estudos de macrofauna em pontos da plataforma externa, onde ocorrem bancos de algas calcáreas (rodolitos) presentes na região (De Léo, 2003).

Ao longo dos 20 anos que separam o Programa REVIZEE do PCR-BS, as atividades antrópicas se intensificaram nesta região (Valentin et al., 2018) assim

como em outras regiões costeiras brasileiras, fazendo com que projetos de caracterização da macrofauna da plataforma continental fossem realizados nas áreas de atuação da indústria do petróleo. Destacam-se os estudos já realizados nas plataformas continentais das bacias Potiguar (PETROBRAS, 2006), Sergipe-Alagoas (Guimarães et al, 2018), Espírito Santo (Lavrado et al, 2015) e Campos (Velooso et al, 2017).

Dentro desse contexto, o Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos é fundamental no sentido agregar mais ao conhecimento sobre macrofauna bentônica da região e, ao mesmo tempo, fornecer dados atuais sobre estado ambiental da plataforma continental da Bacia de Santos.

O presente estudo visa (1) caracterizar a estrutura da comunidade da macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos; (2) determinar a distribuição latitudinal e batimétrica das comunidades bentônicas; (3) identificar as principais variáveis ambientais determinantes da distribuição espacial da macrofauna e (4) verificar a variabilidade temporal dessas comunidades na região.

VII.2 Material & métodos

VII.2.1 Área de Estudo e Coleta

O Sistema bentônico da plataforma continental da Bacia de Santos foi estudado ao longo de 8 transectos (sul-norte: A-H) perpendiculares à costa e estabelecidos através de 5 isóbatas (25, 50, 75, 100 e 150 m), compreendendo um total de 40 estações. As amostragens de sedimento foram realizadas em dois períodos diferentes, sendo a Campanha 1 efetuada no período de primavera, de outubro a novembro de 2019, em duas pernadas, SANSED5 (28/10/19 a 10/11/19) e SANSED 6 (11/11/19 a 24/11/19) e a Campanha 2 no período outono, de maio a junho de 2021.

As coletas de sedimento foram realizadas com auxílio de uma mega van *Veen* modificada (dimensões: 92 x 80 x 40 cm) ou de um *box-corer* do tipo GOMEX (50 x 50 x 50 cm), de acordo com o tipo de sedimento encontrado em cada estação de amostragem (arenoso ou lamoso). Em cada estação, o sedimento foi coletado em triplicata e as amostras para análises da macrofauna

foram retiradas dos 10 primeiros centímetros do sedimento, com auxílio de 4 testemunhos metálicos quadrados (10 x 10 cm), equivalendo à 4 L (ou 0,04 m²) de sedimento por réplica, totalizando 120 amostras por campanha. A bordo, os quatro testemunhos foram acondicionados juntos e fixados com formaldeído a 4% tamponado com bórax.

VII.2.2 Processamento da macrofauna

O sedimento foi lavado em peneira de malha de 500 µm e os organismos retidos foram preservados em álcool 70%. Esta malha é frequentemente usada para amostragem de macrofauna de regiões rasas (Eleftheriou & Holme, 1984) e permite comparação com outros estudos feitos em regiões costeiras. Posteriormente, os organismos foram contados e identificados sob estereomicroscópio, ao menor nível taxonômico possível. Para os grupos mais abundantes da macrofauna (Polychaeta, Crustacea e Mollusca), a identificação foi feita inicialmente em nível de família e os espécimes foram posteriormente encaminhados a diversos especialistas para refinamento taxonômico, em nível de espécie. Apenas os moluscos com conchas intactas e partes moles foram incluídos nas análises. No presente estudo, a ordem Sipuncula foi considerada como um grupo à parte de Annelida (Polychaeta e Clitellata), para facilitar a comparação com dados pretéritos de outras regiões. A biomassa foi estimada por peso úmido usando uma balança analítica (precisão: 0,0001 g) para cada grupo, sendo que, para Mollusca, foi incluído o peso das conchas. Todos esses procedimentos foram realizados pela empresa Benthos Instituto de Pesquisa Ambiental.

VII.2.3 Análise de dados

Os dados de abundância de cada táxon, considerando toda a coluna sedimentar (0-10 cm) foram convertidas em indivíduos por metro quadrado (ind.m⁻²) e a biomassa foi estimada em gramas por peso úmido por metro quadrado (gPU.m⁻²), para fins de comparação com a literatura. No presente relatório, os dados de macrofauna utilizados foram aqueles com identificação em

nível de família, já que sua identificação é um processo muito demorado e já existem evidências de que o nível de família pode ser usado para estudos de caracterização de assembleias de macrofauna (Sallorenzo, 2013; Kokesh et al., 2022)

Para caracterizar a estrutura de comunidade, foram analisados os seguintes descritores: riqueza taxonômica (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener ($H' \log_2$), índice de equitabilidade de Pielou (J') e rarefação de Hurlbert (ES_{50}) foram calculados para cada amostra usando PRIMER 6.1.16 & Permanova+ 1.6 0.0. (Clarke & Warwick, 2001).

Para a detecção de diferenças entre transectos e campanhas ou isóbatas e campanhas, foram feitas análises de variância bifatoriais em relação aos dados de densidade, biomassa e nos descritores de comunidade. O teste de Tukey foi realizado *a posteriori* para detectar pares de médias estatisticamente diferentes. Os dados foram verificados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. A transformação logarítmica de todas as variáveis foi necessária para se atingir os pressupostos da ANOVA. Essa rotina foi realizada utilizando o *software Statsoft Statistica 8.0 for Windows*.

Para as análises multivariadas, os dados de abundância foram transformados raiz quadrada para diminuir o peso dos táxons mais abundantes. O índice de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado para a análise de ordenação de escalonamento não-métrico (nMDS), como intuito de verificar as relações das assembleias com as diferentes faixas batimétricas através do programa PRIMER 6.1.16 & Permanova+ 1.6.0. A PERMANOVA foi utilizada para se detectar diferenças estatísticas dos grupos de táxons entre as faixas batimétricas analisadas.

Uma análise não supervisionada de mapa auto-organizável com base em rede neural (SOM) (Kohonen, 1982; 2001) foi utilizada para classificar as assembleias bentônicas de forma a detectar padrões espaciais na Bacia de Santos. O SOM foi aplicado aos dados de densidade média de cada táxon, transformados em raiz quadrada, seguindo os parâmetros adaptados de Fonseca & Vieira (no prelo) na interface do aplicativo iMESc 2.1.0.1 (Vieira & Fonseca, 2022), desenvolvido para o projeto. As dimensões e formato da

topologia foram sugeridos automaticamente pelo aplicativo de acordo com Vesanto et al., (2000). A partir do treinamento dos dados utilizando-se a distância de Bray-Curtis, 1000 interações e 10 repetições foram selecionados os modelos com o menor valor de erro topográfico. Os resultados obtidos do SOM foram submetidos a um agrupamento hierárquico usando o método de ligação de Ward D2 (Murtagh & Legendre 2014) para reduzir o número de grupos.

Também para se identificar quais variáveis ambientais melhor explicariam a distribuição da macrofauna ao longo de gradientes foi realizada uma CCA (análise de correspondência canônica). Para cada campanha foi utilizada uma matriz biológica contendo os táxons mais abundantes (> 0,01%) e frequentes (> 5%), com IndVal superior a 0,03 (Dufrene & Legendre, 1997), além de uma matriz ambiental padronizada. Das variáveis ambientais geradas (249), foram selecionadas aquelas com relevância biológica. As seguintes variáveis ambientais foram utilizadas: distância da costa (km), temperatura da água (°C) teor de carbonato (%), mediana do tamanho dos grãos (*Phi*), todas as classes granulométricas (%), pigmentos no sedimento (Clorofila-*a*, Feofitina-*a*), carbono biopolimérico (CBP), lipídios (LIP), carboidratos (CHO) e proteínas (PRT), além dos biomarcadores lipídicos (Fitol, Diatomasterol, Dinosterol) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos Totais (HPA TOT). Foram mantidas na análise as variáveis com fator de inflação da variância (VIF < 5,0) (Zurr et al., 2010). O fator de inflação da variância (VIF) foi aplicado às variáveis ambientais para verificar a multicolinearidade, sendo selecionadas apenas variáveis com valores de VIF inferiores a três (Zuur et al., 2010). A análise foi realizada utilizando as matrizes: (1) abundância dos táxons de macrofauna, (2) vetores espaciais e (3) variáveis ambientais selecionadas pelo VIF (Legendre et al., 2005). Por fim, para determinar a significância estatística da relação entre a composição dos táxons e as variáveis ambientais, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) com 999 permutações da CCA a um nível de significância de 5% (Anderson, 2001). A CCA foi realizada usando o pacote Vegan 2.5-7 (Oksanen et al., 2020) no ambiente R (versão 4.1.2) com RStudio versão 2022.02.03+492 (RStudio Team, 2020) e o gráfico de dados gerado usando ggplot2 (Wickham, 2016).

Como uma forma de inovação na análise de dados da macrofauna, uma análise com o algoritmo *Random Forest* foi realizada com os dados da primeira

campanha, por ter o conjunto de dados mais completo disponível no momento da análise, de forma a verificar quais variáveis ambientais relevantes podem ser usadas como preditoras das assembleias de macrofauna. A matriz biológica e a matriz de dados abióticos, assim como as variáveis selecionadas, foram as mesmas utilizadas na CCA. Os dados foram igualmente transformados e a análise realizada na interface iMESc 2.1.0.1. Os agrupamentos obtidos com a análise do SOM foram considerados como variável para o treinamento dos dados abióticos gerando um total de 50 árvores a partir de cinco dobras e dez repetições.

VII.3 Resultados

VII.3.1 Composição taxonômica

A macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos foi representada por 240 táxons (de família a filo) (**Anexos VII-1; VII.7-5**). Os principais grupos de invertebrados encontrados foram Annelida, Crustacea e Mollusca. Desse total, Crustacea apresentou o maior número de famílias (88 famílias), das quais 69 foram de crustáceos peracáridos. O segundo grupo em número de famílias foi Mollusca com 69 famílias, seguido por Polychaeta com 53 famílias. Outros 18 grupos de invertebrados marinhos foram identificados, dentre os quais os táxons mais abundantes foram Nemertea, Sipuncula, Ophiuroidea, Cnidaria.

Em relação à abundância total, os poliquetos foram os mais abundantes (cerca de 63%), seguidos pelos crustáceos (cerca de 20%) e moluscos (entre 9 e 11%), totalizando mais de 90% da macrofauna. As famílias de poliquetos mais abundantes e frequentes nas duas campanhas foram Spionidae, Paraonidae, Cirratulidae e Capitellidae, sendo a primeira o táxon mais abundante de toda a plataforma continental com valores entre 7,5 e 10,5% do total da macrofauna (**Tabela VII.3.1-1**). Em relação aos crustáceos peracáridos, as famílias mais abundantes foram Ampeliscidae, Phoxocephalidae e Chevaliidae, todas de anfípodes, sendo que Chevaliidae, apesar de abundante, só ocorreu em apenas três estações de coleta, tanto na campanha 1 (B1, D5 e G1) como na campanha 2 (B5, D5 e E4), sendo mais abundante na estação D5. Entre os moluscos, as

famílias Chaetodermatidae (Caudofoveata), Semelidae, Thyasiridae, e Nuculidae (Bivalvia) foram as mais abundantes. A maior variação de abundância relativa entre as campanhas ocorreu nas famílias crustáceos peracáridos Chevallidae e Dyastilidae, assim como nos bivalvesc Thyasiridae, Nuculidae e Tellinidae, que apresentaram uma redução na abundância relativa durante a Campanha 2.

VII.3.2 Variação batimétrica

As maiores densidades da macrofauna total foram observadas na plataforma média, na isóbata de 75 m, tanto na Campanha 1 ($5944 \text{ ind.m}^{-2} \pm 207$) como na Campanha 2 ($6439 \text{ ind.m}^{-2} \pm 433$) (**Figuras VII.3.2-1, Anexo VII-2**). Já as menores densidades foram encontradas na plataforma interna (25 m) e na quebra da plataforma (150 m), em ambas as campanhas, sendo ligeiramente mais baixo na Campanha 2, na isóbata de 25 m ($3158 \text{ ind.m}^{-2} \pm 464$). Já biomassa média da macrofauna total foi mais elevada na isóbata de 75 m durante a Campanha 1 ($14,02 \text{ gPU.m}^{-2} \pm 3,06$) e 50 m na Campanha 2 ($20,27 \text{ gPU.m}^{-2} \pm 5,05$). Enquanto, as menores biomassas foram observadas na quebra da plataforma (150 m), em ambas as campanhas (**Figuras VII.3.2-1, Anexo VII-2**).

Tabela VII.3.1-1: Frequência de ocorrência (FO) e abundância relativa (AR) das dez principais famílias de Annelida, Crustacea e Mollusca da macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos. Crustacea: (T) Tanaidacea, (I) Isopoda. Mollusca: (B) Bivalvia, (C) Caudofoveata, (G) Gastropoda

Táxons	Campanha 1		Campanha 2	
	FO (%)	AR (%)	FO (%)	AR (%)
	N = 40	N =22019	N= 40	N =22285
Annelida		62,2		63,9
Spionidae	100,0	10,45	100,0	7,49
Paraonidae	100,0	6,73	97,5	6,47
Syllidae	85,0	4,49	87,5	6,54
Capitellidae	100,0	3,85	90,0	4,03
Cirratulidae	92,5	3,66	92,5	3,54
Onuphidae	100,0	2,99	90,0	1,65
Pilargidae	90,0	2,87	87,5	2,80
Amphinomidae	70,0	2,73	75,0	2,87
Maldanidae	80,0	2,41	72,5	3,64
Orbiniidae	97,5	2,35	92,5	2,39
Crustacea		20,6		20,2
Ampeliscidae (A)	90,0	3,32	82,5	3,43
Phoxocephalidae (A)	92,5	2,21	95,0	3,69
Chevaliidae (A)	7,5	1,71	7,5	0,81
Diastylidae (C)	55,0	1,70	40,0	0,88
Photidae (A)	67,5	1,45	65,0	1,68
Tanaellidae (T)	60,0	0,67	62,5	0,55
Aoridae (A)	35,0	0,64	30,0	0,28
Parapseudidae (T)	25,0	0,59	45,0	0,77
Bodotriidae (C)	45,0	0,57	57,5	0,26
Paranthuridae (T)	52,5	0,56	37,5	0,33
Mollusca		11,1		9,0
Chaetodermatida e (AP)	70,0	2,25	60,0	2,30
Semelidae (B)	70,0	1,67	79,0	1,11
Thyasiridae (B)	52,5	1,57	42,5	0,63
Nuculidae (B)	80,0	1,35	55,0	0,76
Tellinidae (B)	55,0	0,52	15,0	0,04
Kelliellidae (B)	27,5	0,48	27,5	0,43
Gadiliniidae (S)	30,0	0,30	27,5	0,24
Lucinidae (B)	40,0	0,27	40,0	0,16
Caecidae (G)	15,0	0,22	17,5	0,23
Corbulidae (B)	35,0	0,22	30,0	0,16

Tanto a densidade média como a biomassa, a riqueza taxonômica, assim como a diversidade e a equitabilidade variaram significativamente entre as

isóbatas da plataforma continental. Entretanto, não houve diferença significativa entre os valores de rarefação entre as isóbatas da plataforma média e externa (75, 100 e 150 m), assim como os índices de diversidade e equitabilidade foram similares entre as isóbatas de 75 e 100 m. No geral, a isóbata de 25m foi a que apresentou as maiores diferenças significativas desses parâmetros em relação ao resto da plataforma continental, apresentando as menores médias. Já a plataforma média (75 m), na Campanha 1, apresentou os maiores valores para os índices de diversidade (Shannon, Equitabilidade e índice de rarefação), diferentemente do que foi observado durante a Campanha 2, onde somente a riqueza taxonômica (S) se manteve mais elevada à 75 m, enquanto todos os outros índices foram ligeiramente mais altos na isóbata de 100 m, apesar de não significativo. Em termos temporais, não houve diferença significativa entre as campanhas para estes índices, com exceção do índice de rarefação.

Em relação aos principais grupos da macrofauna (**Figura VII.3.2-2 A-B**), Annelida ocorreu em maior densidade na isóbata de 75 m, em ambas as campanhas, enquanto Crustacea, Mollusca e os demais invertebrados (categoria “outros”) apresentaram diferenças entre as campanhas em relação à abundância. Na Campanha 1, as densidades de Crustacea foram ligeiramente maiores na isóbata de 50 m que à 75 m, enquanto Mollusca e “Outros” ocorreram em maiores densidades na plataforma externa (100 m). Já na campanha 2, estas variações não foram observadas, sendo a isóbata de 75 m aquela que apresentou as maiores densidades para cada um dos principais grupos da macrofauna.

Na análise de nMDS, as assembleias de macrofauna foram claramente ordenadas em função da batimetria (**Figura VII.3.2-3**), evidenciando que a composição e a abundância são diferentes entre as isóbatas. A PERMANOVA aplicada sobre a matriz biológica do nMDS demonstrou que somente as isóbatas de 75 e 100 m não apresentam diferenças significativas, entre si, na composição das assembleias, sendo as demais faixas significativamente diferentes. Esse mesmo resultado ocorreu na Campanha 2.

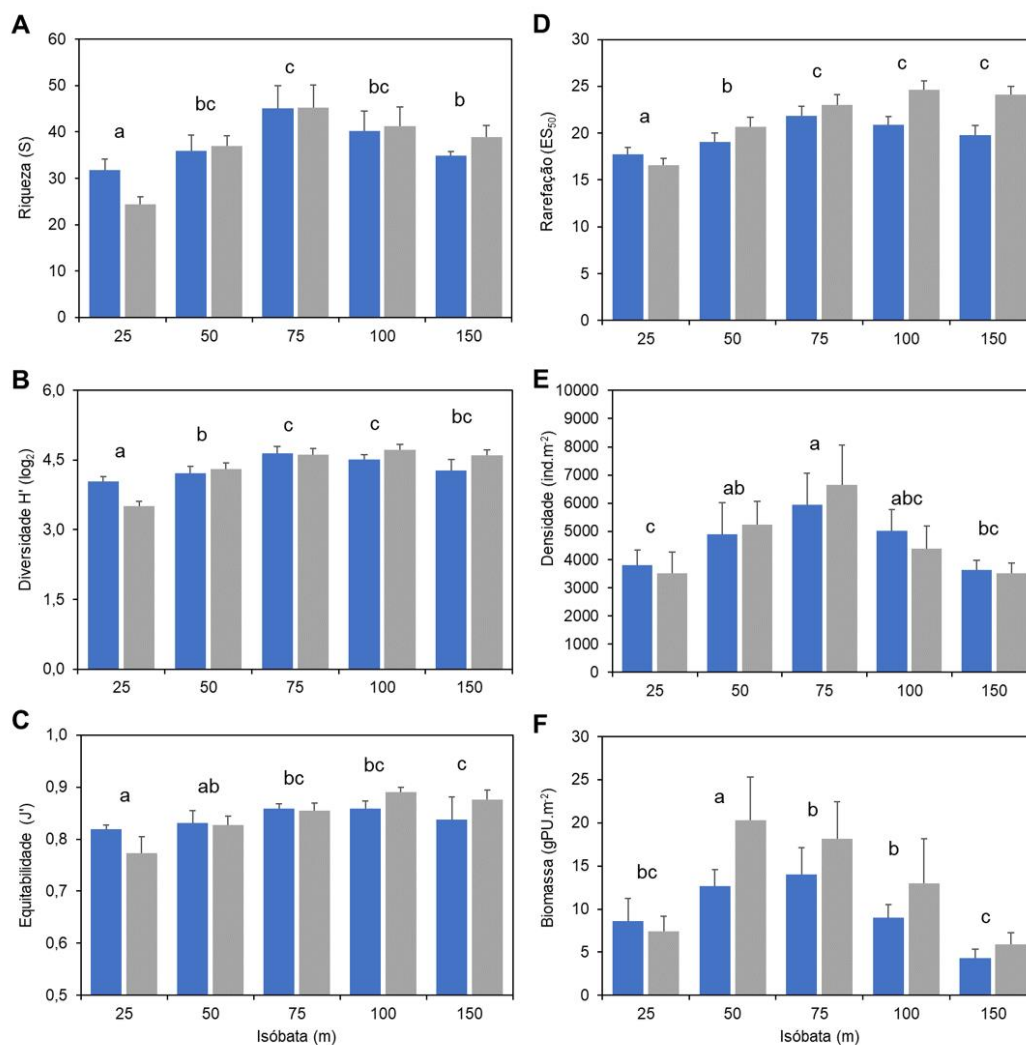


Figura VII.3.2-1: (A) Riqueza (S), (B) Diversidade de Shannon-Wiener ($H' \log_2$), (C) Equitabilidade de Pielou (J'), (D) Rarefação de Hurlbert (ES_{50}) e (E) Densidade (ind.m^{-2}) e (F) Biomassa (gPU.m^{-2}) da macrofauna bentônica da Plataforma continental (25-150 m). Campanha 1 (■), Campanha de Verão 2 (■). Valores médios + erro padrão.

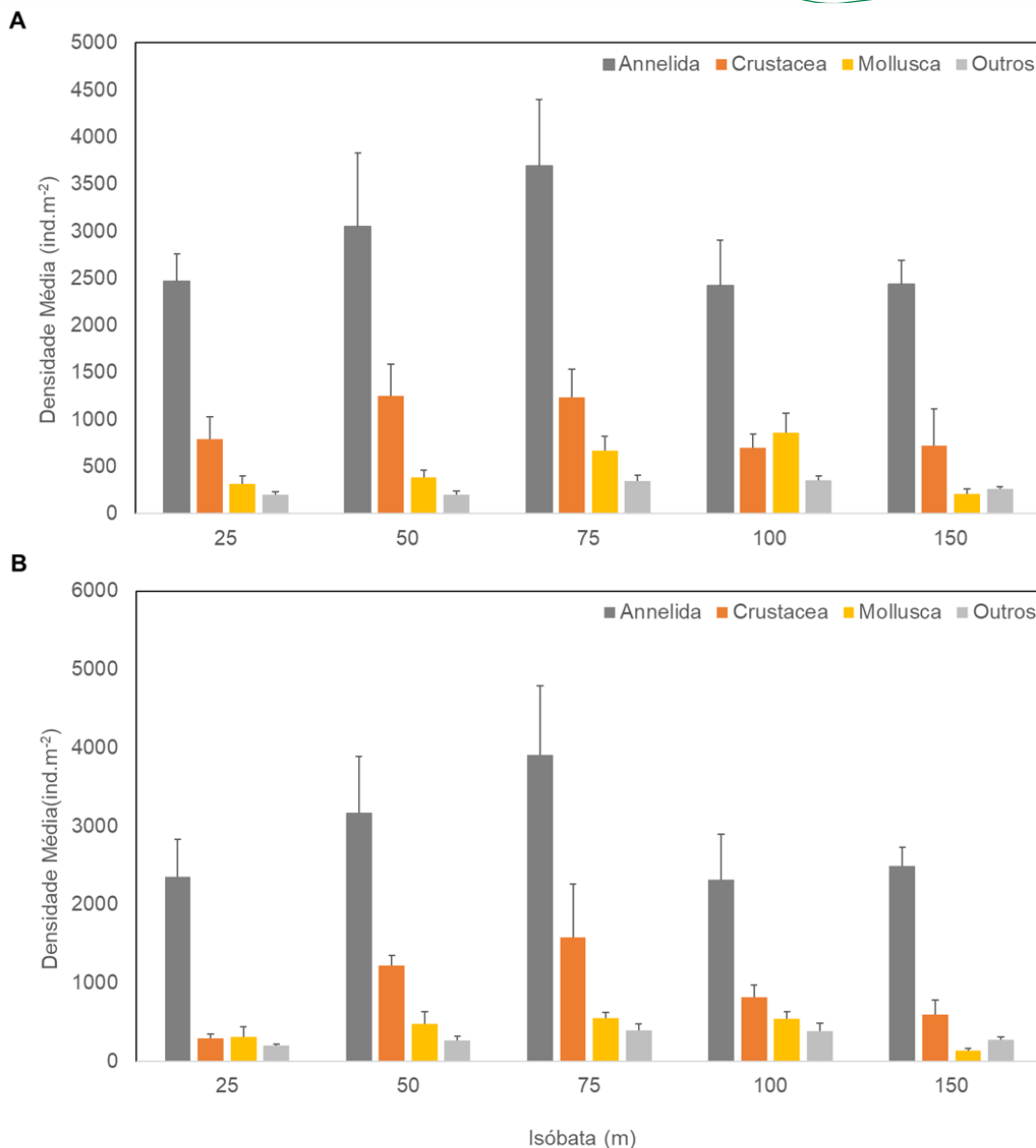


Figura VII.3.2-2: Densidade média dos principais grupos da macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos ao longo do gradiente de profundidade de 25-150 m. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2. Valores médios + erro padrão.

Em relação à plataforma interna, as estações a 25 m de profundidade se assemelharam em razão das abundâncias de Polychaeta, principalmente das famílias Spionidae, Capitellidae, Paraonidae. Já a família de anfípode Ampeliscidae acabou determinando a maior similaridade entre as estações A01 e D01, enquanto a abundância de Photidae foi mais relevante na estação E1. Nemertea também esteve presente entre os dez táxons mais abundantes e

frequentes na plataforma interna. As estações à 50 m foram marcadas pela presença de Paraonidae, assim como as estações A02 e E02 foram diferenciadas pelas contribuições de bivalves Nuculidae e anfípodes Phoxocephalidae. A família Chaetodermatidae foi frequente em mais de 80% das estações de 50 m e um dos grupos de moluscos mais abundantes (**Tabela VII.3.1-1**).

Já plataforma média-externa (75 e 100 m) foi caracterizada por dois grupos de estações, um localizado no setor nordeste da plataforma - transectos F, G e H), com maior diversidade e densidade de assembleias de macrofauna e com maiores contribuições de crustáceos e outros táxons. Por outro lado, as estações localizadas no setor sudoeste (transectos A, B e C) apresentaram as maiores abundâncias de moluscos (Chaetodermatidae, Nuculidae e Thyasiridae). As estações de quebra de plataforma (150 m) foram agrupadas devido às menores densidades de macrofauna e maiores contribuições de poliquetas da família Syllidae. As contribuições de crustáceos para as assembleias de macrofauna na quebra de plataforma foram novamente maiores no setor nordeste da bacia, especialmente na estação D05, onde Chevaliidae compôs mais de 58% da macrofauna total.

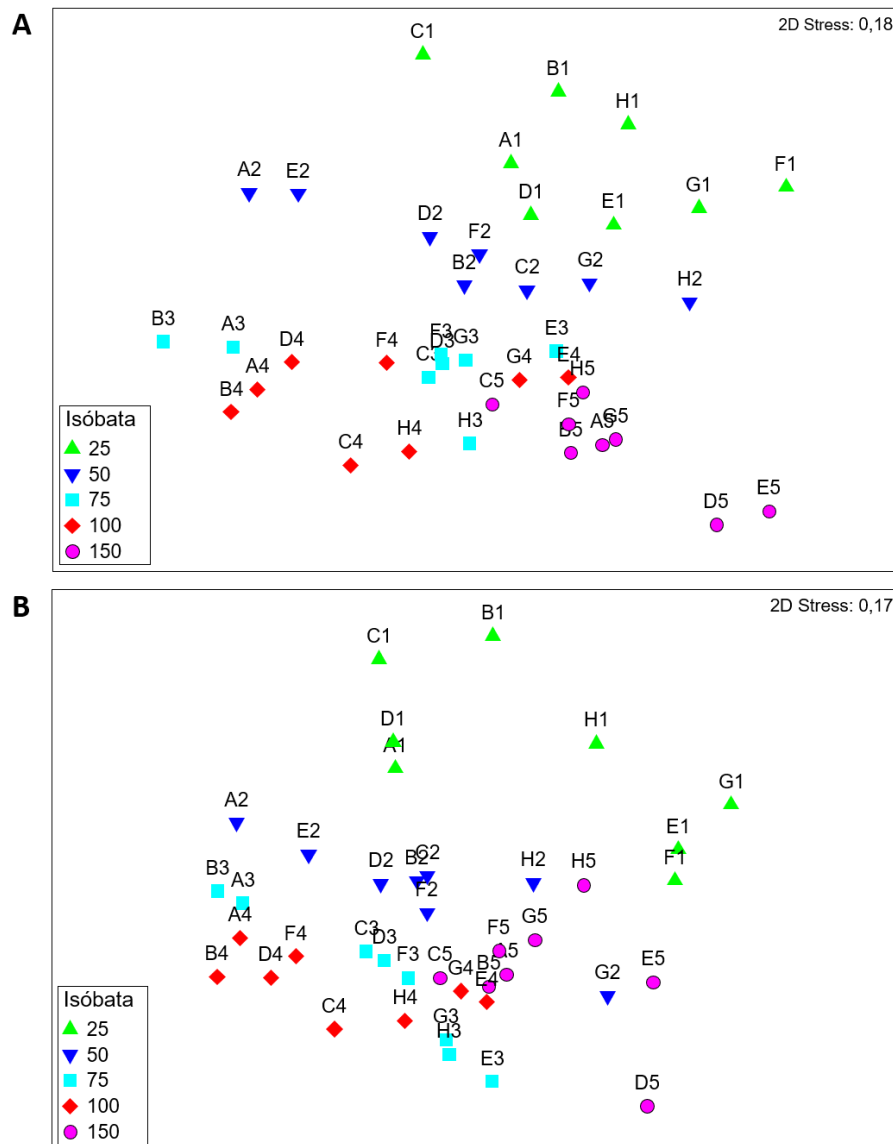


Figura VII.3.2-3: Diagrama de ordenação por escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) baseado na matriz de similaridade de Bray-Curtis a partir de dados médios de abundância da macrofauna bentônica da plataforma continental. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2. PERMANOVA, Campanha 1: Pseudo-F 3,937 $p=0,001$; Campanha 2: Pseudo-F 3,6432 $p=0,001$).

VII.3.3 Variação espacial e temporal

Tanto a densidade média como a biomassa média da macrofauna total, apresentaram valores mais baixos no transecto B e mais elevados no transecto H em ambas as campanhas. Com base na média dos descritores de comunidades analisados espaço-temporalmente, diferenças espaciais

(transectos) significativas foram observadas somente para a densidade média da macrofauna total, riqueza taxonômica e equitabilidade (**Figura VII.3.3-1 e VII.3.3-2, Anexo VII-3**). Variações da densidade média entre esses dois transectos foram significativas, com cerca de 3000 ind.m⁻², no transecto B, até aproximadamente 6500 ind.m⁻² no transecto H. Apesar de não terem sido observadas diferenças significativas entre as campanhas, a variação entre transectos foi mais claramente destacada na Campanha 2 (**Figura VII.3.3-3 e VII.3.-4**). Estas diferenças são mais pronunciadas a nordeste da plataforma continental da Bacia de Santos, entre os transectos E e H, especialmente próximo às regiões da Baía de Guanabara e de Cabo Frio (transectos G e H) onde foram observados maiores valores para estes descritores de comunidades, além do transecto D (durante a Campanha 2).

No setor sul da bacia (transectos A e B), os crustáceos foram mais abundantes ao longo da região intermediária (50 e 75 m), enquanto os moluscos foram mais abundantes na plataforma externa (100 m). Amphipoda e Bivalvia foram os grupos dominantes entre crustáceos e moluscos, contribuindo com 28 famílias cada. Phoxocephalidae e Ampeliscidae foram as famílias de crustáceos peracáridos mais abundantes e frequentes, ocorrendo em mais de 85% das estações, enquanto as famílias de moluscos Nuculidae e Semelidae ocorreram em mais de 70% das estações na Bacia de Santos.

Em termos temporais, foi possível observar diferenças na composição das dez famílias mais abundantes na macrofauna da plataforma da Bacia de Santos. Na Campanha 1, em um conjunto formado principalmente por famílias de Polychaeta, apenas uma família de Crustacea (Ampeliscidae) fez parte das dez famílias mais abundantes na plataforma (em 7^a posição). Por outro lado, na Campanha 2, a proporção de crustáceos neste conjunto foi maior, sendo representados por duas famílias de anfípodes, Phoxocephalidae e Ampeliscidae (em quinta e oitava posições, respectivamente).

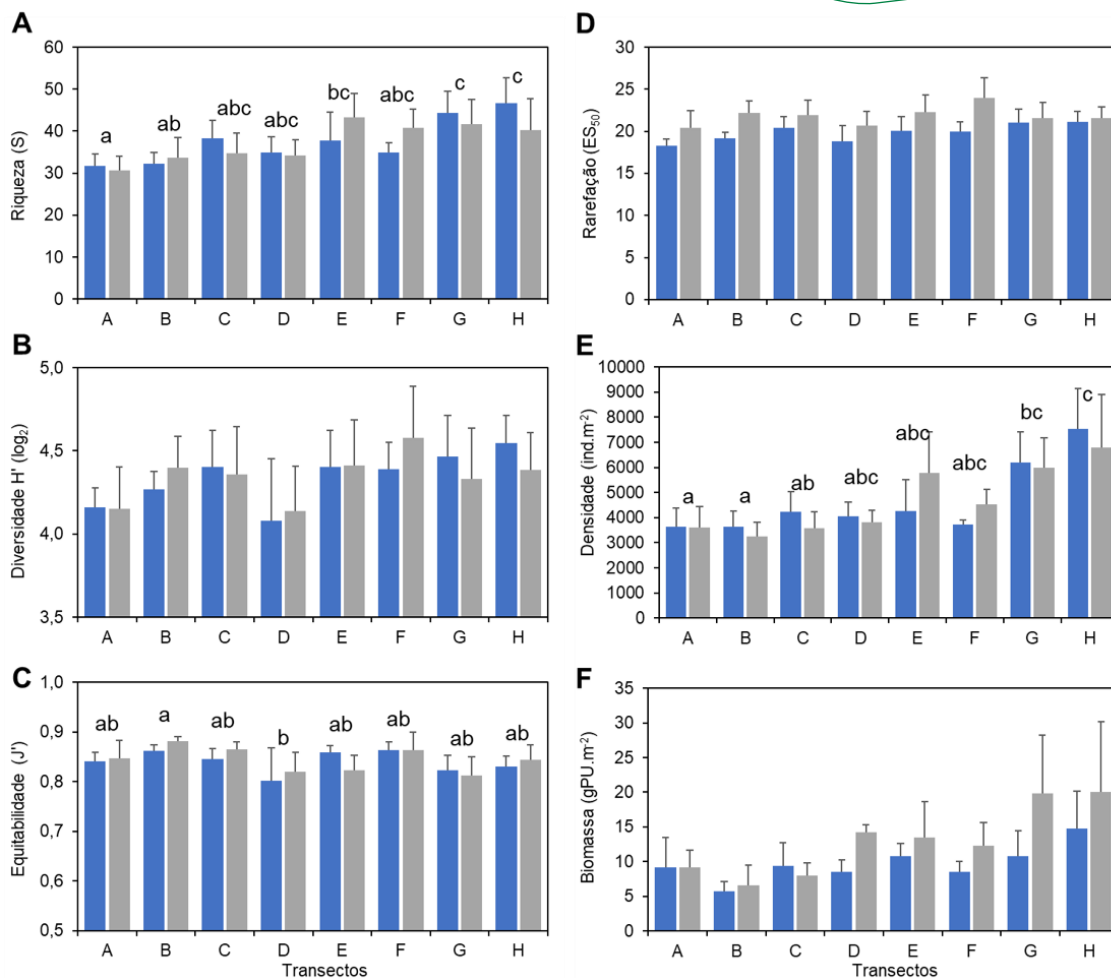


Figura VII.3.3-1: (A) Riqueza (S), (B) Diversidade de Shannon-Wiener (H'_{log_2}), (C) Equitabilidade de Pielou (J'), (D) Rarefação de Hurlbert (ES_{50}) e (E) Densidade ($ind.m^{-2}$) e biomassa ($gPU.m^{-2}$) da macrofauna bentônica da plataforma continental ao longo dos transectos A-H. Campanha 1 (■), Campanha de Verão 2 (■). Valores médios + erro padrão.

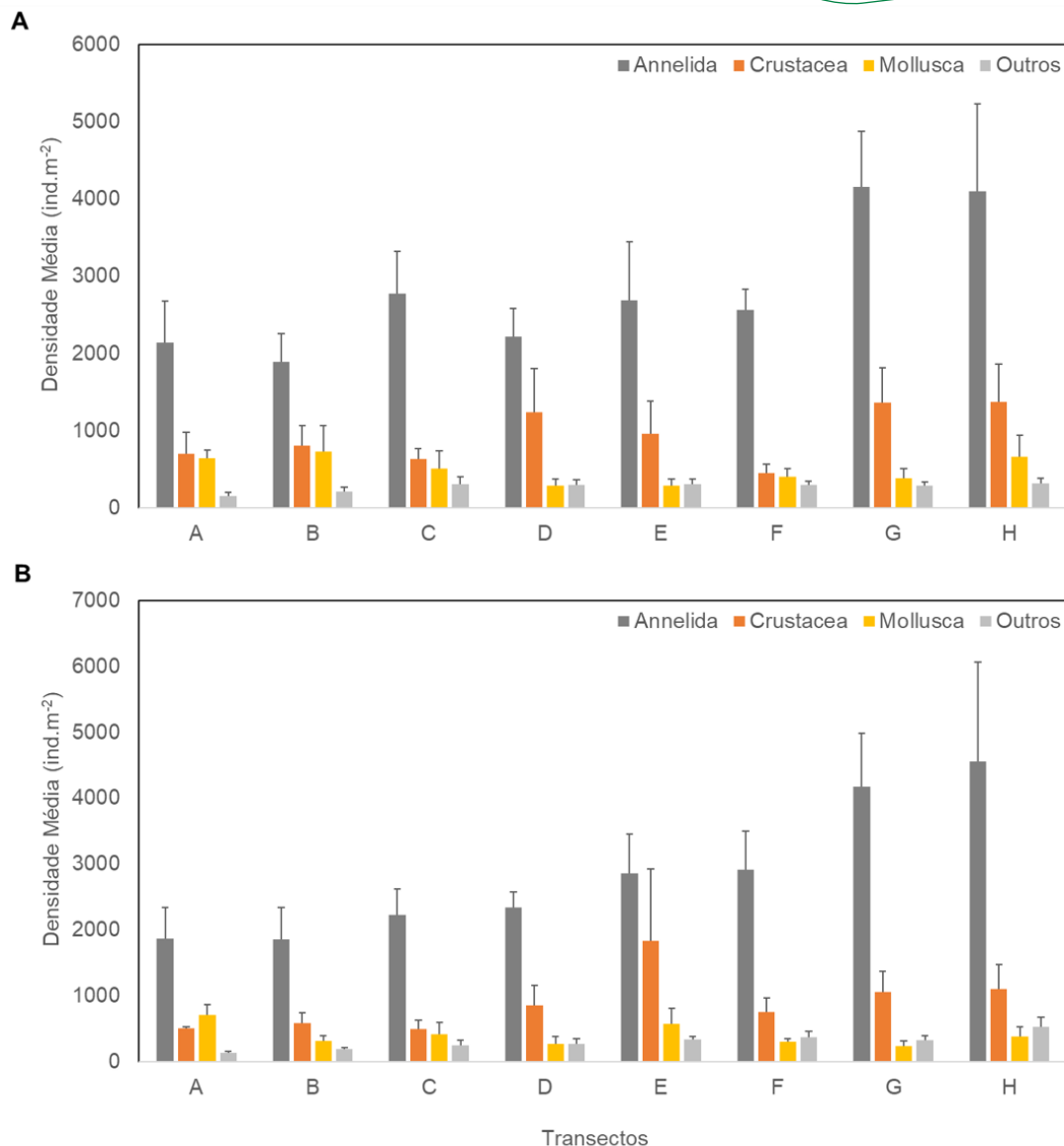


Figura VII.3.3-2: Densidade média dos principais grupos da macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos ao longo dos transectos A-H. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2. Valores médios +erro padrão.

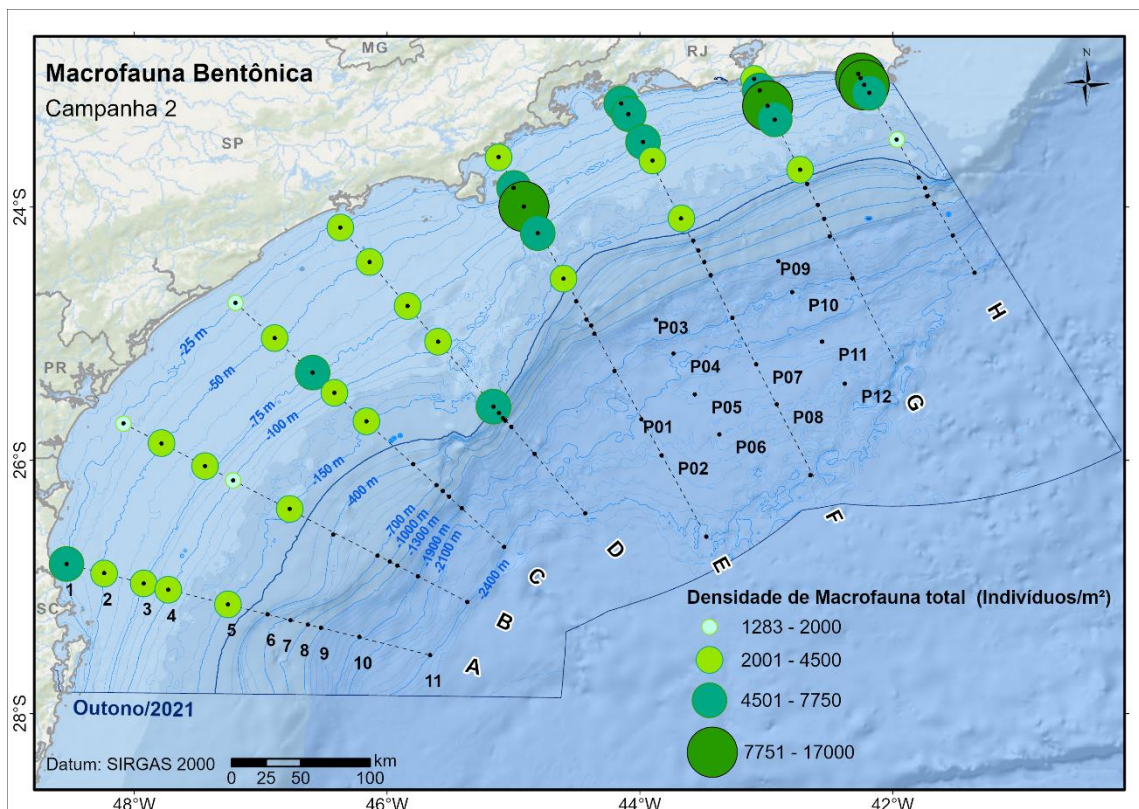
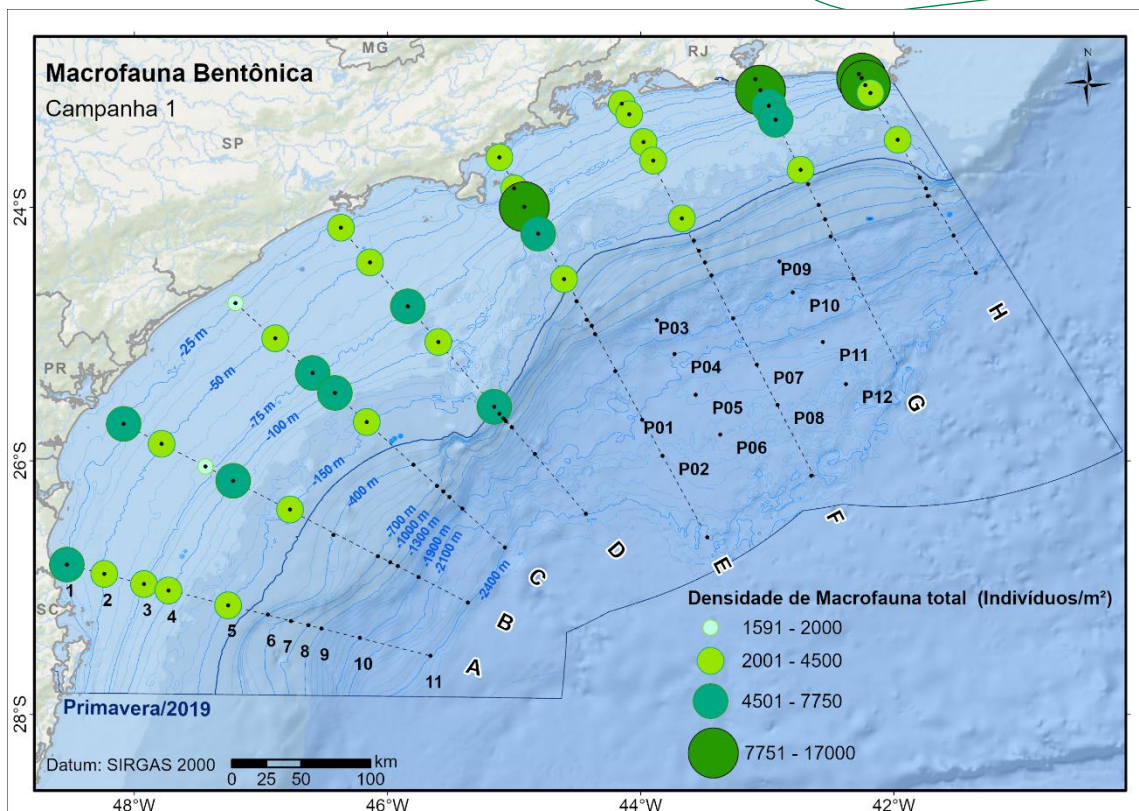


Figura VII.3.3-3: Densidade da macrofauna da Plataforma continental da Bacia de Santos nas Campanhas 1 e 2.

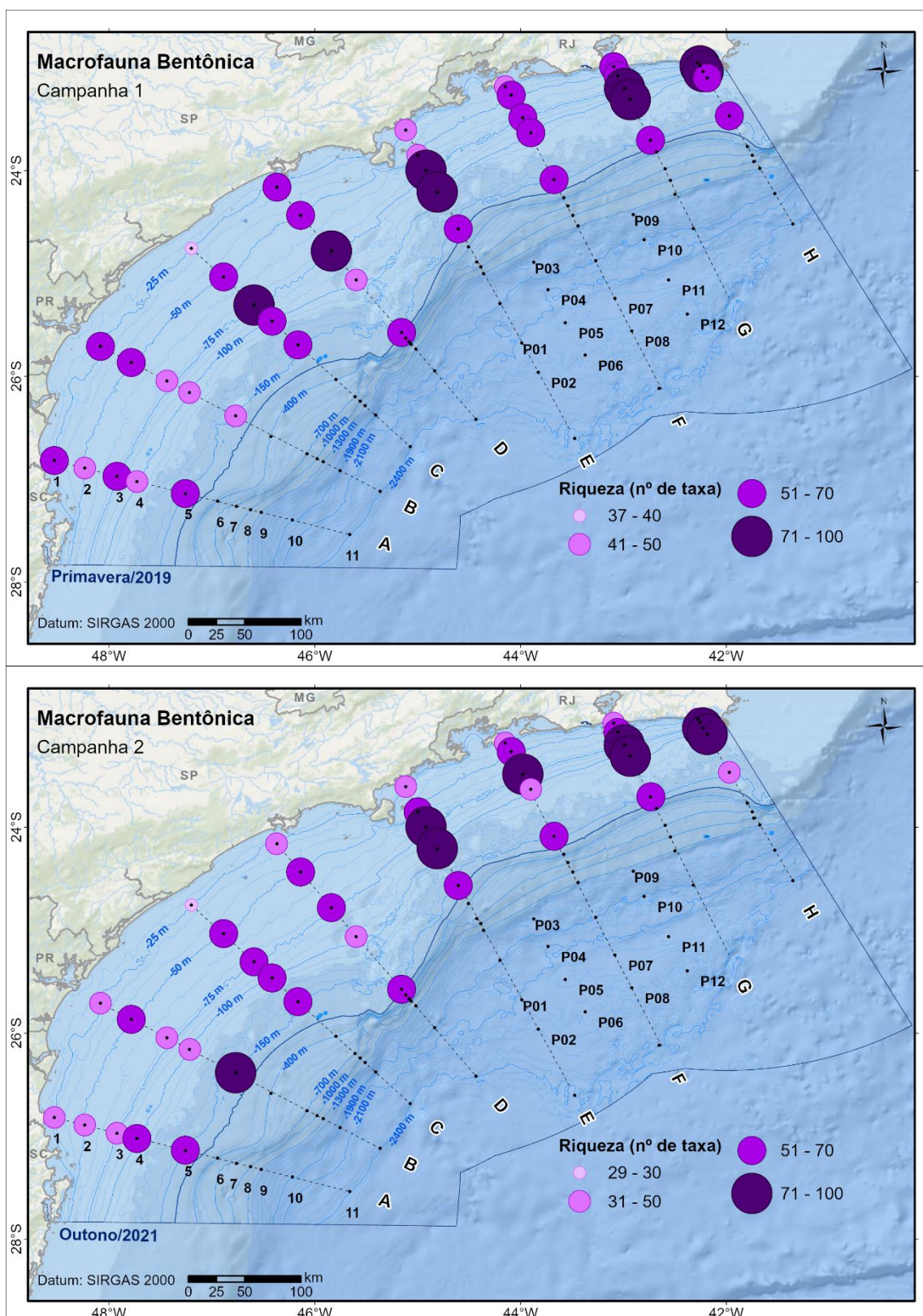


Figura VII.3.-4: Riqueza da macrofauna da Plataforma continental da Bacia de Santos nas Campanhas 1 e 2.

Os Mapas Auto-organizáveis (SOM - *Self-Organizing Map*) resultaram em 36 neurônios (6 linhas x 6 colunas; erro topográfico Campanha 1 = 0,05 e Campanha 2= 0,03) em rede bidimensional, considerando 40 estações amostrais da plataforma continental da Bacia de Santos. O SOM treinado classificou 40 estações de amostragem da plataforma continental da Bacia de Santos em cinco grupos (1-5) a partir de uma análise de agrupamento com o algoritmo WardD2 com base na similaridade das assembleias de táxons (**Figura VII.3.3-5 e VII.3.33.6**).

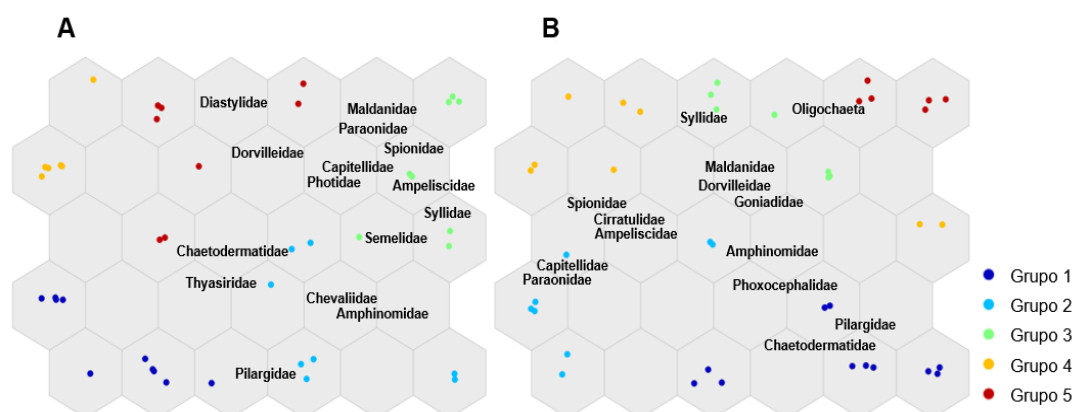


Figura VII.3.3-5: Diagrama das melhores unidades correspondentes (BMUs) após as análises do SOM. Cada ponto representa uma estação da plataforma continental, segundo os agrupamentos hierárquicos e os grupos taxonômicos destacados indicam as dez correlações mais fortes. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2.

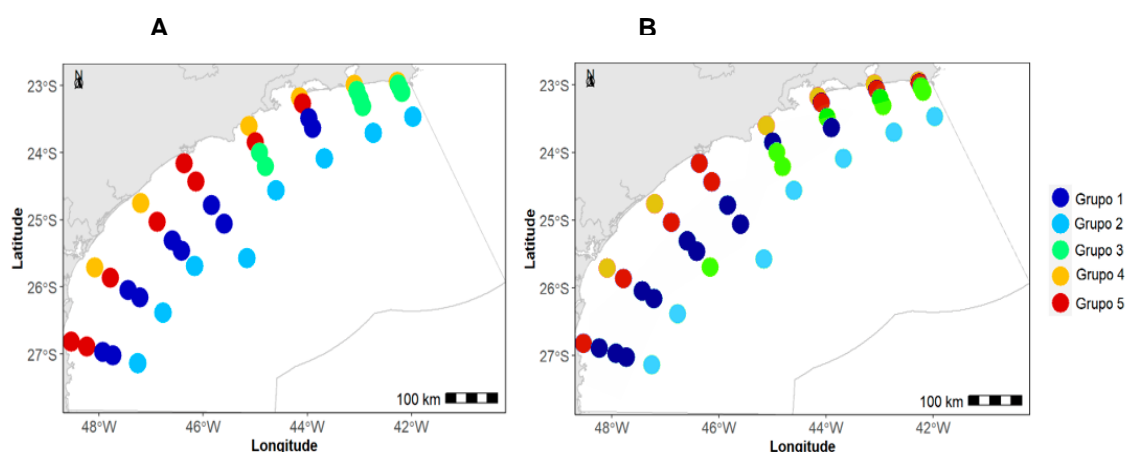


Figura VII.3.3-6: Mapa das associações dos táxons da macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos obtidas com a análise do SOM após agrupamento de Bray-Curtis. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2.

Na Campanha 1, os táxons que melhor explicaram as assembleias incluídas em cada grupo do SOM foram Spionidae, Ampeliscidae, Amphinomidae, Chaetodermatidae, Capitellidae, Syllidae, Thyasiridae, Chevaliidae, Diastylidae, Paraonidae. Já na Campanha 2, os táxons que melhor explicaram a variância foram Syllidae, Goniadidae, Maldanidae, Capitellidae, Spionidae, Ampeliscidae, Chaetodermatidae, Amphinomidae, Paraonidae, Dorvilleidae.

Na Campanha 1, o **Grupo 4** foi constituído por estações de 25 m, semelhantes nas contribuições de Spionidae e Paraonidae, estando os Spionidae presentes em todas as estações, mas abundantes ao sul. Além disso, Nemertea e Oligochaeta diferenciaram ligeiramente a composição das assembleias de plataforma interna ao sul e ao norte da bacia. O **Grupo 5** foi constituído por estações de 50 m, onde Paraonidae esteve presente em todas as estações e seguido por Spionidae. As estações A01 e D01 aderiram ao Grupo 5 (50 m) devido às maiores contribuições de crustáceos Ampeliscidae, ao contrário das demais estações na isóbata de 25 m. O **Grupo 3** foi composto por estações das isóbatas 50, 75 e 100 m (plataforma média-externa), todas localizadas no setor norte da bacia, nos transectos G (G02-G04) e H (H02-H04), em frente a Baía de Guanabara e à região de Cabo Frio, e duas outras localizadas de 75 e 100 do transecto E (E03 e E4), respectivamente. Estas

estações foram compostas por assembléias com maiores abundâncias de crustáceos (Diastylidae e Ampeliscidae) e poliquetas das famílias Paraonidae e Amphinomidae. O **Grupo 1** compreendeu as estações a 75 m (A03 e B03) e 100 m (A04, B04, C04 e D04) localizadas nos sedimentos lamosos mais enriquecidos em matéria orgânica ao sul da plataforma da Bacia de Santos, onde ocorreram maiores contribuições dos moluscos nas assembleias da macrofauna, principalmente Chaetodermatidae e Thyasiridae, Kelliellidae e Nuculidae. Por fim, o **Grupo 2** foi constituído exclusivamente pelas estações localizadas na quebra de plataforma (150 m), onde o sedimento foi enriquecido em carbonato de cálcio (CaCO_3) e onde as abundâncias de Syllidae, Oligochaeta e Semelidae foram maiores, além destas, os crustáceos anfípodes da família Chevallidae, que ocorreram em abundância, mas pontualmente na D05.

Na Campanha 2, os grupos de estações foram bastante similares aos observados na Campanha 1. O **Grupo 4** compreendeu as mesmas estações da plataforma interna (25 m) que na Campanha 1. No **Grupo 5** a diferença foi a inclusão das estações de 50 m do transecto G e H (G02 e H02) ao norte da Bacia. No **Grupo 3**, foi acrescida a estação C05 à 150 m, na quebra da plataforma, diferenciada do grupo que estava na Campanha 1 pela maior contribuição de Ampeliscidae, Amphinomidae e Syllidae.

VII.3.4 Relação com as variáveis ambientais

Na Campanha 1, sete variáveis ambientais do sedimento explicaram melhor a variância espacial das assembleias da macrofauna: carbono biopolimérico (CBP), mediana do tamanho do grão (D50), distância da costa, carbonato, areia grossa, areia fina, Clorofila *a* (**Figura VII.3.4-1**). Os dois primeiros eixos da CCA explicaram 67,50% da variância total na plataforma continental da Bacia de Santos (**Anexo VII-4**) e foram significativos em relação às variáveis mais explicativas (ANOVA, permutação 999, $\text{Pr} < 0,02$).

O primeiro eixo CCA explicou 37,04% das distribuições e as variáveis ambientais correlacionadas foram o teor de carbonato e Clorofila *a*. Este eixo separou claramente as estações mais rasas e com maiores concentrações em Clorofila *a* localizadas na plataforma interna (25 m), no lado negativo do eixo,

daquelas estações da quebra de plataforma (150 m), onde o teor de carbonato foi mais elevado, na extremidade positiva totalmente oposta. A estação D05, localizada próxima de área de rodolitos apresentou as maiores abundâncias de anfípodes Chevallidae. O segundo eixo contribuiu com 30,46 % da variabilidade ambiental, esteve associado ao CBP, sedimentos mais finos, evidenciando diferenças entre as estações da plataforma média (75 e 100 m), localizadas ao sul da plataforma continental da Bacia de Santos (Santa Catarina e Paraná), onde o sedimento foi mais enriquecido em carbono biopolimérico, variável ambiental fortemente relacionada com a qualidade da matéria orgânica. Do lado oposto do eixo, as estações da plataforma interna (25 e 50 m), principalmente do setor norte da plataforma (transectos G e H, localizados em frente a Baía de Guanabara e Cabo Frio) com maiores contribuições de areia grossa e menor teor em matéria orgânica. As famílias Nuculidae, Thyasiridae (bivalves) e Chaetodermatidae (moluscos), Phoxocephalidae (anfípode) e Gebiidae (decápode) foram associadas às estações enriquecidas em CBP, enquanto Ampeliscidae e Photidae (anfípodes) foram mais abundantes nos sedimentos com matéria orgânica fresca (Cl-a) presentes nas estações da plataforma interna e média.

Na Campanha 2, oito variáveis ambientais do sedimento explicaram melhor a variância espacial das assembleias da macrofauna: carbono biopolimérico (CBP), mediana, distância da costa, carbonato, Cl-a e areias grossa, média e fina, (**Figura VII.3.4-1**). Os dois primeiros eixos da CCA explicaram 53,50% da variância total na plataforma continental da Bacia de Santos (**Anexo VII-4**) e foram significativos em relação às variáveis mais explicativas (ANOVA, permutação 999, $Pr < 0,004$). As associações foram bem similares àquelas observadas na Campanha 1. O primeiro eixo CCA explicou 31,21% das distribuições e as principais variáveis ambientais correlacionadas foram Clorofila a mediana do tamanho dos grãos, carbono biopolimérico, areias média e grossa. Carbono biopolimérico, assim como na Campanha 1, esteve associado às estações da região intermediária da plataforma (75 e 100 m) ao sul da Bacia de Santos, onde também foram observadas as maiores abundâncias bivalves das famílias Thyasiridae, Cardiidae e Kellialidae. Já a concentração em Clorofila a e mediana do tamanho do grão separaram as estações da plataforma interna (25

m) com maior abundância de moluscos (famílias Chaetodermatidae, Nuculidae e Lucinidae). Ainda no eixo 1, os vetores mais positivamente relacionados a esse eixo foram porcentagens de areias média e grossa na constituição do sedimento, contribuindo junto com o teor de carbonato (eixo 2) para a separação das estações da plataforma externa e localizadas na quebra de plataforma. O segundo eixo explicou 22,29% das distribuições e as variáveis ambientais que mais contribuíram para a formação deste eixo foram distância da costa, teor de carbonato e areia fina. A distância da costa e os teores de carbonato separaram bem as estações da quebra de plataforma (150m), que estiveram associadas com as maiores abundâncias de poliquetos da família Trichobranchidae e crustáceos isópodes da família Munnidae. As maiores proporções de areia fina no sedimento estiveram associadas às estações da plataforma interna (50 m) localizadas no setor sul da plataforma da Bacia de Santos e com as estações G03 e H03, ao norte da bacia (Região de Cabo Frio e Baía da Guanabara), onde bivalves da família Tellinidae ocorreram em maiores abundâncias (**Figura VII.3.4-1, Anexo VII-4**).

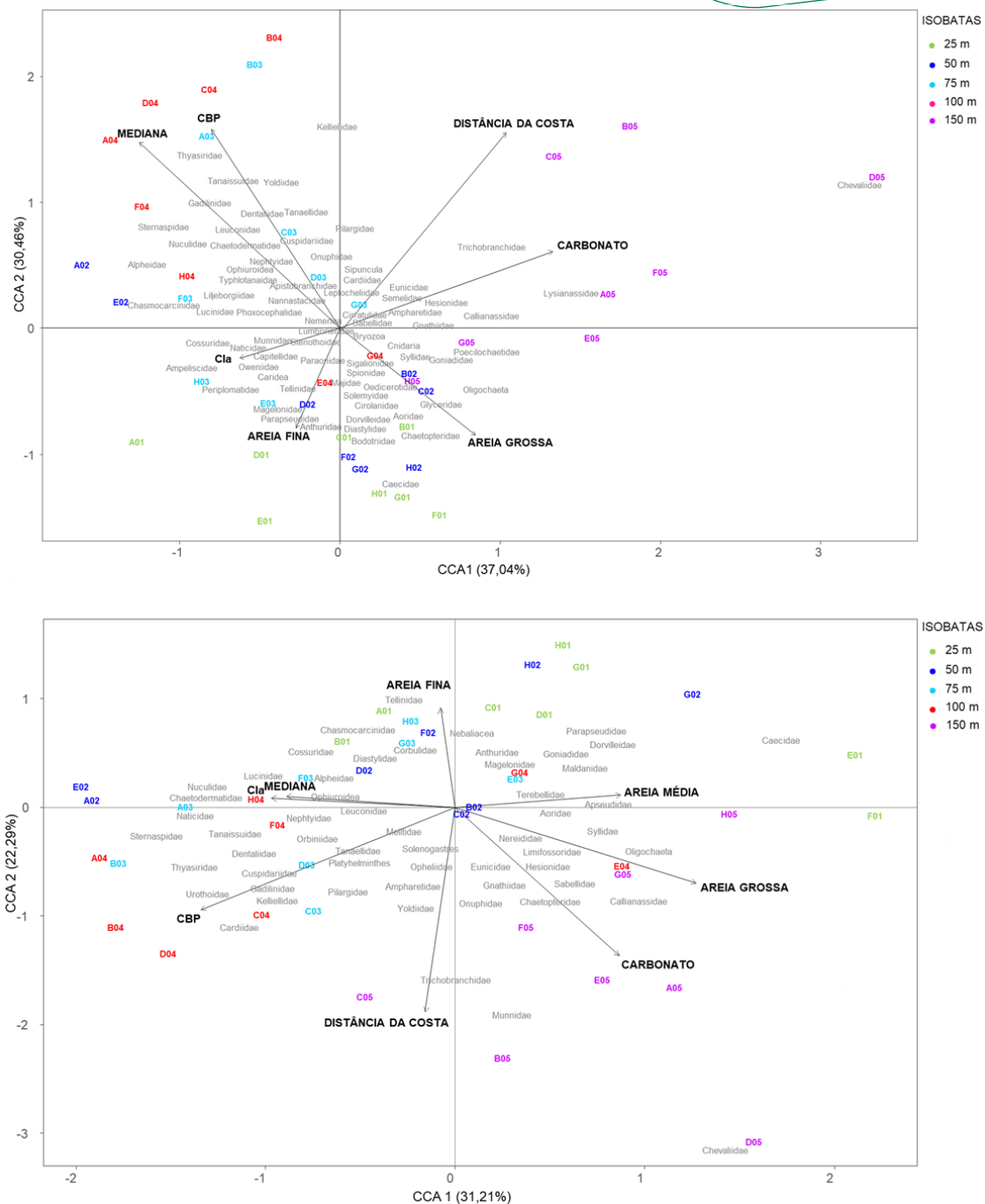


Figura VII.3.4-1: Análises de correspondência canônica baseadas na matriz de abundância da macrofauna bentônica da plataforma continental. (A) Campanha 1 e (B) Campanha 2. Cla = clorofila a ($\mu\text{g.g}^{-1}$), CBP = carbono biopolimérico (mg.g^{-1}), Mediana = mediana do tamanho dos grãos (PHI), Areia Fina, Areia Média, Areia Grossa, Distância da costa (km), Carbonato = teor de carbonato (%).

Na análise de *Random Forest* realizada para a Campanha 1, as variáveis ambientais significativas e selecionadas como melhores preditoras das

associações de macrofauna da plataforma continental da Bacia de Santos foram: isóbata, teor de silte muito fino, teor de carbonato, carbono biopolimérico, teor de lipídeos e a razão feopigmentos/clorofila-a. Algumas destas variáveis também apareceram como variáveis ambientais relevantes na análise de correspondência canônica. A acurácia desta predição foi de 80,5 %, sendo que o grupo com menor erro de classificação correspondeu ao Grupo 2 com 9,8 % de erro, correspondendo a quebra da plataforma. O maior erro ocorreu no grupo 3, correspondendo as estações da plataforma média dos transectos (E, G e H) à nordeste da Ilha de São Sebastião e ao largo da Baía de Guanabara e da Região de Cabo Frio

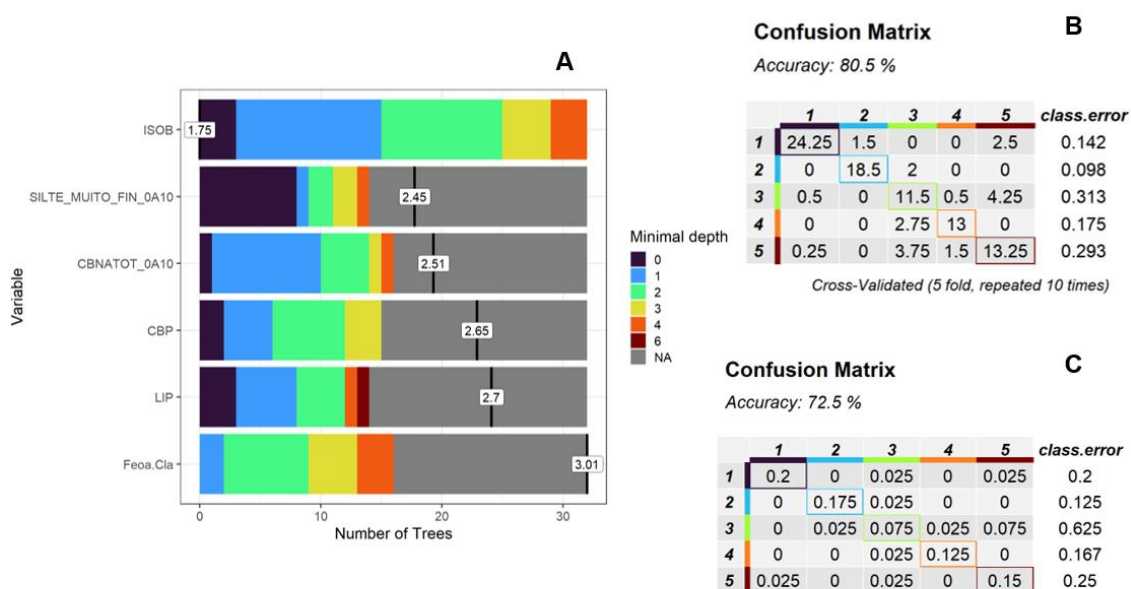


Figura VII.3.4-2: (A) Distribuição da profundidade mínima de árvores para cada variável ambiental analisada na análise de Random Forest. Foram consideradas variáveis significativas isóbata (ISOB), Silte muito Fino (Silte_muito_Fin_0_10), carbonato (CBNATOT), carbono biopolimérico (CBP), lipídeos (LIP) e a razão feopigmentos/clorofila-a (FEOa.CLa). (B) Resultado da Matriz de Confusão de treinamento e (C) Matriz de confusão de teste, onde os números em cada eixo correspondem aos agrupamentos determinados pelo SOM para a plataforma continental. (Figura VII.3.3-5).

VII.4 Discussão

A Plataforma da Bacia de Santos apresenta uma macrofauna bentônica predominantemente composta por poliquetos, crustáceos peracáridos e moluscos bivalves, um padrão comumente encontrado em fundos sedimentares das plataformas continentais ao redor do mundo, assim como ao longo da costa brasileira (Carrasco, 1997, Labrune et al., 2008; Pires-Vanin et al., 2013; Zalmon et al., 2013; Veloso et al., 2017; Shimabukuro et al., 2016; Guimarães et al., 2018; Rodriguez et al., 2021).

O grupo Polychaeta representou mais de 60% do total de macrofauna, assim também como já foi observado em outras plataformas continentais (Knox, 1977; Hutching, 1998; Pires-Vanin, 1993a; Hernández-Alcántara & Solís-Weiss, 2000; Pires-Vanin et al. 2013; Veloso et al., 2017, Shimabukuro et al., 2016; Guimarães et al., 2018). Na costa brasileira, esse grupo costuma atingir cerca de 50% ou mais da macrofauna de sedimento, principalmente na região sudeste brasileira (Pires-Vanin, 2019). Na Bacia de Campos, esse grupo chegou a atingir 65% do total de organismos em uma das campanhas (Veloso et al. 2017), enquanto na Bacia de Sergipe-Alagoas (Guimarães et al. 2018), esse grupo contribuiu com uma média de 68% do total de invertebrados bentônicos. Sendo o principal grupo presente na macrofauna, os poliquetas acabam determinando os padrões espaciais da macrofauna como um todo e, por isso, são usualmente indicados como *proxy* de toda a macrofauna, além do fato desse grupo apresentar uma ampla variedade de hábitos alimentares, modos de vida e capacidade de modificar as características geoquímicas do sedimento através da bioturbação (Pires-Vanin, 2019). Destaca-se que as principais famílias de poliquetos encontrados na Bacia de Santos são as mesmas encontradas nos demais estudos de caracterização da região de plataforma continental, entre 25 e 150m (**Tabela VII.4-1**), com alternância de dominância entre essas mesmas famílias em função de variações temporais entre campanhas e estudos.

Por outro lado, as maiores diferenças entre as bacias acima citadas encontram-se nos grupos de crustáceos peracáridos e moluscos (**Tabela**

VII.4-1), em que as famílias dominantes variam entre essas regiões de plataforma continental, além de também apresentarem uma maior variação temporal numa mesma região.

No caso de crustáceos, o grupo Amphipoda domina geralmente em áreas costeiras rasas, apresentando uma variedade de respostas às variações ambientais e muitas vezes compostas por espécies de epifauna, podendo estar associados a habitats de algas e rodólitos. Por exemplo, Caprellidae é uma família geralmente associada a macroalgas ou mesmo a hidróides, apesar de seu hábito detritívoro (Guerra-Garcia et al., 2014) e sua abundância na Bacia de Campos pode indicar a presença de habitats de macroalgas ou fauna sésil na plataforma. Esses animais apresentam também uma grande variedade de estratégias alimentares como carnívora, herbívora, suspensívora e saprofagia, além de incubarem os embriões numa espécie de “marsúpio” (Wolff, 2014), o que, muitas vezes, leva a uma distribuição agregada desses organismos (distribuição em manchas). Isto poderia justificar as diferenças espaciais ao longo de uma determinada região costeira. A família de anfípodes Chevaliidae é um desses casos. Apesar de extremamente abundante na Bacia de Santos, ocorreu apenas em 7,5% das estações de coleta. Essa família também foi muito abundante em outras bacias, com valores de frequência de ocorrência também inferiores a 50%, como é o caso da Bacia de Campos (42-47% das estações de coleta – Veloso et al., 2017) e Bacia do Espírito Santo (cerca de 25% das estações de coleta – Lavrado et al., 2015). Além disso, esse grupo pode apresentar uma grande variação temporal, com diferenças marcantes entre épocas do ano, detectadas em outros estudos (Veloso et al. 2017, Mathews-Cascon et al, 2018) assim como ocorreu na Bacia de Santos, quando houve uma redução da abundância desse grupo na segunda campanha. No caso dos moluscos, as diferenças foram mais nítidas, sendo que os caudofoveatas e bivalves foram bastante abundantes na Bacia de Santos, ao contrário da Bacia do Espírito Santo, onde outros grupos de moluscos, além dos bivalves foram mais abundantes, como gastrópodes e escafópodes (Lavrado et al, 2015).

Dos 240 táxons identificados, mesmo em níveis taxonômicos superiores (famílias), o percentual de táxons considerados raros (< 10% de frequência de ocorrência) é relativamente alto (cerca de 40%) quando comparado ao

percentual de táxons comuns (> 50% de frequência de ocorrência), que atingiu cerca de 20%. Considerando o mesmo nível taxonômico utilizado no presente estudo, números semelhantes foram encontrados na Bacia do Espírito Santo (14% de táxons comuns e 37% de táxons raros – Lavrado et al 2015) e Sergipe Alagoas (15% de táxons comuns e 39% de táxons raros – Guimarães et al 2018) e sugerem que as plataformas continentais brasileiras são compostas de mosaicos de habitats, cada qual contendo uma parcela de espécies diferentes, implicando numa alta beta diversidade. Isso se reflete quando se observa os valores de riqueza por estação, que não ultrapassam 35% do total de táxons encontrados, na faixa batimétrica de maior diversidade (75-100m).

Tabela VII.4-1: Composição dos principais táxons dominantes de Annelida, Crustacea e Mollusca em águas de plataforma continental de bacias brasileiras. Crustacea: (A) Amphipoda. Mollusca: (AP) Aplacophora, (B) Bivalvia.

	Bacia do Espírito Santo		Bacia de Campos		Bacia de Santos	
	Lavrado et al., 2015		Veloso et al., 2017		Presente estudo	
	Verão	Inverno	Chuvoso	Seco	Campanha 1 (primavera)	Campanha 2 (outono)
	Syllidae	Syllidae	Syllidae	Spionidae	Spionidae	Spionidae
Polychaeta	Spionidae	Paraonidae	Spionidae	Syllidae	Paraonidae	Syllidae
	Paraonidae	Spionidae	Paraonidae	Paraonidae	Syllidae	Paraonidae
	Ampeliscidae	Chevaliidae	Caprellidae	Chevaliidae	Ampeliscidae (A)	Phoxocephalidae (A)
Crustacea	Chevaliidae	Ampeliscidae	Chevaliidae	Photidae	Phoxocephalidae (A)	Ampeliscidae (A)
	Photidae	Leptochellidae	Photidae	Ampeliscidae	Chevaliidae (A)	Photidae (A)
	Mytilidae	Thyasiridae	Carditidae	Chaetodermatidae	Chaetodermatidae (AP)	Chaetodermatidae (AP)
Mollusca	Caecidae	Gadiliidae	Chaetodermatidae	Caecidae	Semelidae (B)	Semelidae (B)
	Crassatulidae	Mytilidae	Mytilidae	Semelidae	Thyasiridae (B)	Nuculidae (B)

Em termos de abundância total, as densidades médias de macrofauna se encontram dentro da faixa de variação observada em áreas de plataforma continental em diversos oceanos como o Índico, Pacífico Sul e Atlântico (Soto et al., 2016; Hernandez-Avila et al., 2020; Rodriguez et al., 2021). Entretanto, comparando-se estudos de plataforma, com faixas de profundidade e métodos de coleta semelhantes, a densidade média encontrada na Bacia de Santos foi cerca de duas a três vezes menor do que as Bacias de Campos e a do Espírito

Santos, dependendo da faixa batimétrica, o mesmo ocorrendo em relação à biomassa (**Tabela VII.4-2**). Essas diferenças podem ser devidas a variações temporais de produtividade primária ou mesmo à defasagem temporal entre estudos. Ressalta-se que se trata de valores médios e que a Bacia de Santos possui uma área muito maior do que as demais áreas amostradas. De qualquer forma, essas diferenças merecem ser melhor investigadas em estudos futuros.

A região intermediária da plataforma continental (75 m) apresentou maiores abundâncias, biomassas e diversidade da macrofauna, especialmente na região de Cabo Frio, ao contrário da região mais interna da plataforma (25m) e da quebra de plataforma (150m). Esse padrão já foi encontrado na Bacia de Campos (Velooso et al, 2017). No caso da Bacia do Espírito de Santo, os maiores valores foram encontrados a 150m, mas deve-se destacar que não houve coletas nas isóbatas de 75m e 100 m, o que impede maiores comparações.

A menor riqueza e diversidade na plataforma interna (25m) também foi observada na bacia de Campos e outras regiões da costa sudeste (Zalmon, 2013; Velooso et al., 2017; Mathews-Cascón et al., 2018; Pires-Vanin, 2019). Essas regiões mais rasas estariam mais sujeitas a condições de alta energia, comuns em profundidades menores que 25m (Pires-Vanin, 2019), condicionando ambientes com sedimentos mais bem selecionados e arenosos, com exceção da estação A1, em que sedimentos areno-lamosos predominam, sob influência do estuário de Itajaí-Açu. Entretanto, mesmo nessa estação, observam-se, na superfície do sedimento das amostras coletadas nas duas campanhas, ondulações que indicam alguma atividade hidrodinâmica junto ao fundo.

A macrofauna de sedimento tem sua distribuição geralmente determinada por características do substrato e teor de matéria orgânica depositada (Gray & Elliot, 2009). Os principais fatores ambientais identificados no presente estudo foram carbonato total, tamanho do grão, clorofila *a*, *carbono* biopolimérico e teor de areia, que têm sido também apontados em outros estudos de plataforma na costa Brasileira. Concentração de carbonato no sedimento e algum indicador de matéria orgânica (COT, clorofila *a*, por exemplo) também foram apontados na plataforma adjacente à Foz do Rio doce (Mathews-Cascon et al., 2018) e do Rio Paraíba do Sul (Zalmon et al., 2013), assim como na plataforma continental da

Bacia de Campos (Veloso et al 2017) e Bacia do Espírito Santo (Lavrado et al 2015). O mesmo ocorre para algum parâmetro relacionado à granulometria do sedimento (tamanho médio do grão, grau de seleção, teor de cascalho, teor de silte, entre outros), que sempre é relatado nesses estudos, variando de grau de relevância de região para região, muito em função do grau de heterogeneidade ambiental da região costeira analisada. Isso ressalta a importância dessas variáveis em estudos de monitoramento e mapeamento de habitats para a biota bentônica. A temperatura, como indicadora de presença de massas d'água na plataforma, aparece de forma secundária nos estudos da plataforma continental da Bacia de Campos (Veloso et al., 2017) e Espírito Santo (Lavrado et al., 2015), muito em função da influência das intrusões da ACAS em pontos dessas regiões, principalmente na região sob influência de vórtices ou na área de Cabo Frio, o que também ocorre na região da Bacia de Santos.

Tabela VII.4-2 Comparação de valores de densidade média + erro padrão da macrofauna bentônica em plataformas continentais de bacias brasileiras na faixa batimétrica de 25 a 150 m.

	Bacia de Santos presente estudo		Bacia de Campos Veloso et al.2017		Bacia do Espírito Santo Lavrado et al., 2015	
	23-27 °S		21-23 °S		19-21 °S	
Isóbata (m)	Campanha 1 (primavera)		Chuvoso (PPC)		Verão (VS)	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP
25	3816	291	8468	1122	5402	774
50	4894	475	11556	1714	11464	1308
75	5944	207	8979	1315		
100	5019	353	6789	1213		
150	3624	288	5190	1062	10368	804
Isóbata (m)	Campanha 2 (outono)		Seco (PPS)		Inverno (IS)	
	Média	EP	Média	EP	Média	EP
25	3524	533	4760	737	5131	755
50	5239	359	5931	902	8413	1125
75	6647	444	7413	1222		
100	4394	322	7494	943		
150	3524	195	4045	755	13282	2421

A presença de substratos arenosos e lamosos ao longo da plataforma acaba determinando uma fauna bastante distinta e com dominâncias diferentes entre espécies suspensívoras e depositívoras. Na plataforma média, a distinção de áreas diferentes ao longo do gradiente latitudinal foi explicada pela presença de uma grande área predominantemente lamosa a sudoeste, sendo refletida por dominância de espécies com afinidade a sedimentos mais finos, como é o caso de moluscos caudofoveatas (*Chaetodermatidae*) e bivalves depositívoros (*Thyasiridae*, *Nuculanidae* e *Kelliellidae*). Já a região da plataforma externa, mais carbonática, foi caracterizada por grupos como poliquetas tubícolas da família *Onuphidae* e *Sabellidae*, sendo este último suspensívoro, além de uma maior quantidade de anfípodes da família *Chevaliidae*.

Geralmente, a plataforma continental apresenta uma maior variabilidade nas características do sedimento (p.ex. tamanho do grão e teor orgânico) do que as regiões do talude continental, o que explica, em parte, as variações mais significativas na composição e distribuição das assembleias de macrofauna nas regiões costeiras (Zajac, 2001; Rodrigues et al., 2021). A heterogeneidade do sedimento acaba criando um maior número de micro-habitats favoráveis ao estabelecimento de diversos organismos bentônicos (Pires-Vanin et al., 2013; Gallucci et al., 2020). A geomorfologia e a presença de mosaicos sedimentares na plataforma continental da Bacia de Santos são reflexos da ação de ondas e correntes na plataforma (Figueiredo Jr et al, no prelo). Apesar de uma boa parte da plataforma possuir sedimentos arenosos, na plataforma média da região sudoeste da Bacia de Santos, sedimentos lamosos cobrem uma extensa área. A presença de lama dessa região tem como origem a pluma do rio da Prata que é transportada em direção nordeste até ser depositada na região de Cananéia (Mahiques et al 2010). Essas diferenças de substrato acabam refletindo diretamente na abundância e composição da macrofauna. Essa forte relação entre a composição da macrofauna com o tipo de sedimento é largamente conhecida (Gray & Elliot, 2009) e parece ter um papel importante na determinação das assembleias da macrofauna na plataforma da Bacia de Santos. Crustáceos (principalmente anfípodes e cumáceos) tem uma maior predominância nos sedimentos mais grossos presentes na plataforma, enquanto que, em fácies lamosas, ao sudoeste da região de estudo (entre Florianópolis e

Paranaguá), moluscos (principalmente caudofovetas) são mais abundantes. Gonçalves & Lana (1991) já haviam observado a existência de pelo menos três associações de moluscos na plataforma sudeste brasileira determinadas principalmente pelo tipo de substrato, mas que também se alternavam ao longo do gradiente batimétrico como reflexo da hidrodinâmica da região.

Por outro lado, a região da quebra de plataforma (150m) é dominada por sedimentos carbonáticos, chegando a ter 60 a 80% de carbonato na região do transecto G e H. Destaca-se que, nessa região, existem evidências de diversas estruturas biogênicas como bancos de nódulos de algas calcáreas (rodolitos). Na Bacia de Campos, por exemplo, esses bancos são registrados também na plataforma externa, entre 115 e 160m de profundidade (Curbelo-Fernandez et al., 2017). Nas duas campanhas, foram registradas a presença desse tipo de substrato principalmente nos transectos E, G e H. Apesar disso, a densidade, a biomassa e diversidade da macrofauna de sedimento foi mais baixa ao longo da isóbata de 150 m, sugerindo que, de alguma forma, a presença de sedimentos mais grossos, com alto teor de carbonato, não é favorável ao estabelecimento da endofauna ou que os equipamentos utilizados não são tão eficientes para amostragem em tais tipos de fundo. De qualquer forma, sedimentos mais grossos tendem a ter menores teores de matéria orgânica depositada e geralmente possuem uma fauna que se dispersa mais ao longo da coluna sedimentar (Gray & Elliot, 2009), o que pode justificar os resultados encontrados

Além da granulometria e teor de carbonato, a quantidade de matéria orgânica no sedimento tem um papel importante na estruturação das comunidades bentônicas (Pires-Vanin, 2019), sendo a produção primária pelágica a principal fonte desta matéria orgânica para a fauna de sedimento em regiões rasas (Andersen e Kristensen, 1991). Entretanto, dependendo da profundidade, somente uma parte da matéria orgânica produzida na coluna d'água atinge o fundo como fitodetrito, podendo ser rapidamente incorporado ao sedimento através de bioturbação (Dawe et al., 1999; Aller et al., 2001). Concentrações de clorofila-a, feopigmentos e carbono biopolimérico podem não somente ser usados como indicadores de quantidade, mas também de qualidade de matéria orgânica (Giordani et al., 2002), indicando o quanto desta está potencialmente disponível para consumidores bentônicos (Pusceddu et al.,

2009).

As assembleias identificadas na plataforma continental ao longo da Bacia de Santos também estão fortemente associadas ao teor orgânico presente nas primeiras camadas de sedimento, principalmente na plataforma média (75-100m), onde os valores de clorofila *a* foram maiores (Carreira et al, neste volume). Essa matéria fresca e lábil pode ser incorporada rapidamente à macrofauna, o que poderia justificar a maior abundância e biomassa não somente ao longo da isóbata de 75 m, como também nos transectos mais ao norte da Bacia de Santos (G e H). Destaca-se que a plataforma média (ao longo das isóbatas de 75 e 100m), apresenta a maior heterogeneidade em termos de granulometria e, ao longo de toda essa faixa, é visível a presença de furos na superfície do sedimento das amostras coletadas, indicando a presença de organismos capazes de causar bioturbação, como as famílias de poliqueta Amphinomidae, Lumbrineridae, Nephtyidae e Orbinidae e escafópodes da família Dentaliidae, abundantes nessa faixa batimétrica e consideradas como biodifusores (Queiros 2013), isto é, com capacidade de mobilizar o sedimento verticalmente em pequenas distâncias através de escavação de galerias, promovendo mistura de partículas de forma difusa (Kristensen et al, 2012)

Além disso, essas regiões coincidem com as maiores abundâncias de meiofauna (Galluci et al., 2022, capítulo 7 deste volume) e foraminíferos (Disaro et al., 2022, capítulo 4 deste volume), organismos que costumam fazer parte da dieta de um grande número de espécies da macrofauna como poliquetas, moluscos e anfípodes (Buzas, 1978; Buzas & Carle, 1979, Dantas et al, 2017).

A região ao largo da Baía de Guanabara (transecto G) e Cabo Frio (transecto H) são mais produtivas em relação às demais áreas da Bacia de Santos (Carreira et al. 2022, capítulo 10 deste volume). A região de Cabo Frio apresenta eventos frequentes de ressurgência e, mesmo durante os cruzeiros do presente projeto, foi possível detectar a presença da ACAS na plataforma dessas regiões (Dottori et al., 2020; 2022). A intrusão da ACAS na plataforma nessa região é notória e o enriquecimento orgânico do sedimento oriundo da produtividade pelágica também é conhecida (Sumida et al., 2005; Valentin et al., 2021; Calil et al., 2021, Carreira et al., no prelo). De acordo com Miatta e Snelgrove (2021), a concentração de clorofila *a* no sedimento é um bom indicador de *input* de matéria

orgânica fresca no sedimento, podendo ser um bom preditor da composição e abundância da macrofauna. Essa setorização da plataforma média também foi observada por Dottori et al. (2022), baseada em características hidrológicas e oceanográficas, com uma divisão clara em dois setores, sendo um ao norte da Ilha de São Sebastião em São Paulo e outra ao sul. No sul, haveria uma influência da pluma do Rio da Prata, enquanto a região mais ao nordeste seria regida por ação de ventos e eventos de ressurgência da ACAS. Esses fenômenos promoveriam uma redistribuição de sedimento na plataforma e determinariam a produtividade regional (Mahiques et al., 2010), gerando essa heterogeneidade ambiental na plataforma da Bacia de Santos que se refletiriam na estrutura de comunidade da macrofauna no presente estudo.

As variações temporais detectadas na plataforma não chegaram a alterar de forma relevante as associações encontradas nas duas campanhas, nem em termos espaciais, nem batimétricos. Ainda é prematuro afirmar que as variações temporais encontradas se devem a um fator sazonal, apesar de eventos oceanográficos sazonais relevantes serem encontrados na Bacia de Santos, como eventos de ressurgência da ACAS na plataforma, durante o verão, e aumento de frentes frias capazes de remobilizar sedimento, no período do inverno (Pires-Vanin, 2019). Geralmente, pequenas alterações nos parâmetros de comunidade não alteram, de forma relevante, a estrutura de comunidades bentônicas. Alguns autores consideram que, se as características do habitat não se alterarem de forma drástica, a composição e distribuição da biota de tais comunidades permanecerão estáveis ao longo de grandes períodos de tempo (Turner et al, 1995, Hoey et al, 2004). Somente quando mudanças decorrentes de fatores sazonais forem grandes o suficiente para alterarem as características dos habitats é que mudanças na estrutura de comunidade poderão ocorrer (Hoey et al, 2004). Nesse caso a variabilidade temporal deve ser considerada de relevância secundária em relação a variação espacial em escala regional na Bacia de Santos, apesar de variações importantes em escalas locais, principalmente na plataforma interna, devido a variações causadas por ação de ondas e correntes.

VII.5 Conclusões

O padrão das assembleias na plataforma continental da Bacia de Santos é determinado principalmente pela estrutura sedimentar (fácies arenosas, lamosas e carbonáticas) assim como pela qualidade e quantidade da matéria orgânica lábil e, secundariamente, pela presença de massas de água mais frias na plataforma. Foram identificados 5 agrupamentos de estações, refletindo essa variação da macrofauna, sendo a plataforma média (75m) mais heterogênea em termos latitudinais e mais diversa, com maiores abundâncias e biomassas no geral. A influência da ressurgência de Cabo Frio na região mais a nordeste, pode ser detectada através dos maiores valores de densidade e biomassa, nas duas campanhas, principalmente nos transectos G e H. As variações temporais foram de menor magnitude do que as espaciais sendo mais relevantes na plataforma interna (25m).

VII.6 Referências bibliográficas

- Aller, J.Y., Woodin, S. A., Aller, R.C. 2001. **Organism-Sediment Interactions**. The Belle W. Baruch Library in Marine Science, 21. University of South Carolina Press
- Almeida, T.C.M., Brasil, A.C.S., Coutinho, R. 2006. Macrobenthic communities near submerged macroalgal bed in an upwelling region of the southeastern Brazilian coast. **Journal of Coastal Research**, 39, 1094-1097.
- Almeida, T.C.M. & Ruta, C. 2000. Effects of a Subtidal Macroalgae Bed on Soft-Bottom Polychaete Assemblages in Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brazil. **Bulletin of Marine Science**, 67(1), 199-207.
- Alongi, D.M. 1990 The ecology of tropical soft-bottom benthic ecosystems. **Oceanography Marine Biology Annual Review**, 28, 381-496.
- Amaral, A.C.Z., Nonato, E.F., Petti, M.A.V. 1994. Contribution of the polychaetous annelids to the diet of some Brazilian fishes. **Mem. Mus. Nat. Hist. Natur. Paris**, 162, 331-337.
- Amaral, A.C.Z., Maccord, F.S., Borges, M., Rizzo, A.E. 2011. Composição faunística de fundos não consolidados da plataforma interna. In: AMARAL, A.C.Z. & NALLIN, S.A.H. **Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil**. pp. 435-458

- Amaral, A.C.Z. & Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. 2004. **Biodiversidade bentônica das regiões sudeste e sul do Brasil – plataforma externa e talude superior**. Série documentos REVIZEE: Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- Andersen, F.Ø., Kristensen, E. 1991. Effects of burrowing macrofauna on organic matter decomposition in coastal marine sediments. *In*: MEADOWS, P.S. & MEADOWS, A. **The environmental impact of burrowing animals and animal burrows, Symposia of the Zoological Society of London - NHBS**, Clarendon. pp 69–88.
- Anderson, M.J. 2001. A new method for non - parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, 26(1), 32-46.
- Arasaki, E. 1997. **Distribuição e estrutura benthica no Canal de São Sebastião, São Paulo, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 143 p.
- Attolini, F.S. 2002. **Padrões de distribuição de poliquetas macrobentônicas na região de plataforma externa e talude superior entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta (SC), costa sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 115 p.
- Buzas, M.A. 1978. Foraminifera as prey for benthic deposit feeders: results of predator exclusion experiments: **Journal of Marine Research**, 36, 617-625.
- Buzas, M.A. & Carle, K.J. 1979. Predators of Foraminifera in the Indian River, Florida. **Journal of Foraminiferal Research**, 9, 336-340.
- Calil, P.H.R., Suzuki, N., Baschek, B., Silveira, I.C.A. 2021. Filaments, Fronts and Eddies in Cabo Frio Coastal Upwellings Systems, Brazil. **Fluids**, 6(54): 1-31.
- Carbonel, C., Valentin, J.L. 1999. Numerical modelling of phytoplankton bloom in the upwelling ecosystem of Cabo Frio (Brazil). **Ecological Modelling**, 116, 135–148.
- Carrasco, F.D. 1997. Sublittoral macrobenthic fauna off Punta Coloso, Antofagasta, Northern Chile: high persistence of the Polychaete assemblage. **Bulletin of Marine Science**, 60(2), 443-459.
- Carreira, R., Lazzari, L., Massone, C.G., 2022. *In*: Capítulo 10 deste volume. Origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar usando indicadores geoquímicos. 107 p.
- Carreira, R., Lazzari, L., Ceccopieri, M., Rozo, L., Martins, D., Fonseca, G., Vieira, D.C., Massone, C.G. (no prelo). Sedimentary provinces of organic matter accumulation in the Santos Basin, SW Atlantic: insights from multiple bulk proxies and machine learning analysis. **Ocean and Coastal Research**. (OCR Special Article Collection)
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. **Change in Marine communities: an**

- approach to statistical analysis and interpretation.** London: PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 144p.
- Creed, J.C.; Pires, D.O., Figueiredo, M.A. (eds.). 2007. **Um levantamento rápido da biodiversidade marinha da Baía da Ilha Grande, Brasil.** Brasília: MMA/SBF. 417p.
- Curbelo-Fernandez, M.P., Della Giustina, I.D., Loiola, L.L., Arantes, R.C.M., Moura, R.B., Barboza, C.A.M., Nunes, F.S., Tâmega, F.T.S., Henriques, M.C.M.O., Figueiredo, M.A.O., Falcão, A.P.C., Rosso, S. 2017. Biota de fundos carbonáticos da plataforma continental da Bacia de Campos: algas calcárias e fauna associada. In: CURBELO-FERNANDEZ, M.P., BRAGA, A.C. (eds). **Comunidades Demersais e Bioconstrutores: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste.** Rio De Janeiro: Elsevier. Habitats, V. 4. P. 15-42.
- Dantas, R.J.S., Laut, L.L.M., Caetano, C.H.S. 2017. Diet of the amphi-Atlantic scaphopod *Fissidentalium candidum* in the deep waters of Campos Basin, south-eastern Brazil. **Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom**, 97(6),1259–1266.
- Dawe, B., Middelburgh, J.J., Van Rijswijk, P., Sinke, J., Herman, P.M.J., Heip, C.H.R., 1999. Enzymatically hydrolysable amino acids in North Sea sediments and their possible implication for sediment nutritional values. **Journal of Marine Research**, 57, 109– 134.
- De Léo, F.C. 2003. **Estrutura e dinâmica da fauna benthica em regiões da plataforma e talude superior do atlântico sudoeste.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Disaró, S. et al. 2022. In: Capítulo 4 deste volume. Foraminíferos bentônicos na plataforma continental da Bacia de Santos.
- Dottori, M., Castro, B.M.; Sasaki, D.K., Silva, D.A., Giovannino Jr, S.R.D., 2020. Estudos de Massas de Água e de Processos de Circulação em Plataforma, Talude e Águas Profundas na Bacia de Santos. **Relatório de contexto oceanográfico dos cruzeiros SANAGU e SANSED (03/08/2019-28/10/2019).** Processo nº 2018/00068-8. 41p.
- Dottori, M., Sasaki, D.K., Silva, D.A., Giovannino, S.R., Pinto, A.P., Gnamah, M., Santos, A.D., Silveira, I.C.A., Belo, W.C., Martins, R. P., Moreira, D.L., 2022. Hydrographic structure of the continental shelf in Santos Basin and its causes: The SANAGU and SANSED campaigns (2019). **Ocean and Coastal Research**, 12,
- Dufrene, M.; Legendre., P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological monographs**, 67,345-366.
- Eleftheriou, A., Holme, N.A. 1984. Macrofauna techniques. In: HOLME, N.A., MCINTYRE., A.D. (eds.) **Methods for the study of marine benthos.** (pp: 140-216). Blackwell. Oxford.
- Figueiredo Jr., A.G., Carneiro, J.C. Santos-Filho, J.R. (no prelo) Morphology and

sedimentology of Santos Basin, Brazil. **Ocean and Coastal Research**. (OCR Special Article Collection)

- Fonseca, G., Vieira, D.C. (in press).. Overcoming the challenges of data integration in ecosystem studies with machine learning pipelines: an example from the PCRBS. **Ocean and Coastal Research**.
- Gallucci, F., Christofolletti, R.A., Fonseca G., Dias, G. 2020. The Effects of Habitat Heterogeneity at Distinct Spatial Scales on Hard-Bottom-Associated Communities. **Diversity**, 12, (39), 1-13.
- Gallucci, F., Corbisier, T. N., Vieira, D. C., Gheller, P., Jesus, S. B., S., Yaginuma, L., Ferraz, M. A., Johnson, W., Fonseca, G., 2022. In: Capítulo 7 deste Volume. Meiofauna e Associações de Nematoda da Margem Continental da Bacia de Santos. 66p.
- Gomes, M.F. 2006. **Variações espaciais e sazonais na composição e estrutura da comunidade macrobêntica na plataforma continental e talude superior de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil**. Dissertação (Mestrado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 88 p.
- Gonçalves, E.M., Lana, P.C. 1991. Padrões de distribuição de Bivalvia e Gastropoda na plataforma continental da costa sudeste do Brasil (24°S - 27°S). **Nerítica**, 6(1/2)., 73-92.
- Giordani, P., Helder, W., Koning, E., Miserocchi, S., Danovaro, R. & Malaguti, A., 2002. Gradients of benthic–pelagic coupling and carbon budgets in the Adriatic and Northern Ionian Sea. **Journal of Marine Systems**, 33/34, 365–387.
- Gray, J.S., Elliot, M., 2009. **Ecology of Marine Sediments: From Science to Management**. Oxford University Press. 225 p
- Guerra-García, J.M., Tierno De Figueroa, J.M., Navarro-Barranco, C. Ros, M.E., Sánchez-Moyano, J.E., Moreira, J. 2014. Dietary analysis of the marine Amphipoda (Crustacea: Peracarida) from the Iberian Peninsula. **Journal of Sea Research**, 85, 508-517.
- Guimaraes, C.R.P., Carvalho, M.A.O., Sousa, G.S., Paes, E.T. 2018. Comunidade Macrobêntica da Plataforma Continental de Sergipe e Sul de Alagoas. In: CARNEIRO, M.E.R., ARGUELHO, M.L.P.M. (org.). **Plataforma Continental de Sergipe e Alagoas: Geoquímica Sedimentar e Comunidade Bêntica**. 1ed. São Cristóvão/SE: Editora da UFS, pp. 284-330
- Heitor, S.R. 1996. **Composição e distribuição de Echinodermata na plataforma continental da Bacia de Campos (RJ), Brasil**. Dissertação (Mestrado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 122 p.
- Hernández-Alcántara, P., Solís-Weiss, V. 2000. Magelonidae from the Mexican Pacific and northern Gulf of Mexico, with the description of a new genus (Meredithia) and four new species. **Bulletin of Marine Science**, 67(1),

625-644.

- Hernandez-Avila I., Ocaña, F.A., Pech, D. 2020. Testing marine regional-scale hypotheses along the Yucatan continental shelf using soft-bottom macrofauna. **PeerJ**, 8: e8227.
- Hoey, G.V., Degraer, S., Vincx, M. 2004. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian continental shelf. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, 59, 599-613.
- Hutchings, P.A. 1998. Biodiversity and functioning of polychaete in benthic sediments. **Biodiversity and Conservation**, 7:1133–1145.
- Kohonen T., 1982. Self-organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. **Biology Cybernet**, 43: 59-69.
- Kohonen, T., 2001. "SELF-ORGANIZING MAPS," 3RD EDITION, SPRINGER-VERLAG, BERLIN, HEIDELBERG, NEW YORK, 501 p.
- Knoppers, B. A.; ; Ekau, W.; Figueiredo, A. G. Jr. ; Soares-Gomes, A. 2009. A Interface Terra- Mar do Brasil. In: Pereira, R. C. e Soares-Gomes, A. (Org.). **Biologia Marinha**. 2ed.Rio de Janeiro: Interciência, p. 529-553.
- Knox, G., 1977. The role of polychaetes in benthic soft-bottom communities. In: REISH, D.J., FAUCHALD, K., (eds) **Essays on Polychaetous Annelids in Memory of Dr Olga Hartman**. Allan Hancock Foundation, University of Southern California: Los Angeles, CA, USA, 1977; pp. 547–604.
- Kokesh, B.S., Kidwell, S.M., Tomašových, A., Walther, S.M. 2022. Detecting strong spatial and temporal variation in macrobenthic composition on an urban shelf using taxonomic surrogates. **Marine Ecology Progress Series**, 682, 13–30.
- Kristensen, E., Penha-Lopes, G., Delefosse, M., Valdemarsen, T., Quintana, C.O., Banta, G.T. 2012. What Is Bioturbation? The Need for a Precise Definition for Fauna in Aquatic Sciences. **Marine Ecology Progress Series**, 446, 285-302.
- Labrune, C., Romero-Ramirez, A., Amouroux, J.M., Duchêne, J. Claude, Desmalades, M., Escoubeyrou, K., Buscail, R. & Grémare, A., 2012. Comparison of ecological quality indices based on benthic macrofauna and sediment profile images: A case study along an organic enrichment gradient off the Rhône River. **Ecological Indicators**, 12: 133–142.
- Lana, P.C., Camargo, M.G., Brogim, R.A., Isaac, V.J. 1996. **O bentos da costa brasileira: avaliação crítica e levantamento bibliográfico (1858 – 1996)**. FEMAR, Rio de Janeiro, 432 p.
- Lavrado, H.P., Sallorenzo, I., Berenguer, V. Veloso, V.G. 2015. Macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos: PETROBRAS. **Relatório Final do Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia do Espírito Santo e parte norte da Bacia de Campos (PCR-ES)**. Rio de Janeiro, RJ.
- Legendre, P.; Borcard, D.; Peres-Neto, P. R., 2005. Analyzing beta diversity:

- partitioning the spatial variation of community composition data. **Ecological Monographs**, v. 75, n. 4, p. 435-450.
- Mahiques, M.M.; Silveira, I.C.A., Mello E Sousa, S.H., Furtado, V.V., Tessler, M.G., Toledo, F.A.L., Burone, L., Figueira, R.C.L., Klein, D.A., Martins, C.C., Alves, D.P.V., 2010. The southern Brazilian shelf: general characteristics, quaternary evolution, and sediment distribution. **Brazilian Journal of Oceanography**, 58, 25-34.
- Matthews-Cascon, H., Bezerra, L., Barroso, C.X., Rabay, S.G., Moreira, A.K., Rocha, V.P., Soares, M.O. 2018. Marine benthic communities affected by the Doce River (Southwestern Atlantic): Baseline before a mining disaster. **Marine Pollution Bulletin**, 135, 1000-1006.
- Miatta, M., Snelgrove P.V. R. 2021. Sedimentary Organic Matter Shapes Macrofaunal Communities but Not Benthic Nutrient Fluxes in Contrasting Habitats Along the Northwest Atlantic Continental Margin. **Frontiers in Marine Science**, 8, doi: 10.3389/fmars.2021.756054
- Morgado, E.H. 1988. **Anelídeos poliquetos do sublitoral da região de Ubatuba-SP, compreendida entre as ilhas Anchieta e Vitória**. Tese (Doutorado em ecologia). Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 181p.
- Moser, G.A.O., Giancesella, S.M.F. 1997. Biological and oceanographic upwelling indicators at Cabo Frio (RJ). **Revista Brasileira de Oceanografia**, 45(1-2) 11-23.
- Muniz, P. 1996. **Distribuição e abundância dos anelídeos poliquetos e seu papel trófico no ecossistema costeiro do Canal de São Sebastião, São Paulo (Brasil)**. Dissertação (Mestrado). Instituto Oceanográfico, USP, São Paulo. 122 p.
- Murtagh, F; Legendre, P., 2014. Ward's Hierarchical Agglomerative Clustering Method: Which Algorithms Implement Ward's Criterion? **Journal of Classification**, 31: 274-295.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P.R., O'hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., Wagner, H. 2020. **Vegan: Community Ecology Package**. R package Version 2.5-7. <https://cran.r-project.org/package=vegan>
- Paiva, P.C. 1993. Anelídeos poliquetas da plataforma continental norte do estado de São Paulo: I – Padrões de densidade e diversidade específicas. **Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo**, 41 (1-2), 69- 80.
- Paiva, P.C. 1996. **Variação espacial e temporal da macrofauna bentônica da enseada de Picinguaba, Ubatuba, SP**. Tese (Doutorado). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 140 p.
- Pearson, T.H., Rosenberg, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment.

Oceanography and Marine Biology Annual Review, 16: 229-311.

- PETROBRAS, 2006. **Relatório integrador do Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar**. 16 - Fauna Bentônica, CENPES/PDEDS/AMA, Rio de Janeiro. 119 p.
- PETROBRAS, 2013. Macrofauna Bêntica da Plataforma Continental. In: Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC/Habitats). Vol. 5 – Ambiente Bêntico, Cap VII, p: 331-379p. PIRES-VANIN, A.M.S. 1992. Structure and dynamics of benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, southeastern Brazil. **Marine Ecology Progress Series**, 86, 63–76.
- Pires-Vanin, A.M.S. 1993a. A macrofauna bêntica da plataforma continental ao largo de Ubatuba, São Paulo, Brasil. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, 10, 137–158.
- Pires-Vanin, A.M.S. (ed) 1993b. Estrutura e Função do Ecossistema de Plataforma Continental do Atlântico Sul Brasileiro. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico**, 10, 1-245
- Pires-Vanin, A.M.S 2019. Integrative Approach to Assess Benthic Ecosystem Functioning on the Southwest Brazilian Continental Shelf'. In: Soto, L.A. (ed.) **Advances in the Studies of the Benthic Zone**, IntechOpen, London.
- Pires-Vanin, A.M.S. Arasaki, E., Muniz, P. 2013. Spatial Pattern of Benthic Macrofauna in a Sub-tropical Shelf, São Sebastião Channel, Southeastern **Brazilian Latin American Journal of Aquatic Research**, 41(1), 42-56.
- Pires-Vanin, A.M.S, Corbisier, T.N., Arasaki, E., Möellmann, A.M., 1997. Composição e distribuição espaço-temporal da fauna bêntica no Canal de São Sebastião. **Relatório Técnico do Instituto Oceanográfico**, 41, 29-46.
- Pusceddu, A., Dell'anno, A., Manini, E., Fabiano, M., Danovaro R., 2009. Quantity and bioavailability of sediment organic matter as signatures of benthic trophic status. **Marine Ecology Progress Series**, 375: 41–52.
- Queirós Am, Birchenough Snr, Bremner J, Godbold Ja, Parker Re, Romero-Ramirez A, Reiss H, Solan M, Somerfield Pj, Colen Cv, Hoey Gv, Widdicombe S. 2013. A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. **Ecology and Evolution**, 3(11), 3958–3985.
- Quintana, C.O.; Bernardino, A. F. ; Moraes, P.C.; Valdemarsen, T.; Sumida, P Y.G. 2015. Effects of coastal upwelling on the structure of macrofaunal communities in SE Brazil. **Journal of Marine Systems**, 143: 120-129.
- Rodríguez, J.G., Garmendia, J.M., Muxika, I., Gómez-Ballesteros, M., Quincoces, I., Díez, I., Arrese, B., Sánchez, F., Galparsoro, I., 2021. Macrofaunal variability in the continental shelf and canyons in the southeastern Bay of Biscay. **Regional Studies in Marine Science**, 48: 102012.
- Rohr, T.E.; Almeida, T.C.M., 2006. Annelid Polychaeta from the outer continental

shelf off the coast of Santa Catarina state, Brazil: summer and winter. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 10(1): 41-50.

RSTUDIO TEAM (2020). Rstudio: Integrated Development for R. Rstudio, PCC, Boston, Ma URL <http://www.rstudio.com/>.

Sallorenzo, I. A. 2013. **Caracterização Espacial da Macroinfauna Bentônica da Plataforma Continental da Bacia de Campos: Questões Metodológicas**. Tese Doutorado em Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense. Niterói (RJ), Brasil. 211p.

Shimabukuro, M., Bromberg, S., Pires-Vanin, A. M.S. 2016. Polychaete distribution on the southwestern Atlantic continental shelf. **Marine Biology Research**, (12): 239-254.

Soto, E., Quiroga, E.; Ganga, B., Alarcón G. 2016. Influence of organic matter inputs and grain size on soft-bottom macrobenthic biodiversity in the upwelling ecosystem of central Chile. **Marine Biodiversity** DOI 10.1007/s12526-016-0479-0

Sumida, P.Y.G., Yoshinaga, M.Y., Ciotti, A.M., Gaeta, S.A. 2005. Benthic response to upwelling events off the SE Brazilian coast. **Marine Ecology Progress Series**, 291, 35–42.

Turner, S.J., Thrush, S.F., Pridmore, R.D., Hewitt, J.E., Cummings, V.J., Maskery, M., 1995. Are soft-sediment communities stable? An example from a windy harbour. **Marine Ecology Progress Series**, 120, 219e230.

Valentin, J.L. 2001. The Cabo Frio Upwelling System, Brazil. In: SEELIGER, U., KJERFVE, B. (eds.) **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**. Ecological Studies, 144. Springer, Berlin, Heidelberg.

Valentin, J.L., Dalmo, L.A., Salvador, A.J. 1987. Hydrobiology in the Cabo Frio (Brazil) upwelling: two-dimensional structure and variability during a wind cycle. **Continental Shelf Research**, 7(1), 77-88.

Valentin, J.L., Leles, S.G., Tenenbaum, D.R., Figueiredo, G.M. 2021. Frequent upwelling intrusions and rainfall events drive shifts in plankton community in a highly eutrophic estuary. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 257: 107387.

Valentin, J.L., Paiva, P.C., Salomon, P.S. 2018. **A Baía de Guanabara: passado, presente e futuro de um ecossistema ameaçado**. Editora CRV. 314 p.

Valério-Berardo, M.T, Flynn, M.N, Wakabara, Y. 2000. Structure and dynamics of a shelf amphipod taxocenosis in southeastern Brazil. **Bulletin of Marine Science**, 66(1), 59-72.

Veloso, V.G., Sallorenzo, I.A., Fernandes, V.B., 2017. Macrofauna Bentônica Da Plataforma Continental Da Bacia De Campos. In: Falcão, A.P.C., Lavrado, H.P. (ed.) **Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats 3, 227-258.

- Vesanto, J., Himberg, J.; Alhoniemi, E. 2000. SOM Toolbox for Matlab 5. Helsinki University of Technology, **Publications in Computer and Information Science**; Report A57.
- Vieira, D.C., Fonseca, G. 2022. **iMESc: An Interactive Machine Learning App for Environmental Science**. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6484391>
- Wickham, H. 2016. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York. ISBN: 978-3-319-24277-4.
- Wolff, C. 2014. Amphipoda. In: MARTIN J., OLESEN J., HØEG, J.T. **Atlas of Crustacean Larvae**. America: Johns Hopkins University Press. 370p.
- WoRMS Editorial Board. 2022. World Register of Marine Species, <https://www.marinespecies.org>, Acessado em: 03/12/2022.
- Zajac, R., 2001. Organism-sediment Relations at Multiple Spatial Scales: Implications for Community Structure and Successional Dynamics. In: ALLER et al. (eds.) **Organism-Sediment Interactions**. (p. 119-139). The Belle W. Baruch Library in Marine Science, 21. University of South Carolina Press.
- Zalmon, I.R., Macedo, M., Rezende, C.E., Falcão, A.P.C., Almeida, T.C. 2013. The distribution of macrofauna on the inner continental shelf of southeastern Brazil: The major influence of an estuarine system. **Estuar. Coast. Shelf Sci.**, 130, 169-178.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Elphick, C.S. 2010. A Protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution**, 1:3–14.

VII.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Helena Passeri Lavrado	Bióloga, Prof. Dr.	Coordenação Macrofauna Bentônica
Rafael Bendayan de Moura	Biólogo, Dr. em pós-doutorado	Caracterização da Macrofauna Bentônica da Talude Continental
Adriana Galindo Dalto	Bióloga, Dr. em pós-doutorado	Caracterização da Macrofauna Bentônica da Plataforma Continental

VIII. Macrofauna bentônica do talude continental e Platô de São Paulo da Bacia de Santos

*Capítulo VIII
Revisão 01
Dezembro/2022*

VIII.1 Introdução

As margens continentais compreendem a plataforma (até cerca de 200 m de profundidade) e o talude continental (até 2000-3000 m) e representam aproximadamente 15% do fundo oceânico (Menot et al., 2010). Embora pareçam visualmente ambientes homogêneos, as margens continentais são influenciadas por um amplo gradiente batimétrico, diferentes tipos de substrato e interações biológicas entre as comunidades bentônicas (Menot et al., 2010; Ramirez-Llodra et al., 2010). Além disso, as condições geológicas, físicas e geoquímicas do fundo oceânico e da coluna d'água geram um alto grau de heterogeneidade ambiental (Ramirez-Llodra et al., 2010) que, por sua vez, promovem alta diversidade da fauna bentônica. As margens continentais também exercem funções ecológicas essenciais, pois atuam em processos biogeoquímicos como a remineralização de nutrientes e depósito de carbono a longo prazo (Levin & Sibuet, 2012). Nesses biomas, a macrofauna bentônica é utilizada como um importante recurso alimentar tanto pela megafauna bentônica como pelo nécton (principalmente peixes), também contribuindo para os ciclos biogeoquímicos através da remobilização do sedimento (bioturbação), ou nos processos de produção secundária dos ecossistemas marinhos (Gage & Tyler, 1991; Gray & Elliott, 2009).

A maioria dos organismos da macrofauna tem pouca ou nenhuma mobilidade na sua fase adulta, portanto sua distribuição latitudinal ou batimétrica está frequentemente relacionada a diferentes tipos de sedimentos, matéria orgânica e padrões de distribuição de massas de água (Puerta et al., 2020). Embora as características dos sedimentos, como tamanho do grão e teor de carbonato, sejam tradicionalmente apontadas como os principais fatores que determinam a distribuição da macrofauna (Gray & Elliott, 2009), outras características ambientais têm sido consideradas relevantes e influenciado direta ou indiretamente na biodiversidade bentônica em oceano profundo, como temperatura, oxigênio dissolvido, fluxo de matéria orgânica e padrões de circulação, relacionadas às características das massas de água (Puerta et al., 2020). Como as propriedades das massas de água também variam com a

profundidade, assim como muitas outras variáveis ambientais (por exemplo, matéria orgânica particulada), é difícil distinguir o papel de cada um desses fatores independentemente e as relações entre a diversidade bentônica e esses fatores ambientais podem variar de uma margem continental para outra.

O conhecimento a respeito da macrofauna de sedimento encontrada nas margens continentais do Atlântico Norte e Equatorial é mais expressivo quando comparado ao Atlântico Sul (Levin & Gooday, 2003). Entretanto, iniciativas de parceria da comunidade científica com a indústria petrolífera têm sido bem-sucedidas no sentido de aumentar o conhecimento nas últimas duas décadas no Atlântico Sudoeste, em especial na região Nordeste (Petrobras, 2006; Guimarães et al., 2020) e Sudeste do Brasil (Lavrado et al., 2010, 2017; Bernardino et al., 2016). As regiões Sudeste e Sul do Brasil concentram mais de 90% das reservas e produção de petróleo do país (Viana et al., 1998; Mohriak, 2003; Falcão et al., 2017) e o crescimento das atividades de exploração e produção de petróleo tem estimulado o desenvolvimento de projetos de caracterização e monitoramento ambiental nas bacias sedimentares marinhas brasileiras. As bacias de Campos e Espírito Santo foram alvo de estudos com esse foco nos últimos 15 anos (e.g. Lavrado et al., 2010; 2017; Bernardino et al., 2016), através dos quais foram geradas informações relevantes sobre a diversidade e estrutura de comunidades bentônicas em escala regional.

Diferentemente da plataforma continental, onde as informações sobre a macrofauna bentônica foram obtidas desde a década de 1980 (Capítoli e Bonilha, 1991; Sumida & Pires-Vanin, 1997; Seeliger et al., 1998), os dados disponíveis sobre o talude continental da Bacia de Santos são ainda considerados incipientes. O “Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva Brasileira” (REVIZEE) – Score Sul destaca-se como a mais abrangente investigação da fauna bentônica da margem continental Sudeste-Sul brasileira, com estações amostradas até 808 m de profundidade (Amaral et al., 2004). No entanto, as informações sobre a macrofauna bentônica profunda foram restritas ao talude superior até uma profundidade máxima de 600 m. Não foi possível, por exemplo, observar a tendência unimodal da biodiversidade ao longo de um gradiente de

profundidade, como geralmente descrito para vários grupos de invertebrados bentônicos no mar profundo (Menot et al., 2010).

Estudos adicionais na região se concentraram principalmente na estrutura da comunidade bentônica de habitats específicos presentes no talude superior e médio, tais como corais associados a *pockmarks*, carcaças de baleias e experimentos de sucessão ecológica utilizando estruturas de madeira submersas (Sumida et al., 2004, 2016; Shimabukuro et al., 2017, 2019; Saeedi et al., 2019) ou em alguns pontos do platô de São Paulo (Petrobras/Habtec, 2003)

No entanto, até o momento, ainda existem grandes lacunas no conhecimento sobre os padrões da fauna bentônica ao longo de um gradiente espacial e batimétrico mais amplo; considerando, para Bacia de Santos, principalmente as regiões do talude continental e do platô de São Paulo. Isso pode ser preocupante, visto que a atividade humana pode comprometer a biodiversidade em águas profundas antes mesmo das espécies dessas regiões serem conhecidas. Entre os principais riscos ambientais em oceano profundo em todo o mundo estão a pesca, a exploração de petróleo e gás, a extração de minerais marinhos e as mudanças climáticas (Glover & Smith, 2003).

Almada & Bernadino (2017) já destacaram a necessidade da identificação urgente de habitats vulneráveis na margem continental brasileira em função do aumento das atividades antrópicas nesses biomas. Assim, a caracterização e ampliação do conhecimento da biota do talude continental brasileiro são imprescindíveis, principalmente após a descoberta de reservatório do pré-sal na Bacia de Santos, entre 1000 e 2000 m de profundidade (Almada & Bernardino, 2017). Além disso, é essencial desenvolver projetos de natureza ampla e multidisciplinar para subsidiar futuros programas de conservação e monitoramento. Dentro desse contexto e como parte do “Projeto Santos – Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos (PCR-BS)”, coordenado pelo CENPES/PETROBRAS, este estudo tem como foco a caracterização das comunidades bentônicas do talude continental, em escala regional, a fim de compreender a estrutura desta margem continental, de forma a fornecer subsídios para o planejamento e gestão ambiental.

Mais especificamente, este estudo visa (1) caracterizar a estrutura da comunidade da macrofauna bentônica da Bacia de Santos; (2) determinar a distribuição latitudinal e batimétrica das comunidades macrobentônicas, (3) identificar as principais variáveis ambientais determinantes da distribuição espacial da macrofauna e (4) verificar a variabilidade temporal dessas comunidades na região.

VIII.2 Material & Métodos

VIII.2.1 Coleta e processamento da macrofauna a bordo

Informações detalhadas sobre a área de estudo, desenho amostral e metodologia de coleta podem ser encontrados no Capítulo II deste volume. O sedimento foi coletado em triplicata em cada estação usando um box-corer tipo GOMEX (área de superfície de 0,25 m²), exceto nas estações A07 (nas duas campanhas), D08, G09 e P01 (na primeira campanha), onde foram coletadas um ou duas réplicas. Um pegador de fundo do tipo van Veen modificado (área de superfície de 0,75 m²) foi usado nas estações A06 e H06 e G11, onde o tipo de substrato era mais grosso. Para a macrofauna, cada réplica consistiu em nove corers de 10 cm² (área total de cada réplica: 900 cm²) estratificados em três camadas: 0-2, 2-5 e 5-10 cm para melhor penetração do fixador. As amostras foram fixadas a bordo em uma solução de formaldeído a 4% tamponada com bórax. Em função do tipo de fundo, a estação G11 não apresentou amostras válidas na primeira campanha, assim como a estação P01 na segunda campanha.

VIII.2.2 Processamento da macrofauna em laboratório

Para a macrofauna, o sedimento foi lavado em peneira de malha de 300 µm e os organismos retidos foram preservados em álcool 70%. Esse tamanho de malha é frequentemente usado para amostragem de macrofauna de oceano profundo, pois os organismos são geralmente menores do que aqueles

encontrados em águas rasas, nos mesmos grupos taxonômicos (Hessler & Jumars, 1974). Os organismos foram contados e identificados sob estereomicroscópio, ao menor nível taxonômico possível. Para os grupos mais abundantes da macrofauna (Polychaeta, Crustacea e Mollusca), a identificação foi feita inicialmente em nível de família e os espécimes foram posteriormente encaminhados a diversos especialistas para posterior refinamento taxonômico, em nível de espécie. A ordem Sipuncula não foi incluída na totalização de Annelida para permitir comparações com os estudos pretéritos, quando este grupo taxonômico não era considerado dentro desse filo. No caso de Mollusca, apenas organismos com conchas intactas e partes moles foram considerados nas análises. A biomassa foi estimada por peso úmido usando uma balança analítica (precisão: 0,0001 g) para cada grupo, sendo que, para Mollusca, foi incluído o peso das conchas. Todos esses procedimentos foram realizados pela empresa Benthos - Instituto de Pesquisa Ambiental.

VIII.2.3 Análise de dados

Os dados de abundância de cada táxon, considerando toda a coluna sedimentar (0-10 cm) foram convertidas em indivíduos por metro quadrado e a biomassa foi estimada em g peso úmido m⁻², para fins de comparação com a literatura. No presente relatório, os dados analisados consideraram os táxons identificados em nível de família, pois muitas espécies de profundidade ainda são desconhecidas pela ciência e sua identificação é um processo muito demorado.

Descritores primários da estrutura de comunidade, como a riqueza taxonômica (S), índice de diversidade de Shannon-Wiener ($H' \log_2$), índice de equitabilidade de Pielou (J') e rarefação de Hurlbert (ES₅₀) foram calculados para cada amostra usando PRIMER 6.1.16 & Permanova+ 1.6 0.0. (Clarke & Warwick, 2001).

Análises de variância bifatoriais foram realizadas para detectar diferenças significativas na densidade e nos descritores de comunidade entre profundidade ou transectos *versus* campanhas, em função do desenho amostral ser desbalanceado, por exemplo, apenas as estações P têm 2200 m de

profundidade e o transecto G não possui a isóbata de 2400 na primeira campanha. O teste de Tukey foi realizado para detectar pares de médias estatisticamente diferentes. Os dados foram verificados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e quanto à homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. A transformação logarítmica de todas as variáveis foi necessária para se atingir os pressupostos da ANOVA. Essa rotina foi realizada utilizando o software Statsoft Statistica 8.0 for Windows.

Para as análises multivariadas, os dados de abundância foram transformados raiz quadrada para diminuir o peso dos táxons mais abundantes. O índice de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado para a análise de ordenação de escalonamento não-métrico (nMDS) de forma a examinar as relações das assembleias em diferentes profundidades, através do programa PRIMER 6.1.16 & Permanova+ 1.6.0. As diferenças na estrutura da comunidade da macrofauna entre as profundidades foram investigadas por meio de PERMANOVA. (Anderson et al., 2008).

Uma análise não supervisionada de mapa auto-organizável com base em rede neural (SOM- *self organizing maps*) (Kohonen, 2001) foi utilizada para classificar as assembleias bentônicas amostradas em profundidades e transectos para uma visão mais abrangente dos padrões espaciais das associações de macrofauna na Bacia de Santos. A análise SOM foi aplicada ao conjunto de dados de densidade média de táxons, transformados em raiz quadrada, seguindo os parâmetros adaptados de Fonseca & Vieira (no prelo) na interface do aplicativo iMESc 2.1.0.1 (Vieira & Fonseca, 2022), desenvolvido para o projeto. As dimensões e formato da topologia foram sugeridos automaticamente pelo aplicativo de acordo com Vesanto et al., (2000). A partir do treinamento dos dados utilizando-se a distância de Bray-Curtis, 1000 interações e dez repetições foram selecionados os modelos com o menor valor de erro topográfico. Os resultados obtidos após a análise do SOM foram submetidos a um agrupamento hierárquico usando o método de ligação de Ward.D2 para reduzir o número de grupos. O número ideal de grupos foi determinado pelo método do cotovelo (Fonseca & Vieira, no prelo)

Uma análise de correspondência canônica (CCA) também foi realizada para identificar as variáveis ambientais que melhor explicam a distribuição das

assembleias da macrofauna utilizando-se a matriz biológica com os táxons mais abundantes (> 0,01%) e frequentes (> 5%) e uma matriz ambiental padronizada. Das 249 variáveis ambientais disponíveis, 11 foram selecionadas desconsiderando aquelas altamente correlacionadas entre si e mantendo apenas aquelas com maior significado biológico. Os metais biodisponíveis, por exemplo, não foram incluídos nas análises por apresentarem valores abaixo dos níveis limiares de efeito para a fauna.

Os parâmetros profundidade (m), temperatura da água de fundo (°C), grau de seleção do grão (ϕ), teor de cascalho total (%), teor de argila (%), teor de carbonato total (%), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA (ng.g^{-1}), carbono biopolimérico (mg.g^{-1}), dinosterol (mg.g^{-1}), razão proteína/carboidrato e razão feopigmentos/clorofila-*a* foram considerados como variáveis ambientais para a análise da primeira campanha. No caso da segunda campanha, não foi possível a inclusão de dados de temperatura da água de fundo, HPA e dinosterol por não estarem disponíveis até o momento da análise. Para a primeira campanha, o teor de cascalho total, teor de argila e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos foram as variáveis excluídas utilizando a função *ordistep* com método de seleção *forward stepwise*. Já para a segunda campanha, o método excluiu o grau de seleção do grão, o teor de argila, e o dinosterol. As demais variáveis foram mantidas, considerando o fator de inflação da variância ($\text{VIF} < 5,0$). Estes procedimentos foram realizados utilizando-se o pacote Vegan 2.5-7 (Oksanen et al., 2020), e a visualização gráfica foi gerada utilizando o pacote ggplot2 (Wickham, 2016), ambos em ambiente R Studio (R Core Team, 2021).

Como parte de uma inovação na análise de dados biológicos, uma análise com o algoritmo de florestas aleatórias (*Random Forest*) foi realizada com os dados da primeira campanha, por ter o conjunto de dados mais completo disponível, de forma a verificar quais variáveis ambientais relevantes podem ser usadas como boas preditoras das assembleias de macrofauna. A matriz biológica e a matriz de dados abióticos, assim como as 11 variáveis selecionadas utilizadas na CCA. Os dados foram igualmente transformados e a análise realizada na interface iMESc 2.1.0.1. Os cinco grupos de estações obtidos com a análise do SOM foram considerados como variável para o treinamento dos

dados abióticos a partir de um total de 500 árvores, divisão em cinco para validação cruzada e dez repetições. A matriz de confusão para verificar o grau de acerto na previsão das assembleias de macrofauna em função dos dados ambientais foi calculada através do modelo ideal (*optimal model*).

VIII.3 Resultados

VIII.3.1 Composição taxonômica

Foram encontrados 230 táxons de invertebrados marinhos na macrofauna de sedimento da Bacia de Santos (de família a filo) (**Anexo VIII-5**). Desse total, o grupo com maior número de famílias identificadas foi Crustacea Peracarida (76 famílias), seguido de Mollusca (73) e Polychaeta (54). Outros 16 grupos de invertebrados marinhos foram encontrados, entre os quais os mais abundantes foram Nemertea, Sipuncula, Holothuroidea e Ophiuroidea. Trinta e três táxons (cerca de 13%) só ocorreram em uma única campanha e cerca de 1/3 dos táxons só ocorreram em uma ou duas estações de coleta.

Em relação à abundância total, os anelídeos foram os mais abundantes (cerca de 69%), sendo principalmente compostos por poliquetos, seguidos dos crustáceos (cerca de 17%) e moluscos (entre 6 e 7%), totalizando mais de 90% da macrofauna (**Tabela VIII.3.1-1**). As famílias de poliquetos mais abundantes e frequentes nas duas campanhas foram Spionidae, Paraonidae, Cirratulidae e Syllidae, sendo a primeira o táxon mais abundante de toda a Bacia com cerca de 11% do total da macrofauna. Dentre os Spionidae, destaca-se *Aurospio dibranchiata* Maciolek, 1981 que ocorre no talude médio a inferior, representando mais de 40% dos indivíduos da família. Em relação aos crustáceos peracáridos, as famílias mais abundantes e frequentes foram Colletteidae, Desmosomatidae, Anarthuridae e Typhlotanaidae, sendo que três delas pertencem ao grupo dos tanaidáceos e somente uma ao grupo dos isópodes (Desmosomatidae). Entre os moluscos, os bivalves das famílias Yoldiidae (*Microgloma* sp. 2, *Yoldiella* sp. 2) e Kelliellidae (*Kelliella* sp.1) e de aplacóforos Solenogastres e da família Prochaetodermatidae foram os mais abundantes, mas nenhuma delas ocorreu

em mais de 75% das estações. Não houve muita variação entre as campanhas em relação à dominância desses táxons (**Tabela VIII.3.1-1**), com exceção dos moluscos com as famílias Yoldiidae e Kellielidae apresentaram uma redução na abundância relativa.

Tabela VIII.3.1-1: *Frequência de ocorrência (FO) e abundância relativa (AR) das dez principais famílias de Annelida, Crustacea e Mollusca da macrofauna bentônica do talude continental da Bacia de Santos e Platô de São Paulo. Crustacea: (A) Amphipoda, (T) Tanaidacea, (I) Isopoda. Mollusca: (B) Bivalvia, (AP) Aplacophora, (G) Gastropoda, (S) Scaphopoda.*

	Campanha 1		Campanha 2	
	FO (%)	AR (%)	FO (%)	AR (%)
	N = 59	N = 36479	N = 59	N = 36224
Annelida		69,5		69,2
Spionidae	100,0	11,72	100,0	11,33
Paraonidae	98,3	9,57	98,3	9,72
Cirratulidae	100,0	5,71	100,0	5,01
Syllidae	96,6	5,35	93,2	5,62
Pilargidae	57,6	4,23	50,9	4,17
Amphinomidae	93,2	2,90	93,2	3,12
Nereididae	55,9	2,76	64,4	2,68
Capitellidae	86,4	2,56	89,8	2,69
Sabellidae	100,0	2,37	98,3	2,03
Ampharetidae	100,0	2,19	93,2	1,60
Crustacea		17,7		17,6
Colletteidae (T)	98,3	3,66	98,3	3,96
Desmosomatidae (I)	98,3	2,22	88,1	2,10
Anarthruridae (T)	61,0	1,96	57,6	1,97
Typhlotanaiidae (T)	79,7	1,30	83,1	1,34
Pseudotanaiidae (T)	86,4	0,91	84,8	0,86
Akanthophoreidae (T)	93,2	0,80	79,7	0,51
Apseudidae (T)	69,5	0,69	67,8	0,53
Tanaellidae (T)	71,2	0,52	59,3	0,31
Agathotanaiidae (T)	57,6	0,51	59,3	0,71
Phoxocephalidae (A)	54,2	0,46	44,1	0,36
Mollusca		7,0		6,0
Yoldiidae (B)	74,6	1,34	59,3	0,80
Kelliellidae (B)	47,5	0,98	15,3	0,04
Solenogastres (AP)	71,2	0,60	74,6	0,90
Prochaetodermatidae (AP)	61,0	0,54	37,3	0,38
Nuculidae (B)	62,7	0,41	52,5	0,24
Entalinidae (B)	39,0	0,28	33,9	0,25
Chaetodermatidae (AP)	35,6	0,26	30,5	0,31
Cuspidariidae (B)	67,8	0,25	64,4	0,30
Pulsellidae (S)	39,0	0,25	0,0	0,00
Nuculanidae (B)	18,6	0,23	39,0	0,20

VIII.3.2 Variação batimétrica

Foi observada uma diminuição significativa da densidade da macrofauna total entre o talude superior, a 400 m, e a região do Platô de São Paulo, a 2200-2400 m, onde valores médios variaram de $6825 \pm 1375 \text{ ind.m}^{-2}$ a $375 \pm 32 \text{ ind.m}^{-2}$, respectivamente (**Figura VIII.3.2-1, Anexo VIII-2**). **Não houve diferença**

significativa entre a densidade total da macrofauna entre 1000 e 1300 m e entre 2200 e 2400m. O mesmo pode ser observado em relação à biomassa total e riqueza de táxons. Já a equitabilidade aumentou com a profundidade, sendo significativa a diferença entre o platô e os taludes superior e médio. No caso da diversidade de Shannon ($H' \log_2$) e do número estimado de táxons para uma amostra de 50 indivíduos (ES_{50}), as maiores médias foram encontradas nas isóbatas de 700 e 1000 m, sendo estas significativamente diferentes tanto em relação ao talude superior como ao platô de São Paulo (2200-2400 m). Não houve variação significativa da abundância e biomassa entre as duas campanhas, mas a riqueza de táxons, diversidade de Shannon e índice de rarefação variaram significativamente entre campanhas, com uma pequena redução dessas variáveis na segunda campanha, principalmente nas áreas mais profundas.

Esta mesma tendência de diminuição com o aumento da profundidade se refletiu para os três principais grupos da macrofauna (anelídeos, crustáceos e moluscos), sendo as maiores variações temporais ocorrendo em relação aos moluscos que aumentaram de abundância na segunda campanha na região do talude superior (**Figura VIII.3.2-2**).

Considerando a comunidade bentônica como um todo, percebe-se uma nítida zonação da macrofauna ao longo do talude, onde as estações do talude superior (400 m) têm composição e abundância relativa de táxons diferente das demais zonas do talude, assim com as estações do Platô de São Paulo (2200-2400 m) (**Figura VIII.3.2-3**). As duas matrizes de similaridade referentes às duas campanhas e especializadas no nMDS tiveram uma forte correlação entre si ($r_s=0,81$, $p<0,001$) e indicam que os grupos formados em função da batimetria se mantêm relativamente semelhantes entre campanhas. A análise de PERMANOVA indicou que somente as isóbatas do talude médio (entre 1000 e 1300 m) e as do platô (entre 2200 e 2400 m) não se diferenciaram significativamente em nenhuma das duas campanhas quanto à estrutura de comunidade da macrofauna.

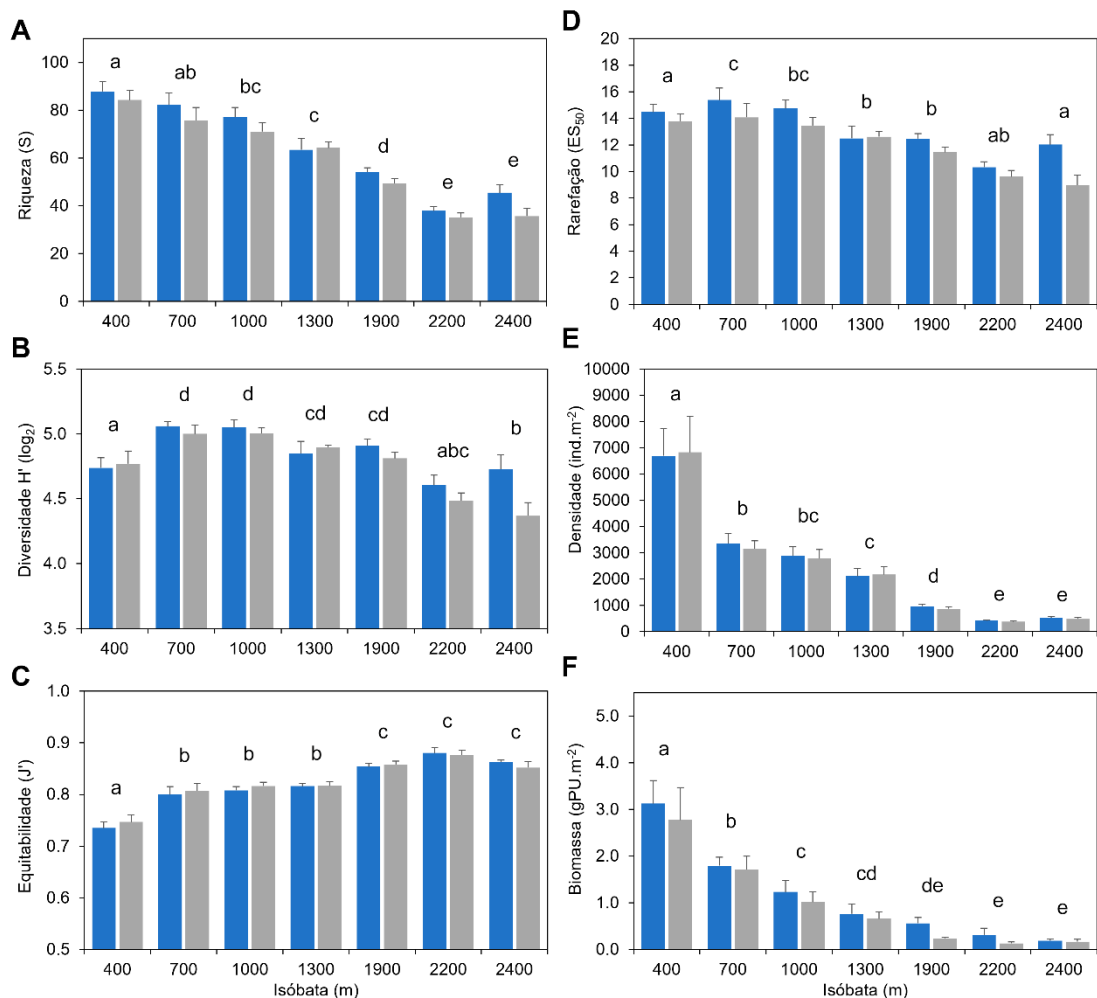


Figura VIII.3.2-1: (A) Riqueza (S), (B) Diversidade de Shannon-Wiener ($H' \log_2$), (C) Equitabilidade de Pielou (J'), (D) Rarefação de Hurlbert (ES_{50}), (E) Densidade (ind.m^{-2}), e (F) Biomassa (gPU.m^{-2}) da macrofauna bentônica do talude e Platô de São Paulo (400-2400 m). Campanha 1 (■), Campanha 2 (■). Valores médios + erro padrão. As letras minúsculas sobre as barras indicam significância estatística de acordo com o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

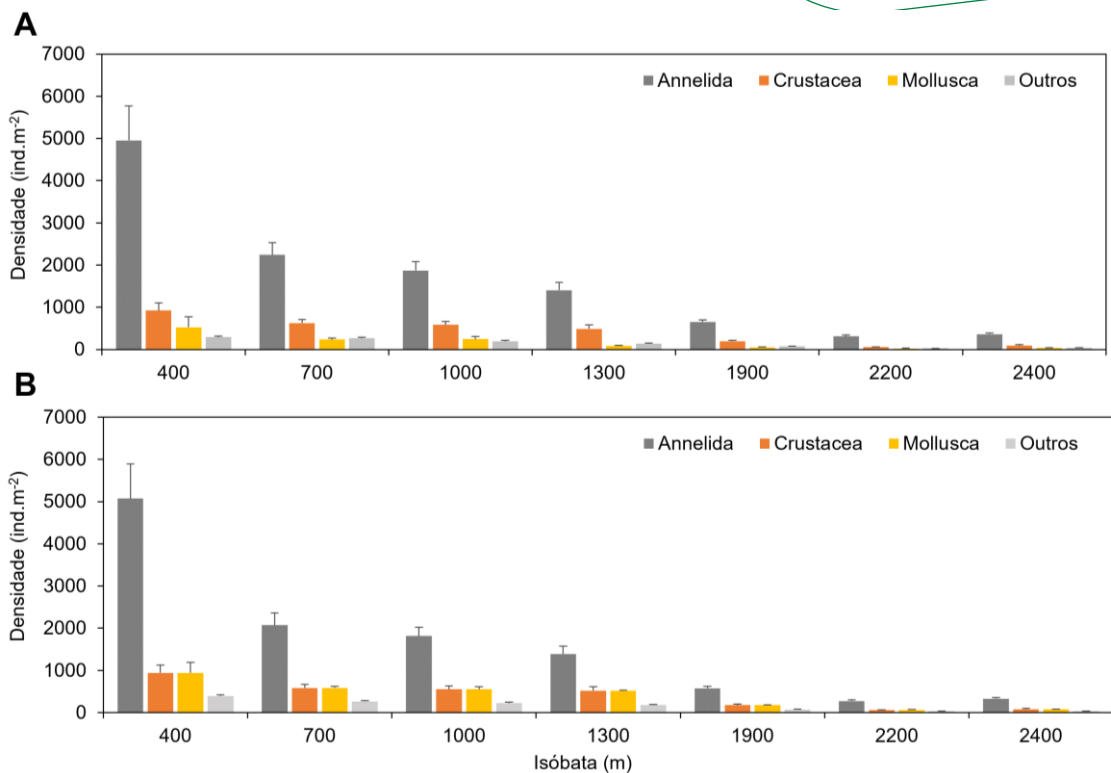


Figura VIII.3.2-2: Densidade média dos principais grupos da macrofauna bentônica da Bacia de Santos e o Platô de São Paulo ao longo do gradiente de profundidade de 400-2400 m. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2. Valores médios

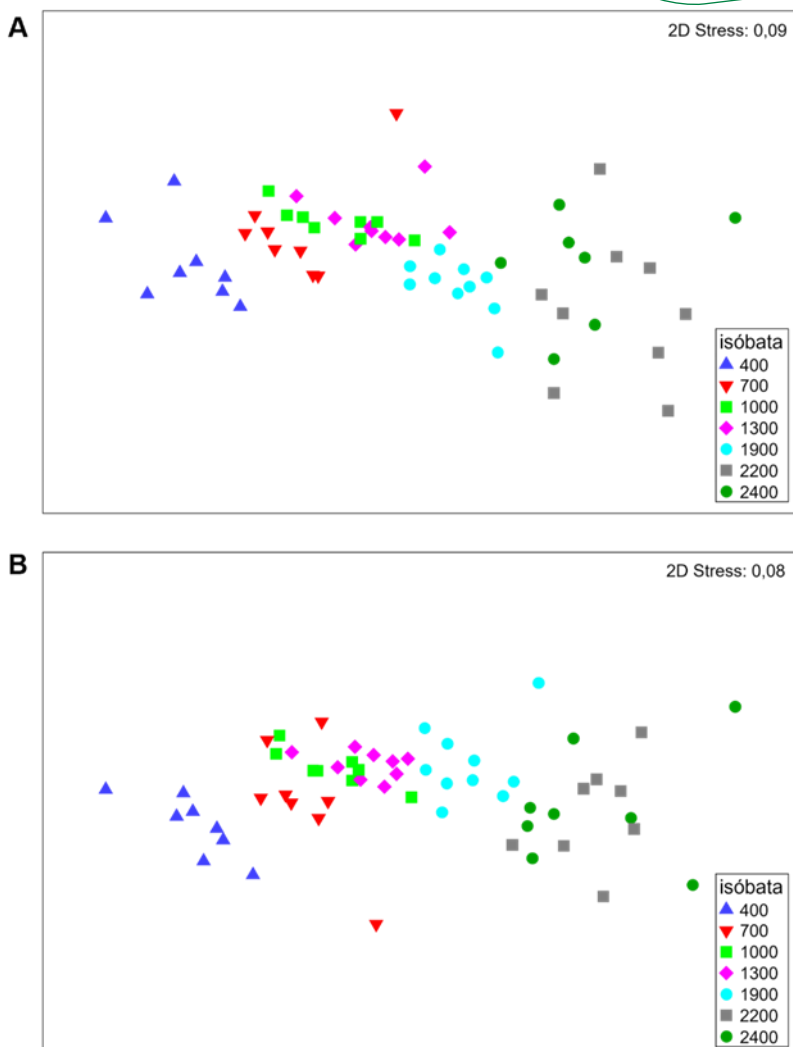


Figura VIII.3.2-3: Diagramas de ordenação por escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) baseado na matriz de similaridade de Bray-Curtis a partir de dados médios de abundância da macrofauna bentônica do talude e do Platô de São Paulo. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2.

VIII.3.3 *Varição espacial e temporal*

Em termos espaciais, considerando a média obtidas ao longo dos oito transectos e comparando-se as duas campanhas, não houve variação significativa dos descritores de comunidade analisados, apesar da densidade total e biomassa serem mais elevadas no transecto H (**Figura VIII.3.3-1, Anexo VIII-3**). Isso se deve provavelmente à grande variação da abundância do transecto H, aumentando a heterogeneidade das variâncias. Este transecto, alinhado com a região de Cabo Frio, apresentou os valores médios mais

elevados de densidade da macrofauna total, variando entre $4609 \pm 1094 \text{ ind.m}^{-2}$ e $5063 \pm 2315 \text{ ind.m}^{-2}$ entre campanhas em virtude da alta contribuição de Annelida e Crustacea, que apresentaram este mesmo padrão (**Figura VIII.3.3-2**).

No geral, a densidade da macrofauna varia mais em função da batimetria do que da latitude, como pode ser visto na **Figura VIII.3.3-3**, com decréscimo abrupto da abundância do talude superior em direção ao platô, essa região mais homogênea. As maiores diferenças em relação ao setor nordeste e sudoeste da Bacia situa-se no transecto H, alinhado com a região de Cabo Frio, sendo mantido o padrão espacial na segunda campanha. No caso da riqueza taxonômica, esta teve seus maiores valores também no transecto H, acompanhando o padrão da densidade (**Figura VIII.3.3-4**). Entretanto, houve uma variação temporal mais nítida, com aumento da riqueza na estação D06 e redução nas estações B06 e C11 na segunda campanha.

Através da análise de mapas auto-organizáveis (SOM), houve uma separação de pelo menos quatro agrupamentos de táxons de macrofauna em cada uma das campanhas (**Figura VIII.3.3-5**). A espacialização desses agrupamentos permitiu verificar que as assembleias de macrofauna se distribuem na Bacia de Santos em zonas batimétricas bem definidas e de forma relativamente constante ao longo do tempo.

Quatro zonas foram bem definidas: uma correspondendo ao talude superior (400 m), a segunda correspondendo ao talude médio (700-1300 m), a terceira destacando o talude inferior (1900 m) e a última correspondendo a todo o Platô de São Paulo (2200-2400 m) (**Figura VIII.3.3-6**).

Esse padrão se repetiu na segunda campanha, indicando uma estabilidade das associações de espécies, com pequenas modificações locais, como é o caso da estação A07 que foi alocada em grupos diferentes, com maior similaridade com o talude médio na primeira campanha e com o talude inferior, na segunda. Destaca-se que esta estação apresentou amostras com fragmentos de esqueletos de corais de profundidade, e somente uma réplica pode ser amostrada em ambas as campanhas, em função da dificuldade de amostragem em função do tipo de fundo na área.

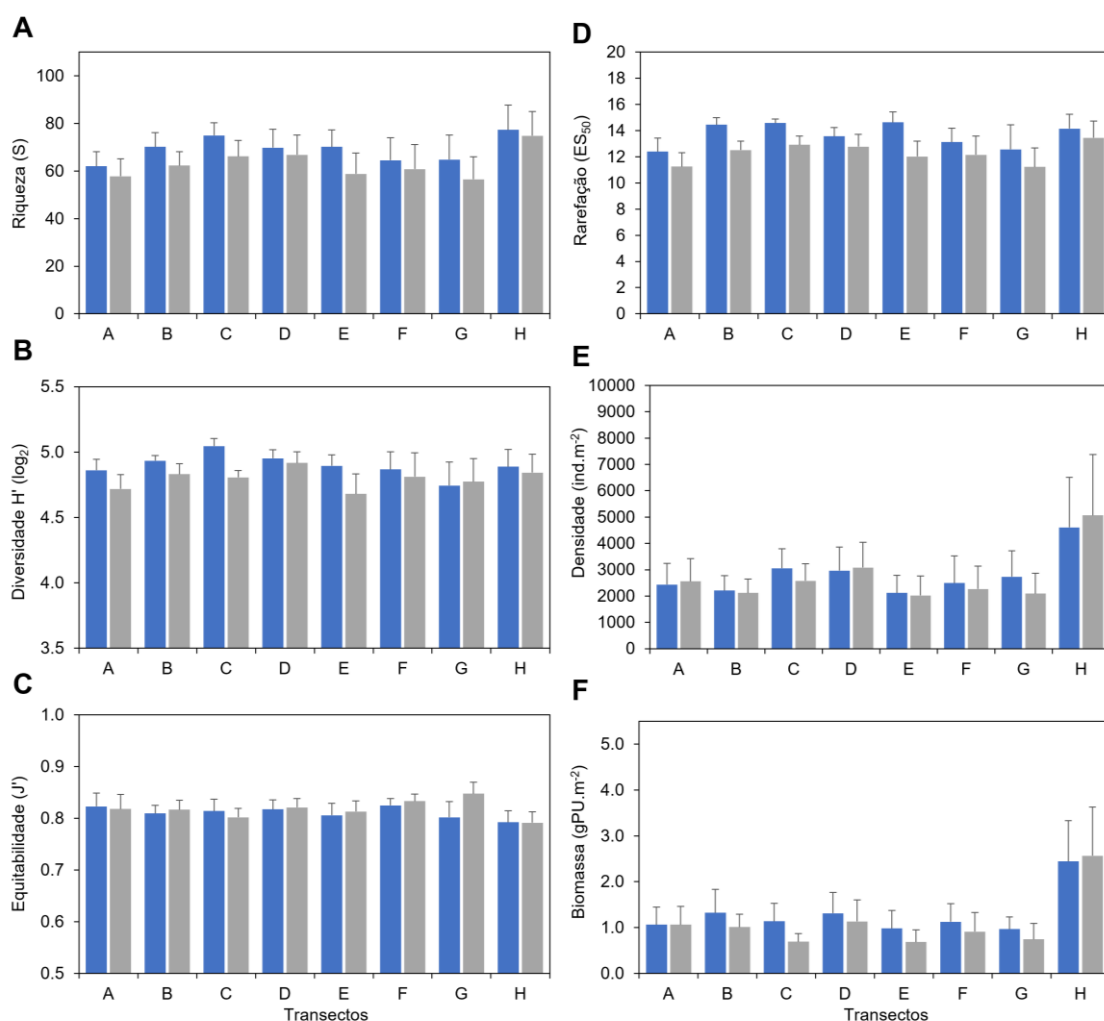


Figura VIII.3.3-1: (A) Riqueza (S), (B) Diversidade de Shannon-Wiener (H' log₂), (C) Equitabilidade de Pielou (J'), (D) Rarefação de Hurlbert (ES_{50}), (E) Densidade (ind.m^{-2}), e (F) Biomassa (gPU.m^{-2}) da macrofauna bentônica ao longo dos transectos A-H. Campanha 1 (■), Campanha de Verão 2 (■). Valores médios + erro padrão.

Outra modificação relevante foi em relação ao transecto H que teve o talude superior semelhante ao talude intermediário na primeira campanha, não ocorrendo o mesmo na segunda. Os principais táxons que melhor explicaram essas associações foram os poliquetas Amphinomidae e Magelonidae, com maior abundância no talude médio, entre 700 m e 1300 m (grupo 4) enquanto o talude superior (400 m – grupo 2) teve como táxons indicadores as famílias de poliqueta Paraonidae, Syllidae, Capitellidae, Spionidae, Pilargidae, Nereididae, o grupo Nemertea e os tanaidáceos da família Anarthuridae.

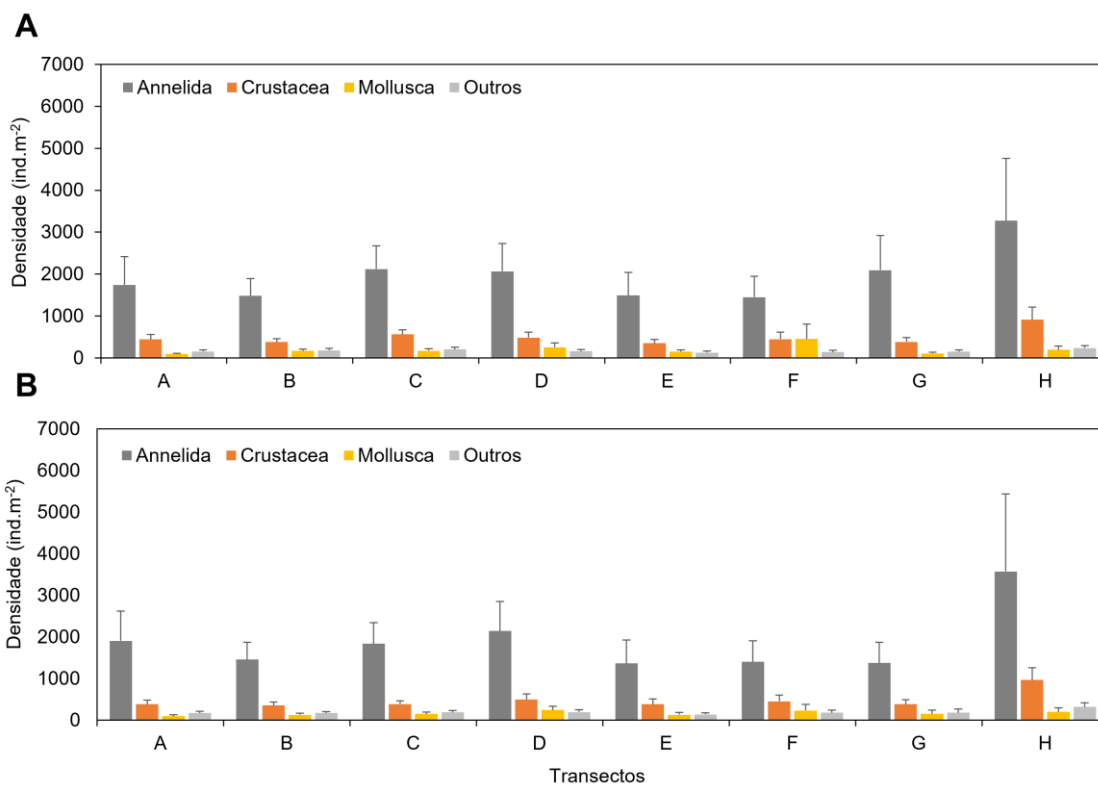


Figura VIII.3.3-2: Densidade média dos principais grupos da macrofauna bentônica da Bacia de Santos e o Platô de São Paulo ao longo dos transectos A-H. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2. Valores médios \pm erro padrão.

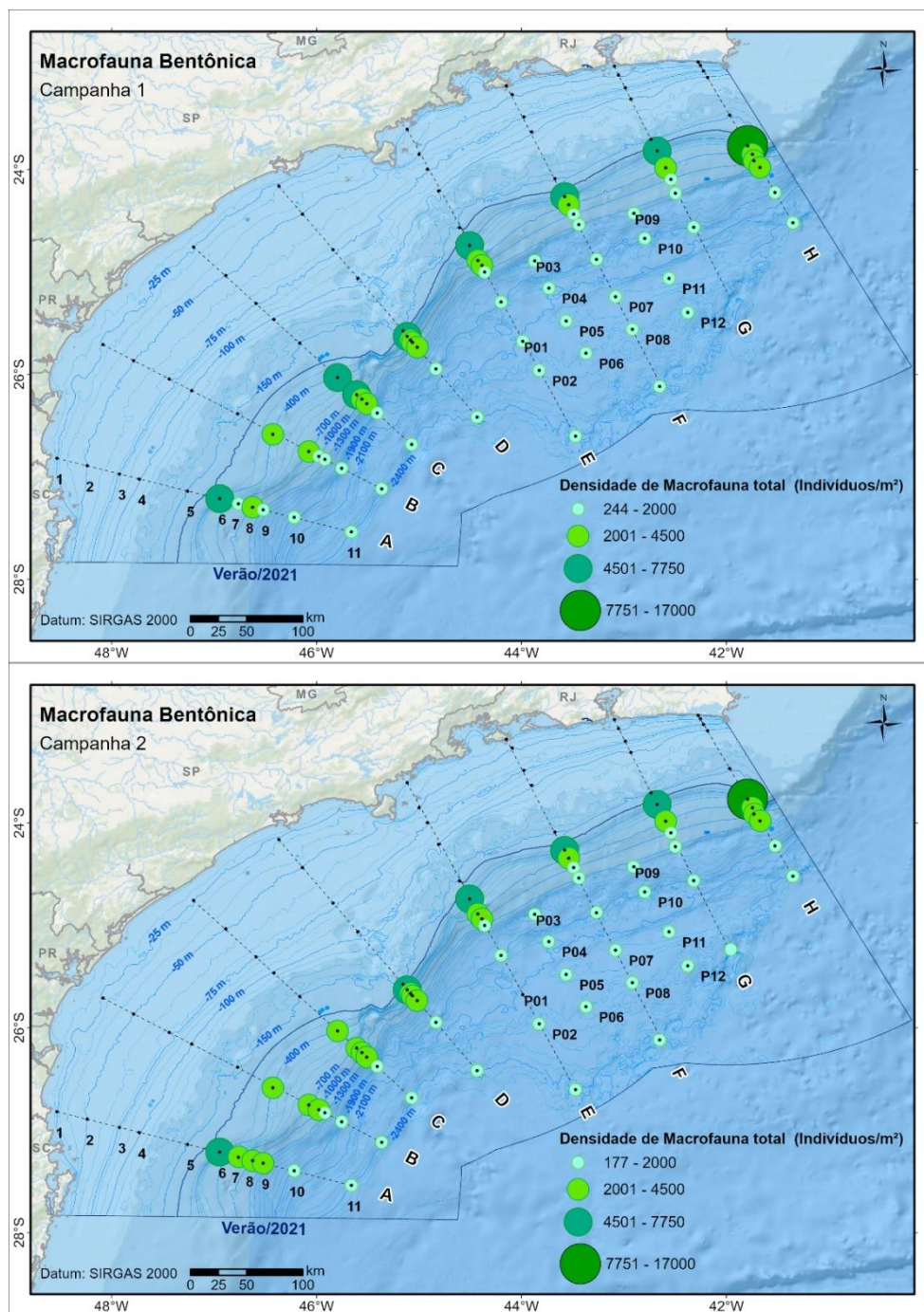


Figura VIII.3.3-3: Densidade da macrofauna do talude continental da Bacia de Santos e Platô de São Paulo nas Campanhas 1 e 2.

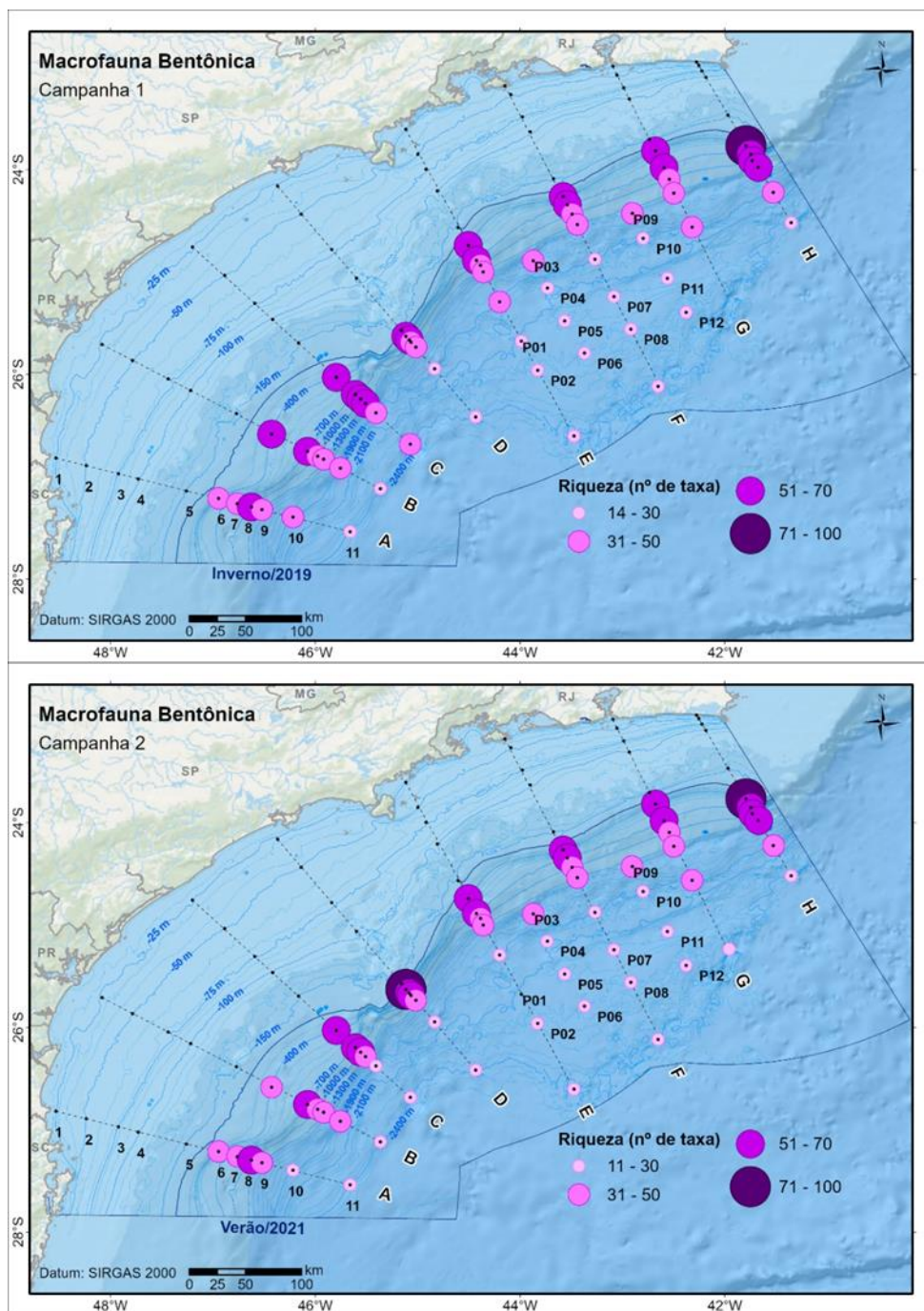


Figura VIII.3.3-4: Riqueza da macrofauna do talude continental da Bacia de Santos e Platô de São Paulo nas Campanhas 1 e 2.

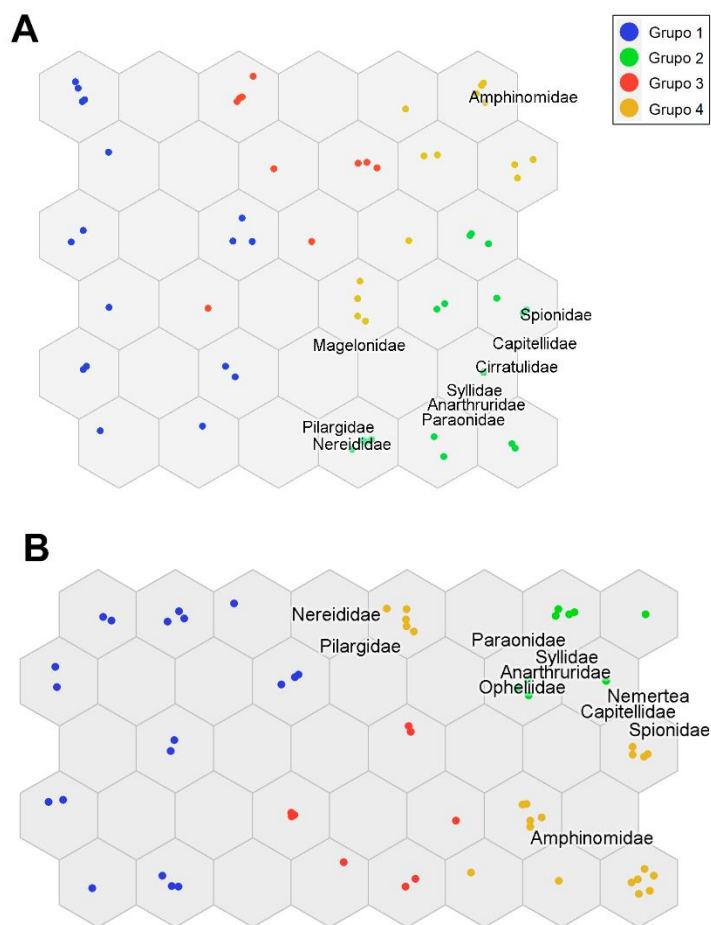


Figura VIII.3.3-5: Diagrama das melhores unidades correspondentes (BMUs) após as análises do SOM. Cada ponto representa uma estação de coleta de acordo com os agrupamentos hierárquicos e os grupos taxonômicos destacados indicam as dez correlações mais fortes. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2.

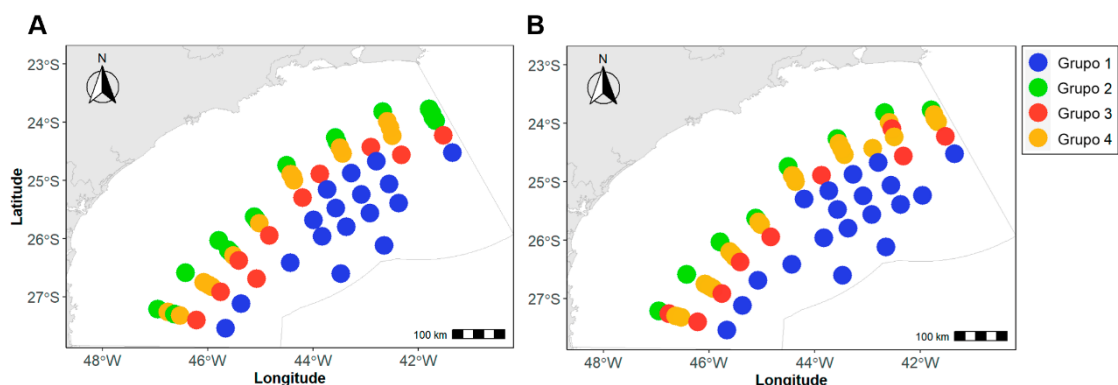


Figura VIII.3.3-6 : Mapa das associações dos táxons da macrofauna bentônica do talude da Bacia de Santos e Platô de São Paulo obtidas com a análise do SOM após agrupamento de Bray-Curtis. (A) Campanha 1; (B) Campanha 2.

VIII.3.4 Relação com as variáveis ambientais

Em relação à primeira campanha, os dois primeiros eixos da análise de correspondência canônica (CCA) explicaram mais de 60% da variação da macrofauna ao longo dos gradientes ambientais (**Figura VIII.3.4-1, Anexo VIII-4**). O primeiro eixo, separou as estações em função principalmente da profundidade, temperatura e razões proteína/carboidrato, onde as estações do talude superior se destacaram do resto do talude pelas maiores temperaturas e maiores razões de proteína/carboidrato. Já o eixo vertical, separou as estações mais em função de teores de dinosterol, e carbonato total, sendo os maiores valores de carbonato referentes a estações do platô e A07. Sedimentos mal selecionados e com maior teor de carbono biopolimérico se relacionaram a maior parte das estações do talude médio-inferior (700-1900 m). Duas estações do talude superior A06 e H06 se destacaram das demais nessa isóбата por terem maiores menores teores de dinosterol.

Em relação a segunda campanha, os dois primeiros eixos responderam por mais de 70% da variação, sendo novamente o primeiro eixo relacionado ao gradiente batimétrico, com correlação negativa com a temperatura e razão proteína/carboidrato, sendo o segundo eixo novamente relacionado positivamente com o teor de dinosterol e negativamente com o carbonato total (**Figura VIII.3.4-1, Tabela VIII.7-3**).

Na análise de *Random Forest*, utilizando os dados da primeira campanha destacaram-se como boas variáveis preditoras das associações de macrofauna do talude e Platô de São Paulo a profundidade, a temperatura da água de fundo, razão feopigmentos/clorofila-a e o dinosterol, também apontados como variáveis ambientais relevantes na análise de correspondência canônica (**Figura VIII.3.4-2A**). A predição dos agrupamentos variou de 78,8% para o treinamento e 79,6% para o teste, sendo que o grupo com menor erro de classificação correspondeu ao grupo 1 com 0.5% em ambas matrizes, correspondendo ao Platô de São Paulo, e o maior erro ocorreu no grupo 4, correspondendo ao talude médio (talude superior) (**Figura VIII.3.4-2B,C**)

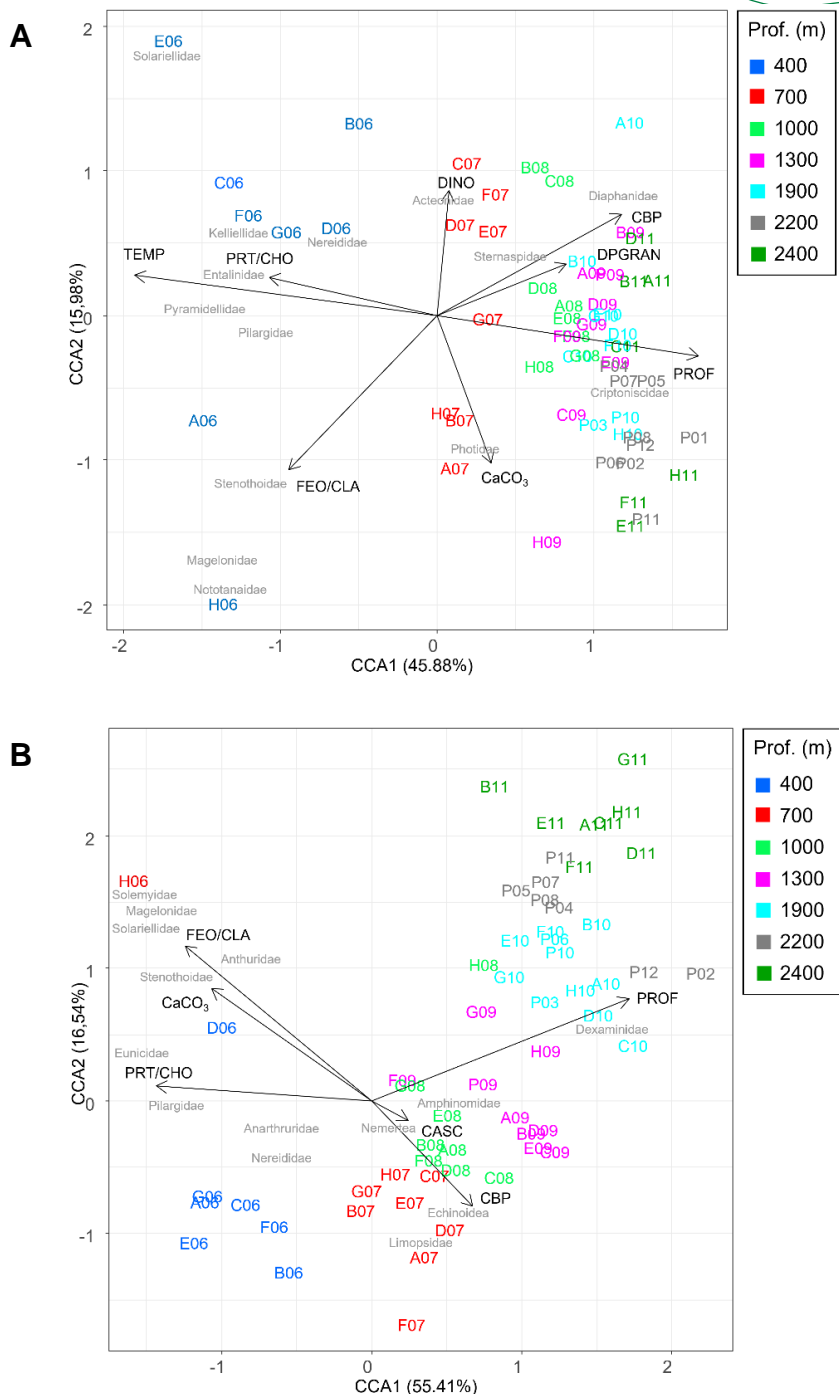
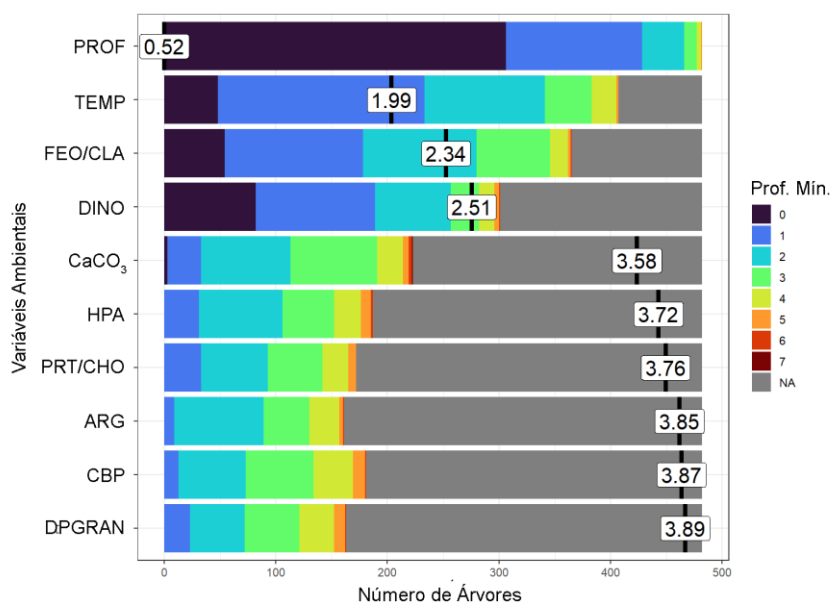


Figura VIII.3.4-1 Análises de correspondência canônica (CCA) baseadas na matriz de abundância da macrofauna bentônica do Talude Continental e Platô de São Paulo. (A) Campanha 1 e (B) Campanha 2. DINO = dinosterol ($\mu\text{g.g}^{-1}$), CBP = carbono biopolimérico (mg.g^{-1}), DPGRAN = grau de seleção do grão, PROF = profundidade (m), CaCO_3 = teor de carbonato (%), FEO/CLA = razão feopigmentos/clorofila-a; TEMP = temperatura

(C), $PRT/CHO = \text{razão proteína/carboidrato}$.

A



B

Matriz de Acurácia

Accuracy: 78.813 %

	1	2	3	4	class.error
1	26.949	0	1.695	0	0.059
2	0	22.034	0	9.153	0.293
3	1.864	0	13.559	0	0.121
4	0	6.78	1.695	16.271	0.342

Cross-Validated (5 fold, repeated 10 times)

C

Matriz de Acurácia

Accuracy: 79.6 %

	1	2	3	4	class.error
1	0.271	0	0.017	0	0.059
2	0	0.22	0	0.068	0.235
3	0.017	0	0.136	0.017	0.2
4	0	0.085	0	0.169	0.333

Figura VIII.3.4-2 (A) Distribuição da profundidade mínima de árvores para cada variável ambiental analisada na análise de Random Forest. A sequência de variáveis foi determinada a partir do número médio da posição da variável entre os nós das árvores geradas. Variáveis: profundidade (PROF), temperatura (TEMP), razão feopigmentos/clorofila-a (FEO/CLA), dinosterol (DINO), teor de carbonato (CaCO₃), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), razão proteína/carboidrato (PRT/CHO), teor de argila (ARG), grau de seleção do grão (DPGRAN). Resultado das Matrizes de Acurácia de (B) Treinamento e (C) Teste, onde os números em cada eixo correspondem aos agrupamentos determinados pela análise do SOM.

VIII.4 *Discussão*

A macrofauna presente na região do talude continental e platô de São Paulo da Bacia de Santos apresentou estrutura de comunidade em termos de abundância e composição taxonômica muito similar à encontrada em outras regiões já estudadas da margem continental brasileira (Bernardino et al., 2016; Lavrado et al., 2017; Guimarães et al., 2020), com predomínio de poliquetos, crustáceos peracáridos (principalmente tanaidáceos) e moluscos (bivalves protobrânquios e aplacóforos).

A grande quantidade de táxons raros (cerca de 30% das famílias ocorreram somente uma vez ou com somente um indivíduo) encontrada na Bacia de Santos reflete uma tendência comum encontrada em oceano profundo (Grassle & Maciolek, 1992). Na Bacia de Campos, por exemplo, Lavrado et al., (2017) registraram cerca de 37% de espécies raras de macrofauna no talude continental e Platô de São Paulo. Mesmo considerando níveis taxonômicos superiores, como no presente estudo, esse percentual é considerado alto, assim como encontrado na Bacia de Sergipe Alagoas, onde 39% dos táxons de macrofauna só foram encontrados em menos de três pontos de coleta (Guimarães et al., 2020). As causas pelas quais uma boa parte das espécies são raras no oceano profundo ainda são pouco esclarecidas e podem estar relacionadas à escassez de alimento, que aumenta com a profundidade, e com estratégias de dispersão e reprodução (Gage, 2004).

A dominância de poliquetas encontrada na Bacia de Santos, com mais de 55% do total dos organismos da macrofauna, reflete o padrão encontrado nas regiões batiais ao redor do mundo, onde esse grupo pode atingir até 90% do total de invertebrados da macrofauna, entre 0,3 mm e 2 cm de tamanho (Cosson et al., 1997; Galéron et al., 2001, 2009; Ingole et al., 2010; Abdul Jaleel, 2012). No caso das margens brasileiras já estudadas, os valores encontrados na Bacia de Santos se encontram, no geral, dentro da faixa de variação encontrada para as outras bacias brasileiras (Bernardino et al., 2016; Lavrado et al., 2017; Guimarães et al., 2020).

Os poliquetas possuem grande variedade de estratégias alimentares e

modos de vida (Jumars et al., 2015) e, no caso do talude, a maior parte desse grupo é composto por organismos depositívoros de superfície e subsuperfície, o que permite o melhor aproveitamento da matéria orgânica detrítica depositada no sedimento (Thistle, 2003; Jumars et al., 2015). Considerando as quatro famílias de macrofauna mais abundantes no talude e platô de São Paulo, todas são de poliquetos (Spionidae, Paraonidae, Cirratulidae e Syllidae), que se alternaram na dominância entre campanhas, sendo que as três primeiras são compostas principalmente por espécies depositívoras. Syllidae, por outro lado, costuma apresentar espécies carnívoras e podem atuar como predadoras de foraminíferos na região (Wurszberg et al., 2011). Essas mesmas famílias também dominam a macrofauna da Bacia de Campos (Lavrado et al, 2017; **Tabela VIII.4-1**) e estão entre as mais abundantes das Bacias do Espírito Santo (Bernardino et al, 2017; **Tabela VIII.4-1**) e Sergipe-Alagoas (Guimarães et al., 2020) e mais comuns em ambientes de profundidade (Glover et al., 2002; Hughes e Gage, 2004; Shields & Hughes, 2009).

Por outro lado, a maior variação se encontra na dominância de crustáceos e moluscos que diferem mais entre as regiões e entre campanhas numa mesma região (**Tabela VIII.4-1**). De certa forma, esses grupos além de menos abundantes que os poliquetos, são também menos frequentes, como é o caso da maioria dos táxons de moluscos encontrados na Bacia de Santos que ocorrem em menos de 50% das estações amostradas.

Em termos batimétricos, a densidade, a biomassa e a riqueza apresentaram uma redução esperada com a profundidade, como tem sido observado em outras margens continentais ao redor do mundo (Tselepides et al., 2000; Levin & Gooday, 2003; Pabis et al., 2019). No caso da margem continental brasileira, as estimativas de densidade média de macrofauna nas duas campanhas no talude e Platô de São Paulo na Bacia de Santos (**Tabela VIII.4-2**) foram mais baixas do que aquelas encontradas no talude da Bacia do Espírito Santo (Bernardino et al., 2016), mas semelhantes àsquelas encontradas na Bacia de Campos (Lavrado et al., 2017), com exceção da isóbata de 700 m na Bacia de Campos, onde houve uma grande quantidade de crustáceos nessa faixa batimétrica. Entretanto, em alguns pontos da Bacia de Santos, houve uma maior abundância e biomassa de macrofauna, principalmente na região de Cabo Frio ($> 10.000 \text{ ind.m}^{-2}$), o que

sugere influência da ressurgência local no talude superior. Esse padrão batimétrico geralmente é uma resposta a mudanças na quantidade e qualidade da matéria orgânica assim como o fluxo de matéria orgânica da região epipelágica ao fundo. Esses fatores podem variar entre regiões batiais e tem sido considerados como principais fatores determinantes da abundância e biomassa ao longo do talude continental (Thistle, 2003).

Tabela VIII.4-1 Composição dos principais táxons dominantes de Annelida, Crustacea e Mollusca em águas profundas de bacias brasileiras. Crustacea: (T) Tanaidacea, (I) Isopoda. Mollusca: (AP) Aplacophora, (B) Bivalvia, (G) Gastropoda. TPS = Talude Período Seco, TPC = Talude Período Chuvoso, VS = Verão, IS = Inverno.

Área de estudo	Campanha	Polychaeta	Crustacea	Mollusca
Bacia de Santos (presente estudo)	Campanha 1	Spionidae	Colletteidae (T)	Yoldiidae (B)
		Paraonidae	Desmosomatidae (I)	Kelliellidae (B)
		Cirratulidae	Anarthuridae (T)	Solenogastres (AP)
	Campanha 2	Spionidae	Colletteidae (T)	Solenogastres (AP)
		Paraonidae	Desmosomatidae (I)	Yoldiidae (B)
		Syllidae	Anarthuridae (T)	Prochaetodermatidae (AP)
Bacia de Campos (Lavrado et al., 2017)	TPS	Spionidae	Colleteidae (T)	Thyasiridae (B)
		Paraonidae	Anarthuridae (T)	Rissoidae (G)
		Cirratulidae	Tanaellidae (T)	Chaetodermatidae (AP)
	TPC	Paraonidae	Colleteidae (T)	Thyasiridae (B)
		Spionidae	Anarthuridae (T)	Chaetodermatidae (AP)
		Cirratulidae	Desmosomatidae (I)	Nuculanidae (B)
Bacia do Espírito Santo (Bernardino et al., 2016)	VS	Paraonidae	Tanaellidae (T)	Yoldiidae (B)
		Spionidae	Colletteidae (T)	Aplacophora
		Syllidae	Desmosomatidae (I)	Thyasiridae (B)
	IS	Paraonidae	Anarthuridae (I)	Yoldiidae (B)
		Spionidae	Desmosomatidae (I)	Aplacophora
		Syllidae	Typhlotanidae (T)	Nuculanidae (B)

Já a diversidade apresentou maiores valores de índice de Shannon (\log_2) entre 700 e 1000m de profundidade, correspondendo ao talude médio. Resultados similares foram encontrados na Bacia de Campos (1000 m) e Espírito Santo (1000-1300 m). Esse resultado diverge da variação da riqueza, que diminui com a profundidade, e pode ser explicada pela influência da rarefação da abundância ao longo do talude, o que naturalmente faz reduzir o número absoluto de espécies encontradas em cada ponto de coleta. Por outro lado, a diversidade considera não somente a riqueza, mas a equitabilidade, sendo que

esta aumenta com a profundidade, já que a maior parte dos táxons são raros. Quando a riqueza é estimada para um mesmo número de indivíduos (ES_{50}), os resultados passam a ser similares aos encontrados para a diversidade de Shannon.

Tabela VIII.4-2 Comparação de valores de densidade média + erro padrão (EP) da macrofauna bentônica em bacias brasileiras na faixa batimétrica de 400 a 2500 m. Densidade em indivíduos.m⁻². TPS = Talude Período Seco, TPC = Talude Período Chuvoso, VS = Verão, IS = Inverno.

Profundidade	Bacia de Santos (presente estudo) 23-27 °S		Bacia de Campos (Lavrado et al., 2017) 21-23 °S		Bacia do Espírito Santo (Bernardino et al., 2016) 19-21 °S	
	Densidade Média	EP	Densidade Média	EP	Densidade Média	EP
	Campanha 1		TPC		VS	
400	6693	1030	5618	698	8751	1446
700	3362	380	6565	2902		
1000	2788	368	2663	141	5474	682
1300	2108	299	1903	221	3257	190
1900	971	77	627	48	1390	151
2400-2500	524	57	357	39	994	124
	Campanha 2		TPS		IS	
400	6825	1375	7735	821	9806	1481
700	3154	307	7515	2743		
1000	2714	353	2461	322	4517	335
1300	2171	310	2155	171	3064	161
1900	867	79	581	68	1387	145
2400-2500	445	61	320	41	894	166

Geralmente, o máximo de diversidade da macrofauna costuma ocorrer em profundidades maiores (entre 2000 e 3000 m) em diversas margens continentais do Atlântico e Pacífico (Menot et al., 2010), sendo que alguns estudos indicaram a faixa de maior diversidade no Atlântico Norte como sendo entre 1900 e 2800 m (Rex, 1981; Stuart & Rex, 2009). Entretanto, isso não parece ocorrer no Atlântico Sudoeste ou mesmo no Golfo do México (Menot et al., 2010). Novamente as diferenças entre margens continentais podem estar associadas a diferenças no input orgânico oriundo da produção primária pelágica, a diferenças em características de massas d'água e até mesmo a níveis de oxigênio

dissolvido, que podem ser limitantes no talude em algumas regiões do mundo (Palma et al., 2005), sendo que este último fator não é limitante no o caso da Bacia de Santos.

A relação da diversidade com produtividade pelágica já foi verificada por outros autores. No Golfo do México, por exemplo, a diversidade apresentou uma relação parabólica com indicadores orgânicos de produtividade, sendo maior no talude médio (Menot et al., 2010). Os resultados de carbono orgânico total e carbono biopolimérico da Bacia de Santos (Carreira et al., 2022, neste volume) também mostram um aumento entre 700 e 1000 m. Mesmo considerando que a maior parte da matéria orgânica no talude continental não é lábil e prontamente disponível para a macrofauna, o enriquecimento orgânico gerado pela atividade da comunidade microbiana no processo de degradação da matéria orgânica pode acabar por beneficiar os invertebrados bentônicos (Danovaro et al., 1993). A maior razão de proteína/carboidrato encontrada a 400 m pode indicar essa maior atividade bacteriana, mas essa relação precisa ser melhor investigada.

De forma geral, o bentos responde a um gradiente ambiental através do processo de zonação, onde os táxons se distribuem em zonas bem definidas, alternando-se em dominância ao longo desse gradiente ambiental. O padrão de zonação encontrado na Bacia de Santos permitiu distinguir três zonas no talude (400-700 m, 1000-1300 m e 1900 m) correspondendo ao talude superior, médio e inferior, respectivamente. A área do Platô de São Paulo (2200-2400 m) também se destacou do talude continental. Padrão semelhante foi observado no talude e platô nas bacias de Espírito Santo, Campos e Sergipe-Alagoas (Bernardino et al., 2016, Lavrado et al. 2017 e Guimarães et al., 2020), onde as assembleias de macrofauna se diferenciaram em zonas ao longo do talude, sempre com destaque do talude superior (400 m). De acordo com esses autores, a zonação encontrada foi principalmente explicada por diferenças na quantidade de matéria orgânica no sedimento (carbono orgânico total e feopigmentos) assim como características do sedimento (teor de carbonato) e secundariamente pela temperatura, sendo esta variável considerada um “*proxy*” das diferenças de massas d’água que se alternam ao logo do talude. No presente estudo, mais do que o carbono orgânico total (COT), o carbono biopolimérico (CBP) esteve relacionado à maior parte da variação batimétrica encontrada no talude médio

em relação ao talude superior, corroborando a relevância não só da quantidade, mas da qualidade da matéria orgânica na determinação da distribuição da macrofauna assim como sua estrutura de comunidade. Carreira et al. (capítulo IV deste volume) ressaltam que os maiores valores de CBP (i.e., soma de lipídios, carboidratos e proteínas totais) no talude médio, principalmente nos transectos mais ao sul (A a D), indicam que a matéria orgânica ainda apresenta valor nutricional para a fauna bentônica no talude médio e inferior. Destaca-se que os maiores valores de diversidade da macrofauna foram encontrados justamente no talude médio (700-1000m), reforçando a importância de se usarem variáveis indicadoras da qualidade da matéria orgânica adicionalmente aos indicadores de quantidade como o carbono orgânico total.

Entretanto, na região batial da Bacia de Santos outros fatores parecem ter um papel relevante nesta zonation, mesmo que de forma secundária. A presença de diferentes massas de água no talude e as variações no teor de frações arenosas e carbonatos no sedimento também se destacaram como fatores determinantes da variação batimétrica da macrofauna. A assembleia de macrofauna encontrada a 400 m encontra-se em um ambiente de sedimentos mais grossos e sob influência da ACAS, que possui temperaturas mais elevadas (média de 11 °C) que o restante do talude e platô de São Paulo (média geral de 3 °C), enquanto esta última região apresenta sedimentos ricos em carbonato, em função da presença de vasas de pterópodes e foraminíferos (Figueiredo Jr. et al., no prelo). A temperatura da água junto ao fundo é considerada um dos fatores ambientais responsáveis pelos padrões espaciais de diversidade em larga-escala. Isso devido a diferenças na tolerância fisiológica entre os invertebrados bentônicos. A resposta dos invertebrados marinhos assim como da diversidade bentônica é geralmente unimodal em relação à temperatura e, segundo Yasuhara & Danovaro (2014), este pico de diversidade pode ocorrer entre 5-10 °C. No caso da Bacia de Santos, a temperatura média na região do talude superior é de 11°C correspondendo a presença da ACAS nessa região. Abaixo de 400 m, massas d'água mais frias são encontradas (AIA, entre 700 e 1300 m, e APAN, > 1300 m), e é a partir do talude superior que se nota uma maior alternância de espécies ao longo da profundidade (maior *turnover* de espécies). No presente estudo, as zonas batimétricas encontradas têm seus

limites coincidindo com as principais massas de água na região, exceto para o Platô de São Paulo e talude inferior, onde diferenças de estrutura de comunidade da macrofauna foram observadas apesar dessas zonas estarem sob influência da mesma massa d'água (APAN). Essa mesma relação foi encontrada para macrofauna da Bacia de Campos (Brasil) e no Pacífico Leste (Palma et al., 2005), mas as causas dessa influência das massas de água na biologia e ecologia dos organismos da macrofauna ainda não são bem esclarecidas.

A influência de massas d'água na distribuição da biota bentônica ocorre também em grupos de organismos de maior porte como é o da megafauna. Estudos com assembleias de espécies sésseis como corais e esponjas (Arantes et al., 2009; Davies et al., 2009; Davison et al., 2019) ou mesmo vágeis como crustáceos decápodes (Cartes et al., 2013), também demonstraram que a zonação desses organismos ao longo da região batial esteve relacionada a diferenças nas massas d'águas sobrejacentes. Além da temperatura, as diferentes massas d'água ao longo do talude podem conter diferentes aportes de larvas transportadas de outras regiões através de correntes (Buhl-Mortensen et al., 2020). Isso poderia explicar as diferenças na composição taxonômica ao longo do talude. A ACAS, por exemplo, é transportada no sentido sudoeste pela Corrente do Brasil, enquanto, ao norte da bifurcação de Santos – 28° S, a AIA é transportada na direção nordeste pela Corrente de Contorno Intermediário (Belo & Silveira, 2013). Nesse caso, o *pool* de larvas trazido à Bacia de Santos seria oriundo de diferentes regiões, justificando a diferença de táxons presentes nessas zonas.

Em termos latitudinais, as maiores diferenças ocorreram no talude superior da Bacia de Santos, com a maior abundância e biomassa da macrofauna ocorrendo na região próxima de Cabo Frio, representada pelo transecto H. Os eventos de ressurgência em Cabo Frio podem, indiretamente, influenciar a abundância da macrofauna, já que interferem no aumento da produtividade primária. Sumida et al., (2005) sugerem que a produtividade do sistema de ressurgência de Cabo Frio pode sustentar a alta biomassa microbiana e a macrofauna detritívora na região, especialmente na plataforma externa (100 m). Então, é razoável que parte desse material orgânico particulado também possa alcançar a região do talude superior por algum mecanismo de transporte

advectivo ou mesmo por deposição do excedente de biomassa planctônica pela coluna d'água. Destaca-se que a plataforma continental nessa região é mais estreita e o talude é mais íngreme e alguns autores sugerem que o transporte de matéria orgânica pelágica pode ocorrer também sob influência de meandros e vórtices da Corrente do Brasil (Oliveira et al., 2013) e filamentos de água fria gerados por processos de mistura vertical e convergência na região (Calil et al., 2020). Esses fatores em conjunto permitiriam o transporte da matéria orgânica da plataforma externa para o talude superior, por exemplo. De qualquer forma, seriam necessários estudos adicionais específicos de transporte e sedimentação de matéria orgânica no talude para compreender melhor o grau de acoplamento bento-pelágico na região norte da Bacia de Santos.

Considerando que as regiões oceânicas profundas são mais estáveis em termos ambientais e que regiões tropicais e subtropicais são menos sujeitas a variações sazonais, não é de se esperar grandes variações temporais nessas regiões. Em termos de talude continental e Platô de São Paulo, as variações temporais encontradas na Bacia de Santos, quando presentes, foram mais localizadas e de menor magnitude do que as variações latitudinais ou batimétricas. Este mesmo padrão foi encontrado nas bacias de Campos, Espírito Santo e Sergipe-Alagoas. As principais diferenças residem na alternância de dominância entre os mesmos táxons abundantes e podem refletir não somente uma variação temporal como espacial em função do pequeno esforço amostral em cada estação. Mesmo com uma diferença de mais de um ano entre campanhas, nota-se que os totais encontrados são bastante semelhantes. Entretanto, somente com a execução de programas ecológicos de longa duração na região poderá ser verificado se essas pequenas diferenças estão relacionadas à variação temporal na disponibilidade de matéria orgânica.

Os padrões espaciais e batimétricos das assembleias de macrofauna e de diversidade encontrados na Bacia de Santos, obtidos com os dados em nível de família, foram similares aos encontrados em nível de espécie/morfoespécie na Bacia de Campos (Lavrado et al., 2017), sugerindo que o nível de família pode ser usado como um bom indicador de padrões espaciais de diversidade sem grandes perdas de informação, para fins de monitoramento. Uma das vantagens do nível de família é que o processo de identificação taxonômica é mais

padronizado entre especialistas, demanda menor expertise taxonômica e sofre menos viés na análise de dados do que o uso de muitas espécies ainda não descritas pela Ciência (Washburn et al., 2021). Além do fato de que a fauna de oceano profundo ainda é bastante desconhecida, não somente no Brasil, como também mundialmente, o que implica num tempo bastante longo para identificação final e mesmo para a descrição de espécies novas. Um exemplo disto é a espécie de Spionidae encontrada na Bacia de Campos, em 2008, e nomeada, à época, como *Prionospio sp.G* (Lavrado et al., 2017) e que somente foi descrita recentemente como *Prionospio alexandrae* (Peixoto & Paiva, 2020). Na literatura, já existem evidências de que os padrões espaciais de macrofauna em larga-escala, usando dados em níveis taxonômicos superiores, são consistentes com aqueles encontrados em nível de espécie (Sallorenzo, 2013; Kokesh et al., 2022). Essa resolução taxonômica tem sido considerada útil e suficiente para distinguir padrões espaciais naturais de assembleias de macrofauna costeiras e até mesmo em águas profundas (De Smet et al., 2017; Kokesh et al., 2022; Washburn et al., 2021), pois otimiza tanto o esforço quanto o conhecimento taxonômico para futuros programas de monitoramento. Além disso, a identificação em nível de família geralmente é viável mesmo quando os espécimes estão danificados, um problema particularmente comum com poliquetas, o grupo dominante da macrofauna oceano profundo (van der Grient & Rogers, 2021).

Entretanto, diferenças locais podem existir quanto à composição específica e somente após o término do refinamento taxonômico essa questão poderá ser melhor esclarecida, assim como o inventário detalhado da biodiversidade, a detecção de novas espécies e de táxons endêmicos do talude da Bacia de Santos.

VIII.5 Conclusões

V.1. As assembleias da macrofauna do talude continental e do platô de São Paulo se distribuíram em quatro zonas fortemente relacionadas ao gradiente batimétrico, que por sua vez refletiu o gradiente de quantidade e qualidade da

matéria orgânica, temperatura, carbonato e tamanho do grão. Em escala local, o setor nordeste, próximo à Cabo Frio apresentou uma maior abundância e biomassa da macrofauna, refletindo o enriquecimento orgânico causado pelos eventos de ressurgência na plataforma continental adjacente. A dominância de poliquetos, crustáceos peracáridos e moluscos bivalves é similar a de outras bacias do sudeste brasileiro, com pequenas diferenças principalmente em relação a crustáceos e moluscos. A variação temporal teve menor magnitude do que as variações espaciais, sendo mais relevantes no talude superior. O refinamento taxonômico, em nível específico, ainda em andamento, poderá complementar os resultados obtidos no presente estudo a respeito da biodiversidade e possíveis diferenças locais das assembleias de macrofauna da região.

VIII.6 Referências Bibliográficas

- Abdul-Jaleel, K.U. 2012. **Macrobenthos of the continental margin (200-1000m) of South Eastern Arabian Sea with special reference to polychaetes**. Ph.D. Thesis in Marine Biology. School of Marine Sciences Cochin University of Science and Technology, Kochi.
- Almada, G.V.M.B., Bernardino, A.F. 2017. Conservation of deep-sea ecosystems within offshore oil fields on the Brazilian margin, SW Atlantic. **Biological Conservation**, 206, 92–101.
- Amaral, A.C.Z., Lana, P.C., Fernandes, F.C., Coimbra, J.C. 2004. Parte I - Caracterização do Ambiente e da Macrofauna. *In*: AMARAL, A.C.Z. & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. (eds.). **Biodiversidade bentônica das regiões sudeste e sul do Brasil – plataforma externa e talude superior**. Série documentos REVIZEE: Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico, USP.
- Anderson M.J., Gorley R.N. & Clarke K.R. 2008. **PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods**. PRIMER-E: Plymouth, UK.
- Arantes, R.C.M., Castro, C.B., Pires, D.O.P., Seoane, J.C.S. 2009. Depth and Water mass zonation and species associations of cold-water octocoral and stony coral communities in the southwestern Atlantic. **Marine Ecology Progress Series**, 397, 71–79.
- Belo, W.C. & Silveira, I.C.A. 2013. A variabilidade vertical do oceano na Bacia de Santos. **Boletim de Geociências**. Petrobras, Rio de Janeiro, 21(1), 39–62.
- Bernardino, A.F., Berenguer, V., Ribeiro-Ferreira, V. 2016. Bathymetric and

- regional changes in benthic macrofaunal assemblages on the deep Eastern Brazilian margin, SW Atlantic. **Deep-Sea Research I**, 111, 110–120.
- Buhl-Mortensen, P., Dolan, M.F.J., Ross, R.E., Gonzalez-Mirelis, G., Buhl-Mortensen, L., Bjarnadóttir, L.R., Albretsen, J. 2020. Classification and mapping of benthic biotopes in Arctic and Sub-Arctic Norwegian waters. **Frontiers of Marine Science**, 7, 1–15.
- Calil, P.H.R.; Suzuki, N.; Baschek, B.; Da Silveira, I.C.A. 2021. "Filaments, Fronts and Eddies in the Cabo Frio Coastal Upwelling System, Brazil" **Fluids** 6, no. 2: 54. <https://doi.org/10.3390/fluids6020054>
- Capítoli, R.R. & Bonilha, L.E.C. 1991. Relatório final do projeto talude. *In*: Vooren, C.M. (ed.) **Projeto Talude. FIPEC Relatório final**. Fundação Universitária do Rio Grande, Rio Grande, p. 79-92.
- Carreira, R., Lazzari, L., Ceccopieri, M., Rozo, L., Martins, D., Fonseca, G., Vieira, D.C., Massone, C.G. (no prelo). Sedimentary provinces of organic matter accumulation in the Santos Basin, SW Atlantic: insights from multiple bulk proxies and machine learning analysis. **Ocean and Coastal Research**.
- Cartes, J.E., Fanelli, E., López-Pérez, C., Lebrato, M. 2013. Deep-sea macroplankton distribution (at 400 to 2300 m) in the northwestern Mediterranean in relation to environmental factors. **Journal of Marine Systems**, 113–114.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001) **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and Interpretation**. 2nd Edition, PRIMER-E, Ltd., Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Cosson, N., Sibuet, M., Galéron, J. 1997. Community structure and spatial heterogeneity of the deep-sea macrofauna at three contrasting stations in the tropical northeast Atlantic. **Deep-Sea Research I**, 44(2), 247–269.
- Danovaro R., Fabiano, N., Della Croce N. 1993. Labile organic matter and microbial biomasses in deep-sea sediments (Eastern Mediterranean Sea). **Deep-Sea Research I**, 40(5), 953–965.
- Davies, A.J., Duineveld, G.A.A., Lavaleye, M.S.S.S., Bergman, M.J.N. N., Van Haren, H., Roberts, J.M. 2009. Downwelling and deep-water bottom currents as food supply mechanisms to the cold-water coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia) at the Mingulay Reef complex. **Limnology and Oceanography**, 54, 620–629.
- Davison, J.J., Van Haren, H., Hosegood, P., Piechaud, N., Howell, K.L. 2019. The distribution of deep-sea sponge aggregations (Porifera) in relation to oceanographic processes in the Faroe-Shetland channel. **Deep-Sea Research I**, 146, 55–61.
- De Smet, B., Pape, E., Riehl, T., Bonifácio, P., Colson, L., Vanreusel, A. 2017. The Community structure of deep-sea macrofauna associated with polymetallic nodules in the eastern part of the Clarion-Clipperton fracture

- zone. **Frontiers in Marine Science**, 4 ,103, 1-14.
- Falcão, A.P.C., Curbelo-Fernandez, M.P., Borges, A.L.N., Filgueiras, V.L., Kowsmann, R.O., Martins, R.P. 2017. Importância ecológica e econômica da Bacia de Campos: ambiente transicional na margem continental do Oceano Atlântico Sudoeste. In: CURBELO-FERNANDEZ, M.P. & BRAGA, A.C. (eds.) **Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Figueiredo Jr., A.G., Carneiro, J.C. & Santos-Filho, J.R. (no prelo). Morphology and sedimentology of Santos Basin, Brazil. **Ocean and Coastal Research**.
- Fonseca, G. & Vieira, D.C. (no prelo). Overcoming the challenges of data integration in ecosystem studies with machine learning pipelines: an example from the PCRBS. **Ocean and Coastal Research**.
- Gage, J.D. 2004. Diversity in deep-sea benthic macrofauna: the importance of local ecology, the larger scale, history and the Antarctic. **Deep-Sea Research II**, 51, 1689–1708.
- Gage, J.D., Tyler, P.A. 1991. **Deep-Sea Biology: a Natural History of Organisms at the Deep-Sea Floor**. Cambridge University Press, Cambridge.
- Galéron, J., Sibuet, M., Vanreusel, A., Mackenzie, K., Gooday, A.J., Dinet, A., Wolff, G.A. 2001. Temporal patterns among meiofauna and macrofauna taxa related to changes in sediment geochemistry at an abyssal NE Atlantic site. **Progress in Oceanography**, 50(1–4), 303–324.
- Galéron, J., Menot, L., Renaud, N., Crassous, P., Khripounoff, A., Treignier, C., Sibuet, M. 2009. Spatial and temporal patterns of deep-sea macrofaunal communities in the Gulf of Guinea. **Deep-Sea Research II**, 56(23), 2299–2312.
- Glover, A.G., Smith, C.R., Paterson, G.L.J., Wilson, G.D.F., Hawkins L., Sheader, M. 2002. Polychaete species diversity in the central Pacific abyss: local and regional patterns, and relationships with productivity. **Marine Ecology Progress Series**, 240, 157–170.
- Glover, A.G. & Smith, C.R. 2003. The deep-sea floor ecosystem: current status and prospects of anthropogenic change by the year 2025. **Environmental Conservation**, 30(3), 219–241.
- Grassle, J.F. & Maciolek, N.J. 1992. Deep-sea species richness and local diversity estimates from quantitative bottom samples. **American Naturalist**, 139, 313–341.
- Gray, J.S. & Elliot, M. 2009. **Ecology of Marine Sediments: From Science to Management**, 2 ed. Oxford University Press, New York.
- Guimarães, C.R.P., Carvalho, M.A.O, Guimarães, D.A.O. 2020. Macrofauna do Sistema Bentônico do Talude Continental de Sergipe e Sul de Alagoas In: ARGUELHO, M.L.P.M. & CARNEIRO, M.E.R. (orgs). **Geoquímica e**

Bentos do Talude Continental de Sergipe-Alagoas. Editora
Universidade Federal de Sergipe.

- Hessler, R.R. & Jumars, P.A. 1974. Abyssal community analysis from replicate cores in the central North Pacific. ***Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts***, 21(3), 185–209.
- Hughes, D.J. & Gage, J.D. 2004. Benthic metazoan biomass, community structure and bioturbation at three contrasting deep-water sites on the northwest European continental margin. ***Progress in Oceanography***, 63, 29–55.
- Ingole, B.S., Sautya, S., Sivadas, S., Singh, R., Nanajkar, M. 2010. Macrofaunal community structure in the western Indian continental margin including the oxygen minimum zone. ***Marine Ecology***, 31, 148–166.
- Jumars, P.A., Dorgan, K.M., Lindsay, S.M. 2015. Diet of worms emended: an update of polychaete feeding guilds. ***Annual Review in Marine Science***, 7, 497–520.
- Kohonen, T. 2001. **Self-organizing maps**. Springer-Verlag, Berlin.
- Kokesh, B.S., Kidwell, S.M., Tomašových, A., Walther, S.M. 2022. Detecting strong spatial and temporal variation in macrobenthic composition on an urban shelf using taxonomic surrogates. ***Marine Ecology Progress Series***, 682, 13–30.
- Lavrado, H.P., Brasil, A.C.S., Curbelo-Fernandez, M.P., Campos, L.S. 2010. Aspectos gerais da macrofauna bentônica da Bacia de Campos. In: LAVRADO, H.P. & BRASIL, A.C.S. **Biodiversidade da região oceânica profunda da Bacia de Campos: Macrofauna**. SAG Serv: Rio de Janeiro.
- Lavrado, H.P., Omena, E.P., Bernardino, A.F. 2017. Macrofauna bentônica do talude continental e cânions da Bacia de Campos. In: FALCÃO, A.P.C., LAVRADO, H.P. (eds.). **Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Levin, L.A. & Gooday, A.J. 2003. The deep Atlantic Ocean. In: TYLER, P.A. (ed.) **Ecosystems of the World**, 28, 111–178.
- Levin L.A. & Sibuet M. 2012. Understanding Continental Margin Biodiversity: A New Imperative. ***Annual Review Marine Science***, 4, 79–112.
- Menot, L., Sibuet, M., Carney, R.S., Levin, L.A., Rowe, G.T., Billett, D.S.M., Poore, G., Kitazato, H., Vanreusel, A., Galéron, J., Lavrado, H.P., Sellanes, J., Ingole, B., Krylova, E. 2010. Chapter 5. New perceptions of continental margin biodiversity. In: MCINTYRE, A.D. (ed.) **Life in the World's Oceans: diversity, distribution, and abundance**. Hoboken: Wiley-Blackwell.
- Mohriak, W.U. 2003. Sedimentary basins of the Brazilian continental margin. In: BIZZI, L.A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R.M., GONÇALVES, J. H. (eds.) **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**. CPRM,

Brasília.

- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., Minchin, P. R., O'hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., Wagner, H. 2020. **Vegan: Community Ecology Package**. R package Version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira, D.P., Cordeiro, L.M.S., Carreira, R. 2013. Characterization of organic matter in cross-margin sediment transects of an upwelling region in the Campos Basin (SW Atlantic, Brazil) using lipid biomarkers. **Biogeochemistry**, 112, 311-327.
- Pabis, K., Sobczyk, R., Siciński, J., Ensrud, T. & Serigstadt, B. 2019. Natural and anthropogenic factors influencing abundance of the benthic macrofauna along the shelf and slope of the Gulf of Guinea, a large marine ecosystem off West Africa. **Oceanologia**, 62, 83-100.
- Palma, M., Quiroga, E., Gallardo, V., Arntz, W., Gerdes, D., Schneider, W., Ebbeln, D. 2005. Macrobenthic animal assemblages of the continental margin off Chile (22° to 42°S). **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 85(2), 233-245.
- Peixoto, A.J.M. & Paiva, P.C. 2020. New apinnate *Prionospio* (Annelida: Spionidae) species from southeastern Brazil. **Zootaxa**, 4853 (4), 451–508.
- PETROBRAS, 2006 Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar. CENPES/ PDEDS/AMA, Rio de Janeiro. Relatório integrador.
- PETROBRAS/HABTEC. 2003. **Bacia de Santos - Programa de Caracterização Ambiental Blocos BMS-08, 09, 10, 11 e 21**. Relatório final. 158 pp.
- Puerta, P., Johnson, C., Carreiro-Silva, M., Henry, L.A., Kenchington, E., Morato, T., Kazanidis, G., Rueda, J. L., Urra, J., Ross, S., Wei, C.L., González-Irusta, J.M., Arnaud-Haond, S., Orejas, C. 2020. Influence of Water Masses on the Biodiversity and Biogeography of Deep-Sea Benthic Ecosystems in the North Atlantic. *Front Mar Sci*, 7, 1–25.
- R CORE TEAM 2021. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ramirez-Llodra, E., Brandt, A., Danovaro, R., De Mol, B., Escobar, E., German, C.R., Levin, L.A., Martinez Arbizu, P., Menot, L., Buhl-Mortensen, P., Narayanaswamy, B.E., Smith, C.R., Tittensor, D.P., Tyler, P.A., Vanreusel, A., Vecchione, M. 2010. Deep, diverse and different: unique attributes of the world's largest ecosystem. **Biogeosciences**, 7, 2851–2899.
- Rex., M.A. 1981. Community structure in the deep-sea benthos. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 12, 331–353.
- Saaedi, H., Bernardino, A.F., Shimabukuro, M., Falchetto, G., Sumida, P.Y.G. 2019. Macrofaunal community structure and biodiversity patterns based on

- a wood-fall experiment in the deep South-west Atlantic. **Deep-Sea Research I**, 145, 73–82.
- Sallorenzo, I.A. 2013. **Caracterização da macroinfauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Campos: questões metodológicas**. Doutorado em Biologia Marinha. Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense.
- Seeliger, U., Odebrecht, C., Castelo, J.P. 1998. **Os ecossistemas costeiro e marinho do extremo sul do Brasil**. Editora Ecocientia, Rio Grande do Sul.
- Shields, M.A. & Hughes, D.J. 2009. Large-scale variation in macrofaunal communities along the eastern Nordic Seas continental margin: a comparison of four stations with contrasting food supply. **Progress in Oceanography**, 82, 125-136.
- Shimabukuro, M., Rizzo, A.E., Alfaro-Lucas, J.M., Fujiwara, Y., Sumida, P.Y.G. 2017. *Sphaerodoropsis kitazatoi*, a new species and the first record of Sphaerodoridae (Annelida: Phyllodocida) in SW Atlantic abyssal sediments around a whale carcass. **Deep-Sea Research II**, 146, 18–26.
- Shimabukuro, M., Carrerete, O., Alfaro-Lucas, J.M., Rizzo, A.E., Halanych, K.E., Sumida, P.Y.G. (2019) Diversity, Distribution and phylogeny of Hesionidae (Annelida) colonizing whale falls: new species of *Sirsoe* and connections between Ocean Basins. **Frontiers in Marine Science**, 6(478), 1–26.
- Stuart C.T. & Rex M.A. 2009. Bathymetric patterns of deep-sea gastropod species diversity in 10 basins of the Atlantic Ocean and Norwegian Sea. **Marine Ecology**, 30, 164–180.
- Sumida, P.Y.G. & Pires-Vanin A.M.S. 1997. Benthic associations of the shelf-break and upper slope off Ubatuba-SP, South-eastern Brazil. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, 44, 779–784.
- Sumida, P.Y.G., Yoshinaga, M.Y., Ciotti, A.M., Gaeta, S.A. 2005. Benthic response to upwelling events off the SE Brazilian coast. **Marine Ecology Progress Series**, 291, 35–42.
- Sumida, P.Y.G., Yoshinaga, M.Y., Madureira, L.A.S-P., Hovland, M. 2004. Seabed pockmarks associated with deep-water corals off SE Brazilian continental slope, Santos Basin. **Marine Geology**, 207, 159–167.
- Sumida, P.Y.G., Alfaro-Lucas, J.M., Shimabukuro, M., Kitazato, H., Perez, J.A.A., Soares-Gomes, A., Toyofuku, T., Lima, A.O.S., Ara, K., Fujiwara, Y. 2016. Deep-sea whale fall fauna from the Atlantic resembles that of the Pacific Ocean. **Scientific Reports**, 6, 22139.
- Thistle, D. 2003. The deep-sea floor: an overview. *In*: TYLER, P.A. (ed). Ecosystems of the deep oceans. Amsterdam: Elsevier. **Ecosystems of the World**, 28.
- Tselepides, A., Papadopoulou, N., Podaras, D., Plaiti, W., Koutsoubas, D. 2000. Macrobenthic community structure over the continental margin of Crete

- (South Aegean Sea, NE Mediterranean). **Progress in Oceanography**, 46 (2–4), 401–428.
- van der Grient, J.M.A., Rogers, A.D. 2021. Environmental influence on the distribution of polychaete families and feeding guilds in benthic communities of the Grand Banks and Flemish Cap (NW Atlantic). **Deep Sea Research Part I**, 171, 103498.
- Vesanto, J., Himberg, J., Alhoniemi, E. 2000. SOM Toolbox for Matlab 5. Helsinki University of Technology, **Publications in Computer and Information Science**; Report A57.
- Viana, A.R., Faugeres, F.C., Kowsmann, R.O., Lima, J.A.M., Caddah, L.F.G., Rizzo, J.G. 1998. Hydrology: morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. **Sedimentary Geology**, 115, 133–157.
- Vieira, D.C., Fonseca, G. 2022. iMESc: An Interactive Machine Learning App for Environmental Science.
- Washburn, T.W., Menot, L., Bonifácio, P., Pappé, E., Błażewicz, M., Bribiesca-Contreras, G., Dahlgren, T., Fukushima, T., Glover, A., Ju, S.J., Kaiser, S., Yu, O.H., Smith, C. 2021. Patterns of macrofaunal biodiversity across the Clarion-Clipperton Zone: an area targeted for seabed mining. **Frontiers in Marine Science**, 8, 0-22.
- Wickham, H. 2016. ggplot2: **Elegant graphics for data analysis**. Springer-Verlag New York.
- Wurzberg, L.W., Peters, J., Schuller, M., Brandt, A. 2011. Diet insights of deep-sea polychaetes derived from fatty acid analyses. **Deep Sea Research Part II**, 58(1/2), 153-162.
- Yasuhara, M., Danovaro, R. 2014. Temperature impacts on deep-sea biodiversity. **Biological Reviews**, 91(2), 275–28

VIII.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Helena Passeri Lavrado	Bióloga, Prof. Dr.	Coordenação Macrofauna Bentônica
Rafael Bendayan de Moura	Biólogo, Dr. em pós-doutorado	Caracterização da Macrofauna Bentônica da Talude Continental
Adriana Galindo Dalto	Bióloga, Dr. em pós-doutorado	Caracterização da Macrofauna Bentônica da Plataforma Continental

IX. Ecossistemas de corais de águas profundas da Bacia de Santos

*Capítulo IX
Revisão 01
Dezembro/2022*

IX.1 Introdução

Os corais de águas profundas (CAP) estão entre os mais significativos engenheiros ecossistêmicos nas plataformas continentais, encostas, cânions, montes submarinos e sistemas de cordilheiras em todo mundo (Roberts et al., 2009). Estes habitats coralíneos de profundidade são formados por acúmulos de esqueletos de corais que não dependem de algas simbiotes (Villaça, 2009) e são representados por quatro grupos principais: (1) os corais pétreos da ordem Scleractinia; (2) corais negros da ordem Antipatharia; (3) octocorais da ordem Alcyonacea; e (4) hidrocorais da ordem Anthoathecata (Pires et al., 2015).

As espécies formadoras de recifes têm ampla distribuição geográfica (Pires, 2007) e podem ocorrer individualmente, como colônias isoladas, ou formar grandes recifes e montes carbonáticos (Roberts et al., 2006). Corais pétreos como *Desmophyllum pertusum* são capazes de formar recifes de corais de água fria na escala de quilômetros (Costello et al., 2005), e suas formações carbonáticas são encontradas ao longo das margens continentais de todo mundo (Freiwald, 2002; Freiwald et al. 2004; Roberts et al. 2006). Contudo, a distribuição dos corais de águas profundas está longe de ser totalmente compreendida (Vertino et al., 2014), além disto há diferenças notáveis na distribuição entre os diferentes táxons de coral (Gass & Willison, 2005; Watling & Auster, 2005).

A presença de recifes coralíneos aumenta a biodiversidade no local (Jonsson et al., 2004). Tais regiões ricas em biodiversidade são muitas vezes consideradas prioridades de conservação, especialmente quando são centros de endemismo e, portanto, insubstituíveis (Noss et al., 2015). Desta forma, os recifes de corais de águas profundas podem ser considerados *hotspots* de biodiversidade (Freiwald et al., 2004; Roberts et al., 2006; Fiege & Barnich, 2009; Bongiorno et al., 2010).

No Brasil, a maior concentração de registros das espécies de CAP está na região sudeste (Viana et al., 1994, 1998; Le Goff-Vitry et al., 2004; Sumida et al., 2004; Arantes et al., 2009; Pires e Castro, 2010; Arantes & Loiola, 2014; Cavalcanti et al., 2013; Cavalcanti et al., 2017), onde se encontram associados principalmente a bancos de corais profundos (Cavalcanti et al., 2017). Esta maior concentração de registros de CAP no sudeste brasileiro deve-se não apenas ao

maior número de instituições de pesquisa, mas principalmente ao esforço PETROBRAS em identificar e mapear a ocorrência destes organismos. Os primeiros registros de corais pétreos formadores de recifes profundos ocorreram na costa Sudeste a 1000 m de profundidade em coletas realizadas pela expedição “Calypso” (Laborel, 1970). Neste estudo, foram encontradas as espécies *Lophelia pertusa*, *Enallopsammia rostrata*, *Solenosmilia variabilis* e *Desmophyllum dianthus*, entre outras. Cairns (1979) também registrou a presença de *L. pertusa* em diferentes áreas ao largo de São Paulo e norte do Paraná. Recentemente descobriu-se uma ampla distribuição de corais na quebra da plataforma sudeste-sul brasileira, com diversos registros de corais construtores de habitats coralíneos profundos nas Bacias de Santos (Sumida et al., 2004) e Campos (Viana, 1994; Viana et al., 1994; 1998; Hovland & Mortensen, 1999; Le Goff-Vitry et al., 2004; Pires & Castro, 2010).

Os corais de mar profundo são extremamente importantes em termos de biodiversidade (Cairns, 2007). A razão entre corais azooxantelados e zooxantelados na costa brasileira é de cerca de 4:1, enquanto a razão global é de 1:1 (Pires, 2007). Até o presente, são 59 espécies de corais azooxantelados (Kitahara, 2007; Pires, 2007) distribuídos ao longo de toda a costa brasileira (0.9 °N a 34.67 °S). A maioria dos corais de águas profundas desenvolvem estruturas ramificadas que podem fornecer um habitat estrutural tridimensional complexo promovendo um aumento da heterogeneidade do habitat e disponibilizando uma infinidade de micro-habitats (Roberts & Cairns, 2014). Organismos como esponjas, poliquetas, crustáceos, moluscos, equinodermes, briozoários e peixes, utilizam estes micro-habitats criado pelo coral para se alimentar e proteger (Jensen & Frederiksen, 1992; Guinan et al., 2009).

Pesquisas em áreas profundas demandam alto custo e equipamentos de alta tecnologia no campo das ciências. Com o avanço do uso tecnológico em áreas “offshore” houve um aumento considerável no número de contribuições científicas importantes sobre os bancos coralíneos de profundidade (Freiwald et al., 2004). É fundamental para a ciência que estas pesquisas se realizem em nível global para unificar comparações de escala da bacia oceânica e entender de forma mais clara a importância dos recifes profundos (Roberts et al., 2006).

Avanços em engenharia, ciência e gerenciamento de dados geraram o

surgimento de equipamentos como o veículo submarino operado remotamente (ROV, na sigla em inglês), que é capaz de explorar grandes profundidades (inclusive locais com espaço restrito) e é equipado com câmeras de vídeo e sensores (Christ & Wernli, 2014). A utilização de equipamentos de alta tecnologia para estudos de relevante importância ecológica, como é o caso dos ambientes coralíneos profundos, pode proporcionar subsídios na compreensão da estrutura de comunidades nestes ambientes. Assim, o objetivo do presente estudo é caracterizar a diversidade de espécies de corais de águas profundas em diferentes recifes/bancos de corais existentes na Bacia de Santos, Sudeste do Brasil, por meio de imagens de veículos operados remotamente .

IX.2 Material & métodos

IX.2.1 Coleta de dados

Para acessar a composição específica e a distribuição das comunidades coralíneas profundas e da fauna associada na Bacia de Santos, um banco de dados de imagens obtidas através de veículos submarinos operados remotamente (ROVs) foi disponibilizado pela PETROBRAS. As imagens de ROVs são provenientes de inspeções feitas pela empresa e fornecem uma visão espacial do ecossistema. Desta forma, a aquisição, armazenamento e tratamento dos dados desta pesquisa foi possibilitada através de um vínculo com o Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento denominado Caracterização Ambiental dos Corais de Águas Profundas da Bacia de Santos e Integração de Dados Ambientais com a Bacia de Campos.

O imageamento dos ambientes coralíneos foi realizado em locais previamente estudados através de informações de dados geofísicos. Ao longo de vários anos de estudos e levantamentos geofísicos realizados pela Petrobras na Bacia de Santos, um mapeamento de locais de provável ocorrência de ecossistemas de CAP foi gerado. O mapeamento foi baseado na morfologia, diferenças na elevação do leito marinho e níveis de refletividade identificados através de sísmica (**Figura IX.2-1**). A partir do mapeamento foram criados polígonos georreferenciados, chamados de alvos refletivos ou possíveis bancos de corais. Por conta do longo período de aquisição de dados e dos diferentes

objetivos das coletas, esses dados estão sujeitos a muitas variações de tipos de coleta (ex: ecobatímetro mono e multifeixe, sonar de varredura lateral, *Sub Bottom Profiler*, sísmica 3D multicanal), modelos de equipamentos, métodos e frequências acústicas de operação.

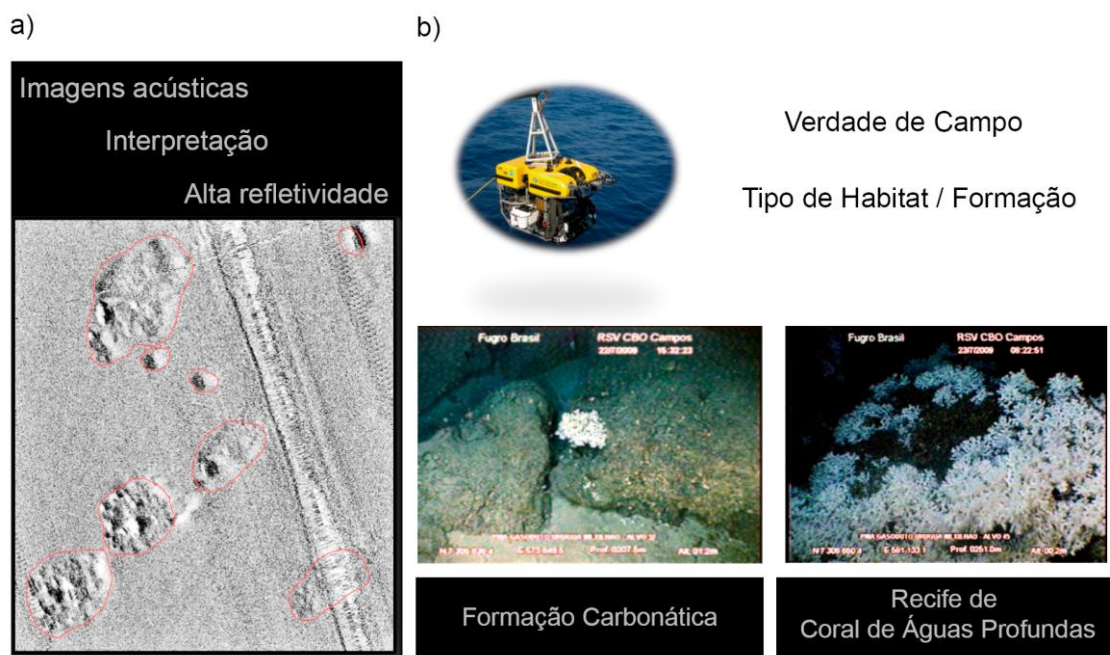


Figura IX.2-1: Mapeamento e verdade de campo realizada durante as operações da Petrobras na Bacia de Santos exemplificando dados de levantamento geofísico com polígonos contornando os alvos refletivos (a), e atividades de imageamento com auxílio de veículos operados remotamente para validar o tipo de habitat nos alvos refletivos estudados (b).

Essa grande gama de dados permite uma boa predição de onde esses ecossistemas estão ocorrendo e tem o potencial de trazer resultados interessantes caso seja aplicado em análises ecológicas. Porém, a alta variabilidade amostral desses alvos exige cuidado na interpretação dessas análises.

Compilando as diferentes informações geofísicas disponíveis na Bacia de Santos, em profundidades superiores a 2500 m, um total de 84 levantamentos geofísicos foram realizados, totalizando 104 mil Km² de cobertura (~37% da área total submersa da BS) e resultando em 19 mil polígonos identificados como alvos refletivos. Após esta compilação de dados, entre 2009 e 2019, dez campanhas

foram realizadas com ROVs em cinco áreas de atuação da PETROBRAS no norte da Bacia de Santos onde haviam alvos refletivos identificados (**Figura IX.2-2**).

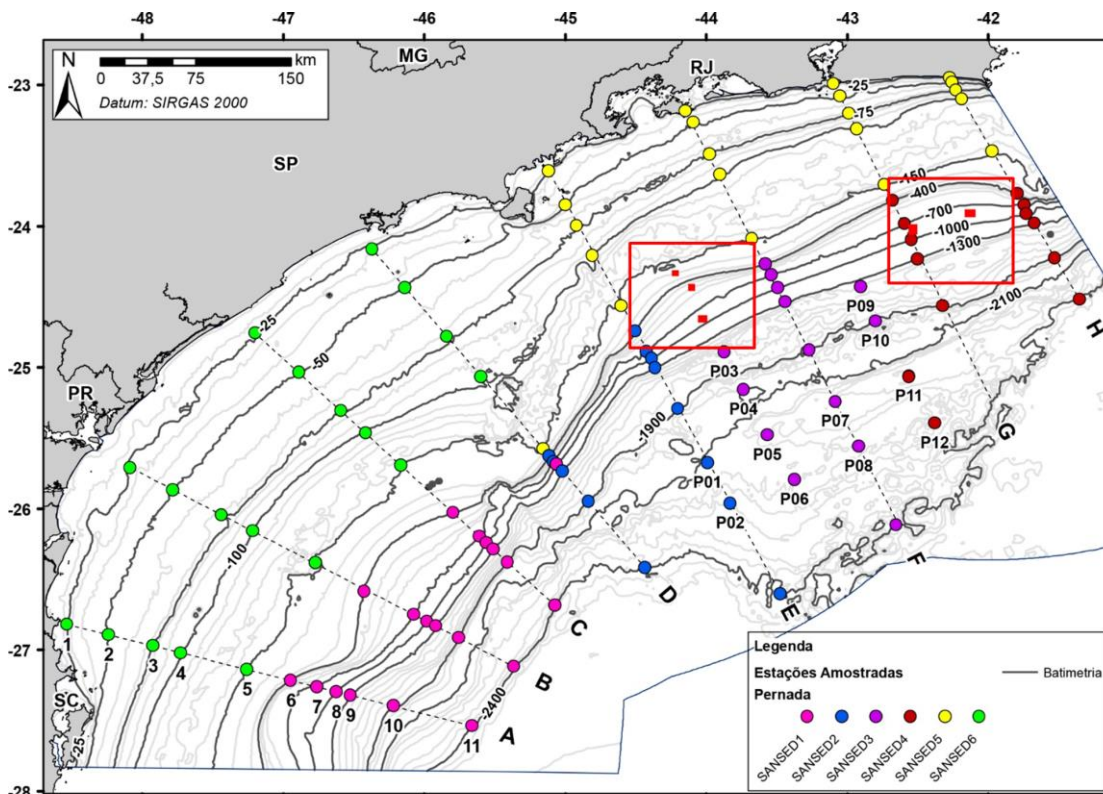


Figura IX.2- 2: Mapa da Bacia de Santos (Sudeste do Brasil), evidenciando as cinco áreas de atuação da Petrobras (enquadradas em vermelho) onde foram realizadas dez campanhas de caracterização de Bancos e Recifes de Corais com o auxílio do ROV em locais com presença de alvos refletivos. Três áreas visitadas estavam localizadas entre as estações amostradas nos transectos E e F, entre 200 e 1000 m de profundidade, enquanto as outras duas se encontravam nas proximidades do transecto G e H, entre 700 e 1000 m de profundidade.

IX.2.2 Análise de dados

Na descrição dos corais de águas profundas e da fauna associada, foi utilizado a abundância relativa ($RA = \text{número de indivíduos do táxon} / \text{número total de indivíduos}$), a frequência de ocorrência ($FO = \% \text{ que o táxon } x \text{ foi registrado}$) e a densidade de espécies (indivíduos m^{-1}), que foi calculada como o número de indivíduos de CAP e fauna associada registrada pelo ROV, dividido

pelo comprimento do track percorrido pelo ROV.

A análise de Variância Permutacional (PERMANOVA) (Anderson, 2001), foi utilizada para testar a hipótese de que existem diferenças significativas na assembleia, riqueza e densidade de corais e da fauna associada entre as áreas (variação espacial) e entre os diferentes estratos de profundidade - talude superior e intermediário (variação vertical). O teste a posteriori (pair-wise test) foi aplicado quando houve diferenças significativas entre os grupos de determinado fator.

Na variação espacial, apenas as amostras localizadas no mesmo intervalo de profundidade (750 - 1000 m) foram consideradas, o que inclui as áreas de Tupi-Mexilhão, Rota 3 e Rota 2. As variáveis dependentes utilizadas foram: densidade da assembleia de corais de mar profundo e megafauna associada ($\text{Log}_{10}(x+1)$ transformados – similaridade de Bray Curtis), riqueza de espécies e densidade total de corais e megafauna ($\text{Log}_{10}(x+1)$ transformados – distância euclidiana).

Na variação vertical, para verificar se existem diferenças na estrutura das assembleias, riqueza e densidade de corais de mar profundo e megafauna associada entre as áreas do talude superior e intermediário, foram selecionadas as amostras localizadas nas áreas de Uruguá-mexilhão, Mexilhão-28 e Tupi-Mexilhão. As áreas Rota 3 e Rota 2 foram desconsideradas para a análise, com o intuito de reduzir possível interferência de fatores adicionais em áreas geograficamente mais distantes. As variáveis dependentes utilizadas foram: Frequência de ocorrência da assembleia de corais de mar profundo ($\text{Log}_{10}(x+1)$ transformados – similaridade de Jaccard) e a densidade da assembleia da megafauna associada ($\text{Log}_{10}(x+1)$ transformados – similaridade de Bray Curtis) e a riqueza de espécies de corais e megafauna ($\text{Log}_{10}(x+1)$ transformados – distância euclidiana).

Para determinar os padrões de associação entre as amostras e analisar a distribuição espacial da assembleias de corais de mar profundo e megafauna associada, foi realizada análise de ordenamento pelo método de escalonamento multidimensional (MDS - Non-Metric Multidimensional Scaling), utilizando as rotinas disponíveis no pacote do software PRIMER (Clarke & Gorley, 2001). O coeficiente de Bray-Curtis (variação horizontal) e o índice de Jaccard (variação

vertical), com os dados transformados em raiz quadrada, foram utilizados para gerar as matrizes de similaridade entre as amostras.

A rotina SIMPER (percentual de similaridade) foi utilizada para hierarquizar as espécies de corais profundo e megafauna associada que mais contribuíram para as similaridades e dissimilaridades de cada grupo dentro dos fatores analisados. Foi utilizado o programa PRIMER 6 + PERMANOVA para gerar as análises PERMANOVA e SIMPER.

IX.3 Resultados e Discussões

IX.3.1 Caracterização dos ambientes de corais de águas profundas

Dentre os ambientes coralíneos amostrados, as áreas de Uruguá-Mexilhão e Mexilhão-28 foram registradas no talude superior, enquanto as demais áreas (Tupi-Mexilhão, Rota 3 e Rota 2) foram registradas no talude intermediário. Na descrição dos ambientes de corais de águas profundas da Bacia de Santos considerando suas características biológicas e geológicas através da compilação e interpretação de informações existentes na PETROBRAS, os alvos refletivos visitados em Uruguá-Mexilhão, aproximadamente a 250 metros de profundidade, revelaram a presença de recifes de corais formados pela espécie *Desmophyllum pertusum* (**Figura IX.3-1**).

Os recifes de corais foram as formações coralíneas “mais rasas” e se referem a grandes colônias de *D. pertusum* não associados a bancos de corais (**Figura IX.3-1**), mas que podem co-ocorrer com outras rochas.

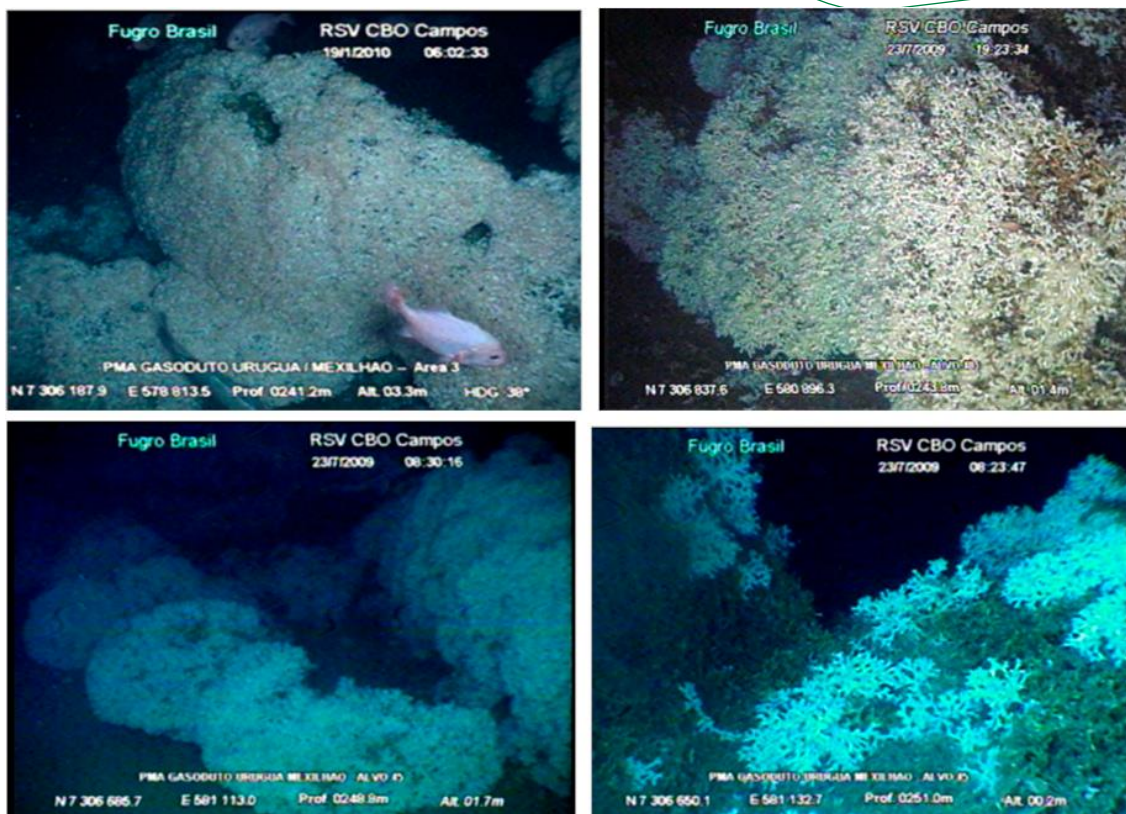


Figura IX.3-1: Ambientes coralíneos visitados na área de Uruguá-Mexilhão

A 500 m de profundidade, na área de Mexilhão-28, a verdade de campo realizada em um grande alvo refletivo revelou um habitat formado por recifes de corais associados a bancos coralíneos profundos (**Figura IX.3-2**). Esta área foi também caracterizada por uma presença abundante de organismos da família Brisingidae.

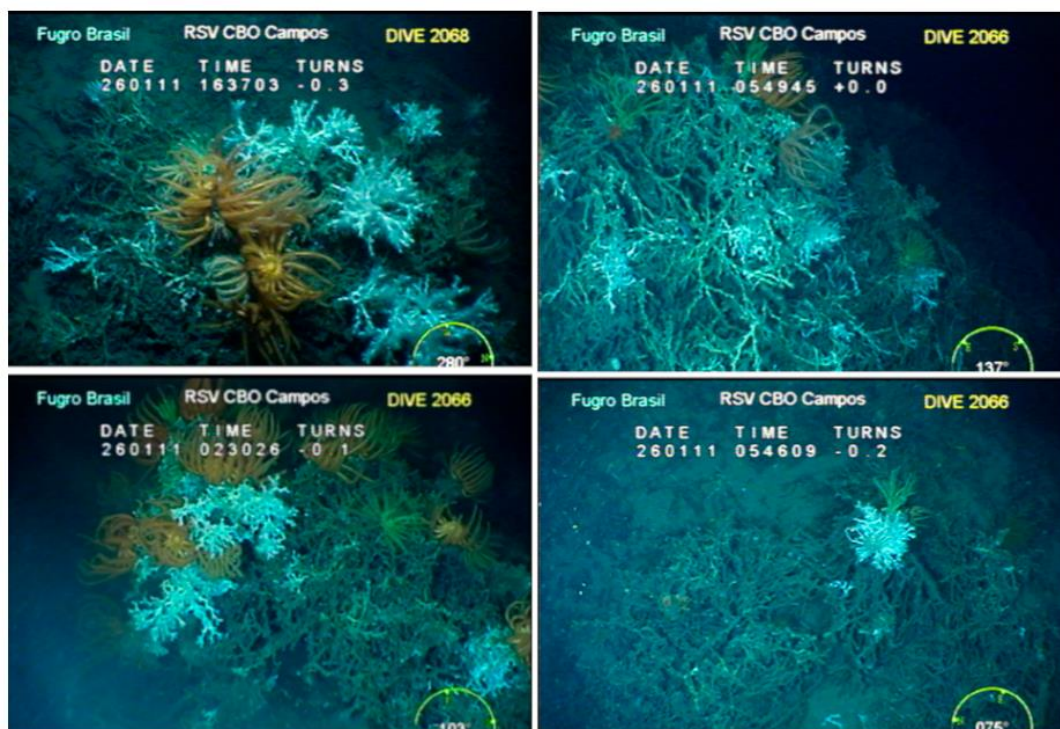


Figura IX.3-2: Ambientes coralíneos visitados na área de Mexilhão-28.

Entre 800 e 1000 m de profundidade, nas áreas de Tupi-Mexilhão, Rota 3 e Rota 2, os alvos refletivos visitados revelaram os principais ecossistemas de bancos de corais encontrados na Bacia de Santos (**Figura IX.3-3**). Estes bancos possuem uma grande variação na composição da fauna associada aos corais e em algumas áreas (ex. Tupi-Mexilhão) podem estar associados a *pockmarks*.



Figura IX.3-3: Ambientes coralíneos visitado nas áreas de Tupi-Mexilhão, Rota 3 e Rota 2.

IX.3.2 Composição dos ambientes coralíneos profundos - Ictiofauna e megafauna

Em um total de 69 bancos/recifes de corais, 6.513 organismos foram registrados na Bacia de Santos. Destes, sete filos foram identificados (Arthropoda; Chordata; Cnidaria; Echinodermata; Mollusca; Ochrophyta e Porifera) sendo Cnidária o mais representativo, com 46.7% dos registros e um maior percentual encontrado nas áreas da Rota 3 e Rota 2 (**Figura IX.3-4**). Uruguá-Mexilhão registrou uma alta porcentagem do filo Chordata, enquanto as áreas de Mexilhão-28 e Tupi-Mexilhão tiveram um maior registro do filo Echinodermata (**Figura IX.3-4**).

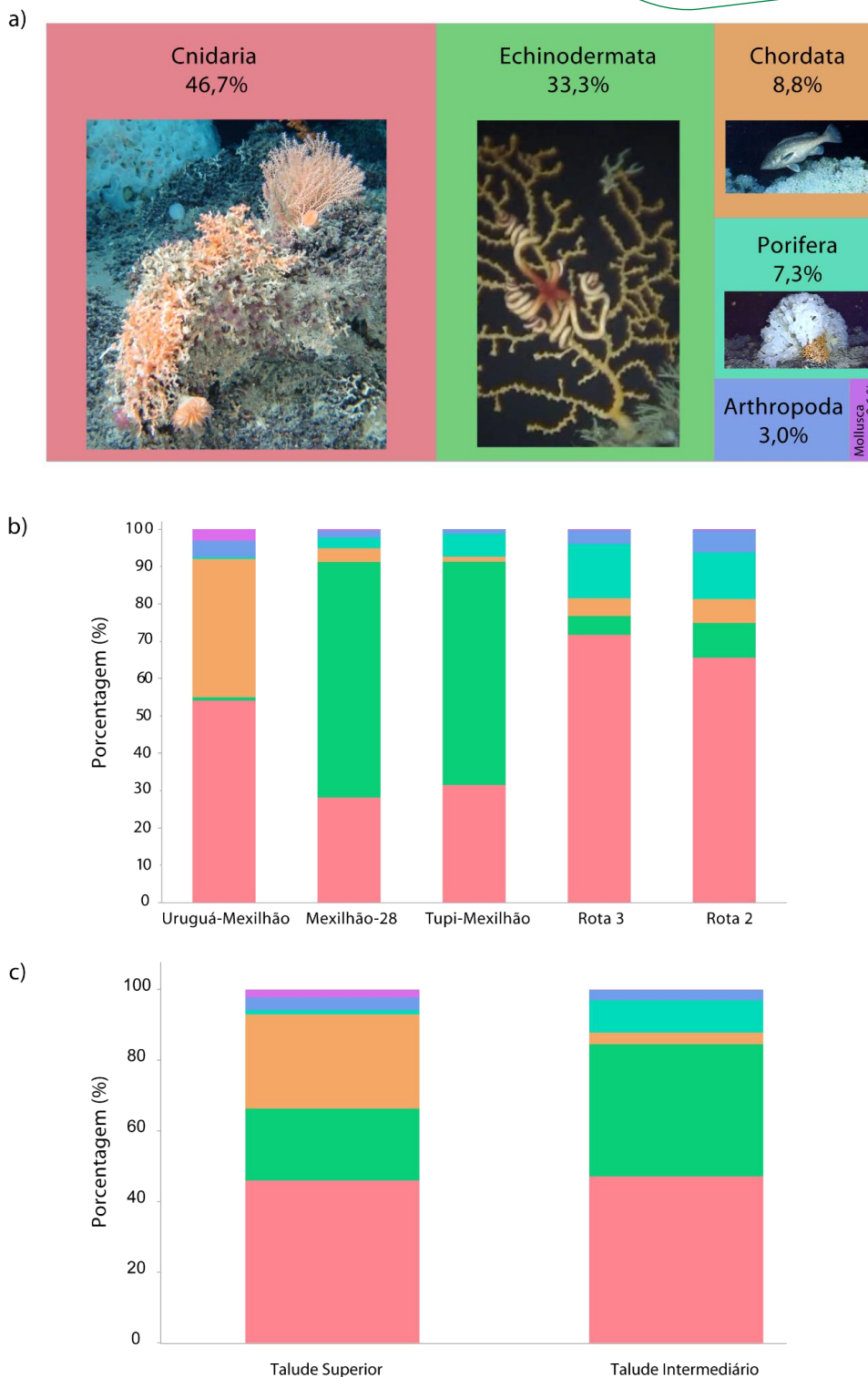


Figura IX.3-4. Percentual (%) dos Filos registrados na Bacia de Santos (A) em sua totalidade; (B) em cada área; (C) no talude superior (200 - 500 m) e no talude intermediário (700 - 1000 m).

Entre os Cnidários, um total de 2054 corais de águas profundas foram

registrados. A fauna destes corais foi identificada em 14 famílias (**Tabela IX.3-1**). Três famílias da ordem Scleractinia foram registradas na Bacia de Santos: Caryophylliidae, Dendrophylliidae e Oculinidae. Destas, sete (morfo)espécies foram referenciadas; *Caryophylliidae* sp. 1; *Desmophyllum* sp. 1; *Desmophyllum pertusum*; *Pourtalesmilia* sp. 1; *Solenosmilia variabilis*; *Enallopsammia rostrata*; *Madrepora oculata*.

Associados aos ambientes coralíneos profundos (**Figura IX.3-5**), um total de 3551 indivíduos identificados em 6 diferentes ordens taxonômicas foram registrados da Bacia de Santos (**Tabela IX.3-1**). O presente trabalho traz uma importante contribuição para o entendimento da composição dos corais de águas profundas e de sua megafauna associada na Bacia de Santos. Os resultados evidenciam o talude continental brasileiro, como um habitat vital para o desenvolvimento de corais de mar profundo, abrigando uma alta biodiversidade de corais e espécies associadas (Viana et al., 1998, Sumida et al., 2004, Kitahara, 2006, 2007, Pires, 2007, Cavalcanti et al., 2013, Pires et al., 2014; Raddatz et al. 2020).

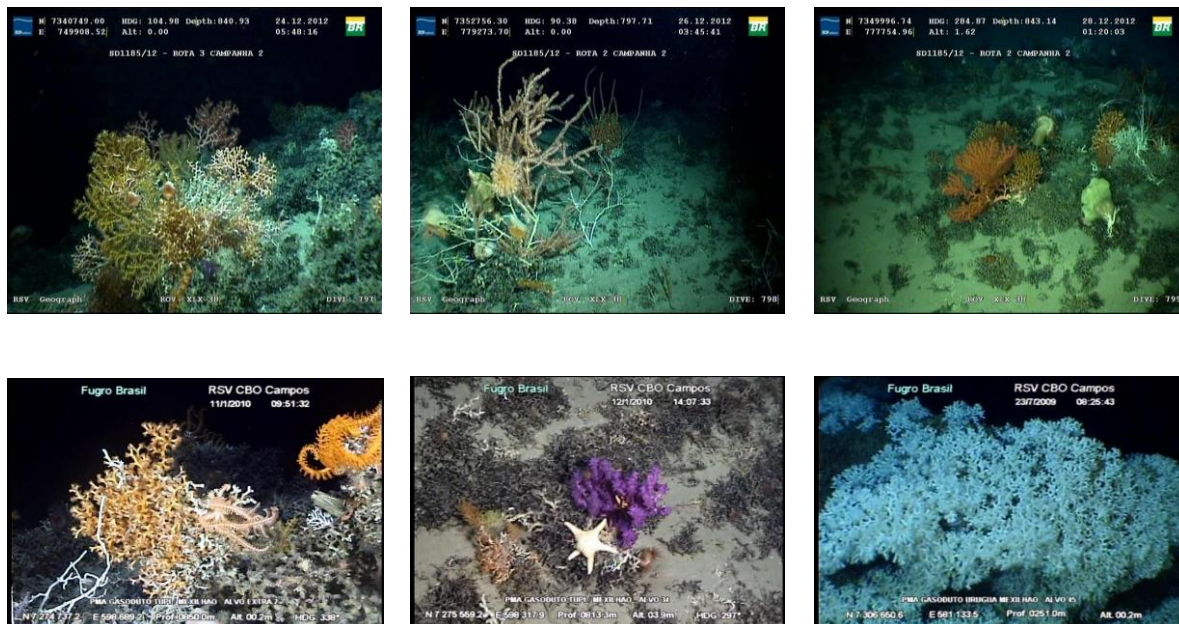


Figura IX.3-5: Exemplos de imagens de Corais de Águas Profundas e da megafauna associada obtidas através de veículos submarinos de operação remota (ROVs) contratados pela PETROBRAS para campanhas de caracterização da Bacia de Santos.

Cada (morfo)espécie registrada na Bacia de Santos foi disposta em uma lista com base em um menor nível taxonômico, entretanto, diante da dificuldade de identificação de gênero e espécie frente à resolução variável das imagens de vídeos, alguns indivíduos foram identificados em níveis taxonômicos superiores (**Tabela IX.3-1**). Devido a complexidade na identificação taxonômica, a carência de descrição morfológicas detalhadas e as limitações nas imagens (baixa qualidade) obtidas pelo ROV em determinadas situações (Loya et al. 2018), é provável que os presentes resultados apresentem uma subestimação na biodiversidade encontrada nos ambientes coralíneos profundos, de modo que o presente inventário aumente em número de espécies com o aumento de esforço amostral e com o uso de ferramentas moleculares que podem ser essenciais para auxiliar a taxonomia clássica (McFadden et al., 2011)

IX.3.3 Variação espacial dos corais de águas profundas, da ictiofauna e da megafauna associada

IX.3.3.1 Variação horizontal

Para aferir comparações entre os corais de mar profundo e a megafauna associada, apenas os bancos de corais estudados no Tupi-Mexilhão; Rota 3 e Rota 2 (áreas registradas em uma mesma isóbata) foram considerados. Podemos observar um padrão semelhante na distribuição dos corais de mar profundo e da megafauna associada, entre as áreas analisadas. De modo geral, a assembleia, riqueza e densidade de corais diferiram entre as áreas amostradas (PERMANOVA; $p < 0.001$; **Figura IX.3.1-1**). Um gráfico Mutidimensional Scaling (MDS) ilustra a semelhança dos conjuntos de corais de água fria entre os locais (**Figura IX.3.1-1**), com a área de Tupi-Mexilhão

Mesmo que os três locais estejam sob influência da mesma massa de água (AIA), a localização das Rotas 2 e 3 no extremo norte da bacia, próximos a uma região conhecida por ressurgência induzida por redemoinhos de fundo (Calado et al., 2010; Silveira et al., 2020), pode ter sido responsável pelas diferenças observadas nas assembleias, riqueza e abundância de corais de mar profundo e megafauna associada.

Tabela IX.3-1: Lista taxonômica dos Corais de Águas Profundas e da megafauna associada registrados na Bacia de Santos. Legenda: NI = táxon não identificado

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	(Morfo)Espécie
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Galatheidae	NI	Galatheidae sp. 1
			Geryonidae	<i>Chaceon</i>	<i>Chaceon</i> sp. 1
			Lithodidae	NI	Lithodidae sp. 1
			Majidae	NI	Majidae sp. 1
			Paguroidea	NI	Paguroidea sp. 1
			Pandalidae	<i>Heterocarpus</i>	<i>Heterocarpus</i> sp. 1
			Parthenopidae	NI	Parthenopidae sp. 1
			NI	NI	Anomura sp. 1
		Isopoda	Cirolanidae	<i>Bathynomus</i>	<i>Bathynomus</i> sp. 1
Chordata	Actinopteri	Acanthuriformes	Caproidae	<i>Antigonia</i>	<i>Antigonia capros</i>
		Acropomatiformes	Epigonidae	NI	Epigonidae sp. 1
		Anguilliformes	Synaphobranchidae	<i>Synaphobranchus</i>	<i>Synaphobranchus</i> sp. 1
		Aulopiformes	Ipnopidae	<i>Bathypterois</i>	<i>Bathypterois</i> sp. 1
		Carangiformes	Carangidae	NI	Carangidae sp. 1
		Gadiformes	Macrouridae	NI	Macrouridae sp. 2
				NI	Macrouridae sp. 3
		Phycidae	<i>Urophycis</i>	<i>Urophycis cirrata</i>	
		Perciformes	Serranidae	<i>Anthias</i>	<i>Anthias</i> sp. 1
				<i>Epinephelus</i>	<i>Epinephelus</i> sp. 1
		Scombriformes	Centrolophidae	<i>Hyperoglyphe</i>	<i>Hyperoglyphe macrophthalma</i>
		Scorpaeniformes	NI	NI	Scorpaeniformes sp. 1
		Trachichthyiformes	Trachichthyidae	<i>Gephyroberyx</i>	<i>Gephyroberyx</i> sp. 1
				<i>Hoplostethus</i>	<i>Hoplostethus</i> sp. 1
		Zeiformes	Oreosomatidae	<i>Allocyttus</i>	<i>Allocyttus</i> sp. 1
		NI	NI	NI	Actinopteri sp. 1
NI	NI	NI	Actinopteri sp. 2		
NI	NI	NI	Actinopteri sp. 3		
NI	NI	NI	Actinopteri sp. 4		
NI	NI	NI	Actinopteri sp. 5		
NI	NI	NI	Actinopteri sp. 6		

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	(Morfo)Espécie
	Ascidiacea	NI	NI	NI	Ascidiacea sp. 1
	Elasmobranchii	Carcharhiniformes	Scyliorhinidae	<i>Scyliorhinus</i>	<i>Scyliorhinus</i> sp. 1
Cnidaria	Anthozoa	Actiniaria	NI	NI	Actiniaria sp. 1
			NI	NI	Actiniaria sp. 3
			Actinoscyphiidae	<i>Actinoscyphia</i>	<i>Actinoscyphia</i> sp. 2
					<i>Actinoscyphia</i> sp. 3
			Actinostolidae	NI	Actinostolidae1
			Amphianthidae	NI	Amphianthidae1
		Liponematidae	NI	Liponematidae1	
		Alcyonacea	NI	NI	Alcyonacea sp. 17
			NI	NI	Alcyonacea sp. 7
			NI	NI	Alcyonacea sp. 18
			NI	NI	Alcyonacea sp. 28
			Acanthogorgiidae	NI	Acanthogorgiidae sp. 1
	Alcyoniidae		<i>Anthomastus</i>	<i>Anthomastus</i> sp. 1	
			<i>Anthomastus</i>	<i>Anthomastus</i> sp. 2	
			<i>Pseudoanthomastus</i>	<i>Pseudoanthomastus</i> sp. 1	
	Clavulariidae		NI	Clavulariidae sp.1	
			<i>Trachythela</i>	<i>Trachythela rudis</i>	
	Keratoisididae		NI	Keratoisididae sp. 1	
		NI	Keratoisididae sp. 2		
		NI	Keratoisididae sp. 4		
		NI	Keratoisididae sp. 5		
		NI	Keratoisididae sp. 7		
		NI	Keratoisididae sp. 9		
NI		Keratoisididae sp. 10			
NI		Keratoisididae sp. 13			
NI		Keratoisididae sp. 15			
NI		Keratoisididae sp. 19			
NI	Keratoisididae sp. 20				

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	(Morfo)Espécie	
				NI	Keratoisididae sp. 22	
				NI	Keratoisididae sp. 23	
				NI	Keratoisididae sp. 25	
				NI	Keratoisididae sp. 26	
				NI	Keratoisididae sp. 27	
				NI	Keratoisididae sp. 30	
			Paragorgiidae	<i>Paragorgia</i>	<i>Paragorgia</i> sp. 1	
					<i>Paragorgia</i> sp. 2	
					<i>Paragorgia</i> sp. 3	
			Plexauridae	<i>Paramuricea</i>	<i>Paramuricea</i> sp. 1	
				NI	Plexauridae sp. 1	
				NI	Plexauridae sp. 2	
				NI	Plexauridae sp. 5	
			Primnoidae	NI	Primnoidae sp. 1	
				NI	Primnoidae sp. 2	
				NI	Primnoidae sp. 3	
				NI	Primnoidae sp. 12	
				<i>Calyptrophora</i>	<i>Calyptrophora</i> cf. sp. 1	
				<i>Dasystenella</i>	<i>Dasystenella</i> sp. 1	
				<i>Narella</i>	<i>Narella</i> sp. 1	
			Victorgorgiidae	<i>Victorgorgia</i>	<i>Victorgorgia</i> sp. 1	
			Antipatharia	NI	Antipatharia sp. 3	
				NI	Antipatharia sp. 4	
				NI	Antipatharia sp. 11	
				NI	Antipatharia sp. 18	
				NI	Antipatharia sp. 19	
				NI	Antipatharia sp. 6	
				NI	Antipatharia sp. 7	
				Leiopathidae	<i>Leiopathes</i>	<i>Leiopathes</i> sp. 1
				Schizopathidae	<i>Bathypathes</i>	<i>Bathypathes</i> sp. 1
						<i>Bathypathes</i> sp. 3
					<i>Telopathes</i>	<i>Telopathes</i> sp. 1
			Ceriantharia	NI	NI	Ceriantharia sp. 1
			Scleractinia	Caryophylliidae	NI	Caryophylliidae sp. 1
					<i>Desmophyllum</i>	<i>Desmophyllum</i> sp. 1

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	(Morfo)Espécie	
					<i>Desmophyllum pertusum</i>	
				Portalosmilia	Portalosmilia sp. 1	
				<i>Solenosmilia</i>	<i>Solenosmilia variabilis</i>	
				Dendrophylliidae	<i>Enallopsammia</i>	<i>Enallopsammia rostrata</i>
				Oculinidae	<i>Madrepora</i>	<i>Madrepora oculata</i>
		Zoantharia	NI	NI	Zoantharia1	
			NI	NI	Zoantharia4	
			NI	NI	Zoantharia6	
		Hydrozoa	Anthoathecata	NI	NI	Anthoathecata sp. 1
	Stylasteridae			<i>Errina</i>	<i>Errina gracilis</i>	
				<i>Pliobothrus</i>	<i>Pliobothrus</i> sp.1	
	Echinodermata	Asteroidea	Brisingida	Brisingidae	<i>Novodinia</i>	<i>Novodinia</i> sp. 1
			Forcipulatida	Asteriidae	<i>Coscinasteria</i>	<i>Coscinasterias</i> sp. 1
			Valvatida	Goniasteridae	<i>Ceramaster</i>	<i>Ceramaster</i> sp. 1
<i>Nymphaster</i>					<i>Nymphaster</i> sp. 1	
<i>Pseudarchaster</i>					<i>Pseudarchaster</i> sp. 1	
Crinoidea			Comatulida	Atelecrinidae	NI	Atelecrinidae sp. 1
				NI	Atelecrinidae sp. 2	
		Charitometridae		NI	Charitometridae sp. 1	
Echinoidea		Hyocrinida	NI	NI	Hyocrinida	
		NI	NI	NI	Echinoidea sp. 1	
		Camarodonta	Echinidae	<i>Echinus</i>	<i>Echinus</i> sp. 1	
		Cidaroida	NI	NI	Cidaroida sp. 1	
Ophiuroidea		Euryalida	Asteronychidae	NI	Asteronychidae sp. 1	
		Phrynophiurida	Gorgonocephalidae	NI	Gorgonocephalidae sp. 1	
Mollusca	Cephalopoda	Octopoda	NI	NI	Octopoda sp. 1	
	I	NI	NI	NI	Coleoidea sp. 1	

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero	(Morfo)Espécie	
Ochrophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Ctenophora</i>	<i>Ctenophora</i> sp. 1	
Porifera	Demospongiae	NI	NI	NI	Demospongiae sp. 1	
		NI	NI	NI	Demospongiae sp. 13	
	Hexactinellida	Amphidiscosida	Hyalonematidae	Hyalonema	Hyalonema sp. 1	
		Lyssacosida	NI	NI	Lyssacosida sp. 1	
		Sceptrulophora	Euretidae	NI	1	Chonelasmatinae sp.
			Farreidae	NI	NI	Farreidae sp. 1
			Sceptrulophora incertae sedis	Sarostegia	NI	Sarostegia sp. 1
	-	NI	NI	NI	Porifera sp. 10	
	-	NI	NI	NI	Porifera sp. 14	
	-	NI	NI	NI	Porifera sp. 23	

Corais de mar profundo

Ictio/Megafauna associada

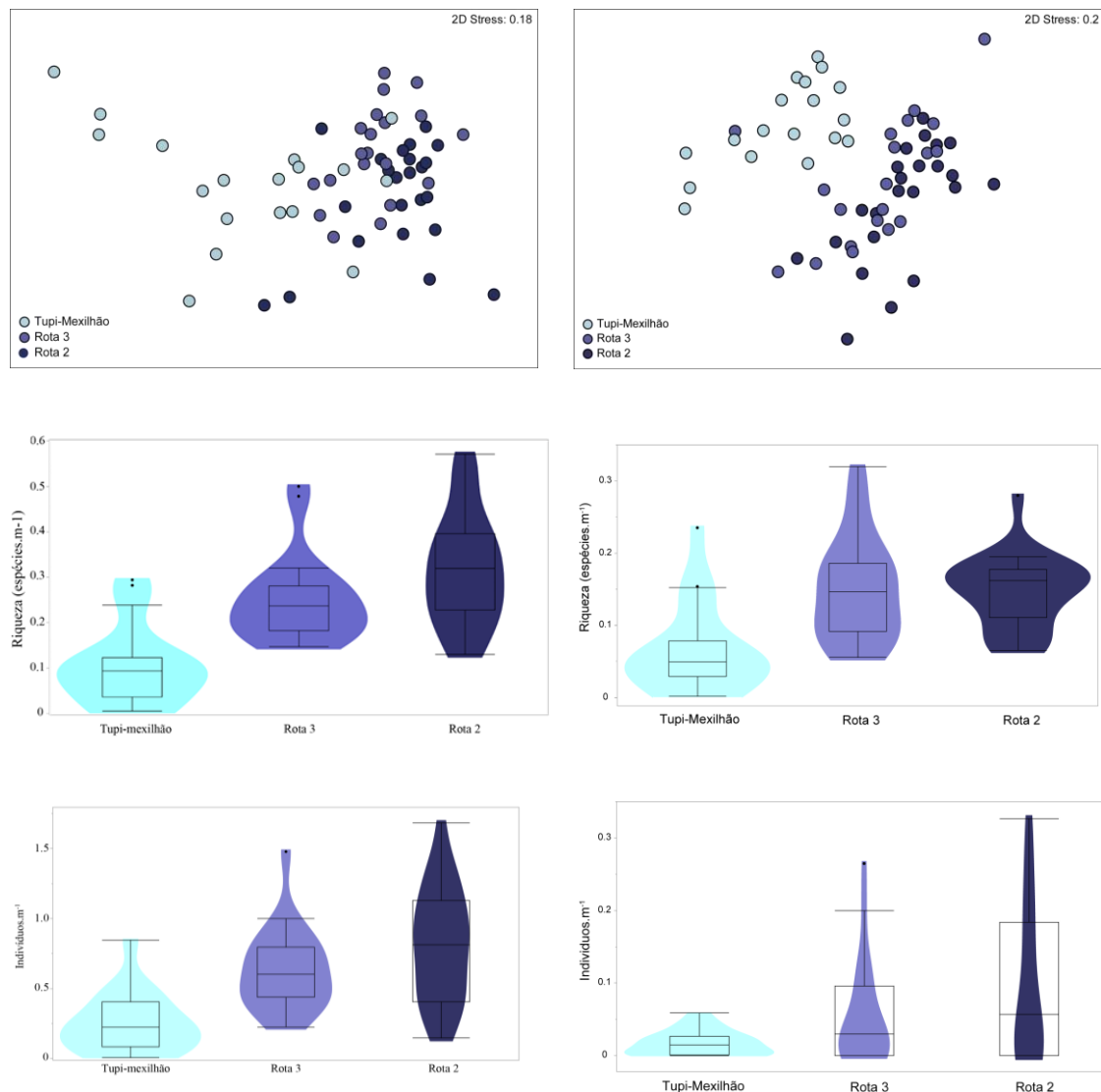


Figura IX.3.1-1: (a) Gráficos MDS da assembleia de corais de águas profundas registrados entre as áreas. (b) Riqueza de espécies (média \pm desvio padrão) e (c) densidade (indivíduos/m) em cada área amostrada. A área sombreada indica onde ocorreu a maior porcentagem dos dados.

Através da análise SIMPER, as espécies que mais contribuíram para a caracterização da Rota 2 e 3 foram os corais *Solenosmilia variabilis* (25.84% e 51.99%), *Paramuricea* sp. 1 (21.08% e 13.72%), *Narella* sp. 1 (11.38% e 9.72%) e *Trachythela rudis* (5.36% e 7.37%) (**Tabela IX.3.1-1**). Já em Tupi-mexilhão, *Solenosmilia variabilis* (38.93%), *Pseudoanthomastus* sp. 1 (12.49%), Primnoidae sp. 2 (8.98%) e *Desmophyllum pertusum* (6.41%) foram os corais

característicos da área (**Tabela IX.3.1-1**).

Em relação à megafauna associada, Rota 2 e Rota 3 as principais espécies responsáveis pela similaridade foram *Hyalonema* (38.08% e 65.26%), *Asteronychidae* (35.34% e 13.43%) e *Synaphobranchus* (5,62% e 6.11%). As espécies de *Novodinia* (81.01%) e *Hyalonema* (12.01%) foram as espécies que mais contribuíram para a caracterização da área de Tupi-mexilhão (**Tabela IX.3.1-1**).

Tabela IX.3.1-1: Resultados da análise de similaridade percentual (SIMPER) discriminando as principais morfoespécies de corais de mar profundo e megafauna associada responsáveis pela caracterização de cada sítio (C, D e E). É apresentada a contribuição percentual de similaridade de cada morfoespécie em relação à similaridade média de cada grupo; e a percentual de dissimilaridades médias entre grupos de diferentes áreas.

(Morfo)Espécies	Similaridad e média	Contribuiç ão (%)	Percentual acumulado	
Tupi-Mexilhão (similaridade média: 23.38%)				
(dissimilaridade média: Rota 3 = 78.65; Rota 2 = 81.22)				
<i>Solenosmilia variabilis</i>	9.10	38.93	38.93	
<i>Pseudoanthomastus</i> sp. 1	2.92	12.48	51.42	
<i>Primnoidae</i> sp. 2	2.10	8.98	60.40	
<i>Desmophyllum</i> <i>pertusum</i>	1.50	6.41	66.41	
Corais	Rota 3 (similaridade média = 36.27%)			
	(dissimilaridade média: Tupi-Mex = 78.65)			
	<i>Solenosmilia variabilis</i>	18.86	51.99	51.99
	<i>Paramuricea</i> sp. 1	4.98	13.72	65.70
	<i>Narella</i> sp. 1	3.53	9.72	75.42
	<i>Trachythela rudis</i>	2.67	7.37	82.80
	Rota 2 (similaridade média = 33.87%)			
	(dissimilaridade média: Tupi-Mex = 81.22; Rota 3 = 47.30)			

	<i>Solenosmilia variabilis</i>	8.75	25.84	25.84	
	<i>Paramuricea</i> sp. 1	7.14	21.08	46.92	
	<i>Narella</i> sp. 1	3.85	11.38	58.30	
	<i>Trachythela rudis</i>	1.81	5.36	63.65	
Megafauna	Tupi-Mexilhão (similaridade média = 38.57%)				
	(dissimilaridade média: Rota 3 = 85.94; Rota 2 = 87.21)				
		<i>Novodinia</i> sp. 1	31.25	81.01	81.01
		<i>Hyalonema</i> sp. 1	4.63	12.01	93.02
	Rota 3 (similaridade média = 25.23%)				
	(dissimilaridade média: Tupi-Mex = 85.94)				
		<i>Hyalonema</i> sp. 1	16.47	65.26	65.26
		<i>Asteronychidae</i> sp. 1	3.39	13.43	78.69
		<i>Synaphorbranchus</i> sp. 1	1.54	6.11	84.81
	Rota 2 (similaridade média = 28.43%)				
	(dissimilaridade média: Tupi-Mex = 87.21; Rota 3 = 54.27)				
		<i>Hyalonema</i> sp. 1	10.82	38.08	38.08
		<i>Asteronychidae</i> sp. 1	10.84	35.34	73.42
	<i>Synaphorbranchus</i> sp. 1	1.60	5.62	79.04	

IX.3.3.2 Variação vertical

As áreas de Uruguá-Mexilhão, Mexilhão-28 e Tupi-Mexilhão foram selecionadas para testar se existe diferenças nas assembleias de comunidades de corais e megafauna entre diferentes estratos de profundidades (Talude superior - 200 a 500 m; Talude intermediário - 700 a 1000 m). Rota 2 e Rota 3 foram eliminadas das análises para reduzir possíveis interferências que ocorrem em áreas geograficamente mais distantes.

A assembleia e riqueza dos corais e da megafauna associada apresentaram variações de acordo com as faixas de profundidade (PERMANOVA; $p < 0.001$).

A assembleia de corais e da megafauna foram divididas em talude superior (200 a 500 m de profundidade), e talude intermediário (700 a 1000 m), facilmente distinguidos no gráfico MDS (**Figura IX.3.1-2**). De acordo com a PERMANOVA, a riqueza de corais e da megafauna, foram significativamente maiores no talude intermediário (700 - 1000 m) (**Figura IX.3.1-2**).

As variações batimétricas parecem ser um dos principais preditores na distribuição corais de mar profundo. Sabe-se que com o aumento da profundidade na região do talude, também ocorrem mudanças nos regimes hidrodinâmicos (Pires, 2007). Portanto, a estratificação vertical apresentada por muitos organismos marinhos de águas profundas (por exemplo, Howell et al., 2002, Zardus et al., 2006, Yeh e Drazen, 2011, Miller et al., 2011) está relacionada às preferências ecológicas de cada espécie. Segundo Kitahara (2007) o desenvolvimento dos corais de mar profundo está relacionado com as zonas de massa de água. No presente estudo, a região do talude superior apresentou influência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), enquanto o estrato mais profundo (800-1000m) estava sob o regime da Água Intermediária Antártica (AIA) (Silveira et al., 2000, Cosendey, 2002).

Para sobreviver, as espécies precisam se estabelecer em locais estratégicos (Cathalot et al., 2015, Rovelli et al., 2015), considerando as variáveis que mais lhe favorecem, como profundidade, salinidade, carbono orgânico particulado (POC), entre outras (Barbosa et al. 2020). Através da análise SIMPER, as espécies que mais contribuíram para a caracterização do talude superior (200 - 500m) foram os corais *Desmophyllum pertusum* (61.99%), Caryophylliide (18.68%) e Anthothecata sp. 1 (11.79%), enquanto *Solenosmilia variabilis* (24.22%), *Pseudoanthomastus* sp. 1 (9.95%), *Paramuricea* sp. 1, Primnoidae sp. 2 (9.80%) e *Narella* sp. 1 (7.95%) foram característicos do talude intermediário (**Tabela IX.3.1-2**).

Corais de mar profundo

Ictio/Megafauna associada

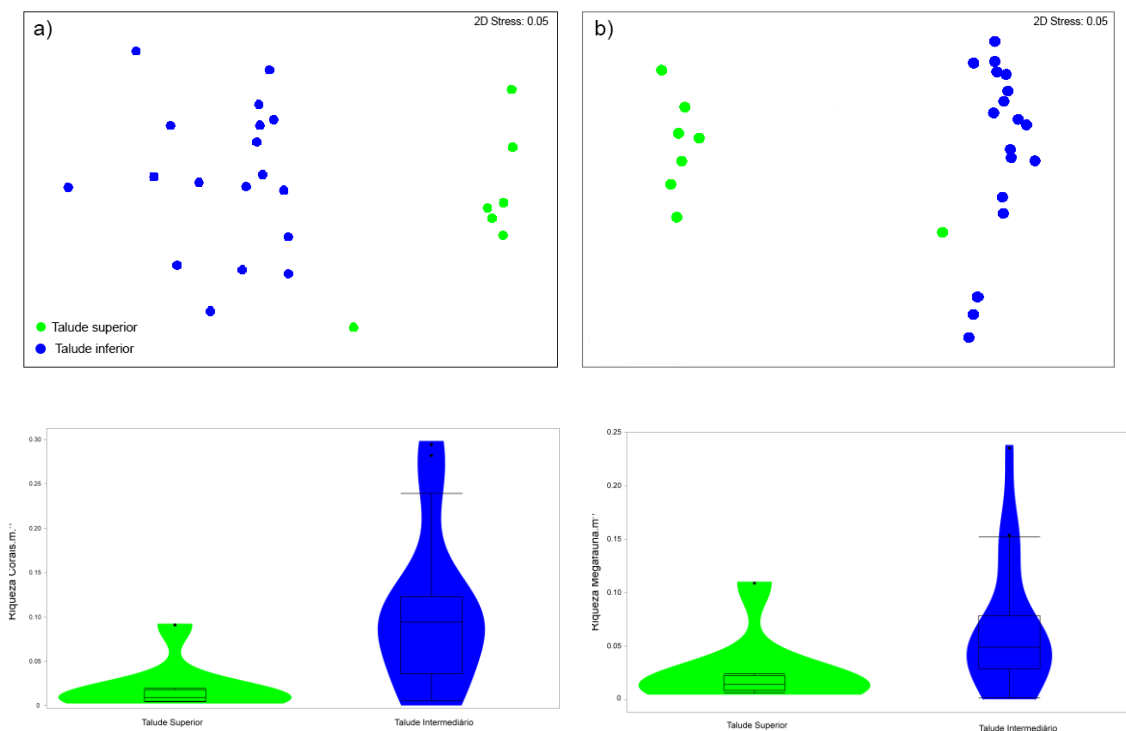


Figura IX.3.1-2: (a) Gráficos MDS da assembleia de corais de águas profundas registrados entre as áreas. (b) Riqueza de espécies (média \pm desvio padrão) em cada região do talude amostrado. A área sombreada indica onde ocorreu a maior porcentagem dos dados.

Em relação à megafauna associada, no talude superior, as espécies características da área foram os peixes da ordem Perciformes (55.06%), a família Scorpaenidae (9.87%), o genero *Hoplostethus* (7.91%) e a espécie *Antigonia capros* (4.85%). As (morfo)espécies *Novodinia* sp. 1 (81.01%) e *Hyalonema* sp. 1 (12.01%) foram as que mais contribuíram para a caracterização do talude intermediário (**Tabela IX.3.1-2**).

Tabela IX.3.1-2: Resultados da análise de similaridade percentual (SIMPER) discriminando as principais morfoespécies de corais de mar profundo e megafauna associada responsáveis pela caracterização do talude superior e intermediário. É apresentada a contribuição percentual de similaridade de cada morfoespécie em relação à similaridade média de cada grupo; e a porcentual de dissimilaridades médias entre grupos de diferentes áreas.

	(Morfo)Espécies	Similaridade média	Contribuição (%)	Percentual acumulado
Corais	Talude superior (similaridade média = 47.39%)			
	(dissimilaridade média: Tal.Int= 89.61)			
	<i>Desmophyllum pertusum</i>	29.23	61.69	61.69
	<i>Caryophylliidae</i>	8.85	18.68	80.36
	<i>Anthothecata sp. 1</i>	5.59	11.79	92.16
	Talude intermediário (similaridade média = 39.31%)			
	(dissimilaridade média: Tal.Sup= 89.61)			
	<i>Solenosmilia variabilis</i>	9.52	24.22	24.22
	<i>Pseudoanthomastus sp. 1</i>	3.91	9.95	34.17
	<i>Paramuricea sp. 1</i>	3.85	9.80	43.98
	<i>Primnoidae sp.2</i>	3.35	8.52	52.49
<i>Narella sp. 1</i>	2.73	7.95	60.44	
Megafauna	Talude superior (similaridade média = 30.25%)			
	(dissimilaridade média: Tal.Int= 96.82)			
	Perciformes sp. 1	16.65	55.06	55.06
	Scorpaenidae sp. 1	2.98	9.87	64.93
	<i>Hoplostethus sp. 1</i>	2.39	7.91	72.84
	<i>Antigonia capros sp. 1</i>	1.47	4.85	77.69
	Talude intermediário (similaridade média = 38.58%)			
(dissimilaridade média: Tal.Sup= 96.82)				
<i>Novodinia sp. 1</i>	31.26	81.01	81.01	
<i>Hyalonema sp. 1</i>	4.63	12.01	93.02	

IX.4 Referências bibliográficas

- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral ecology**. 26 (1), 32-46.
- Arantes, R. C. M. et al. Depth and water mass zonation and species associations of cold-water octocoral and stony coral communities in the southwestern Atlantic. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** **397**, 71-79 (2009). <https://doi.org/10.3354/meps08230>
- Arantes, R.C.M. & Loiola, L.L., 2014. New records of Primnoidae (Cnidaria: Octocorallia) in Brazilian deep waters. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, 99, pp.103-112.
- Barbosa, R. V., Davies, A. J. & Sumida, P. Y. G. Habitat suitability and environmental niche comparison of cold-water coral species along the Brazilian continental margin. **Deep Sea Res. I: Oceanogr. Res. Pap.** **155**, 103147 (2020).
- Cairns, S. D. Studies on western Atlantic octocorallia (Gorgonacea: Primnoidae). Part 8: New records of Primnoidae from the New England and corner rise seamounts. **Proc. Biol. Soc. Wash.** **120** (3), 243-263 (2007).
- Calado, L., Silveira, I. C. A., Gangopadhyay, A. & De Castro, B. M. Eddy-induced upwelling off Cape São Tomé (22 S, Brazil). **Cont. Shelf. Res.** **30** (10–11), 1181-1188 (2010).
- Cathalot, C. *et al.* Cold-water coral reefs and adjacent sponge grounds: Hotspots of benthic respiration and organic carbon cycling in the deep sea. **Front. Mar. Sci.** **2**, 37 (2015). <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00037>
- Cavalcanti, G. H. et al. Ambientes de corais de águas profundas da Bacia de Santos, Brasil (Atlântico Sudoeste). COLACMAR (2013).
- Cavalcanti, G. H. *et al.* *Ecossistemas de corais de águas profundas da Bacia de Campos. Comunidades Demersais e Bioconstrutores: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste* (eds. Curbelo-Fernandez, M. P. & Braga, A. C.) **4**, 43-85 (Elsevier, 2017). 10.1016/B978-85-352-7295-6.50003-8
- Cosendey, L.C.S., 2002. Caracterização oceanográfica física da parte sul da Bacia do Brasil. Monografia de Bacharelado. Departamento de Oceanografia, UERJ: 48 pp.
- Costello, M.J., McCrea, M., Freiwald, A., Lundälv, T., Jonsson, L., Bett, B.J., van Weering, T.C., de Haas, H., Roberts, J.M. & Allen, D., 2005. Role of cold-water *Lophelia pertusa* coral reefs as fish habitat in the NE Atlantic. *In Cold-water corals and ecosystems*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp.771-805.
- Freiwald, A., 2002. Reef-forming cold-water corals. In Ocean margin systems.

- Springer, Berlin, Heidelberg, 365-385 pp.
- Freiwald, A., Fossa, J. H., Grehan, A., Koslow, T. & Roberts, M. J. *Cold-water Coral Reefs*. (eds. UNEP World Conservation Monitoring Centre) 84 (Cambridge, 2004).
- Gass, S. E. & Willison, J. H. *An assessment of the distribution of deep-sea corals in Atlantic Canada by using both scientific and local forms of knowledge*. in *Cold-water corals and ecosystems* (eds. Freiwald, A. & Roberts, J. M.) 223-245 (Springer, 2005).
- Hovland, M., Mortensen, P.B., 1999. Norske Korallrev og Prosesser i Havbunnen. John Grieg Forlag, Bergen, 155p.
- Howell, K. L., Billett, D. S. & Tyler, P. A. Depth-related distribution and abundance of seastars (Echinodermata: Asteroidea) in the Porcupine Seabight and Porcupine Abyssal Plain, NE Atlantic. **Deep Sea Res. I: Oceanogr. Res. Pap.** **49** (10), 1901-1920 (2022).
- Kitahara, M. V. Novas ocorrências de corais azooxantelados (Anthozoa, Scleractinia) na plataforma e talude continental do sul do Brasil (25-340 S). *Biotemas*. **19** (3), 55-63 (2006). <https://doi.org/10.5007/%25x>.
- Kitahara, M. V. Species richness and distribution of azooxanthellate Scleractinia in Brazil. *Bull. Mar. Sci.* **81**(3), 497-518 (2007).
- Laborel, J., 1970. Madréporaires et hydrocoralliaires récifaux des cotes brésiliennes: systématique, écologie, répartition verticale et géographique. Masson.
- Le Goff-Vitry, M.C., Rogers, A.D., Baglow, D., 2004. A deep-sea slant on the molecular phylogeny of the Scleractinia. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 30(1): 167-177.
- Loya, Y., Puglise, K. A. & Bridge, T. C. *Mesophotic Coral Ecosystems* (eds. Loya, Y., Puglise, K. A. & Bridge) (Springer, 2018).
- McFadden, C.S., Benayahu, Y., Pante, E., Thoma, J.N., Nevarez, P.A., France, S.C. 2011. Limitations of mitochondrial gene barcoding in Octocorallia. *Molecular ecology resources*. 11(1), 19-31.
- Miller, K. J., Rowden, A. A., Williams, A. & Häussermann, V. Out of their depth? Isolated deep populations of the cosmopolitan coral *Desmophyllum dianthus* may be highly vulnerable to environmental change. *PloS one*. 6 (5), e19004 (2011). [10.1371/journal.pone.0019004](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0019004).
- Pires, D. O. *The azooxanthellate coral fauna of Brazil*. in *Conservation and adaptive management of seamount and deep-sea coral ecosystems* (eds. George, R. Y. & Cairns, S. D) 265-272 (Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, 2007).
- Pires, D. O., Silva, J. C. & Bastos, N. D. Reproduction of deep-sea reef-building corals from the southwestern Atlantic. *Deep Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* **99**, 51-63(2014). <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.07.008>
- Pires, D.O., Castro, C.B., 2010. Cnidaria. In: Lavrado, H.P. & Brasil, A.C.S.

- (orgs). Biodiversidade da região oceânica profunda da Bacia de Campos: Megafauna e ictiofauna demersal. Rio de Janeiro. 83-87pp.
- Pires, D.O., Seabra, N.A. Silva, J.V.C., 2015. Recifes do coral de profundidade: corais construtores e sua distribuição no Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 19(3): 51-61.
- Raddatz, J. *et al.* *Solenosmilia variabilis* bearing cold-water coral mounds off Brazil. *Coral Reefs*. **39** (1), 69-83 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00338-019-01882-w>
- Reed, J. K. Comparison of deep-water coral reefs and lithoherms off southeastern USA. *Hydrobiologia*. **471**(1-3), 57-69 (2002).
- Roberts J.M., Wheeler A.J., Freiwald, A., Cairns S.D., 2009. *Cold-water Corals: The Biology and Geology of Deep-sea Coral Habitats*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Roberts, J.M., Cairns, S.D., 2014. Cold-water corals in a changing ocean. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 7, 118-126.
- Roberts, J.M., Wheeler, A.J., Freiwald, A., 2006. Reefs of the deep: the biology and geology of cold-water coral ecosystems. *Science*. 312(5773): 543-547.
- Rovelli, L. *et al.* Benthic O₂ uptake of two cold-water coral communities estimated with the non-invasive eddy correlation technique. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **525**, 97-104 (2015).
- Silveira, I. C. A., Napolitano, D. C., & Farias, I. U. *Water Masses and Oceanic Circulation of the Brazilian Continental Margin and Adjacent Abyssal Plain. in Brazilian deep-sea biodiversity* (eds. De Leo, F. C.; Bernardino, A. F. & Sumida, P. Y. G.) 7-36 (Springer, 2020).
- Sumida, P. Y. G., Yoshinaga, M. Y., Madureira, L. A. S. P. & Hovland, M. Seabed pockmarks associated with deepwater corals off SE Brazilian continental slope, Santos Basin. *Mar. Geol.* **207**(1): 159-167 (2004).
- Viana, A.R., 1994. Deep-water coral mounds along southeastern Brazilian continental slope. *Proc. 14th Int. Sedimentological Congress*. D-86.
- Viana, A.R., Faugères, J.C., Kowsmann; R.O., Lima, J.A.M., Caddah, L.F.G., Rizzo, J.G., 1998. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. *Sedimentary Geology*. 115: 133-157.
- Watling, L. & Auster, P. J. Distribution of deep-water Alcyonacea off the Northeast Coast of the United States. In *Cold-water corals and ecosystems* (eds. Freiwald, A & Roberts, J. M.) 279-296 (Springer, 2005).
- Yeh, J. & Drazen, J.C. Baited-camera observations of deep-sea megafaunal scavenger ecology on the California slope. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 424, 145-156 (2011). <https://doi.org/10.3354/meps08972>.
- Zardus, J. D., Etter, R. J., Chase, M. R., Rex, M. A. & Boyle, E. E. Bathymetric and geographic population structure in the pan-Atlantic deep-sea bivalve

Deminucula atacellana (Schenck, 1939). *Mol. Ecol.* **15**(3), 639-651(2006).

IX.5 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Paulo Yukio Gomes Sumida	Biólogo, Dr.	Coordenação USP, validação das (morfo)espécies, edição e revisão bibliográfica
Guarani de Hollanda Cavalcanti	Biólogo, Me.	Coordenação CENPES, estudo piloto e revisão bibliográfica
Nayara Ferreira Carvalho	Bióloga, Ma. Doutoranda	Corais – análise de imagens, análise estatística, edição e revisão bibliográfica
Linda Gwen Waters	Bióloga, Dra.	Corais – edição e revisão bibliográfica
Daniel de Matos Couto	Oceanógrafo, Mestrando	Corais – edição e revisão bibliográfica
Arthur Ziggiatti Gutt	Biólogo, Me.	Corais – edição e revisão bibliográfica
Paula Duran Nagata Perugino	Oceanógrafa,	Corais – edição e revisão bibliográfica
Renata Carolina Mikosz Arantes	Biólogo, Dr.	Corais – estudo piloto e validação das (morfo)espécies de octocorais
Ana Paula da Costa Falcão	Bióloga, Ma.	Corais – validação das (morfo)espécies e revisão bibliográfica

X. Origem e distribuição da matéria orgânica sedimentar da Bacia de Santos usando indicadores geoquímicos

*Capítulo X
Revisão 01
Dezembro/2022*

X.1 Introdução

As margens continentais são caracterizadas por interações complexas entre fatores físicos e biogeoquímicos que são responsáveis por mediar a transferência de energia, organismos e materiais naturais e antropogênicos entre continentes e oceanos (Levin & Sibuet, 2012). Os ecossistemas da margem continental provêm bens e serviços que são relevantes em escala global, mas as ações antrópicas – pesca, aquicultura, navegação, eutrofização, exploração de energias fóssil e renováveis, despejo de contaminantes, entre outras – são ameaças crescentes para a biodiversidade e o uso sustentável destes ecossistemas (Liu et al., 2010). Estas preocupações induziram o desenvolvimento de ferramentas integradas em nível ecossistêmico para o correto manejo das alterações causadas pela variabilidade de fatores naturais, mudanças climáticas e intervenções humanas, como já proposto, por exemplo, para o Mar do Norte (Piet et al., 2019) e o Mediterrâneo (Manea et al., 2020).

Aspectos em destaque dos ecossistemas aquáticos são a produção, a troca e o acúmulo de Matéria Orgânica (MO). Por exemplo, altas taxas de produção primária – induzidas pela disponibilidade de nutrientes oriundos tanto de eventos de ressurgência, escoamento continental ou de aportes subterrâneos – fazem com que mais de 90% do estoque global de carbono estejam estocados em sedimentos da margem continental, mesmo com estas regiões representando apenas cerca de 11% da área total dos oceanos (Hedges & Keil, 1995; Jahnke, 2009; Bauer et al., 2013). Além disso, o balanço entre produção/importação de MO, respiração, as taxas de deposição de partículas pela coluna d'água e de remineralização no sedimento, e as características hidrodinâmicas e sedimentológicas, são todos fatores que definem a quantidade e a qualidade da MO disponível para organismos bentônicos em águas mais profundas do que 200 m de coluna d'água (Pusceddu et al., 2009; Abballe & Chivas, 2017; Bao et al., 2018; Ausín et al., 2021; Fanelli et al., 2021).

Em relação à margem continental brasileira, o conhecimento sobre a geoquímica da MO – fontes, natureza, transporte e acúmulo – tem crescido nas últimas duas décadas (Yoshinaga et al., 2008; Carreira et al., 2010; Oliveira et al., 2013; Rodrigues Alves et al., 2014; Carreira et al., 2015; Lourenço et al., 2017; Ceccopieri et al., 2018; Cordeiro et al., 2018; Ceccopieri et al., 2019; De Mahiques et al., 2020; Ramos et al., 2020; Carreira et al., 2021). No entanto, a maior parte dos trabalhos realizados são relativamente limitados na cobertura espacial e em faixas batimétricas, como poucas exceções (Yoshinaga et al., 2008; Ceccopieri et al., 2018; Cordeiro et al., 2018; Ceccopieri et al., 2019).

Diversos indicadores são utilizados como ferramentas de estudo na geoquímica orgânica, como representado na **Figura X.1-1**. Neste sentido, no presente trabalho foram consideradas a composição elementar carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S), isotópica ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$), bioquímica (proteínas, carboidratos e lipídios totais) e molecular (*clorofila-a* e feopigmentos) da MO presente em sedimentos superficiais da Bacia de Santos, coletados em transectos e isóbatas como detalhado no cap. 2 no item Materias e Métodos desse volume. O trabalho tem dois objetivos centrais: (i) identificar os processos naturais e antrópicos que definem o padrão de acúmulo regional e as características principais da MO depositada em sedimentos da porção da margem continental brasileira representada pela Bacia de Santos; e (ii) prover informações sobre a quantidade e a qualidade – em termos de potencial de biodisponibilidade – da MO sedimentar como subsídios para os estudos sobre a ecologia bêntica realizados por outros grupos envolvidos no Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos (PCR-BS), coordenado pelo Cenpes/Petrobras.

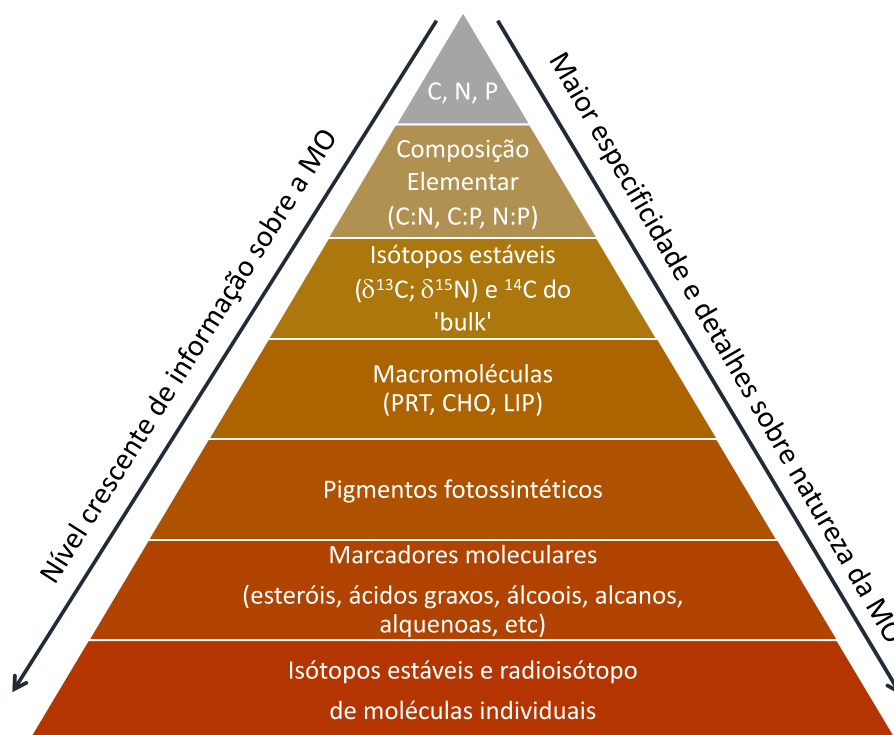


Figura X.1-1: Indicadores químicos utilizados em geoquímica orgânica, organizados em ordem crescente do topo à base segundo complexidade e especificidade na caracterização da matéria orgânica. Legenda: $\delta^{13}\text{C}$ (razão entre ^{13}C e ^{12}C); $\delta^{15}\text{N}$ (razão entre ^{15}N e ^{14}N); 'bulk' (representa o total de matéria orgânica no sedimento) PRT (proteínas totais); CHO (carboidratos totais); LIP (lipídios totais).

X.2 Material & métodos

X.2.1 Amostragem

Foram realizadas 2 campanhas amostrais de coleta de sedimento superficial (0-2 cm) ao longo de 8 transectos, cada um orientado transversalmente à margem continental e com estações distribuídas por 11 isóbatas, sendo cinco na plataforma (25, 50, 75, 100 e 150 m), cinco no talude (400, 700, 1.000, 1.300 e 1.900); uma no Platô de São Paulo, a 2400 m e mais 12 estações na área de concentração de atividades de E&P (estações P), distribuídas no talude e Platô de São Paulo. O sedimento foi coletado com o auxílio de amostradores do tipo box-corer ou van Veen modificado de acordo com o tipo de sedimento de cada estação, maiores detalhes da amostragem estão descritos no capítulo II deste volume. Foram 289 amostras na campanha

1 (C1) e 296 amostras na campanha 2 (C2), totalizando 585 amostras coletadas. As amostras foram armazenadas em latas de alumínio, previamente descontaminadas, em seguida congeladas e levadas para o Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LabMAM) da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). As amostras destinadas às análises de enxofre total foram armazenadas em sacos plásticos previamente descontaminados, congeladas e levadas para o laboratório do Cenpes/Petrobras.

Todas as determinações foram realizadas considerando cada uma das três réplicas coletadas em cada estação como uma amostra independente.

X.2.2 Determinação de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), razão isotópica estável do C ($\delta^{13}\text{C}$) e do nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$)

Aproximadamente $10,0 \pm 5,00$ mg (precisão de $\pm 0,001$ mg) de sedimento liofilizado e macerado foram submetidos à descarbonatação com HCl 0,1M a $100\text{ }^\circ\text{C}/6$ h diretamente em cápsulas de prata. A determinação de carbono e nitrogênio foi realizada pelo método de combustão a seco em alta temperatura ($>1000\text{ }^\circ\text{C}$), utilizando um analisador elementar (Flash 2000 modelo OEA) equipado com detector de condutividade térmica (Hedges & Stern, 1984). Em seguida, na mesma corrida, foi feita a determinação das razões $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ por meio de um espectrômetro de massas de razão isotópica (Delta V IRMS, Thermo) e considerando-se a notação delta (δ). Todos os valores (COT, NT, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) foram reportados como a média de ao menos duas análises de cada réplica de sedimento. As quantificações do COT e do NT foram baseadas em curva de calibração feita com o padrão de acetonitrila (C = 71,09 %, N= 10,36 %). Os gases de referência na análise isotópica foram calibrados com o material padrão certificado da *International Atomic Energy Agency* (IAEA) e *United State Geological Survey* (USGS) (USGS40 para $\delta^{13}\text{C} = -26,39 \pm 0,04$ ‰, $\delta^{15}\text{N} = -4,52 \pm 0,06$ ‰).

Foram seguidos procedimentos de controle – análise de amostra padrão, precisão, avaliação de brancos e calibração instrumental. A cada 12 injeções, uma pequena quantidade ($0,150 \pm 0,020$ mg) de um padrão de acetonitrila foi analisada como amostra desconhecida para o acompanhamento das

condições de calibração. O mesmo foi feito com padrão IAEA USGS40 (0,200 ± 0,050 mg) a cada 6 injeções. A precisão instrumental foi verificada com o material de referência certificado NIST 1941B (Organics in Marine Sediments). O mesmo valor para o limite de detecção (LD) foi atribuído para o limite de quantificação (LQ), sendo de 0,003 mg para C e 0,01 mg para N. Para as análises da razão de isótopos, apenas valores de pulso >500 mV foram considerados.

X.2.3 Determinação de clorofila-a e feopigmentos

As determinações de clorofila-a e feopigmentos seguiram os métodos proposto por Lorenzen (1967) e Parsons et al. (1984), respectivamente, baseados em espectrofotometria de absorção molecular. Inicialmente, os pigmentos foram extraídos de cerca de 1,0 g (precisão de ± 0,01g) de sedimento liofilizado com acetona 90% durante ao menos 8h, no escuro e sob refrigeração (4°C). Após separação do extrato orgânico por centrifugação, as absorbâncias nos comprimentos de onda de 665 nm e 750 nm foram lidas para o cálculo de clorofila-a (ver equação 1), descontando-se o sinal da acetona 90%. Em seguida, o extrato foi acidificado (gotas de 0,1 M de HCl) para nova leitura nos mesmos comprimentos de onda, sendo o teor de feopigmentos calculados segundo a equação 2.

As equações usadas no cálculo de pigmentos foram:

$$\text{clorofila} - a (\mu\text{g g}^{-1}) = \frac{11,9 \times 2,43 [(665 - 750) - (665_{\text{ác}} - 750_{\text{ác}})] \times 10}{\text{massa amostra (g)}}$$

Equação 1

$$\text{feopigmentos} (\mu\text{g g}^{-1}) = \frac{11,9 \times 2,43 [1,7 \times (665 - 750) - (665_{\text{ác}} - 750_{\text{ác}})] \times 10}{\text{massa amostra (g)}}$$

Equação 2

onde:

- 11,9 = coeficiente de absorção da clorofila a no sedimento

- 2,43 = fator para igualar a redução na absorvância à concentração inicial de clorofila
- 665 = absorvância da amostra lida a 665 nm antes da acidificação
- 750 = absorvância da amostra lida a 750 nm antes da acidificação
- 665ác = absorvância da amostra lida a 665 nm após acidificação
- 750ác = absorvância da amostra lida a 750 nm após acidificação
- 1,7 = razão máxima entre 665/665ác na ausência de feopigmentos
- 10 = volume de acetona utilizado (mL)

X.2.4 *Determinação de fósforo orgânico e total*

A determinação de fósforo foi realizada pelo método descrito em Aspilla et al. (1976). Entre 0,50 e 1,5 g (precisão de $\pm 0,001$ g) de sedimento liofilizado e macerado foram submetidos à decomposição térmica (550 °C) durante a noite, seguida de tratamento em meio ácido (HCl 1M por 12 h) sob agitação constante. A solução ácida foi separada por centrifugação (3000 rpm / 10 min), e um alíquota de 2 mL do sobrenadante foi diluída com 50 mL de água ultrapura. Após reação com molibdato, o complexo formado de coloração azul foi analisado por espectrofotometria de absorção molecular, no comprimento de onda de 800 nm, resultando na concentração de fósforo total a partir de curva de calibração com solução de dihidrogenofosfato de potássio. Em outra alíquota de sedimento, foi realizado um procedimento semelhante, mas sem a etapa de decomposição térmica, gerando, assim, o teor de fósforo inorgânico. O teor de fósforo orgânico foi calculado pela diferença entre fósforo total e fósforo inorgânico.

X.2.5 *Determinação de enxofre*

O enxofre total foi determinado apenas nas amostras de talude e do Platô de São Paulo (isóbata de 2400 m) e nove de doze amostras das estações P); a determinação nas demais amostras não pôde ser feita devido a problemas com o equipamento que não foram resolvidas a tempo devido às dificuldades impostas pela pandemia de Covid-19. O método consiste na conversão do enxofre da amostra em dióxido de enxofre por combustão com fluxo de oxigênio e então determinado por analisador elementar. A calibração foi feita

com sulfato de potássio seguindo o método ASTM E1019 modificado.

X.2.6 Composição bioquímica do sedimento (carboidratos, lipídios e proteínas): carbono biopolimérico

Os biopolímeros (carboidratos, lipídios e proteínas) foram extraídos em amostras de sedimento liofilizado e macerado e quantificados por espectrofotometria de absorção molecular. Os lipídios totais foram extraídos com diclorometano, seguindo a metodologia proposta por Marsh e Weinstein (1966), e o extrato lido em espectrofotômetro a 375nm, os resultados foram quantificados em equivalentes de tripalmitato. As proteínas foram analisadas seguindo o método de extração de Hartree (1972), modificado por Rice (1982), compensado com fenol, lidas à 650nm e expressas em equivalentes de albumina bovina. Os carboidratos foram analisados segundo o método de Gerchacov & Hatcher (1972) – após protocolo de Dubois et al. (1956) –, lidos em 2 comprimentos de ondas distintos (485nm e 600 nm) e expressos em equivalentes de glicose.

Para estimativa da contribuição de Carboidratos, Proteínas e Lipídios ao Carbono orgânico Total, os resultados desses foram convertidos em equivalentes de Carbono aplicando-se os respectivos fatores de correção: 0,40; 0,49 e 0,75 mgC g⁻¹ (Fabiano & Danovaro, 1994). O somatório dos valores obtidos para cada macromolécula orgânica após a conversão é definido como o carbono biopolimérico (CBP).

X.2.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos neste estudo foram agrupados e organizados utilizados os programas Microsoft Excel e o software R. Todos os dados foram avaliados estatisticamente através de testes não-paramétricos como *Kruskal-Wallis* e correlação de *Spearman* ($p < 0,05$). Para determinação das diferenças entre as variáveis de cada campanha (estações por isóbata), foi usado o Teste *Wilcoxon*, que avalia a similaridade das medianas partindo da soma das posições ordenadas dos pontos amostrados. A probabilidade (p) foi obtida

através desse teste e ajustada pelo método *Holm step-down*, utilizado para neutralizar problemas de comparações múltiplas em variados contextos (**ANEXO X-1, ANEXO X.7-2, ANEXO X.7-3, ANEXO X.7-4, ANEXO X.7-5, ANEXO X.7-6 e ANEXO X.7-7**).

Foi ainda considerada Análise de Agrupamento (método de Ward e distância Euclidiana) entre os compostos e razões determinados nas campanhas 1 e 2. A análise foi realizada com a média da triplicata de cada estação e, devido ao grande número de amostras com concentração inferior aos respectivos limites de quantificação (<LQ), os parâmetros NT, razão C/N molar e $\delta^{15}\text{N}$ não foram considerados. Para substituir estes valores “<LQ” sem interferir na análise estatística causando uma tendência utilizou-se o pacote miss MDA do R (Josse & Husson, 2016). Após este procedimento, a concentração de cada parâmetro foi normalizada pelo cálculo do Z-score. Essa transformação faz com que todas as variáveis tenham média 0 e variância constante 1, permitindo uma melhor comparação entre as variáveis.

X.3 Resultados

De uma forma geral, os resultados apresentaram grande variação, uma vez que foram analisados sedimentos de regiões bastante distintas, desde águas rasas na plataforma continental interna até águas profundas no final do talude continental e no Platô de São Paulo. Por este motivo, para todas as variáveis serão inicialmente apresentadas as concentrações médias e respectivos desvios-padrão, mas a análise mais detalhada dos dados – incluindo as figuras de distribuição por isóbatas e transectos – foi realizada com base em medidas de tendência central (mediana e percentis).

A **Tabela X.3-1** apresenta um resumo estatístico dos dados obtidos. Os dados completos podem ser encontrados em anexo (Anexo X-8, Anexo X-9, Anexo X-10 e Anexo X-11).

Tabela X.3-1: Estatística descritiva (médias, desvios padrões, medianas, mínimos e máximos) das concentrações de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), razão C/N molar, razão isotópica de carbono ($\delta^{13}C$), razão isotópica de nitrogênio ($\delta^{15}N$), clorofila-a (Clo-a), feopigmentos (Feo), carboidratos totais (CHO), proteínas totais (PRT), lipídios totais (LIP), carbono biopolimérico (CBP), fósforo total (P_T) fósforo orgânico (P_O) e enxofre total (S_T) para campanha 1 ($n = 289$) e campanha 2 ($n = 296$).

	Campanha 1 (2019)		Campanha 2 (2021)	
	Média \pm DP	Mediana (Min-Max)	Média \pm DP	Mediana (Min-Max)
COT ($mg\ g^{-1}$)	6,56 \pm 3,27	6,45 (0,31–5,5)	6,83 \pm 3,38	6,77 (0,33–16,4)
NT ($mg\ g^{-1}$)	1,14 \pm 0,40	1,09 (0,47–2,68)	0,99 \pm 0,40	1,00 (0,13–2,48)
C/N molar	7,56 \pm 1,58	7,38 (3,34–12,7)	9,28 \pm 1,74	9,30 (2,08–16,1)
$\delta^{13}C$ (‰)	-21,4 \pm 0,78	-21,3 (-24,8 a -19,9)	-21,3 \pm 0,93	-21,2 (-25,0 a -17,0)
$\delta^{15}N$ (‰)	7,39 \pm 1,48	7,10 (3,70–11,90)	5,71 \pm 1,64	5,37 (1,15–13,6)
Clo-a ($\mu g\ g^{-1}$)	0,68 \pm 0,64	0,46 (0,03–4,18)	0,65 \pm 0,77	0,37 (0,03–4,20)
Feo ($\mu g\ g^{-1}$)	4,87 \pm 5,14	3,09 (0,01–33,9)	6,40 \pm 7,36	3,60 (0,11–42,7)
CHO ($mg\ g^{-1}$)	1,25 \pm 0,76	1,21 (0,02–4,01)	1,33 \pm 0,77	1,33 (0,02–4,70)
PRT ($mg\ g^{-1}$)	1,02 \pm 0,58	0,94 (0,03–2,85)	1,54 \pm 1,29	1,23 (0,06–7,57)
LIP ($mg\ g^{-1}$)	0,32 \pm 0,25	0,26 (0,03–1,69)	0,43 \pm 0,33	0,35 (0,01–1,93)
CBP ($mgC\ g^{-1}$)	2,58 \pm 1,30	2,52 (0,14–6,38)	3,28 \pm 1,76	3,14 (0,16–10,4)
P_T ($\mu g\ g^{-1}$)	8,80 \pm 4,05	9,68 (0,19–17,9)	9,06 \pm 3,57	10,07 (0,57–19,3)
P_O ($\mu g\ g^{-1}$)	4,85 \pm 2,77	4,86 (0,10–13,4)	4,33 \pm 2,08	4,56 (0,06–9,08)
S_T ($mg\ g^{-1}$)	2,12 \pm 0,61	2,10 (1,06–5,80)	2,23 \pm 0,58	2,20 (1,10–4,00)

X.3.1 Carbono orgânico (COT), nitrogênio total (NT) e razão molar C/N no sedimento

Na campanha 1, a média global de COT foi de $6,56 \pm 3,27\ mg\ g^{-1}$ (faixa de $0,31$ a $15,5\ mg\ g^{-1}$), e na campanha 2, o valor de COT foi de $6,83 \pm 3,38\ mg\ g^{-1}$ (faixa de $0,33$ a $16,4\ mg\ g^{-1}$) – dados resumidos na Tabela I10.3.1-1. O grande desvio-padrão sobre a média se deve às diferenças de concentração entre as isóbatas e, assim, a distribuição de COT será avaliada de acordo com as medianas de concentração.

Na plataforma interna (isóbatas de 25 e 50 m), as medianas de COT são baixas, inferiores a $2\ mg\ g^{-1}$ na duas campanhas – a despeito da maior variabilidade de valores na isóбата de 50 m, onde o COT pode atingir valores entre 5 e $15\ mg\ g^{-1}$ (**Figura X.3.1-1**). Na quebra da plataforma (150 m) e no talude superior (400 m), as concentrações médias (e faixas de variação) de COT são semelhantes, ao redor de $5\ mg\ g^{-1}$, embora na campanha 2 a isóбата de 150 m teve o COT um pouco inferior (**Figura X.3.1-1**). Ainda nesta figura, outro destaque é o aumento nas concentrações no talude intermerdiário (700 a 1300 m – mas também se estendendo à isóбата de 1900 m na campanha 2), com medianas de COT entre 8 e $10\ mg\ g^{-1}$. Já na isóбата de 2400 m, pertencente ao Platô de São Paulo, e em outras amostras de oceano profundo, há nova queda nas concentrações de COT.

Em relação aos transectos, fica evidente a grande variação nas concentrações de COT para cada um, já que cada transecto inclui amostras de sedimento entre 25 e 2400 m de profundidade (**Figura X.3.1-1**). Por outro lado, observa-se uma tendência de maiores medianas de concentração de COT nos transectos A–C em comparação com G-H, nas duas campanhas.

Um cenário mais completo da distribuição de COT pode ser visto nos mapas espaciais de concentração. Concentrações mais elevadas de COT, entre 8,03 e 15,3 mg g⁻¹ foram medidas – nas duas campanhas – na plataforma média (75 e 100 m) nos transectos A e B, e a 100 m no transecto C e D (**Figura X.3.1-2**). O mesmo não ocorre nos transectos G e H. Da mesma forma, o talude intermediário (700 – 1300 m) também tem sedimentos mais enriquecidos em COT quase exclusivamente nas amostras dos transectos A-D. Em todo o conjunto de amostras P, assim como as amostras a 2400 m – que contemplam na sua quase totalidade amostras do Platô de São Paulo, os sedimentos são preferencialmente empobrecidos em COT, com valores geralmente inferiores a 5,82 mg g⁻¹ (**Figura X.3.1-2**).

As concentrações médias de nitrogênio total (NT) foram de 1,14 ± 0,40 mg g⁻¹ (faixa de 0,47 a 2,68 mg g⁻¹) e de 0,99 ± 0,40 mg g⁻¹ (faixa de 0,13 a 2,48 mg g⁻¹) para a campanha 1 e a campanha 2, respectivamente – desconsiderando-se as amostras com NT menor que o limite de detecção (LD) (**Tabela X.3-1**). As variações de NT ao longo das isóbatas (**Figura X.3.1-3A**) e dos transectos (**Figura X.3.1.3-B**) foram muito similares às observadas para o COT. Observa-se, ainda, que a distribuição espacial das concentrações de NT são semelhantes entre as duas campanhas, com uma incidência maior de estações com NT menor que o LQ nas estações da plataforma interna (25 e 50 m) nos transectos B, C e D na campanha 1, e nas amostras das estações P, na campanha 2 (**Figura. X.3.1-4**).

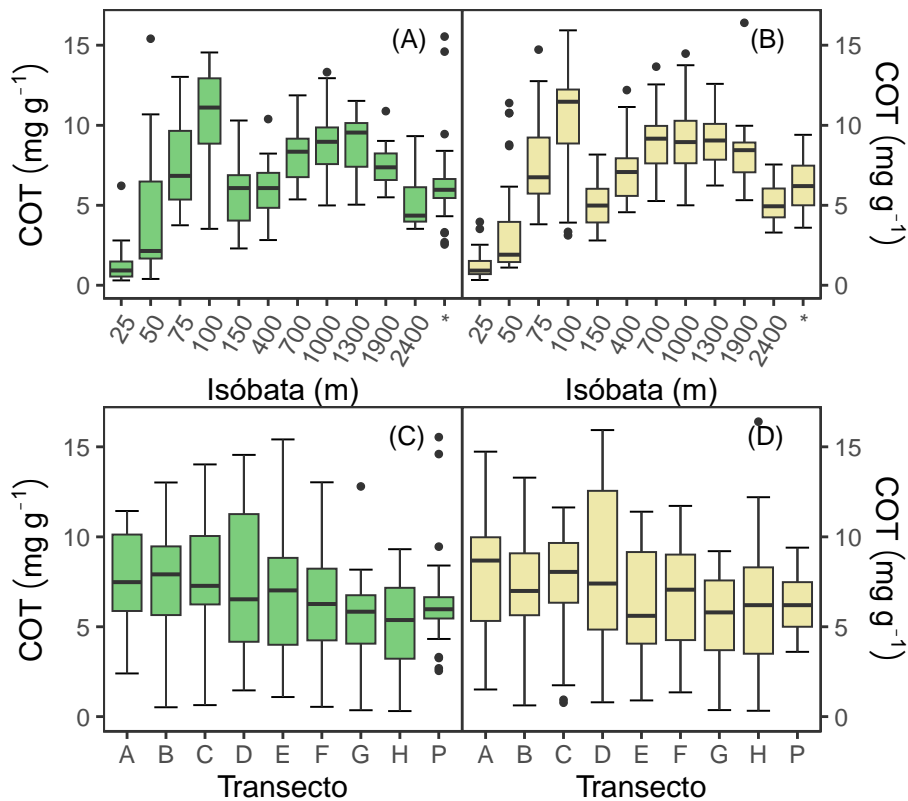


Figura X.3.1-1: Distribuição de COT ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; ponto = valores extremos. Asteriscos (*) nas legendas de (A) e (B) representam as amostras com variação entre 1435 m e 2260 m das estações P.

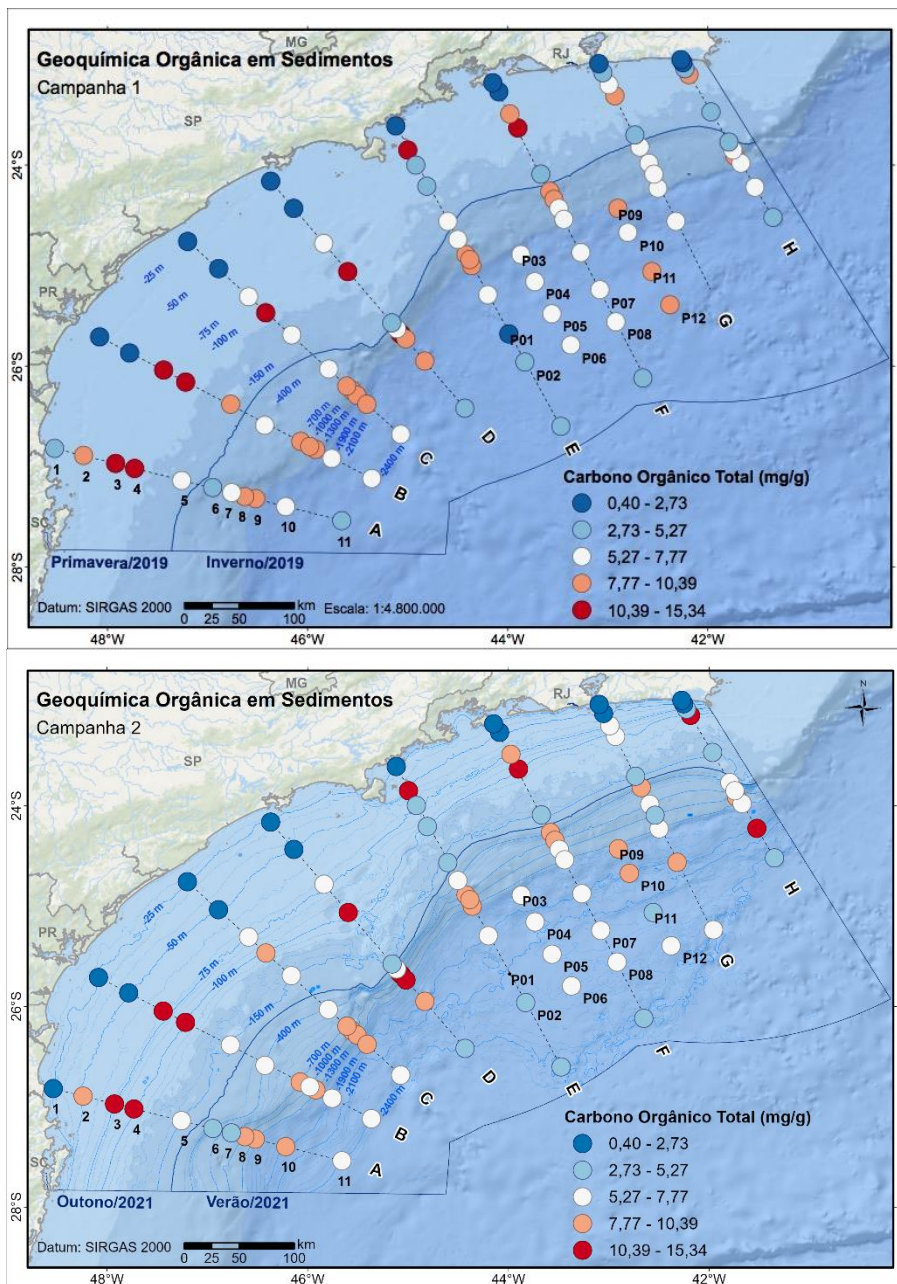


Figura X.3.1-2: Distribuição espacial de **carbono orgânico total (COT; mg g⁻¹)** em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes.

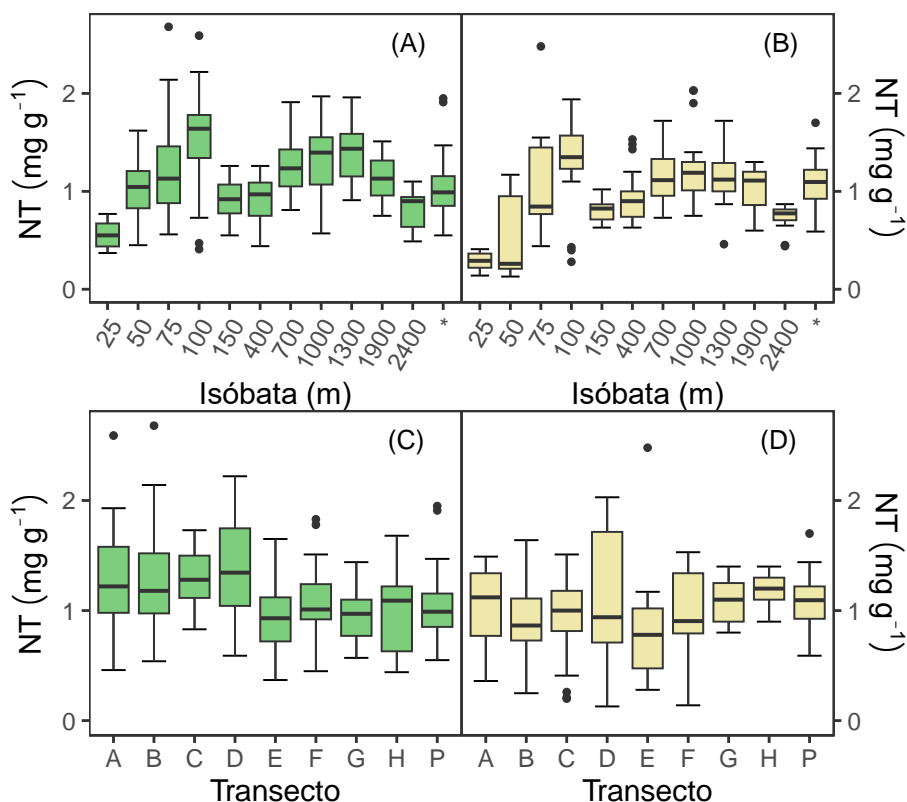
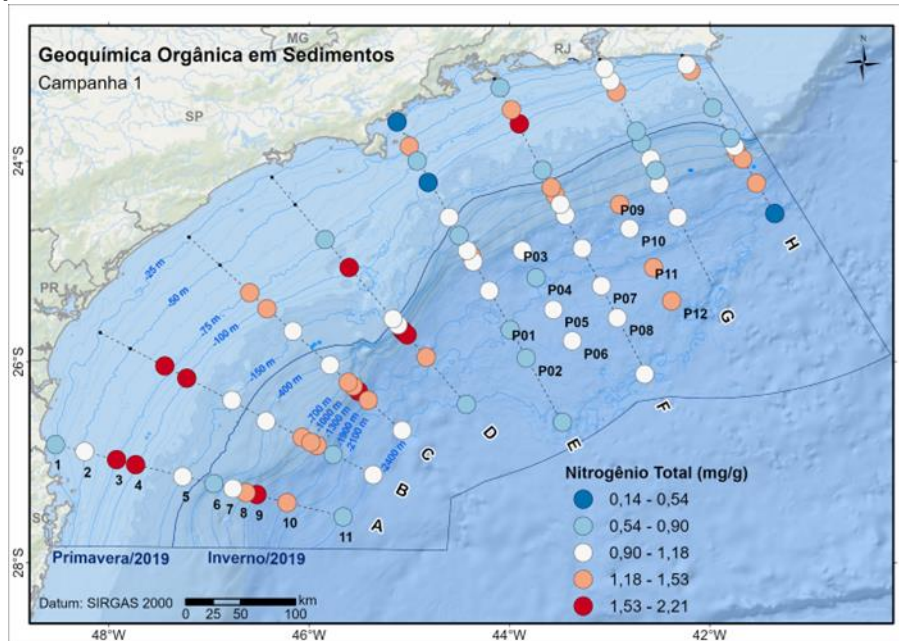


Figura X.3.1-3: Distribuição de NT ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; pontos = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

(A)



(B)

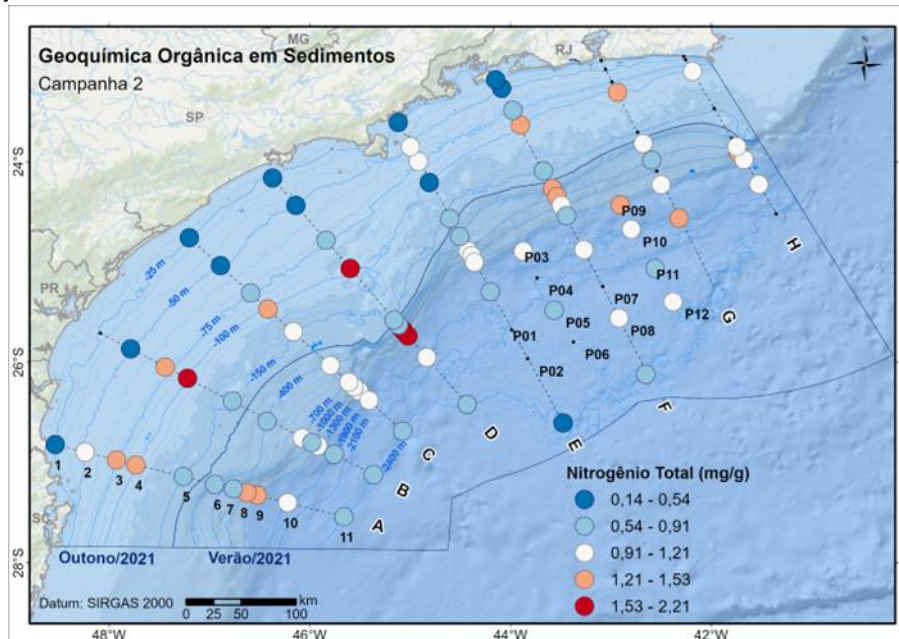


Figura X.3.1-4: Distribuição espacial de **nitrogênio total** (NT; mg g^{-1}) em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes. Ponto preto representa as estações que tiveram NT menor que o limite de detecção do método ($0,01 \text{ mg em massa}$).

As variáveis COT e NT apresentaram correlação (Spearman) elevada na campanha 1 ($r = 0,89$; $p < 0,05$; $n = 289$) e na campanha 2 ($r = 0,91$; $p < 0,05$; n

= 296). Isto indica que C e N são derivados de uma mesma fonte, ou seja, fazem parte da composição da MO, e esta relação valida o uso da razão C/N para indicar a origem da MO (Meyers, 1997).

A razão C/N (molar) apresentou valores semelhantes nas duas campanhas, com média de $7,56 \pm 1,58$ (faixa 3,34 a 12,7) na campanha 1 e de $9,28 \pm 1,74$ (faixa 2,08 a 16,1) na campanha 2 (Tabela 10.3-1). Na plataforma interna, em algumas amostras não foi possível calcular a razão C/N, visto que o NT ficou abaixo do limite de quantificação (ver **Figura X.3.1-4**). De uma forma geral, houve pouca diferença nas medianas da razão C/N (molar) entre as isóbatas e entre os transectos (**Figura X.3.1-5**), mas alguns pontos merecem destaque: (i) baixo valor de C/N na isóbata de 25 m na campanha 1, ocasionado pelas concentrações muito baixas (ou ausente) de NT nestas amostras – ver Discussão para explicação sobre este resultado; (ii) na plataforma interna e média (isóbatas de 25, 50, 75 e 100 m), na campanha 2, a razão C/N teve medianas em torno de 10, diferindo das demais isóbatas; e (iii) na campanha 2, tanto em relação às isóbatas, quanto em relação aos transectos, os valores medianos de C/N em cada caso foram ligeiramente superiores – e apresentaram maior incidência de valores extremos – aos medidos na campanha 1 (**Figura X.3.1-5**).

A ocorrência de maiores valores de C/N (molar) para a campanha 2, com grande incidência de valores na faixa de 9,1 a 10,9 pode ser observado na **Figura X.3.1-6**.

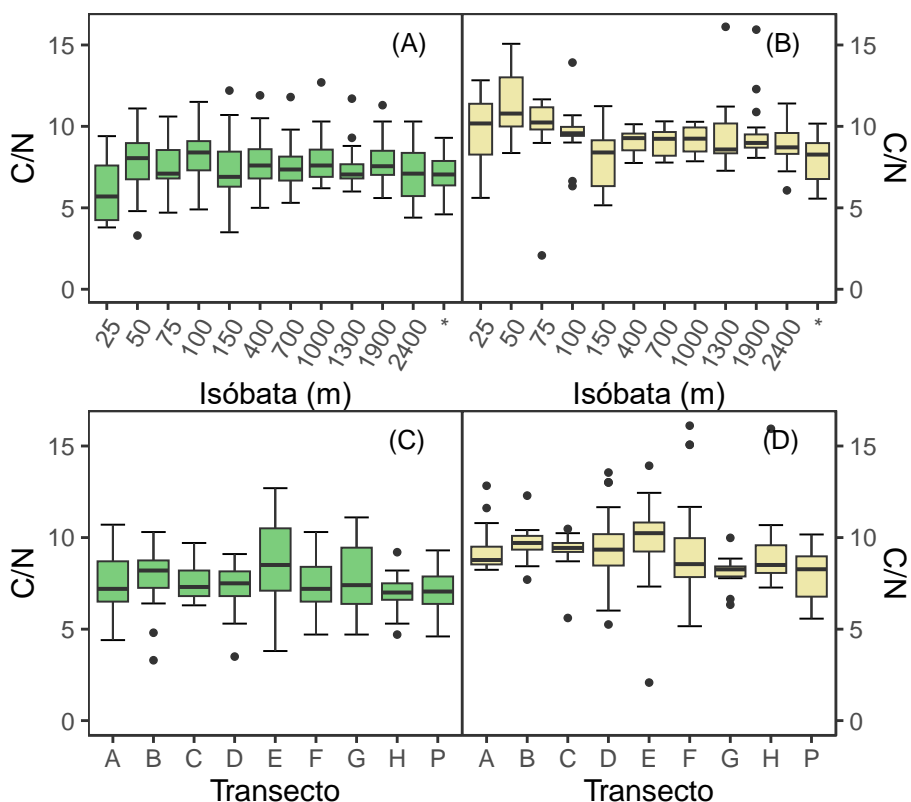


Figura X.3.1-5: Distribuição da **razão C/N** (molar) ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; pontos = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

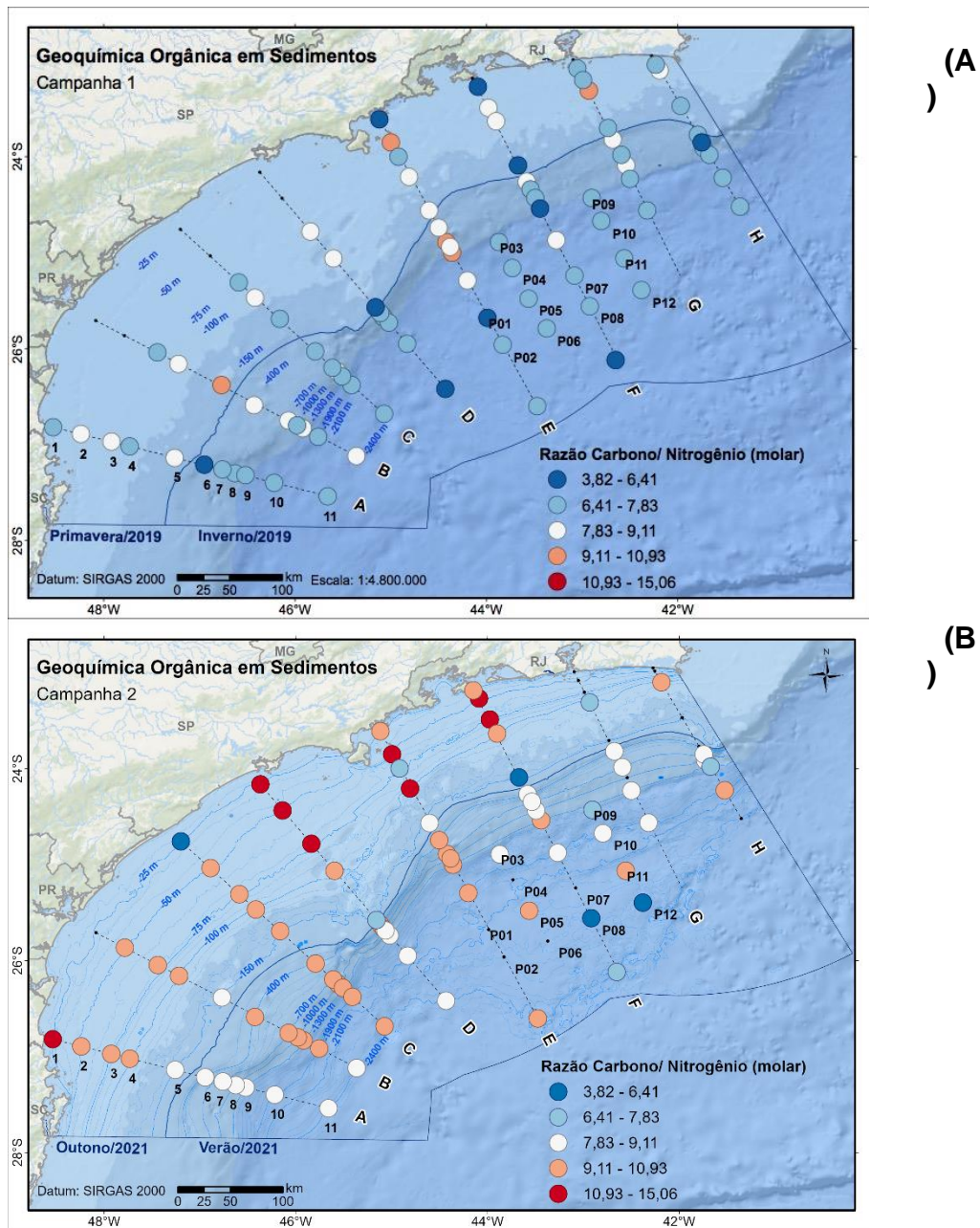


Figura X.3.1-6: Distribuição espacial da **razão C/N** (molar) em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes. Ponto preto representa as estações que tiveram NT menor que o limite de detecção do método (0,01 mg em massa), impossibilitando o cálculo da razão C/N.

X.3.2 Composição isotópica estável de C ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) da matéria orgânica

A média da $\delta^{13}\text{C}$ foi de $-21,4 \pm 0,78 \text{ ‰}$ (faixa de $-19,9$ a $-24,8 \text{ ‰}$) para a

campanha 1 e de $-21,3 \pm 0,93 \text{ ‰}$ (faixa de $-17,0$ a $-25,0 \text{ ‰}$), para a campanha 2 (Tabela 10.3-1). Quando se consideram as isóbatas, observamos que a 25 m e a 50 m (plataforma interna), a MO é relativamente mais empobrecida em ^{13}C (i.e, $\delta^{13}\text{C}$ mais negativo) em comparação com todas as outras isóbatas (**Figura X.3.2-1**).

Quando se compara a variação de $\delta^{13}\text{C}$ por transectos, vemos que os valores medianos são muito semelhantes entre eles, nas duas campanhas (**Figura X.3.2-1C/D**). Esta figura também revela que os valores empobrecidos de ^{13}C na plataforma interna na campanha 1 ocorrem no transecto G e na campanha 2 no transecto H.

É interessante também observar valores mais enriquecidos em ^{13}C (faixa de $-20,56$ a $-18,94 \text{ ‰}$) ocorrendo na maiorias das amostras nas isóbatas de 75 e 100 m dos transectos A, B e C (**Figura X.3.2-2**), o que coincide com as estações que apresentaram as maiores concentrações de COT (**Figura X.3.1-2**).

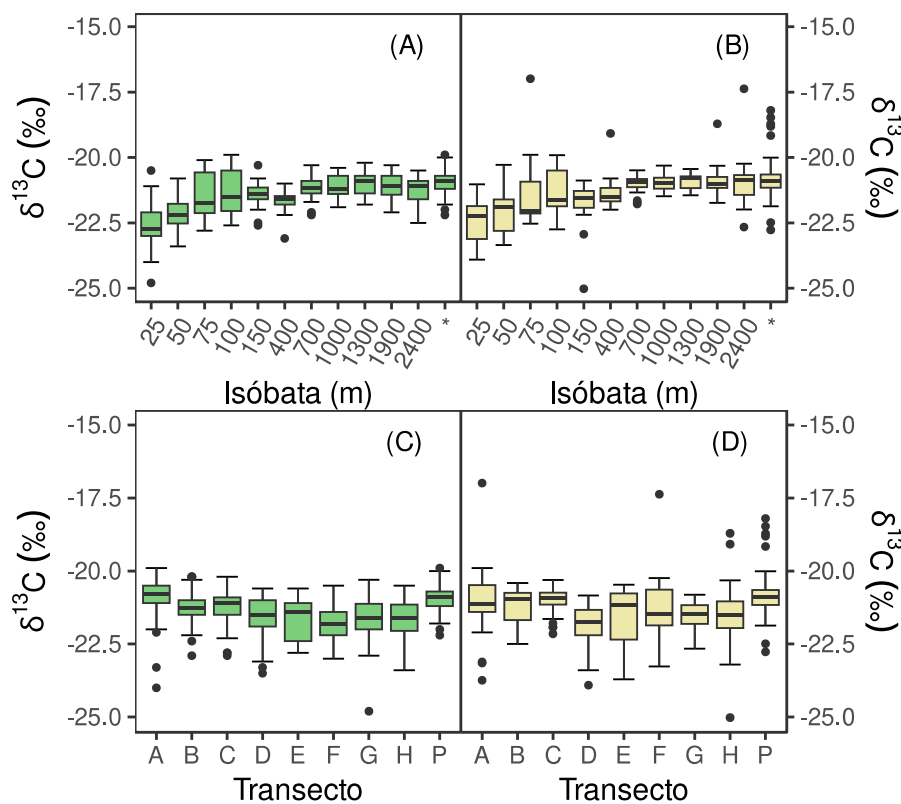


Figura X.3.2-1: Variação de $\delta^{13}\text{C}$ ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de

caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; ponto = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

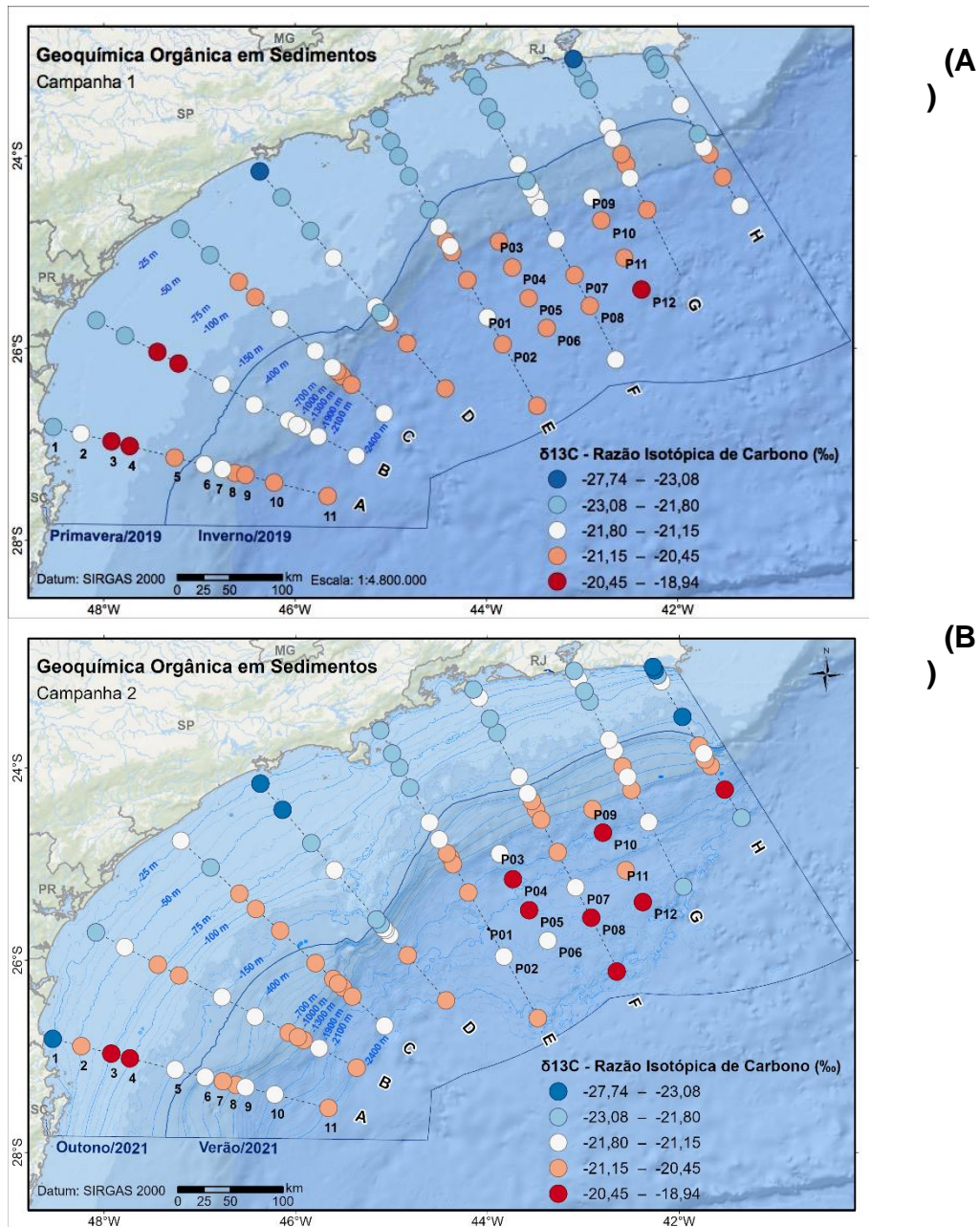


Figura X.3.2-2: Distribuição espacial da $\delta^{13}\text{C}$ (‰) em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes.

A média geral da razão isotópica de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$) – desconsiderando-se amostras não detectadas – para a campanha 1 foi de $7,39 \pm 1,48$ ‰ (faixa

de 3,70 a 11,90 ‰). Na campanha 2, a média de $\delta^{15}\text{N}$ foi de $5,71 \pm 1,64$ ‰ (faixa de 1,15 a 13,6 ‰; **Tabela X.3-1**). Não há variação relevante nas medianas de $\delta^{15}\text{N}$ entre as isóbatas ou entre os transectos, sendo a maior diferença entre as campanhas, com amostras mais empobrecidas em ^{15}N e com maior dispersão de valores na campanha 2 (**Figura X.3.2-3**). As diferenças entre as duas campanhas fica mais nítido nos mapas de distribuição espacial de $\delta^{15}\text{N}$ (**Figura X.3.2-4**).

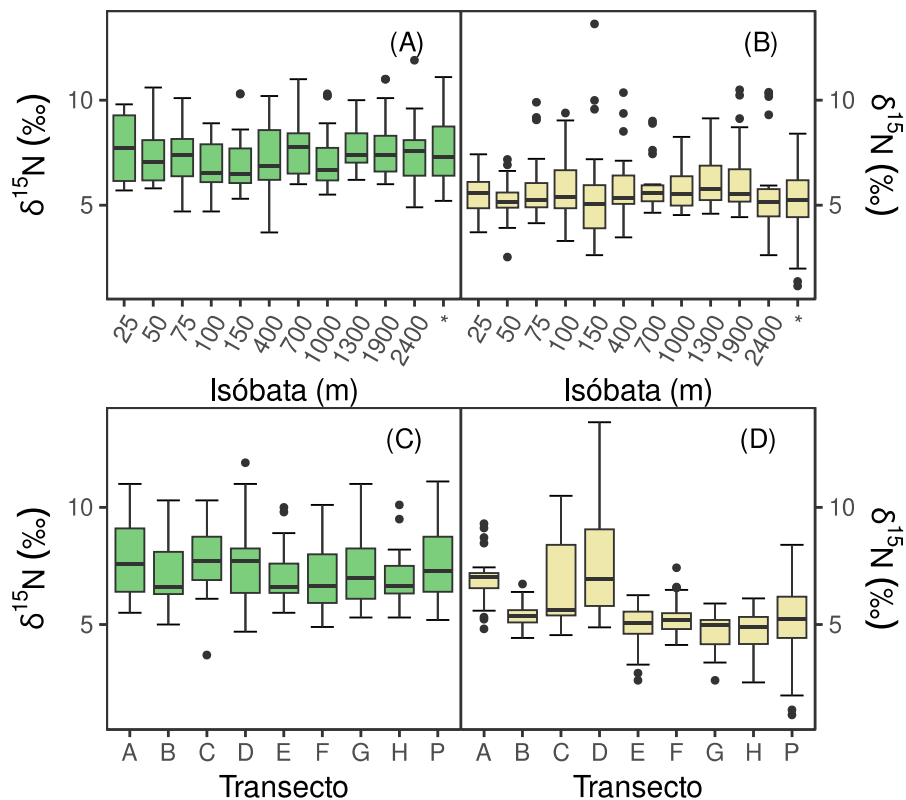


Figura X.3.2-3: Variação de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; ponto = valores extremos. Asterisco (*) nas estações de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

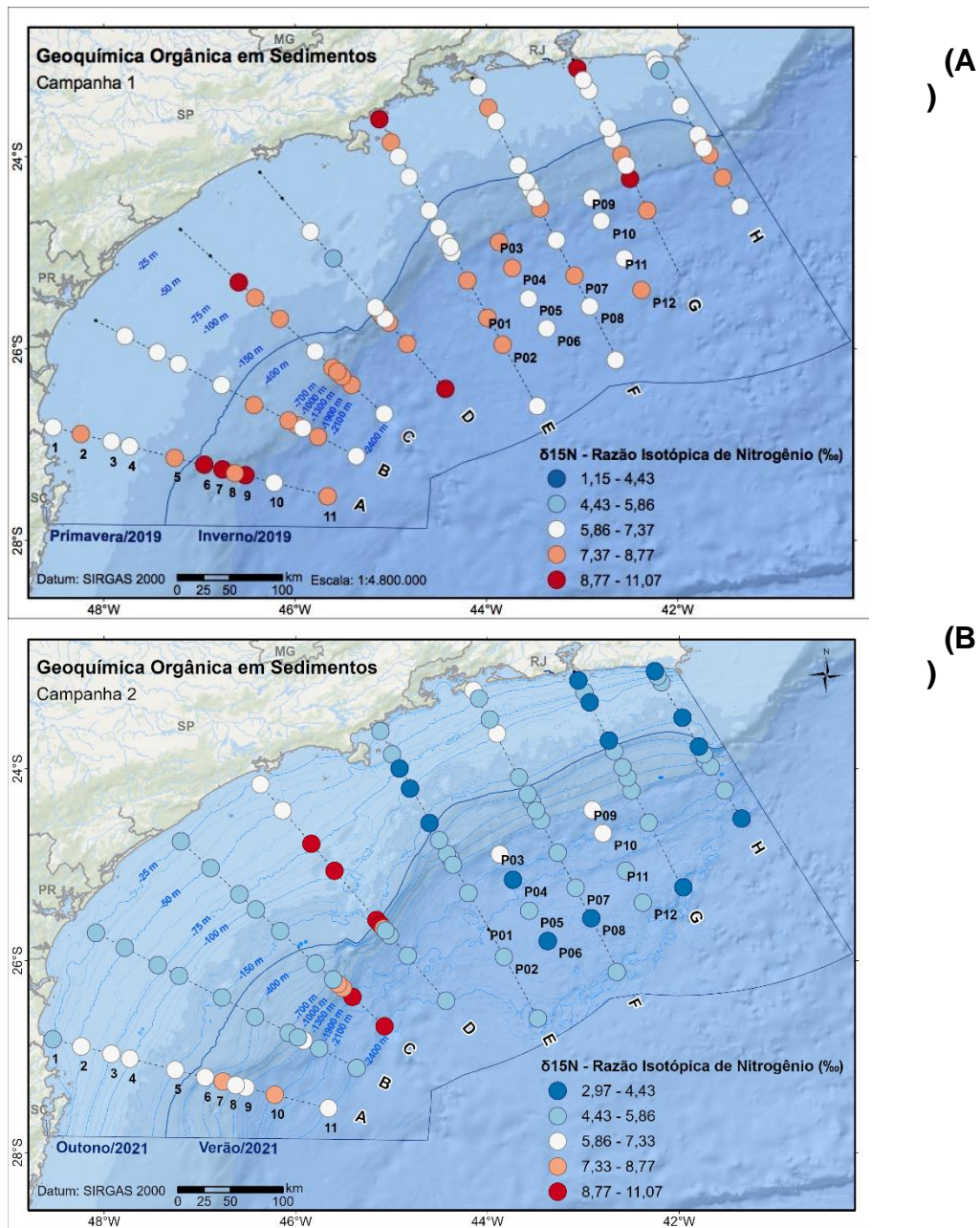


Figura X.3.2-4: Distribuição espacial da $\delta^{15}N$ (‰) em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes.

X.3.3 Clorofila-a e feopigmentos no sedimento

A concentração média de clorofila-a foi de $0,68 \pm 0,64 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de $0,03$ a $4,18 \mu\text{g g}^{-1}$) para a campanha 1, e de $0,65 \pm 0,77 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de $0,03$ a $4,20 \mu\text{g g}^{-1}$) para campanha 2 – desconsiderando-se as amostras com valores menores que o limite de detecção (Tabela 10.3-1). Uma característica na

distribuição da clorofila-*a* é a grande ocorrência de valores fora da faixa entre percentis, seja entre isóbatas ou entre transectos, para as duas campanhas, o que mostra que a distribuição deste pigmento é irregular entre as réplicas das amostras de sedimento (**Figura X.3.3-1**).

Considerando-se as concentrações medianas, observa-se que há uma tendência geral de maiores valores de clorofila-*a* para as amostras sobre a plataforma interna e média (25 a 100 m), mas a partir da quebra da plataforma (150 m), passando pelo talude e chegando às amostras mais profundas, incluindo amostras do Platô de São Paulo, as concentrações são bem inferiores em relação às áreas rasas, sugerindo que a profundidade exerce um papel importante sobre a distribuição de clorofila-*a* no sedimento (**Figura X.3.3-1**). Ainda em relação à esta figura, a distribuição de clorofila-*a* entre os transectos é relativamente semelhante, ou seja, não há diferença regional – transectos A-D, na porção sudoeste, e transectos G-H, na porção nordeste da bacia. A exceção é uma leve tendência para maiores concentrações no transecto G, alinhado com a Baía de Guanabara, e mesmo assim somente na campanha 1 (**Figura X.3.3-1**). O efeito provável da profundidade sobre a distribuição da clorofila-*a* – i.e., áreas mais rasas sobre a plataforma mais enriquecidas no pigmento, independente do fator regional sobre a bacia, fica evidente na **Figura X.3.3-2**, com a distribuição espacial de clorofila-*a* nas duas campanhas realizadas na Bacia de Santos.

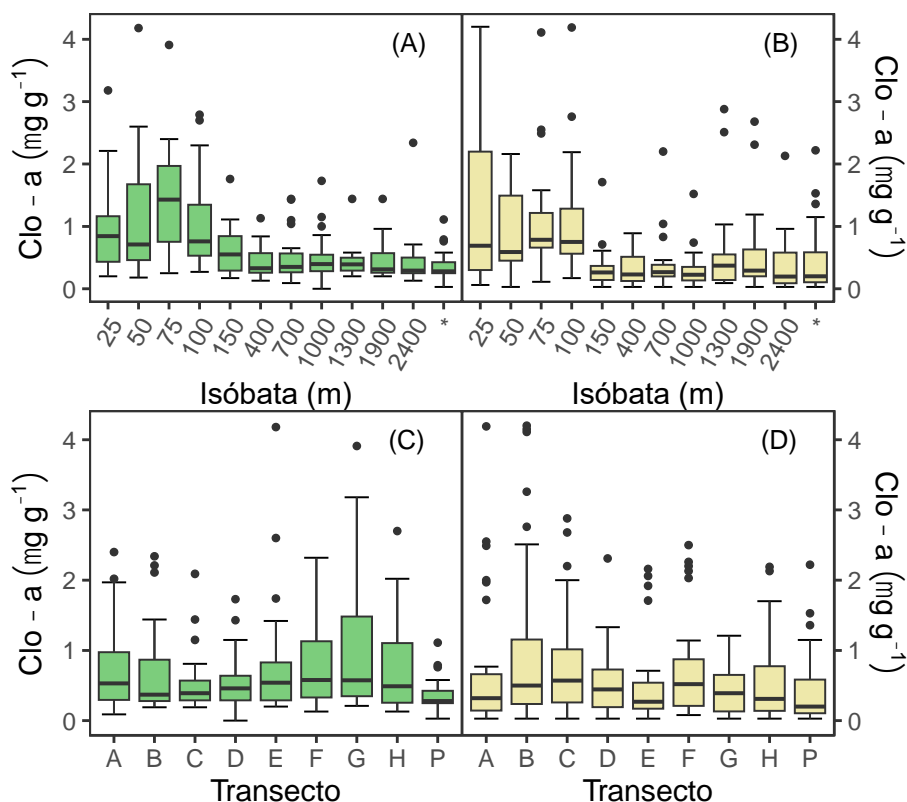
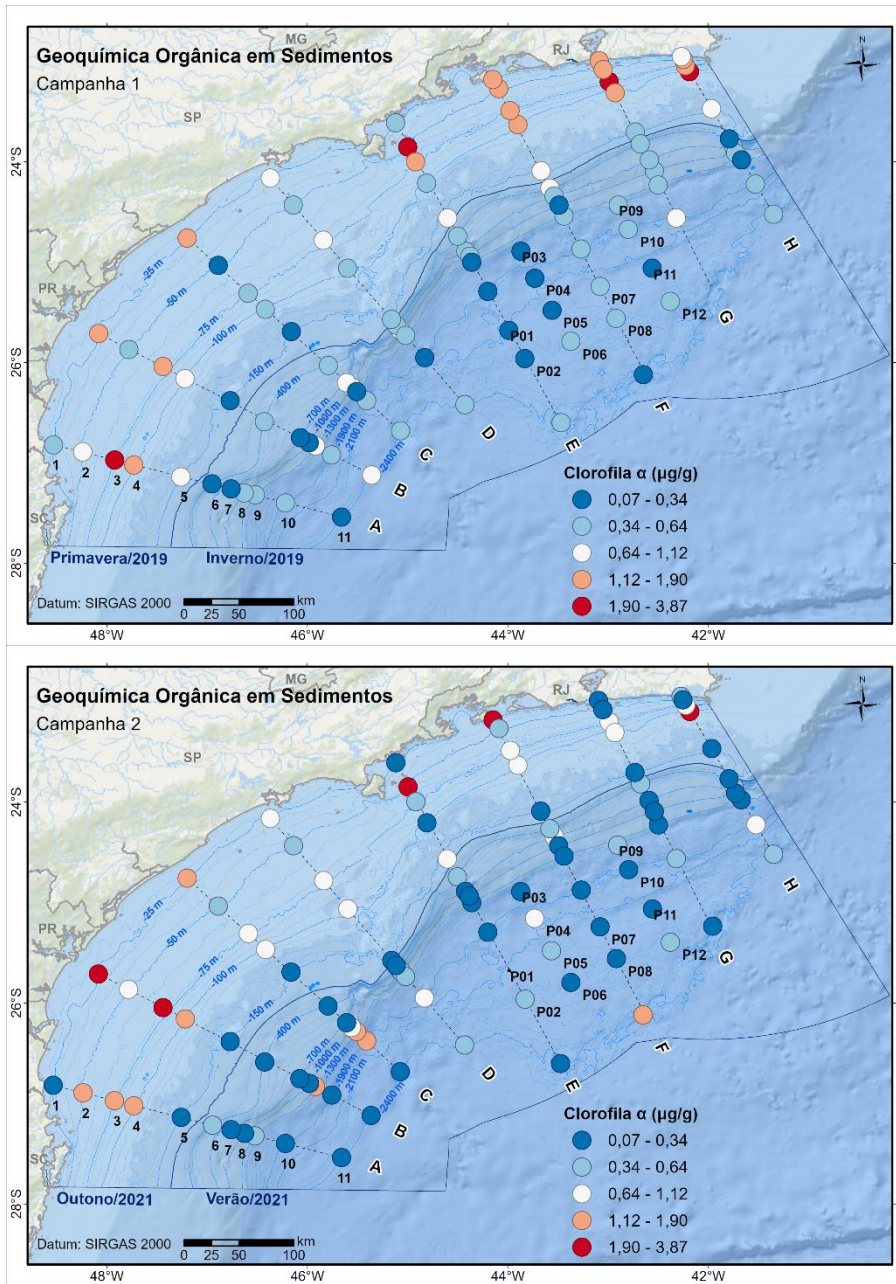


Figura X.3.3-1: Variação de Clorofila a ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; pontos = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.



(A)

(B)

Figura X.3.3-2: Distribuição espacial da **clorofila-a** ($\mu\text{g g}^{-1}$) em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes

As concentrações de feopigmentos foram maiores do que as de clorofila-a, assim como também apresentaram uma maior dispersão nas concentrações entre as estações. Na campanha 1, a média de feopigmentos foi de $4,87 \pm 5,15 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de 0,01 a $33,9 \mu\text{g g}^{-1}$), e na campanha 2, de $6,40 \pm 7,36 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de 0,11 a $42,7 \mu\text{g g}^{-1}$) (**Tabela X.3-1**). A distribuição de feopigmentos, nas duas campanhas, é semelhante à da clorofila-a, ou seja, mais abundante sobre a plataforma (**Figura X.3.3-3**). A diferença é que, para feopigmentos, apenas as isóbatas de 75 e 100 m são mais concentradas, o que se aproxima da distribuição já apresentada para o COT sobre a plataforma. No entanto, ao contrário do COT, não se observa um aumento expressivo de feopigmentos no talude intermediário.

Em relação aos transectos, as medianas são muito semelhantes ao longo de toda a bacia, embora haja tendência para maior dispersão de dados no sentido de maiores concentrações nos transectos A e B, na campanha 2. Os mapas de distribuição ilustram a característica de sedimentos mais enriquecidos em feopigmentos sobre a plataforma, que ocorre em toda a Bacia de Santos (**Figura X.3.3-4**).

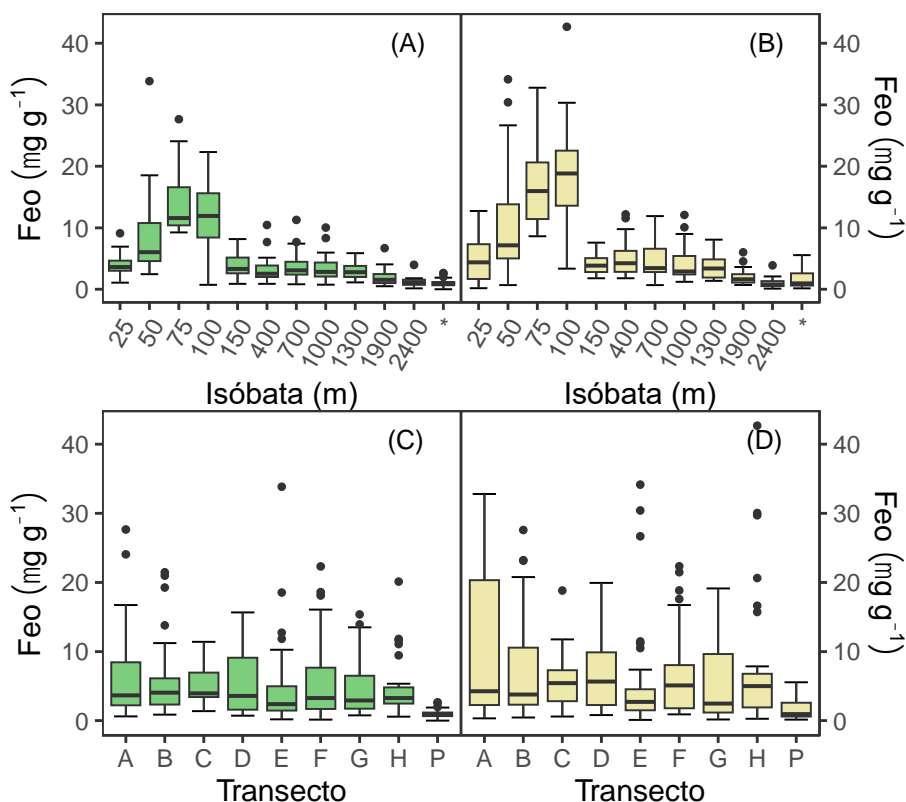
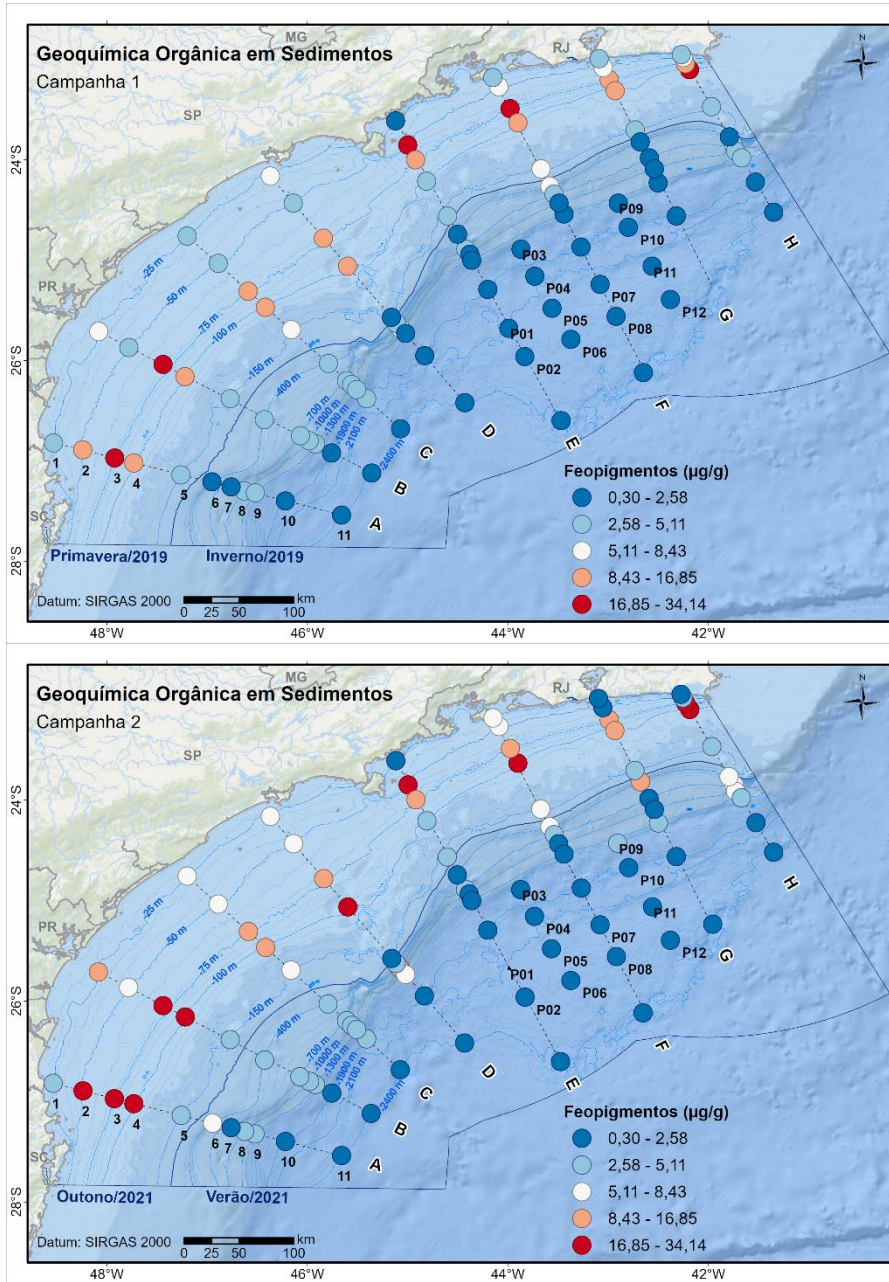


Figura X.3.3-3: Variação de Feopigmentos ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; pontos = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.



(A)

(B)

Figura X.3.3-4: Distribuição espacial da **feopigmentos** ($\mu\text{g g}^{-1}$) em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes

X.3.4 Composição bioquímica (carboidrato, proteínas e lipídios totais) e carbono biopolimérico no sedimento

A composição bioquímica da matéria orgânica do sedimento foi analisada em termos das concentrações de carboidratos totais (CHO), proteínas totais (PRT) e lipídios totais (LIP). Considerando todo o grupo de dados da campanha 1 ($n = 289$), o CHO ($1,24 \pm 0,76 \text{ mg g}^{-1}$) foi o mais abundante, seguido de perto pela PRT ($1,03 \pm 0,57 \text{ mg g}^{-1}$) e, em menores concentrações, encontra-se o LIP ($0,32 \pm 0,25 \text{ mg g}^{-1}$). Na campanha 2 ($n = 296$), houve inversão dos dois mais abundantes, com PRT ($1,54 \pm 1,29 \text{ mg g}^{-1}$), ligeiramente mais concentrada do que CHO ($1,33 \pm 0,77 \text{ mg g}^{-1}$), seguido de LIP ($0,43 \pm 0,33 \text{ mg g}^{-1}$). Os dados resumidos estão na **Tabela X.3-1**.

Há uma tendência marcante na distribuição proporcional dos três grupos de moléculas em relação à isóbata, com um aumento crescente na proporção de CHO com o aumento na profundidade da coluna d'água nas duas campanhas realizadas (**Figura X.3.4-1-A,B**). Em relação às isóbatas (**Figura X.3.4-1-C,D**), não há diferenças significativas na proporção relativa de CHO, PRT e LIP e, portanto, não há setores da bacia com maior acúmulo de um determinado componente macromolecular da MO.

O carbono biopolimérico (CBP) teve média de concentração de $2,58 \pm 1,30 \text{ mgC g}^{-1}$ (faixa de 0,14 a $6,38 \text{ mgC g}^{-1}$) para campanha 1, e um pouco mais elevada na campanha 2, de $3,28 \pm 1,76 \text{ mgC g}^{-1}$ (faixa de 0,60 a $10,38 \text{ mgC g}^{-1}$) (Tabela 10.3-1). O CBP apresentou uma distribuição similar à distribuição do COT ao longo das isóbatas para a campanha 1 (**Figura X.3.4-2-A**) e para a campanha 2 (**Figura X.3.4-2B**), ou seja: concentrações mais baixas foram observadas na isóbata de 25 m em ambas campanhas e nas amostras do Platô de São Paulo (isóbata de 2400 m e maioria das amostras das estações P), e concentrações mais elevadas de CBP na isóbata de 100 m e no talude médio (700 – 1300 m), particularmente na campanha 1. Em relação aos transectos, observa-se na campanha 1 uma tendência de maiores concentrações de CBP nos transectos A, B e C, mas que não se repete na campanha 2. Os mapas de distribuição espacial de CBP ilustram a similaridade na ocorrência do CBP nas duas campanhas realizadas (**Figura X.3.4-3**).

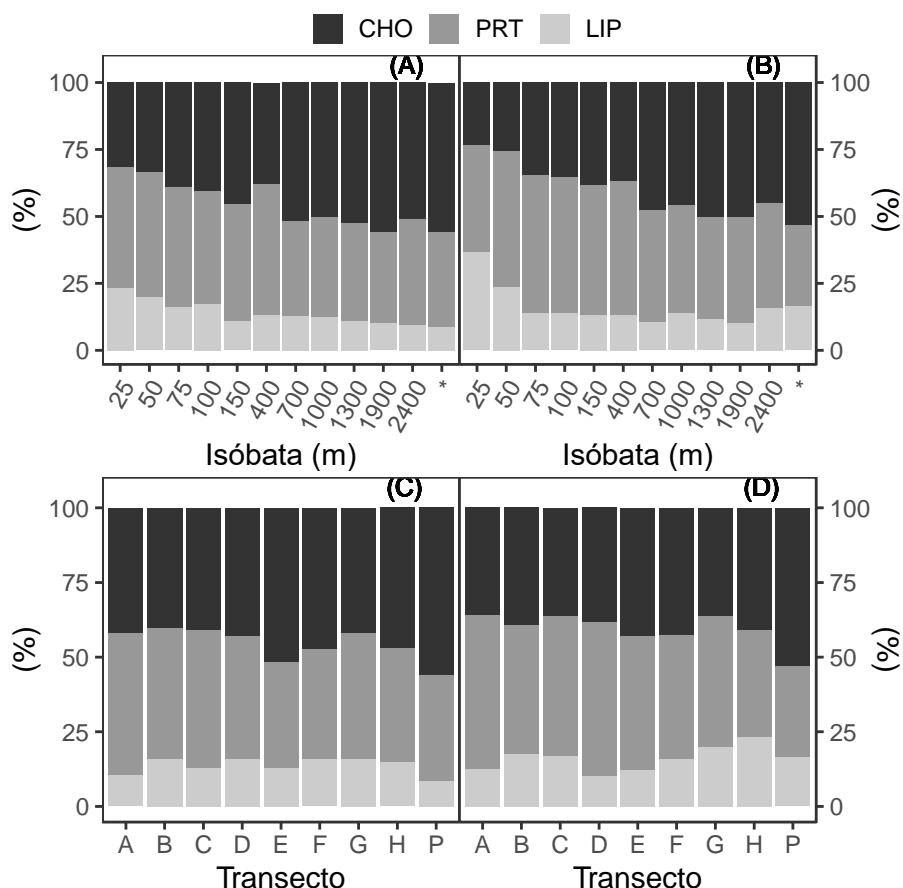


Figura X.3.4-1: Composição bioquímica percentual da matéria orgânica em termos de carboidratos totais (CHO), proteínas totais (PRT) e lipídios totais (LIP) ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (C) e ao longo do transectos para campanha 1 (B) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

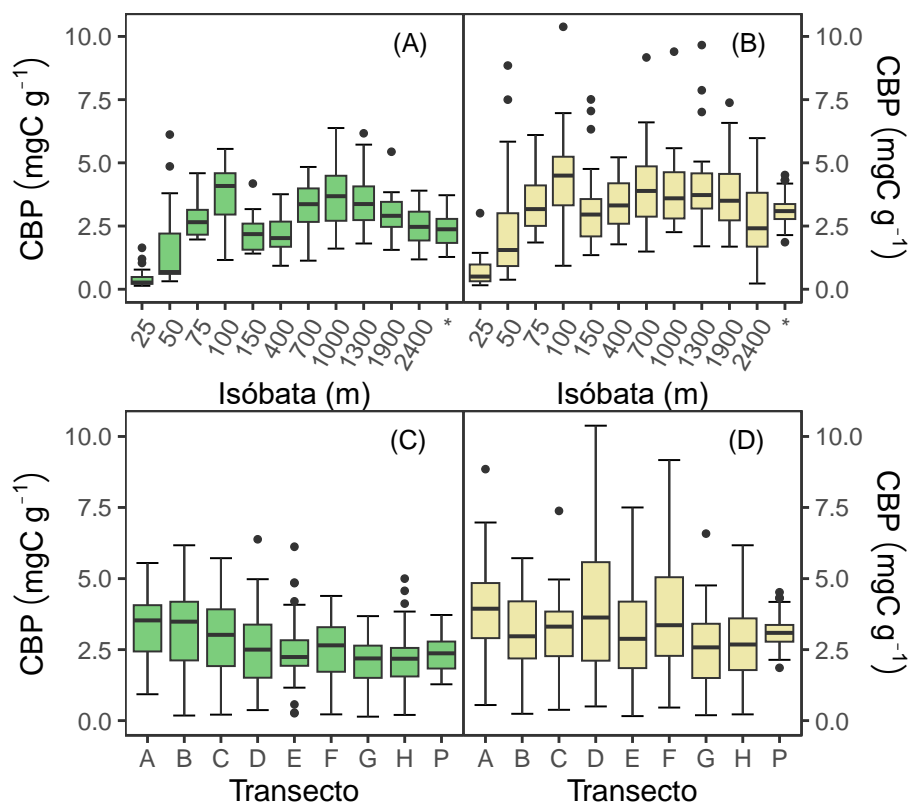


Figura X.3.4-2: Variação de Carbono biopolimérico ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; pontos = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

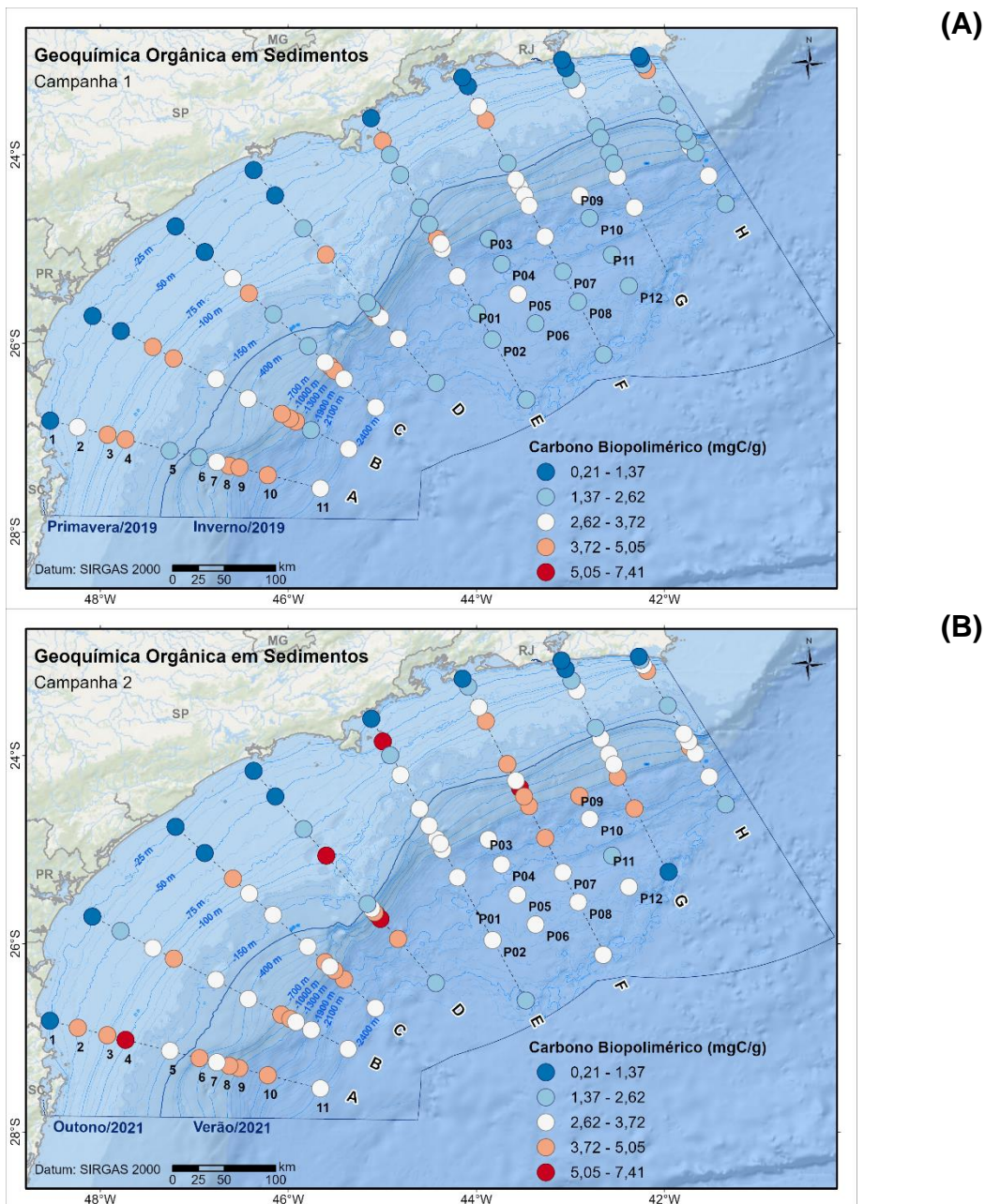


Figura X.3.4-3: Distribuição espacial de **carbono biopolimérico (CBP; mgC g⁻¹)** em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes.

X.3.5 Fósforo total e fósforo orgânico

O fósforo total (P_T) apresentou variação de concentração de duas ordens

de grandeza, mas com valores semelhantes nas duas campanhas. A média de concentração de P_T foi $8,80 \pm 4,05 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de 0,19 a $17,9 \mu\text{g g}^{-1}$) na campanha 1, e de $9,06 \pm 3,57 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de 0,57 a $19,3 \mu\text{g g}^{-1}$) na campanha 2 (**Tabela X.3-1**). A distribuição do P_T entre as isóbatas (**Figura X.3.5-1**) é marcada pelas concentrações mais baixas na plataforma interna e média (25 a 75 m de profundidade, com mediana de P_T inferior a $5 \mu\text{g g}^{-1}$), mas a partir de 100 m e até 1900 m as concentrações medianas são semelhantes, na faixa de $10-12 \mu\text{g g}^{-1}$. Na isóbata de 2400 m e em outras amostras do Platô de São Paulo, a concentração mediana de P_T é inferior à do talude, na faixa de $8 \mu\text{g g}^{-1}$. Este padrão para P_T nas isóbatas se repete nas duas campanhas. Em relação aos transectos, destaque para a grande variabilidade dentro de um transecto em particular – reflexo das baixas concentrações de P_T sobre as áreas rasas da plataforma (**Figura X.3.5-1**).

Para o fósforo orgânico (P_O), a média de concentração para a campanha 1 foi de $4,85 \pm 2,77 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de 0,10 a $13,4 \mu\text{g g}^{-1}$), e para a campanha 2, a média foi de $4,33 \pm 2,38 \mu\text{g g}^{-1}$ (faixa de 0,06 a $9,08 \mu\text{g g}^{-1}$) (**Tabela 10.3-1**). O P_O representou uma fração importante do P_T , com média de $53,2 \pm 17,7\%$ na campanha 1, e de $45,3 \pm 12,0\%$ para a campanha 2. A distribuição do P_O ao longo das isóbatas foi similar ao P_T e COT (**Figura X.3.5-2-A,B**), na qual se observam concentrações baixas a 25 e 50 m e um aumento suave a 100 m de profundidade, assim como em 1000 e 1900 nas amostras do talude baixando novamente nas amostras do Platô de São Paulo (2400 m e a maioria das estações P). Em relação aos transectos, observa-se uma certa tendência de maiores concentrações de P_O nos transectos da porção sudoeste da bacia (transectos A-D) em comparação com a porção nordeste (transectos E-H), particularmente na campanha 1.

Os mapas regionais com P_T e P_O ilustram as principais feições descritas acima na distribuição destas duas frações da MO nos sedimentos da bacia (**Figura X.3.5-3**).

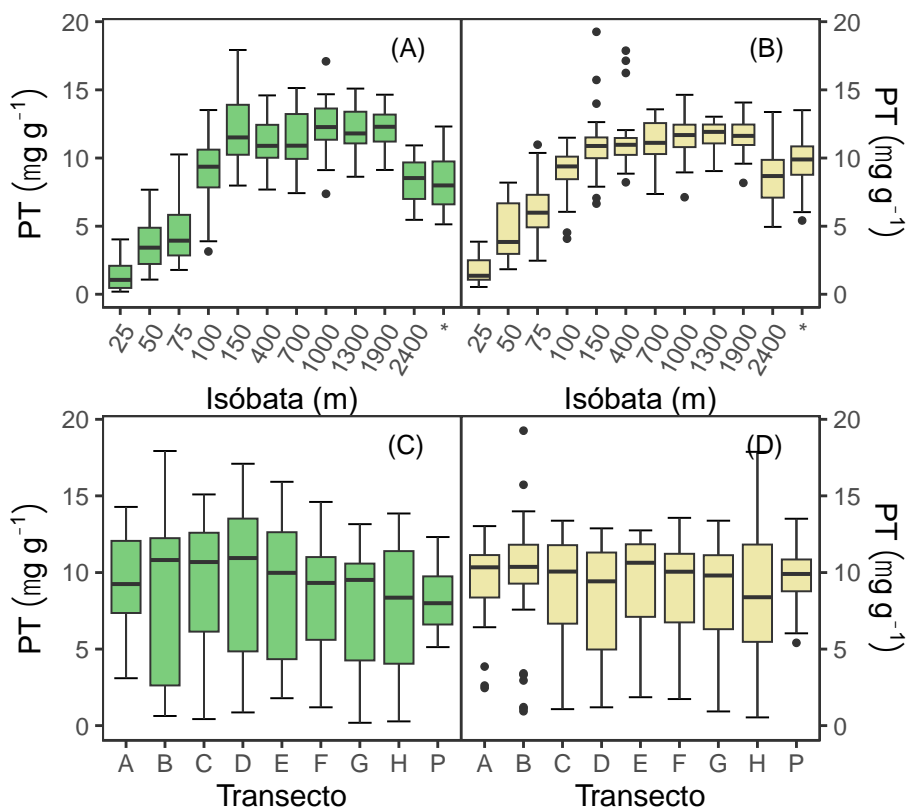


Figura X.3.5-1: Distribuição de **fósforo total** (P_T ; $\mu\text{g g}^{-1}$) ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; pontos = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

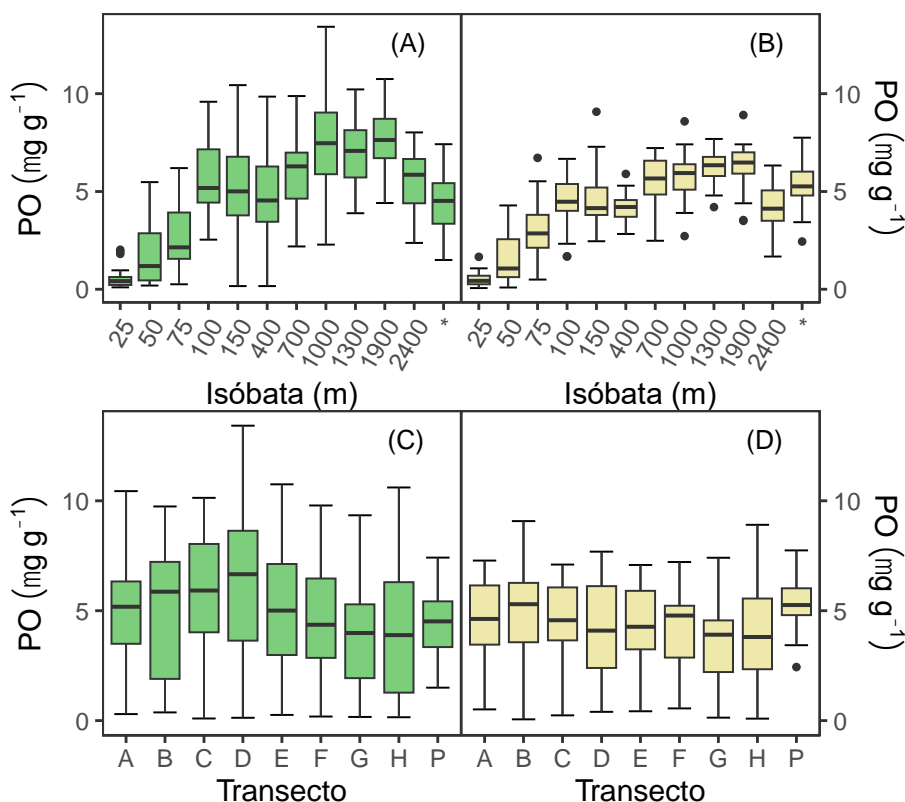


Figura X.3.5-2: Distribuição de fósforo orgânico (P_o ao longo das isóbatas para campanha 1 (A) e campanha 2 (B) e ao longo do transectos para campanha 1 (C) e campanha 2 (D) ($n = 289$ para C1 e $n = 296$ para C2). Legenda: barra horizontal = mediana; caixa = amplitude entre quartis; diagrama de caixa = valores mais elevados e mais baixos com 1,5 vezes a amplitude entre quartis; pontos = valores extremos. Asterisco (*) nas legendas de (A) e (B) representa as amostras com variação entre 1435 m a 2260 m das estações P.

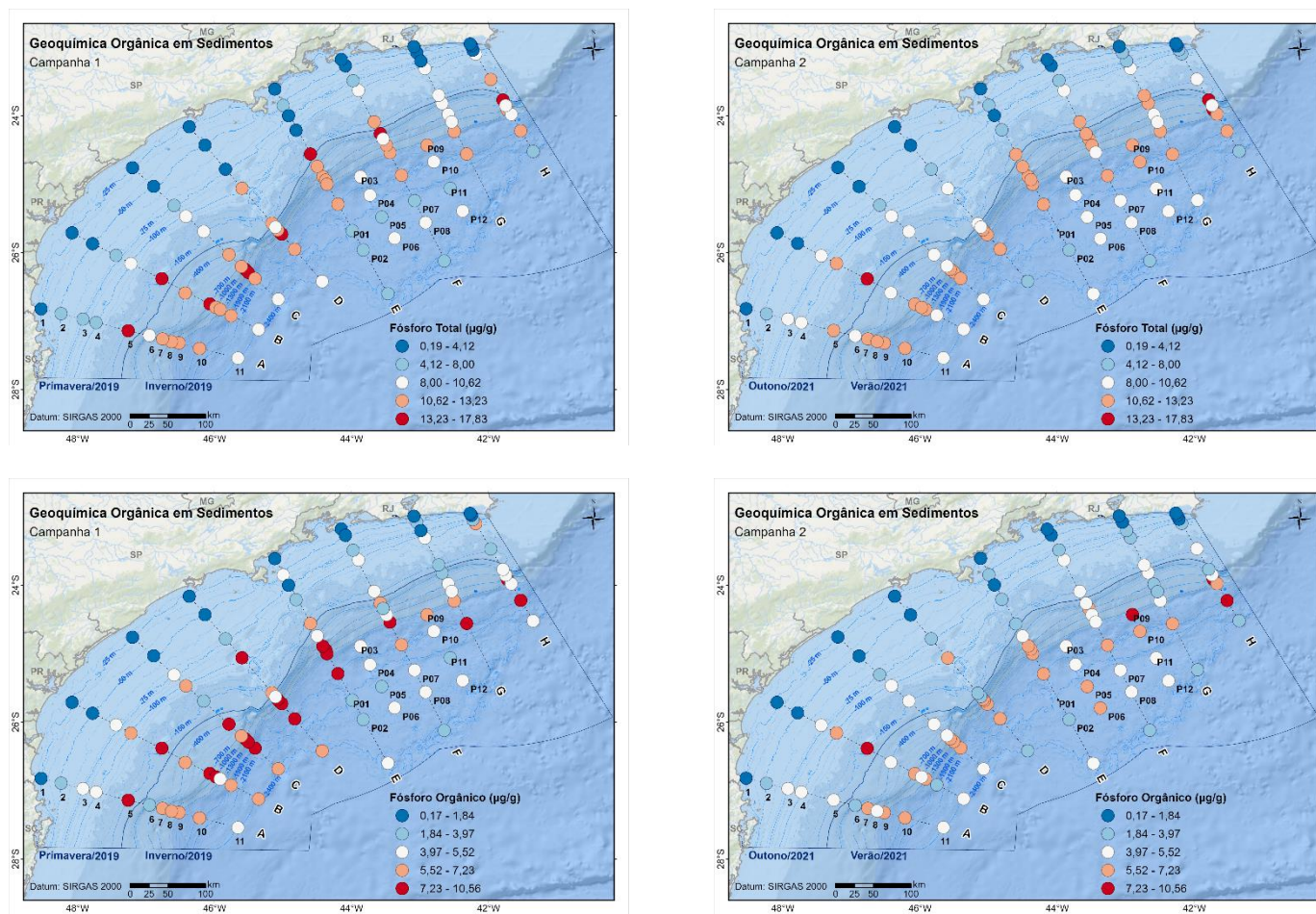


Figura X.3.5-3: Distribuição espacial de fósforo total (P_T ; painel superior) e fósforo orgânico (P_O ; painel inferior) para as duas campanhas de amostragem. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes.

X.3.6 *Enxofre total*

A concentração de enxofre total (S_T) foi determinada apenas nas amostras de talude e do Platô de São Paulo (isóbata de 2400 m e nove de doze amostras das estações P). Como descrito no capítulo de Materiais e Métodos, algumas amostras não puderam ser analisadas a tempo devido a problemas analíticos ocorridos durante a pandemia. As concentrações de S_T nas amostras analisadas tiveram média de $2,12 \pm 0,40 \text{ mg g}^{-1}$ (faixa de 1,06 a $5,80 \text{ mg g}^{-1}$) na campanha 1, e de $2,23 \pm 0,58 \text{ mg g}^{-1}$ (faixa de 1,10 a $4,00 \text{ mg g}^{-1}$), na campanha 2 (**Tabela X.3-1**). A distribuição regional do S_T pode ser observada na **Figura X.3.6-1**.

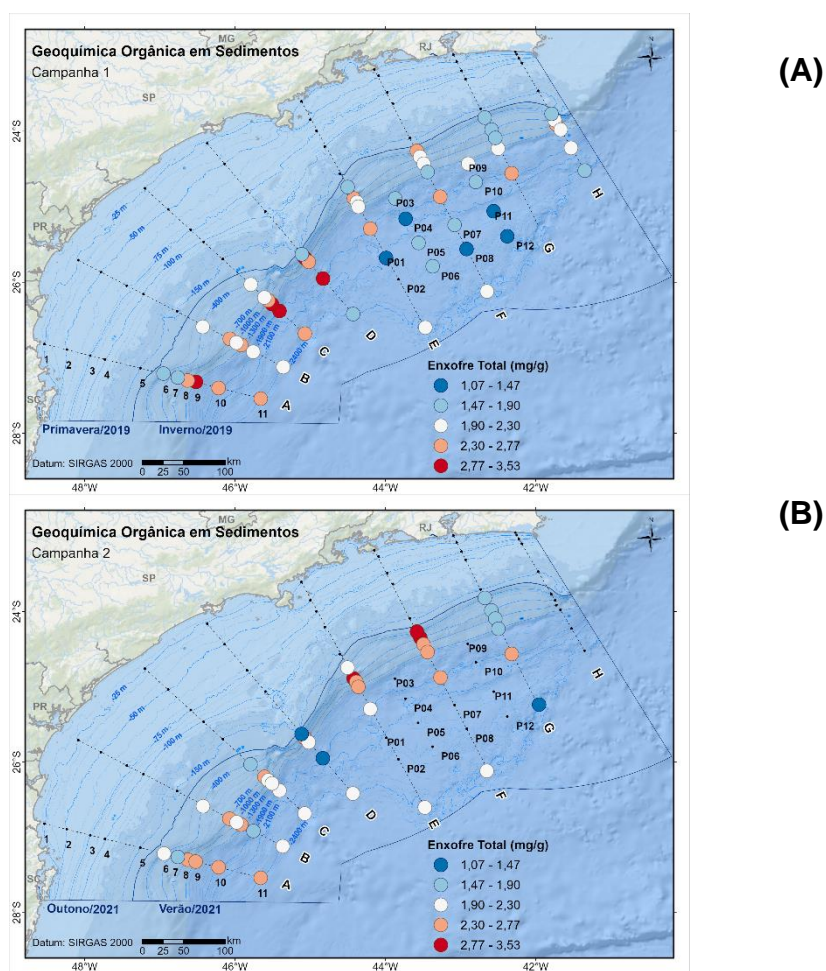


Figura X.3.6-1: Distribuição espacial de enxofre total (S_T ; mg g^{-1}) em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para a (A) campanha 1 e (B) campanha 2.. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes.

X.4 Discussão

X.4.1 Propriedades da MO em escala regional na Bacia de Santos

A Bacia de Santos (BS) corresponde geograficamente à porção da margem continental brasileira também conhecida como Baía Sul Brasileira (South Brazilian Bight, Zembruski & Chaves, 1979). As características hidrodinâmicas, sedimentológicas e oceanográficas gerais são responsáveis pela ampla ocorrência de eventos frontais – p.ex., ressurgência de Cabo Frio, correntes costeiras e de contorno, descarga de águas continentais – que influenciam processos ecológicos e biogeoquímicos em escala regional na Bacia de Santos (e.g., Brandini et al., 2018; Lazzari et al., 2019; De Mahiques et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Calil et al., 2021). Também há informações sobre variações das condições ambientais na BS em escala de tempo mais ampla, da ordem de milhares de anos (e.g., Dauner et al., 2019; Ferreira et al., 2020; Nagai et al., 2020; Bicego et al., 2021). Mais recentemente, têm sido identificadas a presença e o acúmulo de contaminantes orgânicos em sedimentos das plataformas continentais e de áreas mais profundas (e.g., Santos et al., 2020; Timoszczuk et al., 2021).

A despeito do conhecimento já adquirido sobre processos biogeoquímicos na BS, há ainda escassez de maior detalhamento sobre as propriedades, fontes e processos de acúmulo de MO sedimentar. O primeiro trabalho sobre caracterização de MO foi publicado por Mahiques et al. (2004), com base em dados de COT, TN, razão C/N e composição isotópica estável de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) e nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$), além de dados de granulometria e teor de carbonatos abrangendo a plataforma continental e talude da BS. As feições sedimentares sobre a MO observada por Mahiques et al. (2004) foram validadas por diversos outros trabalhos em ambientes pelágicos e bentônicos na plataforma e/ou no talude superior (e.g., Burone et al., 2013; de Mahiques et al., 2017; Lourenço et al., 2017; De Mahiques et al., 2020; Ferreira et al., 2020; Ramos et al., 2020; Tura & Brandini, 2020; Yamashita et al., 2020; Bicego et al., 2021).

No setor sul da BS já foi apontado que as taxas mais elevadas de produção

primária derivam do aporte de nutrientes em águas continentais transportadas por correntes costeiras a partir da descarga do Rio da Prata e Lagoa dos Patos (Piola et al., 2000) e por processos dinâmicos de meso-escala (Campos et al., 2000; Silveira et al., 2008) – estas forças aparentemente contribuíram para a deposição de sedimentos mais finos (silte + argila) ao longo da isóbata de 100 m entre as longitudes 45°–47°30' (Mahiques et al., 2004). Por outro lado, na porção norte-nordeste da BS as condições gerais são de oligotrofia, com águas quentes e pobres em nutrientes, um padrão que é modificado pelos eventos de ressurgência de Cabo Frio, que fertilizam as águas em escala local-regional em cerca de 23°S (Gonzalez-Rodriguez et al., 1992; Mahiques et al., 2005; Castelao & Barth, 2006). A porção N-NE da BS também é caracterizada por um mosaico mais complexo de fácies sedimentares neste setor em comparação a porção mais ao sul (Brandini et al., 2018).

A distribuição de COT obtida em duas campanhas do presente trabalho é consistente, de forma geral, com a influência dos sistemas frontais e processos biogeoquímicos destacados no parágrafo anterior, mas os dados levantados em ampla abrangência espacial pelo PCR-BS permitiram avançar no conhecimento sobre a matéria orgânica sedimentar. Uma feição relevante sobre a plataforma, por exemplo, é o depósito de sedimentos mais finos (Capítulo II do volume 2) enriquecidos em matéria orgânica (COT na faixa de 8,03 a 15,34 mg g⁻¹ (**Figura X.3.1-2**) nas isóbatas de 75 e 100 m em todos os transectos. Outro depósito de sedimentos enriquecidos em MO se estende pelo talude intermediário (700–1300 m; **Figura X.3.1-1**) entre os transectos A–D, apenas. Na Bacia de Campos, também foram encontrados sedimentos enriquecidos em MO (COT 0,9 a 16 mg g⁻¹, Cordeiro et al., 2018) na mesma faixa batimétrica. A coincidência destes depósitos no talude intermediário de duas bacias sedimentares contíguas sugere a influência de padrões de circulação de correntes e influência de massas d'água atuando em larga escala espacial (Marone et al., 2010; da Silveira et al., 2017).

As novas informações sobre C/N e isótopos estáveis obtidos no PCR-BS foram analisadas com base em gráficos do tipo bi-plot (**Figuras X.4.1-1 e X.4.1-2**), e elas tendem a confirmar trabalhos anteriores na região (ver acima). Considerando-se as duas campanhas, o $\delta^{13}\text{C}$ foi mais efetivo que a razão C/N

para classificar a origem da MO. De forma geral, apenas na plataforma interna encontram-se amostras com MO mais empobrecida em ^{13}C , com valores inferiores a -22‰ , com destaque para algumas amostras rasas da campanha 1 nos transectos A e G e campanha 2 no transectos A e H, com $\delta^{13}\text{C}$ bem negativo (-23 a -25‰), típicos de MO de vegetais superiores (Meyers, 1997). Assim, a composição isotópica de carbono indica que a influência potencial do aporte continental é mais acentuada nas áreas rasas da bacia e, mais especificamente, elas sugerem que os aporte continentais – incluindo o transporte de águas do Rio da Prata e Lagoa dos Patos (Piola et al., 2000; Brandini et al., 2018) – ficam restritos aos sedimentos de áreas rasas da Bacia de Santos. De forma similar, em sedimentos costeiros entre 21°S – 23°S (Bacia de Campos), apenas nas estações próximas à descarga de rios exibiram valores médios da ordem de $-24,6\text{‰}$ para $\delta^{13}\text{C}$ (Cordeiro et al., 2018). Portanto, nas duas bacias – Santos e Campos – o escoamento de água continental tem ‘competência’ reduzida em exportar MO de vegetais superiores para sedimentos de águas profundas (> 200 m).

Cabe destacar que o gráfico bi-plot de $\delta^{15}\text{N} \times \text{C/N}$ (Figura X.4.1-2) não contribui para avaliar as fontes de MO sedimentar. O valor médio de $\delta^{15}\text{N}$ é de $7,39 \pm 1,48\text{‰}$ na campanha 1 e de $5,71 \pm 1,64\text{‰}$ na campanha 2, similares a medidos anteriormente por Mahiques et al. (2004). Esses valores de $\delta^{15}\text{N}$ indicam a presença de MO relativamente enriquecida em ^{15}N em comparação com o sinal no zooplâncton na mesma região: $\delta^{15}\text{N}$ entre $3,9 \pm 2,0\text{‰}$ e $5,6 \pm 1,3\text{‰}$ para animais na quebra de plataforma e entre $0,3 \pm 1,3\text{‰}$ e $3,6 \pm 1,5\text{‰}$ em animais coletados *offshore* (Troina et al., 2020). A diferença na assinatura de $\delta^{15}\text{N}$ entre zooplâncton e sedimentos marinhos ilustra, assim, a complexidade de empregar isótopos de nitrogênio na assinatura da origem da MO no ambiente marinho (Mayer et al., 1988; Altabet, 2007; Riddle et al., 2022).

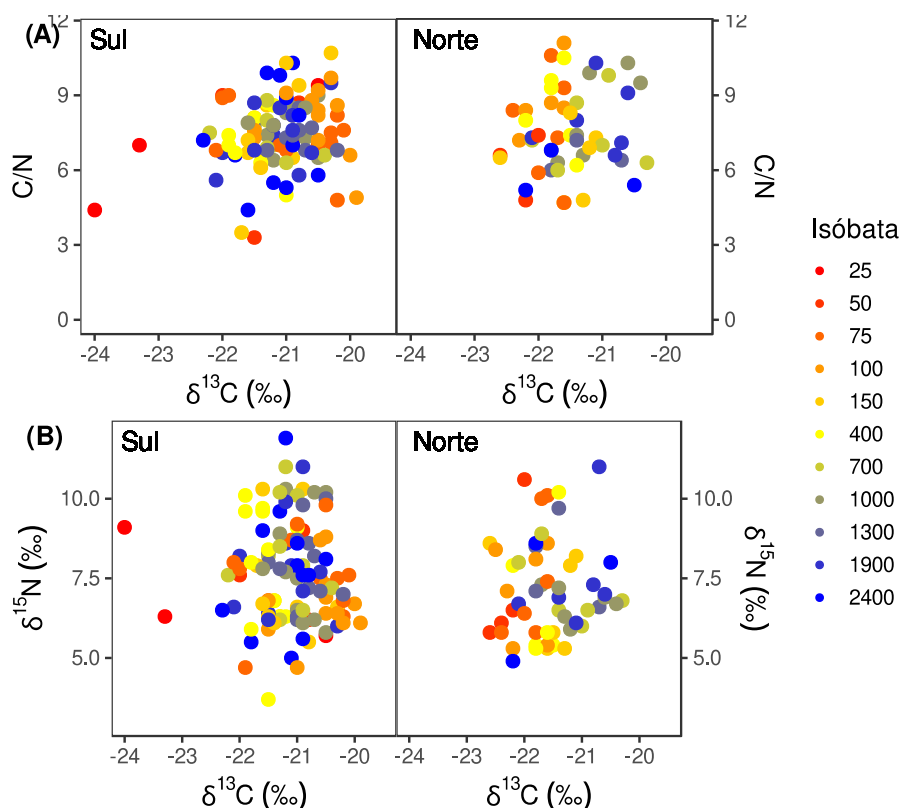


Figura X.4.1-1: campanha 1 – bi-plot de (A) $\delta^{13}C$ (‰) x razão C/N (molar) e (B) $\delta^{13}C$ (‰) x $\delta^{15}N$ (‰) considerando todas as amostras de sedimentos divididas entre setor sul (transectos A-D) e setor norte (transectos F-H) da BS. As amostras do transectos E (limite entre os dois setores, Mahiques et al., 2004) e as amostras das estações P não foram consideradas.

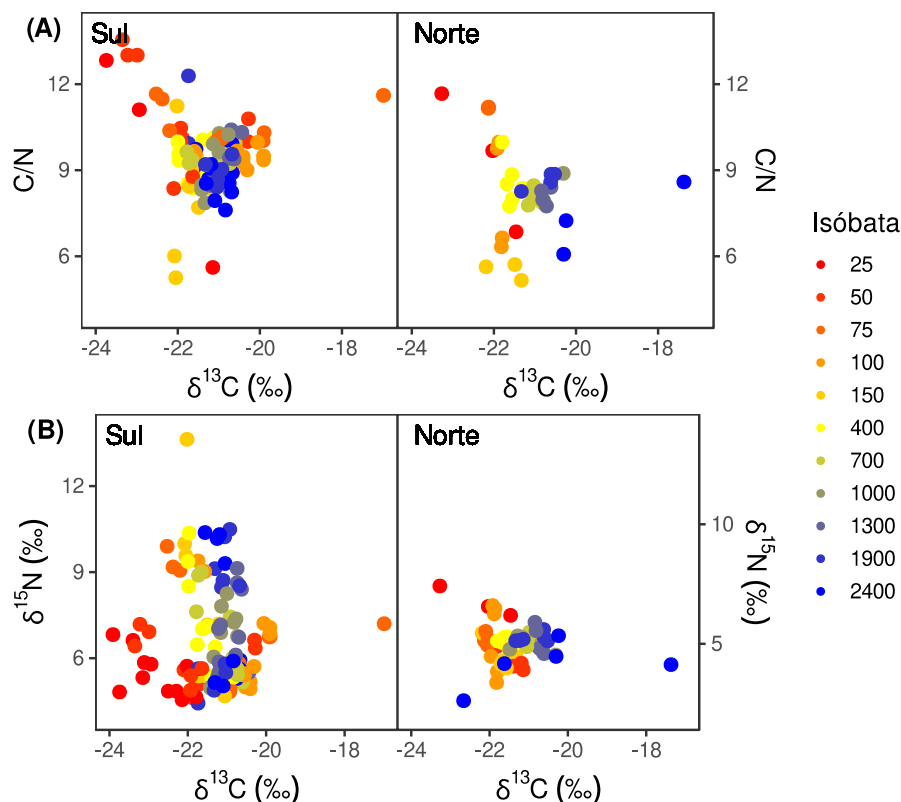


Figura X.4.3-2: campanha 2 – bi-plot de (A) $\delta^{13}C$ (‰) x razão C/N (molar) e (B) $\delta^{13}C$ (‰) x $\delta^{15}N$ (‰) considerando todas as amostras de sedimentos divididas entre setor sul (transectos A-D) e setor norte (transectos F-H) da BS. As amostras do transectos E (limite entre os dois setores, Mahiques et al., 2004) e as amostras das estações P não foram consideradas.

X.4.2 Biodisponibilidade de MO através de pigmentos e carbono biopolimérico

O acúmulo de MO sedimentar é um processo relevante sob uma perspectiva biogeoquímica pois se relaciona com a degradação e taxas de soterramento de carbono orgânico (Farrington, 1987; Summons, 1993; Hedges & Keil, 1995). Por outro lado, do ponto de vista ecológico, a MO sedimentar é uma fonte essencial de alimento para organismos heterotróficos bentônicos (Danovaro, 2010). Neste sentido, tanto a quantidade quanto a qualidade (i.e., valor nutricional) são considerados vetores para a estrutura trófica e fluxo de energia em comunidades bentônicas (Companyà-Llovet et al., 2017).

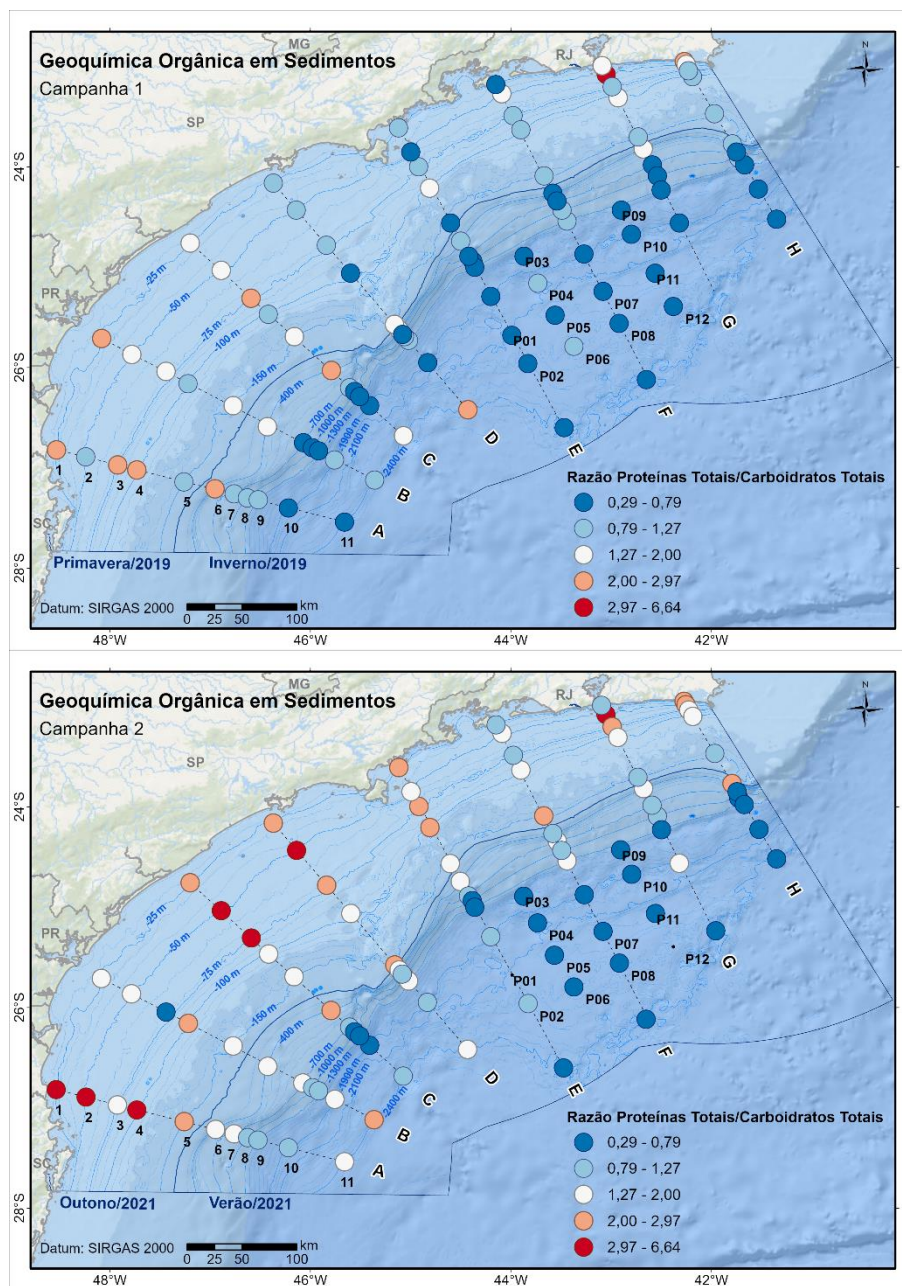
Existem muito indicadores que permitem estimar a fração biodisponível da MO em sedimentos para os organismos heterotróficos, tais como aminoácidos hidrolizáveis (Pruski et al., 2019), fitoesteróis, ácidos graxos (Oliveira et al., 2013), pigmentos fotossintéticos (Vezzulli & Fabiano, 2006), e a composição bioquímica da matéria orgânica (Fabiano & Danovaro, 1994; Pusceddu et al., 2009). Este último indicador é representado pela quantidade de carboidratos, proteínas e lipídios totais, os quais são convertidos por fatores específicos para o índice chamado de ‘carbono biopolimérico’ (CBP, Dell'Anno et al., 2002).

Para avaliar o valor nutricional da MO dos sedimentos da BS foram considerados pigmentos (clorofila-a e feopigmentos) e o CBP. Altas concentrações de pigmentos na plataforma (**Figuras X.3.3-2 e X.3.3-4**) ocorrem em estações tanto com teores altos como teores baixos de COT (**Figura X.3.1-2**), mas a partir da quebra da plataforma os teores de pigmentos no talude e no Platô de São Paulo caem muito, o que não ocorre com o COT – de fato, há baixa correlação entre clorofila-a e COT. As concentrações relativamente altas de clorofila-a e feopigmentos na plataforma refletem o relativo “frescor” da MO em sedimentos de águas rasas na Bacia de Santos. Assim, mesmo em locais com baixo COT, principalmente nas isóbatas de 25 e 50 m, esta característica pode favorecer organismos bentônicos nesses locais. No entanto, considerando que a clorofila-a se degrada mais rápido do que outros biopolímeros durante o transporte da MO ao longo da coluna d’água em direção ao sedimento (Wakeham & Canuel, 2006), este pigmento pode subestimar o real valor nutricional da MO em sedimentos do talude e do oceano profundo.

Cabe ressaltar, ainda, que as ‘altas’ concentrações de pigmentos na plataforma continental encontradas no presente estudo são inferiores aos encontrados em trabalhos anteriores com sedimentos de águas rasas na Bacia de Santos, que podem ser até uma ordem de grandeza superiores no caso da clorofila-a (Venturini, 2007; Rodrigues Alves et al., 2014). Isto revela que há heterogeneidade na distribuição de pigmentos nos sedimentos da Bacia de Santos. Por outro lado, as faixas gerais de clorofila-a ($0,07\text{--}3,87 \mu\text{g g}^{-1}$) e feopigmentos ($0,30\text{--}34,14 \mu\text{g g}^{-1}$) obtidos para a Bacia de Santos são da mesma ordem de grandeza aos obtidos na Baía de Campos, que também abrange uma

ampla faixa latitudinal e batimétrica (de Souza Cabral et al., 2017).

As variáveis CBP e feopigmentos apresentaram distribuições semelhantes – nas duas campanhas – com a do COT para as amostras na plataforma, o que sugere que os dois fornecem informações similares quando à MO disponível em sedimentos de águas rasas da BS. No talude, no entanto, particularmente entre as isóbatas de 700 e 1.900 m, os transectos A, B, C e D têm sedimentos com mais CBP (faixas mais altas entre 3,72 e 7,41 mgC g⁻¹; Figura X.3.4-3), mas o mesmo não ocorre com feopigmentos (Figura X.3.3-4). Portanto, no talude médio e inferior, a MO ainda apresenta valor nutricional para os organismos bentônicos (Fabiano & Danovaro, 1994). Mas, a razão proteínas totais e carboidratos totais (PRT/CHO) nas amostras do talude são, na grande maioria dos casos, abaixo do limite de 1,0 encontrado para esta razão na MO “fresca” (**Figura X.4.2-1**). Portanto, a MO do talude apresenta-se alterada por bactérias, visto que proteínas são mais abundantes que carboidratos, mas também são degradadas mais rapidamente (Dell'anno et al., 2008; Pusceddu et al., 2009; Pusceddu et al., 2011; Pruski et al., 2019), e o seu potencial nutricional deve ser avaliado com cautela e pode ser necessário considerar outros parâmetros químicos e biológicos para uma melhor avaliação.



(A)

(B)

Figura X.4.2-1: Distribuição espacial da razão PRT/CHO em sedimentos superficiais da Bacia de Santos para (A) campanha 1 e (B) campanha 2.. A concentração em cada estação representa o valor médio de três réplicas independentes

X.4.3 Identificação de províncias sedimentares de MO com base em estatística multivariada

Com base na representatividade e relevância das variáveis de caracterização da MO, e considerando as diferentes informações obtidas pelos indicadores selecionados – como discutido nos itens anteriores –, decidiu-se realizar uma análise estatística multivariada para confirmar as províncias sedimentares de acúmulo de MO. Assim, foi realizada uma Análise de Agrupamento (distância Euclidiana e método de Ward) com as variáveis COT, P_T , P_O , clo-a, feo, $\delta^{13}C$, CHO, PRT, LIP, CBP, razão PRT/CHO e razão carbono biopolimérico e carbono orgânico total (CBP/COT), considerando os dados das duas campanhas em separado. Esta análise resultou na identificação de 5 grupos, sendo que a colocação de cada variável nestes grupos é apresentada na Figura X.4.3-1.

Ao plotar os cinco grupos definidos na Análise de Agrupamento nos mapas de distribuição regional em cada campanha (Figura X.4.3-2), fica evidente a caracterização das seguintes províncias sedimentares de matéria orgânica, que são válidas, de forma geral, para as duas campanhas realizadas:

- **Grupo 1:** formado pelas amostras distribuídas nas isóbatas de 25 m e 50 m nos oito transectos. Tem como característica marcante baixas concentrações de COT e presença de sedimento grosseiro (Capítulo II do Volume 2). A presença de concentrações relativamente altas de clorofila-a e feopigmentos, assim como valores elevados da razão PRT/CHO, principalmente na campanha 2, mostram que a MO, apesar de estar em baixa quantidade, tem valor nutricional elevado;
- **Grupo 2:** formado pelas amostras da plataforma média (75–100 m de profundidade) ao longo de toda a bacia, se estendendo para regiões mais profundas nos transectos D, F e G para a campanha 2. Tem como característica principal altas concentrações de COT, clo-a, feo e CBP, além da presença de sedimento lamoso (Capítulo II do Volume 2). Neste grupo, encontram-se as estações com maior acúmulo de MO e que tem alto valor nutricional na BS;

- **Grupo 3:** formado por amostras do talude médio a regiões mais profundas dos transectos A, B, C, D e E da campanha 1, e uma parte do talude na campanha 2. Este grupo é definido pelas variáveis COT, P_O , P_T , $\delta^{13}C$ e CHO, com ausência de clorofila-a. Representa uma província com sedimentos enriquecidos em MO que ainda retém valor nutricional, apesar de alterada por degradação microbiana (ver discussão item 10.4.2). Apenas com estas variáveis não é possível identificar se esta MO foi produzida na coluna em áreas mais profundas, impulsionada pelo bombeamento vertical de águas ricas em nutrientes para a zona fótica, ou se ela foi produzida em áreas rasas e transportadas para o talude pela hidrodinâmica regional;

- **Grupo 4:** apresentou uma distribuição difusa na campanha 1, porém na campanha 2 agrupou as amostras do talude superior e das estações P (talude e Platô de São Paulo). Apresenta concentrações baixas e moderadas de COT, P_O , P_T e CBP, com valores muito próximos de $\delta^{13}C$ associados à MO autóctone;

- **Grupo 5:** apresentou uma distribuição difusa na campanha 2, porém na campanha 1 agrupou as amostras de quebra de plataforma e talude superior dos transectos E, F e G, além das amostras das estações P – mas não inclui as amostras do Platô de São Paulo (isóbata de 2400 m) dos transectos A–D. Este grupo tem características semelhantes às descritas para o grupo 4.

Amostragem C 1 C 2

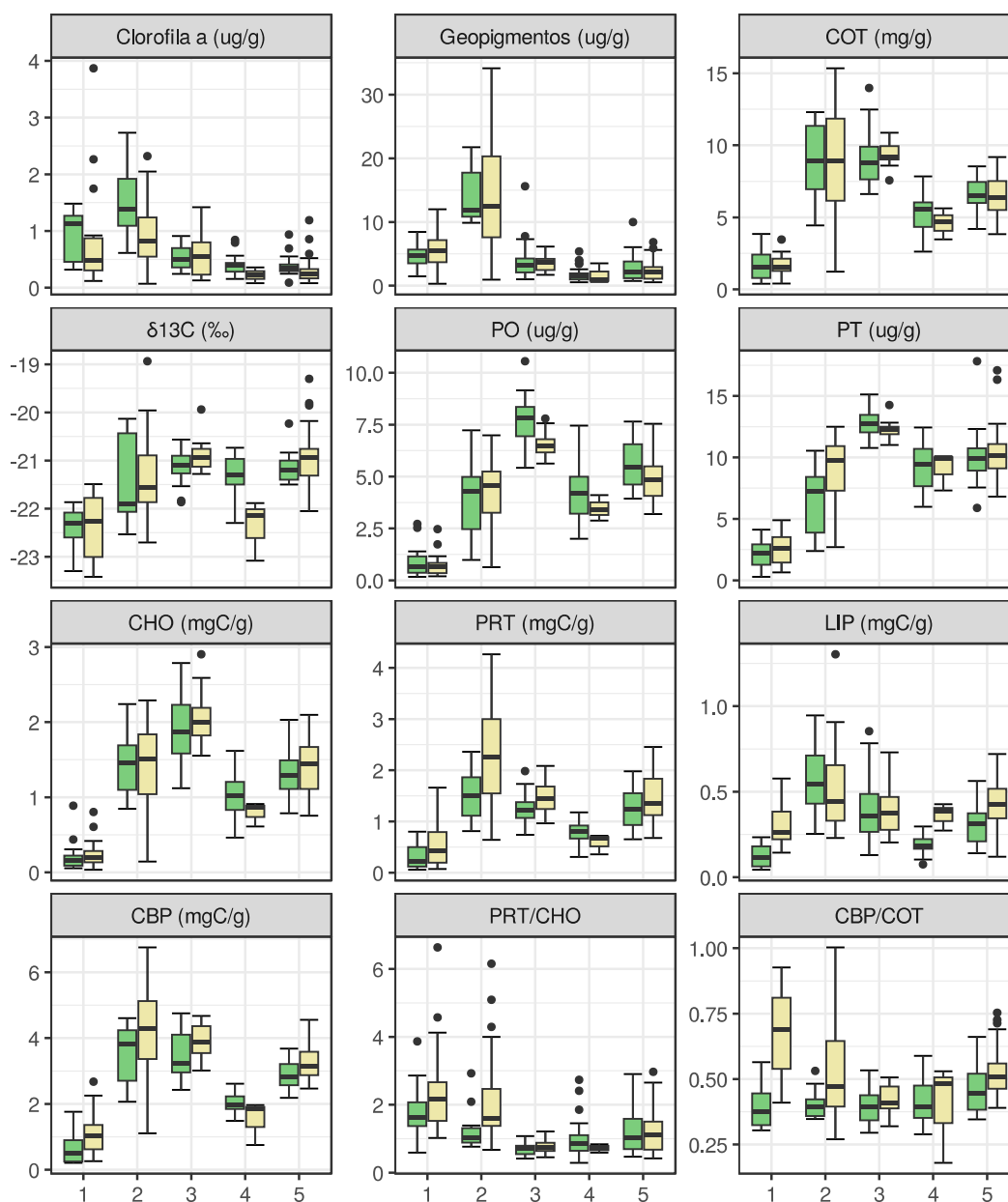
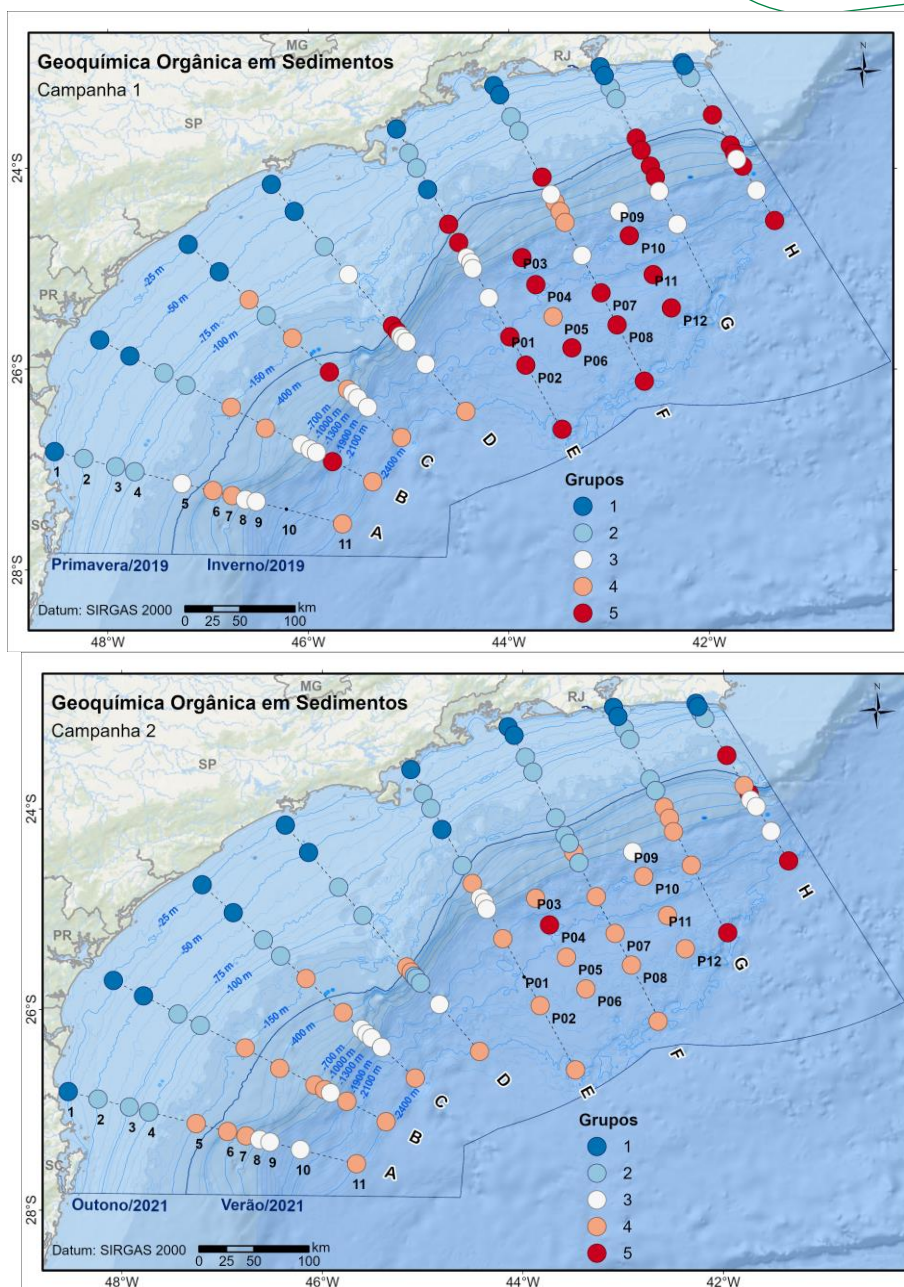


Figura X.4.3-1: Variação das concentrações de clorofila-a, feopigmentos, carbono orgânico total (COT), isótopos de C ($\delta^{13}\text{C}$), fósforo orgânico (P_o), fósforo total (P_T), carboidrato total (CHO), proteína total (PRT), lipídio totla (LIP), carbono biopolimérico (CBP), e razões PRT/CHO e CBP/COT dentro dos cinco grupos de amostras definidos pela análise de agrupamento para a campanha 1 (C1) e campanha 2 (C2).



(A)

(B)

Figura X.4.3-2: Espacialização dos cinco grupos definidos pela Análise de Agrupamento para os indicadores geoquímicos orgânicos considerados no presente trabalho (ver texto para detalhes) para (A) campanha 1 e (B) campanha 2

X.5 Considerações finais

A abordagem combinando múltiplos indicadores geoquímicos orgânicos – composição elementar, isotópica, macromolecular e pigmentos – em sedimentos

superficiais e considerando dados de duas campanhas de amostragem, em conjunto com a análise estatística multivariada, permitiu a proposição de cinco províncias principais de acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos da Bacia de Santos. A setorização destas províncias com base em forçantes batimétricas e oceanográficas já identificadas na Bacia de Santos pôde ser estabelecida. Aspectos relacionados com a quantidade e potencial nutricional da matéria orgânica foram destacados em três das cinco províncias propostas. Por exemplo, foi observado que mesmo em baixas concentrações nas áreas rasas (<50 m), a rápida deposição devido às baixas profundidades favorece o acúmulo de matéria orgânica lábil na plataforma interna ao longo de toda a bacia. Além disto, sedimentos lamosos na plataforma média (75-100 m de profundidade) ao longo de toda a bacia são enriquecidos em matéria orgânica com grande potencial nutritivo para ser consumida pelos organismos bentônicos. De forma similar, sedimentos relativamente enriquecidos em matéria orgânica são encontrados no talude médio (700–1300 m) na porção sul-sudeste da bacia (transectos A-D), mas com menor potencial nutricional em comparação com a plataforma média.

O cenário geral sobre a quantidade e a qualidade da matéria orgânica acumulada em sedimentos superficiais pode ser aplicado no estudo da ecologia das comunidades bentônicas da plataforma e talude da Bacia de Santos.

X.6 Referências bibliográficas

- ABBALLE, P.A., CHIVAS, A.R. 2017. Organic matter sources, transport, degradation and preservation on a narrow rifted continental margin: Shoalhaven, southeast Australia. *Organic Geochemistry*, 112(Supplement C), 75-92.
- ALTABET, M.A. 2007. Constraints on oceanic N balance/imbalance from sedimentary $\delta^{15}N$ records. *Biogeosciences*, 4(1), 75-86.
- ASPILA, K.I., ARGEMIAN, H., CHAU, A.S.Y. 1976. A semi-automated method for the determination of inorganic, organic and total phosphorus in sediments. *Analyst*, 101, 187-197.
- AUSÍN, B., BRUNI, E., HAGHIPOUR, N., WELTE, C., BERNASCONI, S.M.,

- EGLINTON, T.I. 2021. Controls on the abundance, provenance and age of organic carbon buried in continental margin sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, 558, 116759.
- BAO, R., VAN DER VOORT, T.S., ZHAO, M., GUO, X., MONTLUÇON, D.B., MCINTYRE, C., EGLINTON, T.I. 2018. Influence of Hydrodynamic Processes on the Fate of Sedimentary Organic Matter on Continental Margins. *Global Biogeochemical Cycles*, 32(9), 1420-1432.
- BAUER, J.E., CAI, W.-J., RAYMOND, P.A., BIANCHI, T.S., HOPKINSON, C.S., REGNIER, P.A.G. 2013. The changing carbon cycle of the coastal ocean. *Nature*, 504(7478), 61-70.
- BÍCEGO, M.C., SANTOS, F.R., DE AANDRADE FURLAN, P.C., LOURENÇO, R.A., TANIGUCHI, S., DE MELLO E SOUSA, S.H., NAGAI, R.H., CAVALCANTE, A.B.L., FIGUEIRA, R.C.L., WAINER, I.K.C., DE MAHIQUES, M.M. 2021. Mid- to late-Holocene analysis of the influence of the La Plata River plume on the southwestern Atlantic shelf: A paleoenvironmental reconstruction based on lipid biomarkers and benthic foraminifera. *The Holocene*, 32(11), 1260-1276
- BRANDINI, F.P., TURA, P.M., SANTOS, P.P.G.M. 2018. Ecosystem responses to biogeochemical fronts in the South Brazil Bight. *Progress In Oceanography*, 164, 52-62.
- BURONE, L., ORTEGA, L., FRANCO-FRAGUAS, P., MAHIQUES, M., GARCÍA-RODRIGUEZ, F., VENTURINI, N., MARIN, Y., BRUGNOLI, E., NAGAI, R., MUNIZ, P., BÍCEGO, M., FIGUEIRA, R., SALAROLI, A. 2013. A multiproxy study between the Río de la Plata and the adjacent South-western Atlantic inner shelf to assess the sediment footprint of river vs. marine influence. *Continental Shelf Research*, 55, 141-154.
- CALIL, P.H.R., SUZUKI, N., BASCHEK, B., DA SILVEIRA, I.C.A. 2021. Filaments, Fronts and Eddies in the Cabo Frio Coastal Upwelling System, Brazil. *Fluids*, 6(2), 54.
- CAMPANYÀ-LLOVET, N., SNELGROVE, P.V.R., PARRISH, C.C. 2017. Rethinking the importance of food quality in marine benthic food webs. *Progress In Oceanography*, 156, 240-251.
- CAMPOS, E.J.D., VELHOTE, D., SILVEIRA, I.C.A. 2000. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. *Geophysical Research Letters*, 27(6), 751-754.
- CARREIRA, R.S., ALBERGARIA-BARBOSA, A.C.R.D., ARGUELHO, M.D.L.P.M., GARCIA, C.A.B. 2021. A lipid biomarker investigation of the

sources and distribution of organic matter in river-influenced shelf sediments of NE Brazil. *Organic Geochemistry*, 151, 104162.

- CARREIRA, R.S., ARAÚJO, M.P., COSTA, T.L.F., ANSARI, N.R., PIRES, L.C.M. 2010. Lipid biomarkers in deep sea sediments from the Campos Basin, SE Brazilian continental margin. *Organic Geochemistry*, 41, 879-884.
- CARREIRA, R.S., CORDEIRO, L.G.M.S., OLIVEIRA, D.R.P., BAÊTA, A., WAGENER, A.L.R. 2015. Source and distribution of organic matter in sediments in the SE Brazilian continental shelf influenced by river discharges: An approach using stable isotopes and molecular markers. *Journal of Marine Systems*, 141(0), 80-89.
- CASTELAO, R.M., BARTH, J.A.C. 2006. Upwelling conditions around Cabo Frio, Brazil: the importance of wind stress curl. *Geophysical Research Letters*, 3, L03062. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005GL025182>.
- CECCOPIERI, M., CARREIRA, R.S., WAGENER, A.L.R., HEFTER, J., MOLLENHAUER, G. 2019. Branched GDGTs as Proxies in Surface Sediments From the South-Eastern Brazilian Continental Margin. *Frontiers in Earth Science*, 7, 291. DOI: <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00291>.
- CECCOPIERI, M., CARREIRA, R.S., WAGENER, A.L.R., HEFTER, J.H., MOLLENHAUER, G. 2018. On the application of alkenone- and GDGT-based temperature proxies in the south-eastern Brazilian continental margin. *Organic Geochemistry*, 126, 43-56.
- CORDEIRO, L.G.M.S., WAGENER, A.L.R., CARREIRA, R.S. 2018. Organic matter in sediments of a tropical and upwelling influenced region of the Brazilian continental margin (Campos Basin, Rio de Janeiro). *Organic Geochemistry*, 120, 86-98.
- DA SILVEIRA, I.C.A., FOLONI NETO, H., COSTA, T.P., SCHMIDT, A.C.K., PEREIRA, A.F., DE CASTRO FILHO, B.M., SOUTELINO, R.G., GROSSMANN-MATHESON, G.S. 2017. 4 - Physical oceanography of Campos Basin continental slope and ocean region. In: Martins, R. P. & Grossmann-Matheson, G. S. (eds.) *Meteorology and Oceanography*. Campus, 135-189 pp.
- DANOVARO, R. 2010. *Methods for the study of deep-sea sediments, their functioning and biodiversity*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 540 pp.
- DAUNER, A.L.L., MOLLENHAUER, G., BÍCEGO, M.C., DE SOUZA, M.M., NAGAI, R.H., FIGUEIRA, R.C.L., DE MAHIQUES, M.M., SOUSA, S.H.D.M.E., MARTINS, C.C. 2019. Multi-proxy reconstruction of sea

surface and subsurface temperatures in the western South Atlantic over the last ~75 kyr. *Quaternary Science Reviews*, 215, 22-34.

- DE MAHIQUES, M.M., FIGUEIRA, R.C.L., SOUSA, S.H.D.M., SANTOS, R.F.D., FERREIRA, P.A.D.L., KIM, B.S.M., CAZZOLI Y GOYA, S., DE MATOS, M.C.S.N., BÍCEGO, M.C. 2020. Sedimentation on the southern Brazilian shelf mud depocenters: Insights on potential source areas. *Journal of South American Earth Sciences*, 100, 102577.
- DE MAHIQUES, M.M., HANEBUTH, T.J.J., NAGAI, R.H., BÍCEGO, M.C., FIGUEIRA, R.C.L., SOUSA, S.H.M., BURONE, L., FRANCO-
- FRAGUAS, P., TANIGUCHI, S., SALAROLI, A.B., DIAS, G.P., PRATES, D.M., FREITAS, M.E.F. 2017. Inorganic and organic geochemical fingerprinting of sediment sources and ocean circulation on a complex continental margin (São Paulo Bight, Brazil). *Ocean Sci.*, 13(2), 209-222.
- DE SOUZA CABRAL, A., CARVALHO, K., PINTO, F.N., OMENA, E.P., PARANHOS, R. 2017. 3 - Abundância de bactérias e fitopigmentos nos sedimentos da plataforma e talude continental da Bacia de Campos. In: Falcão, A. P. D. C. & Lavrado, H. P. (eds.) *Ambiente Bentônico*. Campus, 41-64 pp.
- DELL'ANNO, A., MEI, M.L., PUSCEDDU, A., DANOVARO, R. 2002. Assessing the trophic state and eutrophication of coastal marine systems: a new approach based on the biochemical composition of sediment organic matter. *Marine Pollution Bulletin*, 44(7), 611-622.
- DELL'ANNO, A., PUSCEDDU, A., LANGONE, L., DANOVARO, R. 2008. Biochemical composition and early diagenesis of organic matter in coastal sediments of the NW Adriatic Sea influenced by riverine inputs. *Chemistry & Ecology*, 24(1), 75-85.
- DUBOIS, M., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A., SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- FABIANO, M., DANOVARO, R. 1994. Composition of organic matter in sediments facing a river estuary (Tyrrhenian Sea): relationships with bacteria and microphytobenthic biomass. *Hydrobiologia*, 277(2), 71-84.
- FANELLI, E., BIANCHELLI, S., FOGLINI, F., CANALS, M., CASTELLAN, G., GÜELL-BUJONS, Q., GALIL, B., GOREN, M., EVANS, J., FABRI, M.-C., VAZ, S., CIUFFARDI, T., SCHEMBRI, P.J., ANGELETTI, L., TAVIANI, M., DANOVARO, R. 2021. Identifying Priorities for the Protection of Deep Mediterranean Sea Ecosystems Through an Integrated Approach. *Frontiers*

in Marine Science, 8, 698890. DOI:
<https://doi.org/10.3389/fmars.2021.698890>.

- FARRINGTON, J.W. 1987. Review of marine organic geochemistry. *Reviews of Geophysics*, 25(6), 1395-1416.
- FERREIRA, P.A.D.L., FIGUEIRA, R.C.L., CAZZOLI Y GOYA, S., MAHIQUES, M.M.D. 2020. Insights on the marine sedimentation of the continental shelf and upper slope off SE Brazil during the 20th century with natural radionuclides. *Regional Studies in Marine Science*, 39, 101466.
- GERCHACOV, S.M., HACHTER, P.G. 1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in sediment. *Limnology & Oceanography*, 17, 938-943.
- GONZALEZ-RODRIGUEZ, E., VALENTIN, J.L., ANDRÉ, D.L., JACOB, S.A. 1992. Upwelling and downwelling at Cabo Frio (Brazil): comparison of biomass and primary production responses. *Journal of Plankton Research*, 14(2), 289-306.
- HARTREE, E.F. 1972. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry*, 48, 422-427.
- HEDGES, J.I., KEIL, R.G. 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry*, 49, 81-115.
- HEDGES, J.I., STERN, J.H. 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography*, 29(3), 657-663.
- JAHNKE, R.A. 2009. Organic Carbon Cycling in Continental Margin Environments A2 - Steele, John H. *Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition)*. Oxford: Academic Press, 252-260 pp.
- JOSSE, J., HUSSON, F. 2016. missMDA: A Package for Handling Missing Values in Multivariate Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, 70(1), 1-31.
- LAZZARI, L., WAGENER, A.L.R., CARREIRA, R.S., GODOY, J.M.O., CARRASCO, G., LOTT, C.T., MAUAD, C.R., EGLINTON, T.I., MCINTYRE, C., NASCIMENTO, G.S., BOYLE, E.A. 2019. Climate variability and sea level change during the Holocene: Insights from an inorganic multi-proxy approach in the SE Brazilian continental shelf. *Quaternary International*, 508, 125-141.
- LEVIN, L.A., SIBUET, M. 2012. Understanding Continental Margin Biodiversity: A New Imperative. *Annual Review of Marine Science*, 4(1), 79-112.
- LIU, K.-K., ATKINSON, L., QUIÑONES, R., TALAUE-ACMANUS, L. (eds.). 2010.

Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis, Berlin: Springer.

- LORENZEN, C.J. 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrometric equations. *Limnology and Oceanography*, 12(2), 343-346.
- LOURENÇO, RAFAEL A., MAGALHÃES, CAIO A., MAHIQUES, MICHEL MICHAELOVITCH D., TANIGUCHI, S., BÍCEGO, MÁRCIA C. 2017. Distribution of terrigenous and marine material along the Southeastern Brazilian continental margin. *Regional Studies in Marine Science*, 14, 118-125.
- MAHIQUES, M.M., BÍCEGO, M.C., SILVEIRA, I.M.O., SOUSA, S.H.M., LOURENÇO, R.A., FUKUMOTO, M.M. 2005. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 77(3), 535-548.
- MAHIQUES, M.M., TESSLER, M.G., MARIA CIOTTI, A., DA SILVEIRA, I.C.A., E SOUSA, S.H.D.M., FIGUEIRA, R.C.L., TASSINARI, C.C.G., FURTADO, V.V., PASSOS, R.F. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, 24(15), 1685-1697.
- MANEA, E., BIANCHELLI, S., FANELLI, E., DANOVARO, R., GISSI, E. 2020. Towards an Ecosystem-Based Marine Spatial Planning in the deep Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 715, 136884.
- MARONE, E., KNOPPERS, B.A., SOUZA, W.F.L., SILVEIRA, I.C.A., GODOI, S.S. 2010. The Brazil Current: physical-biogeochemical domains. In: Liu, K.-K., Atkinson, L., Quiñones, R. & Talaue-Macmanus, L. (eds.) *Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis*. Berlin: Springer, 153-170 pp.
- MARSH, J., WEINSTEIN, D. 1966. Simple charring method for determination of lipids. *Journal of Lipid Research*, 7, 574-576.
- MAYER, L.M., MACKO, S.A., CAMMEN, L. 1988. Provenance, concentrations and nature of sedimentary organic nitrogen in the Gulf of Maine. *Marine Chemistry*, 25, 291-301.
- MEYERS, P.A. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*, 27(5/6), 213-250.
- NAGAI, R.H., CHIESSI, C.M., KUHNERT, H., SOUSA, S.H.M., WAINER, I.E.K.C., FIGUEIRA, R.C.L., MAHIQUES, M.M. 2020. South Brazilian Bight mid- to late Holocene hydrographic fluctuations. *Geo-Marine Letters*, 40(6),

1045-1055.

- OLIVEIRA, D.P., CORDEIRO, L.M.S., CARREIRA, R. 2013. Characterization of organic matter in cross-margin sediment transects of an upwelling region in the Campos Basin (SW Atlantic, Brazil) using lipid biomarkers. *Biogeochemistry*, 112(1-3), 311-327.
- PARSONS, T.R., MAITA, Y., LALLI, C.M. 1984. 4.2 - Spectrophotometric Determination of Phaeo-pigments. In: Parsons, T. R., Maita, Y. & Lalli, C. M. (eds.) *A Manual of Chemical & Biological Methods for Seawater Analysis*. Amsterdam: Pergamon, 104-107 pp.
- PIET, G., CULHANE, F., JONGBLOED, R., ROBINSON, L., RUMES, B., TAMIS, J. 2019. An integrated risk-based assessment of the North Sea to guide ecosystem-based management. *Science of the Total Environment*, 654, 694-704.
- PIOLA, A.R., CAMPOS, E.J.D., MÖLLER JR., O.O., CHARO, M., MARTINEZ, C. 2000. Subtropical Shelf Front off eastern South America. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 105(C3), 6565-6578.
- PRUSKI, A.M., BUSCAIL, R., BOURRIN, F., VÉTION, G. 2019. Influence of coastal Mediterranean rivers on the organic matter composition and reactivity of continental shelf sediments: The case of the Têt River (Gulf of Lions, France). *Continental Shelf Research*, 181, 156-173.
- PUSCEDDU, A., BIANCHELLI, S., GAMBI, C., DANOVARO, R. 2011. Assessment of benthic trophic status of marine coastal ecosystems: Significance of meiofaunal rare taxa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(4), 420-430.
- PUSCEDDU, A., DELL'ANNO, A., FABIANO, M., DANOVARO, R. 2009. Quantity and bioavailability of sediment organic matter as signatures of benthic trophic status. *Marine Ecology: Progress Series*, 375, 41-52.
- RAMOS, R.B., DOS SANTOS, R.F., SCHATTNER, U., FIGUEIRA, R.C.L., BÍCEGO, M.C., LOBO, F.J., DE MAHIQUES, M.M. 2020. Deep pockmarks as natural sediment traps: a case study from southern Santos Basin (SW Atlantic upper slope). *Geo-Marine Letters*, 40(6), 989-999.
- RICE, D.L. 1982. The detritus of nitrogen problem: new observation and perspectives from organic geochemistry. *Marine Ecology Progress Series*, 9, 153-162.
- RIDDLE, B., FOX, J., MAHONEY, D.T., FORD, W., WANG, Y.-T., POLLOCK, E., BACKUS, J. 2022. Considerations on the use of carbon and nitrogen isotopic ratios for sediment fingerprinting. *Science of the Total Environment*,

817, 152640.

- RODRIGUES ALVES, B.G., ZIGGIATTI GÜTH, A., CARUSO BÍCEGO, M., AIRTON GAETA, S., GOMES SUMIDA, P.Y. 2014. Benthic community structure and organic matter variation in response to oceanographic events on the Brazilian SE inner shelf. *Continental Shelf Research*, 34, 106-116.
- SANTOS, F.R., NEVES, P.A., KIM, B.S.M., TANIGUCHI, S., LOURENÇO, R.A., TIMOSZCZUK, C.T., SOTÃO, B.M.T., MONTONE, R.C., FIGUEIRA, R.C.L., MAHIQUES, M.M., BÍCEGO, M.C. 2020. Organic contaminants and trace metals in the western South Atlantic upper continental margin: Anthropogenic influence on mud depocenters. *Marine Pollution Bulletin*, 154, 111087.
- SILVEIRA, I.C.A., LIMA, J.A.M., SCHMIDT, A.C.K., CECCOPIERI, W., SARTORI, A., FRANCISCO, C.P.F., FONTES, R.F.C. 2008. Is the meander growth in the Brazil Current system off Southeast Brazil due to baroclinic instability? *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 45(3-4), 187-207.
- SUMMONS, R.E. 1993. Biogeochemical cycles: a review of fundamental aspects of organic matter formation, preservation and composition. In: Engel, M. H. & Macko, S. A. (eds.) *Organic Geochemistry*. Nova York: Plenum Press, 3-21 pp.
- TIMOSZCZUK, C.T., DOS SANTOS, F.R., ARAÚJO, L.D., TANIGUCHI, S., LOURENÇO, R.A., DE MAHIQUES, M.M., DE LIMA FERREIRA, P.A., LOPES FIGUEIRA, R.C., NEVES, P.A., PRATES, D., BÍCEGO, M.C. 2021. Historical deposition of PAHs in mud depocenters from the Southwestern Atlantic continental shelf: The influence of socio-economic development and coal consumption in the last century. *Environmental Pollution*, 284, 117469.
- TROINA, G.C., DEHAIRS, F., BOTTA, S., TULLIO, J.C.D., ELSKENS, M., SECCHI, E.R. 2020. Zooplankton-based $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ isoscapes from the outer continental shelf and slope in the subtropical western South Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 159, 103235.
- TURA, P.M., BRANDINI, F.P. 2020. Nutrients and particulate organic matter dynamics in the outer-shelf of the South Brazil Bight: Two distinct scenarios during summer 2013. *Regional Studies in Marine Science*, 37, 101345.
- VENTURINI, N. 2007. Influência da quantidade da matéria orgânica sedimentar na estrutura e distribuição vertical e horizontal das comunidades bentônica

na plataforma de São Sebastião, São Paulo, Brasil. Tese Doutorado. Instituto Oceanográfico, USP.

- VEZZULLI, L., FABIANO, M. 2006. Sediment biochemical and microbial variables for the evaluation of trophic status along the Italian and Albanian continental shelves. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86(1), 27-37.
- WAKEHAM, S.G., CANUEL, E.A. 2006. Degradation and preservation of organic matter in sediments. In: Volkman, J. K. (ed.) *Handbook of Environmental Chemistry, Volume 2: Reactions and Processes 2 (N.)*. Berlin: Springer, 295-321 pp.
- YAMASHITA, C., OMACHI, C., SANTAROSA, A.C.A., IWAI, F.S., ARAUJO, B.D., DISARÓ, S.T., ALVES MARTINS, M.V., VICENTE, T.M., TANIGUCHI, N., BURONE, L., MAHIQUES, M.M., BÍCEGO, M.C., FIGUEIRA, R.C.L., SOUSA, S.H.M. 2020. Living benthic foraminifera of Santos continental shelf, southeastern Brazilian continental margin (SW Atlantic): chlorophyll-a and particulate organic matter approach. *Journal of Sedimentary Environments*, 5(1), 17-34.
- YOSHINAGA, M.Y., SUMIDA, P.Y.G., WAKEHAM, S.G. 2008. Lipid biomarkers in surface sediments from an unusual coastal upwelling area from the SW Atlantic Ocean. *Organic Geochemistry*, 39(10), 1385-1399.
- ZEMBRUSKI, S.G., CHAVES, H. 1979. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In: Chaves, H.A.F (ed.) *Geomorfologia da margem continental brasileira e das bacias oceânicas adjacentes*. Rio de Janeiro: Projeto REMAC nº7, 129-174 pp.

X.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Renato da Silva Carreira	Oceanógrafo, Dr. Química	Coordenação
Letícia Lazzari	Oceanógrafa, Dra. Química	Pesquisadora de Pós-doutorado
Milena Ceccopieri da Rocha	Oceanógrafa, Dra. Química	Pesquisadora de Pós-doutorado
Laura Rozo	Química, Dra. Química	Técnica Química

Nomes	Formação	Atuação
Dayanne Martins	Química, Me. Química	Aluna mestrado
Leanderson Coimbra	Técnico em Petróleo e Gás	Técnico Química
Arthur Scofileld	Químico, Dr. Química	Pesquisador
Lilian Almeida	Química	Técnica Química
Carlos German Massone	Oceanógrafo, Dr. Química	Pesquisador
Juliana Nascimento	Bióloga, Dra. Geociências	Técnica Química
Pamella Talita da Silva Melo	Bióloga, Me. Química	Técnica Química
Francine Kalas	Oceanógrafa, Dra. Química	Técnica Química

XI. Elementos-traço nos sedimentos superficiais da Bacia de Santos

*Capítulo XI
Revisão 01
Dezembro/2022*

XI.1 Introdução

Atividades antrópicas são as maiores responsáveis pela introdução de contaminantes orgânicos e inorgânicos, como metais e hidrocarbonetos, no ambiente marinho (McElroy et al., 1989).

Os hidrocarbonetos, por serem os principais constituintes do petróleo, são frequentemente utilizados como indicadores da presença desses componentes no ambiente. Em média, o petróleo contém cerca de 80% de hidrocarbonetos alifáticos (30% de alcanos e 50% de cicloalcanos) e 15% de hidrocarbonetos aromáticos (UNEP, 1992).

O petróleo é uma mistura complexa de vários compostos orgânicos que foram quimicamente convertidos sob diferentes processos físicos e químicos, sob condições biológicas e geológicas particulares, por longos períodos de tempo. Do ponto de vista elementar, é composto principalmente por carbono (80 a 87%) e hidrogênio (10 a 15%), formando os diversos hidrocarbonetos, que ocorrem desde a forma de gases leves até resíduos pesados. Outros elementos como enxofre (0 a 10%), oxigênio (0 a 5%), nitrogênio (0 a 1%) e metais traço como o níquel, o cobre, o vanádio e o ferro ocorrem em menor abundância (Wang et al., 1999; NRC, 1985).

Os metais, constituintes da crosta terrestre e presentes naturalmente no ambiente marinho, quando disponibilizados em quantidades excessivas através de processos erosivos de rochas, extrativismo mineral, lixiviação dos solos e atividade industrial são considerados contaminantes (Bryan, 1980). A vasta utilização dos recursos naturais tem sido responsável pela ampla magnitude e frequência da disposição dos metais no ambiente (Yabe & Oliveira, 1998). Devido à diversidade de fontes, a avaliação da introdução antropogênica destes elementos no ambiente marinho, torna-se bastante complexa (Clark, 1992).

Os metais estão presentes no ambiente de formas variadas, das quais nem todas são igualmente tóxicas, móveis, ou biodisponíveis. Vários fatores podem influenciar a sua mobilidade e conseqüentemente na sua potencialidade tóxica (Foster & Charlesworth, 1996). Muitos metais são considerados essenciais para os organismos, porém em concentrações acima do limiar se tornam altamente

tóxicos. Os metais ou metaloides como Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Cromo (Cr) e Mercúrio (Hg) apresentam elevado potencial tóxico quando em altas concentrações no ambiente e portanto são também os elementos mais estudados em trabalhos de contaminação (Haynes & Jonhson 2000).

As numerosas atividades humanas desenvolvidas em regiões costeiras e oceânicas frequentemente resultam em um distúrbio ambiental, o qual pode ser avaliado e monitorado ao longo do tempo através de indicadores químicos, como os hidrocarbonetos e metais presentes na água e no sedimento. Estes indicadores podem prover uma série de informações associadas ao início, aumento ou diminuição do aporte dessas substâncias, além de fornecerem um indicativo sobre qualidade dos ecossistemas marinhos (Bícego et al., 2013).

XI.2 *Material & métodos*

XI.2.1 *Liofilização*

Cada réplica amostral foi subamostrada em aproximadamente 10g. Essa fração foi liofilizada por, no mínimo, 72h e o teor de umidade determinado pela diferença de massa entre o início e fim do processo. O sedimento seco foi armazenado em dessecador e destinado para as análises de metais biodisponíveis, totais e enxofre elementar.

XI.2.2 *Abertura parcial (metais biodisponíveis)*

Para análise de metais biodisponíveis utilizou-se uma adaptação do método EPA 3050. Aproximadamente 0,5g de amostra foi adicionado em um tubo de centrífuga plástico tipo Falcon juntamente com 10mL de ácido nítrico concentrado subdestilado. A mistura foi aquecida à 90°C por 4 horas. Após o resfriamento a amostra foi avolumada à 25mL, com água ultrapura tipo I, filtrada (0,45µm) e armazenada em geladeira até o momento da análise.

XI.2.3 Abertura total (metais totais)

Para análise de metais totais utilizou-se uma adaptação dos métodos EPA 3052 e EPA 3050. Aproximadamente 0,5g de amostra foi adicionado em um tubo de centrífuga plástico tipo Falcon juntamente com 10mL de ácido nítrico concentrado subdestilado e 3mL de ácido fluorídrico ultrapuro. A mistura foi aquecida à 90°C por 4 horas. Após o resfriamento a amostra foi avolumada à 25mL, com água ultrapura tipo I, filtrada (0,45µm) e armazenada em geladeira até o momento da análise.

XI.2.4 Abertura para Alumínio total

Observou-se uma baixa recuperação de alumínio durante o procedimento de abertura total, assim sendo o procedimento para abertura total precisou ser adaptado para este elemento.

Aproximadamente 0,5g de amostra foi adicionado em um tubo de centrífuga plástico tipo Falcon juntamente com 10mL de água régia (HNO₃:HCl 1:3 V/V). A mistura foi aquecida à 90°C por 4 horas. Com a amostra ainda quente adicionou-se 1mL de ácido fluorídrico suprapuro permitindo a reação por 1h enquanto a solução resfriava. Após atingir a temperatura ambiente adicionou-se 12,5ml de uma solução de ácido bórico 40g/L. Quando necessário o volume final foi ajustado à 25mL, com água ultrapura tipo I. A amostra foi filtrada (0,45µm) e armazenada em geladeira até o momento da análise.

XI.2.5 Análise por ICP-MS

Tomou-se uma alíquota de 300µL da amostra, independentemente do método de abertura, e acrescentou-se 100µL de uma solução de padrão interno (colocar os elementos aqui), a solução final foi avolumada à 10mL e injetada no ICP-MS (Agilent 7900) em triplicata.

Por batelada de injeção uma solução controle era injetada no mínimo no início e no fim da sequência de injeção. O resultado da amostra controle era monitorado por carta controle e o lote de análise era invalidado sempre que

ultrapassava o limite de 2 desvios padrão. Quando as réplicas de injeção ultrapassavam o limite da repetibilidade (20% para Cd e 10% para os demais metais) a amostra era invalidada. O limite da repetibilidade do cádmio é mais alto do que os demais metais pois o nível de concentração das amostras está muito próximo ao limite de quantificação deste elemento.

A **Tabela X.2.5-1** abaixo apresenta os limites de quantificação e detecção instrumentais do equipamento utilizado assim como os modos de tuning utilizados. Os valores podem diferir dos limites apresentados na seção de resultados pois estes se referem aos limites do método e levam em consideração as diluições de preparo, que variam de amostra para amostra.

Tabela X.2.5-1: Limites de detecção e quantificação instrumentais e módulos de tuning utilizados.

Elemento [modo tune]	11 B [No Gas]	27 Al [He]	51 V [No Gas]	52 Cr [He]	55 Mn [He]	56 Fe [He]	60 Ni [He]
LD	1,475277	12,3655	0,007958	0,015254	0,019533	0,55573	0,201699
LQ	4,470537	37,47122	0,25	0,25	0,25	1,68402	0,611209
Elemento [modo tune]	63 Cu [He]	66 Zn [He]	75 As [No Gas]	111 Cd [He]	137 Ba [He]	208 Pb [No Gas]	
LD	0,284018	2,494109	0,012074	0,022134	0,074933	0,15131	
LQ	0,86066	7,557906	0,25	0,25	0,25	0,4585	

XI.2.6 Análise de mercúrio total

Cerca de 0,03g de amostra in natura foi pesada em uma barquinha de níquel ou quartzo e quantificada em analisador de mercúrio DMA-80 da marca Milestone.

XI.3 Resultados

Os resultados de todas as amostras foram compilados e armazenados no Banco de Dados Costeiro e Oceânico (BDCO).

Ao todo foram gerados 31.212 resultados de metais no sedimento, sendo 15.028 resultados de metais biodisponíveis e 16.184 de metais totais.

Todos os dados foram tratados utilizando R (x.64 4.1.2) e RStudio (2022.02.0 built443).

A Erro! Fonte de referência não encontrada. e a Erro! Fonte de referência não encontrada. a seguir compilam a estatística descritiva dos dados gerais obtidos para metais biodisponíveis e metais totais por campanha. Desta forma é possível ter um panorama geral dos dados sem passar por todos os resultados individualmente

Os dados foram organizados na forma de “box-plot” segregados por campanha, para melhor visualização e comparação. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os dados de metais biodisponíveis enquanto a Erro! Fonte de referência não encontrada. apresenta os dados de metais totais.

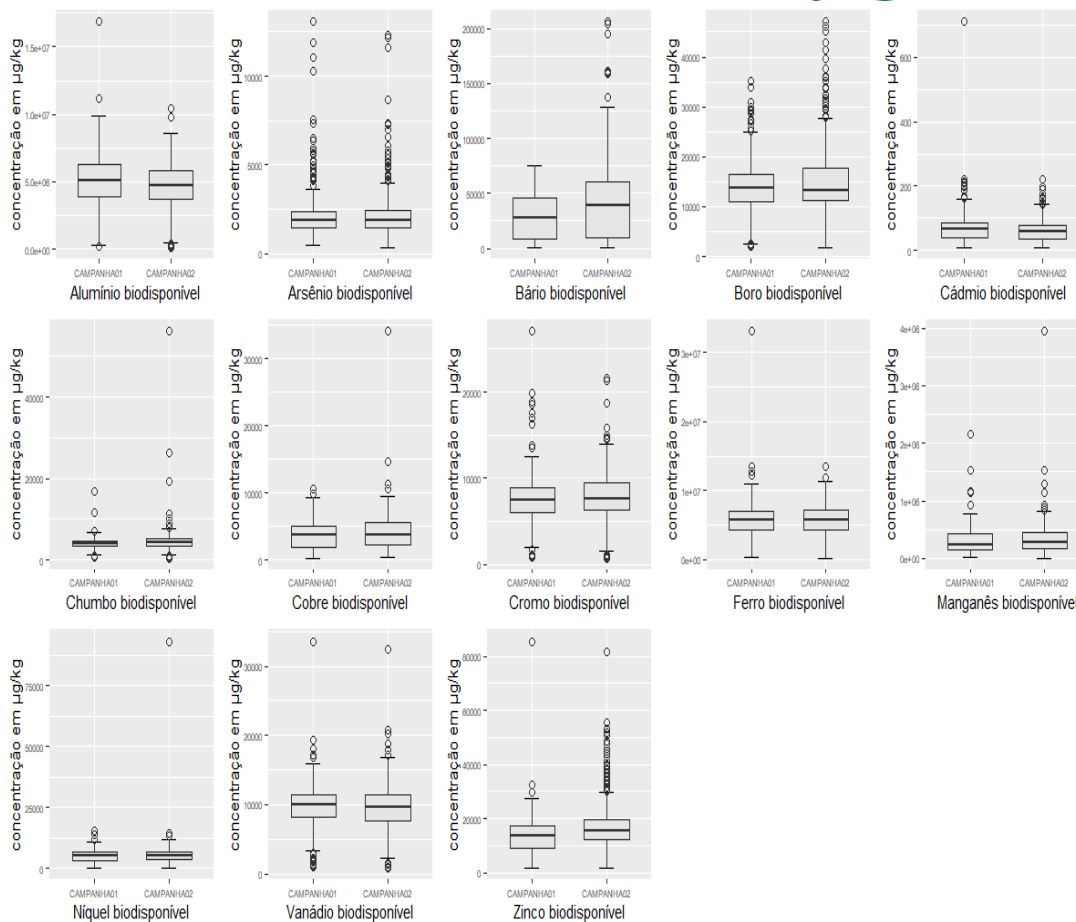
Na sequência cada elemento é apresentado individualmente com uma breve observação de tendências observadas inicialmente, assim como as distribuições espaciais e variação entre campanhas.

Erro! Fonte de referência não encontrada.: Resultados de metais biodisponíveis para ambas as campanhas do PCR-BS.

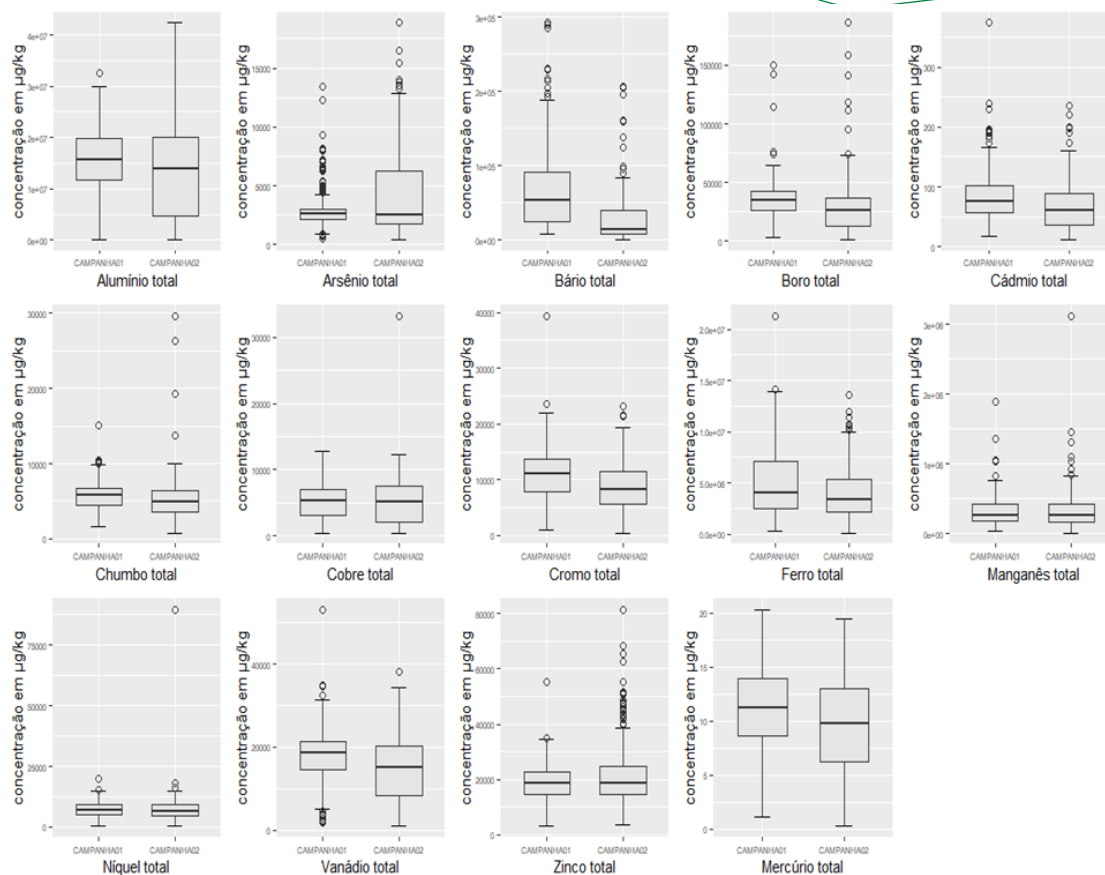
	Média (µg/kg)		SD (µg/kg)		RSD (%)		Mediana (µg/kg)		IQR (µg/kg)	
	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02
Alumí nio	5025508, 79	4667170, 30	2061773, 24	1897922, 71	41,03	40,67	5068974, 00	4750609, 36	2417312, 55	2147673, 82
Arsêni o	2268,48	2306,74	1630,50	1587,64	71,88	68,83	1874,98	1901,74	962,63	997,56
Bário	28693,17	42126,59	20922,73	37363,77	72,92	88,69	28012,75	39596,16	37458,80	51080,49
Boro	13739,63	15218,83	5905,79	7873,90	42,98	51,74	13706,23	13122,36	5606,21	6623,09
Cadmi o	72,69	62,90	56,18	37,86	77,29	60,19	64,97	58,26	47,78	43,83
Chum bo	3990,77	4585,89	1448,00	3699,12	36,28	80,66	4001,98	4192,80	1485,36	1638,61
Cobre	3478,66	4025,17	2018,29	2920,48	58,02	72,56	3650,04	3771,58	3175,28	3376,74
Crom o	7593,14	7931,78	3000,13	3000,69	39,51	37,83	7455,56	7672,18	2890,30	3162,28
Ferro	5715258, 94	5788609, 92	2693910, 06	2195198, 95	47,14	37,92	5759777, 41	5761533, 63	2736078, 53	2867516, 41
Mang anês	301143,1 1	333675,7 3	232269,5 1	303192,5 0	77,13	90,86	241374,3 4	276974,6 8	277091,9 3	269685,1 2
Níque l	5110,63	5704,01	2449,72	5703,76	47,93	100,00	5129,76	5471,06	3309,69	3359,98
Vanád io	9709,95	9663,73	3381,03	3629,41	34,82	37,56	9904,45	9592,52	3301,45	3781,40
Zinco	13032,47	17505,35	7239,71	10227,66	55,55	58,43	13463,07	15456,39	8126,12	7297,12

Erro! Fonte de referência não encontrada.: Resultados de metais totais para ambas as campanhas do PCR-BS

	Média (µg/kg)		SD (µg/kg)		RSD (%)		Mediana (µg/kg)		IQR (µg/kg)	
	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02	CAMPAN HA01	CAMPAN HA02
Alumí nio	1527811 1,46	1292272 5,16	6442897, 75	8713772, 50	42,17	67,43	1571558 2,19	1398804 0,71	8057605, 97	1531890 9,15
Arsêni o	2889,65	4295,64	1558,43	3791,16	53,93	88,26	2589,88	2475,26	871,28	4451,15
Bário	68879,11	27956,89	56793,19	32763,10	82,45	117,19	52691,05	13897,06	66111,33	32108,10
Boro	35797,25	27960,40	17888,46	22214,19	49,97	79,45	35144,86	25951,17	16775,29	24696,57
Cadmi o	82,69	67,35	42,43	40,46	51,31	60,07	76,25	60,10	43,49	52,53
Chum bo	5715,26	5201,56	1786,17	2809,30	31,25	54,01	5755,61	4944,72	2198,95	2721,43
Cobre	5256,49	5100,23	2712,25	3495,06	51,60	68,53	5263,67	5095,85	4035,94	5332,77
Crom o	10924,88	8716,24	4649,74	4284,56	42,56	49,16	11171,75	8239,66	5808,88	5848,66
Ferro	4915429, 06	3932752, 95	3095125, 90	2542265, 43	62,97	64,64	4064560, 40	3368705, 48	4629592, 95	3188168, 48
Mang anês	311148,5 3	320883,0 8	206708,5 6	267359,2 2	66,43	83,32	256080,8 7	261167,3 8	237710,7 5	263337,1 9
Merc úrio	10,98	9,27	4,44	4,51	40,44	48,71	11,18	9,81	5,29	6,79
Níque l	6988,64	7062,84	3055,07	5922,92	43,71	83,86	7007,54	6459,67	3987,65	4619,64
Vaná dio	17842,94	14700,53	6269,02	7483,32	35,13	50,91	18535,00	14924,41	6746,43	11777,87
Zinco	18223,87	20811,18	7379,68	11398,88	40,49	54,77	18708,50	18736,59	8038,82	10017,48



Erro! Fonte de referência não encontrada.: Box-plot dos dados de metais biodisponíveis segregados por campanha. Todos os elementos estão apresentados em µg/kg, mas cada gráfico está com a própria escala.



Erro! Fonte de referência não encontrada.: Box-plot dos dados de metais totais segregados por campanha. Todos os elementos estão apresentados em µg/kg, mas cada gráfico está com a própria escala

XI.3.1 Metais biodisponíveis

XI.3.1.1 Alumínio

Os resultados para Alumínio biodisponível na primeira campanha, variaram de 0,2g.kg⁻¹ a 16,92g.kg⁻¹ e valor médio de aproximadamente 5,0g.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 4,72g.kg⁻¹, variando de 0,092g.kg⁻¹ a 10,42g.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (Figuras XI-3 e XI-4) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas mais ao sul da bacia e na faixa de transição entre o talude e a plataforma.

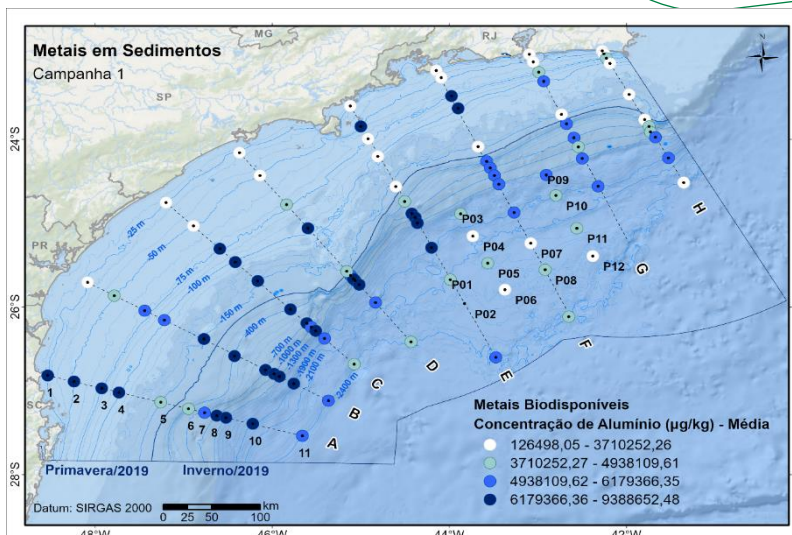


Figura XI- 1: Distribuição espacial do Alumínio biodisponível na Campanha 1

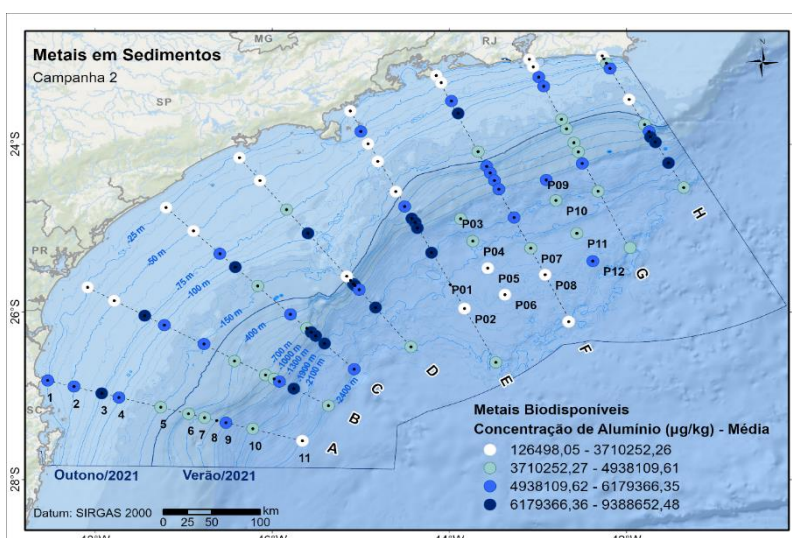


Figura XI- 2: Distribuição espacial do Alumínio biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI- 5** apresenta os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. A maior concentração dos dados em torno da média na segunda campanha sugere uma menor dispersão dos dados neste período.

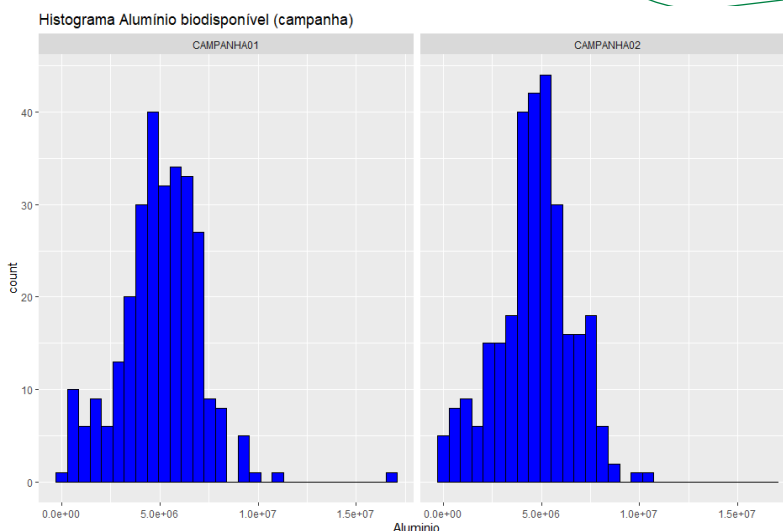


Figura XI- 3: Histograma da concentração de Alumínio biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.2 Arsênio

Na primeira campanha os resultados de Arsênio biodisponível variaram de 0,5mg.kg-1 a 13,1mg.kg-1 e apresentou, uma média de aproximadamente 2,3mg.kg-1. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 2,3mg.kg-1, variando de 0,3mg.kg-1 a 12,3mg.kg-1.

Os mapas abaixo (**FigurasFigura XI-4**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na porção norte da Bacia.

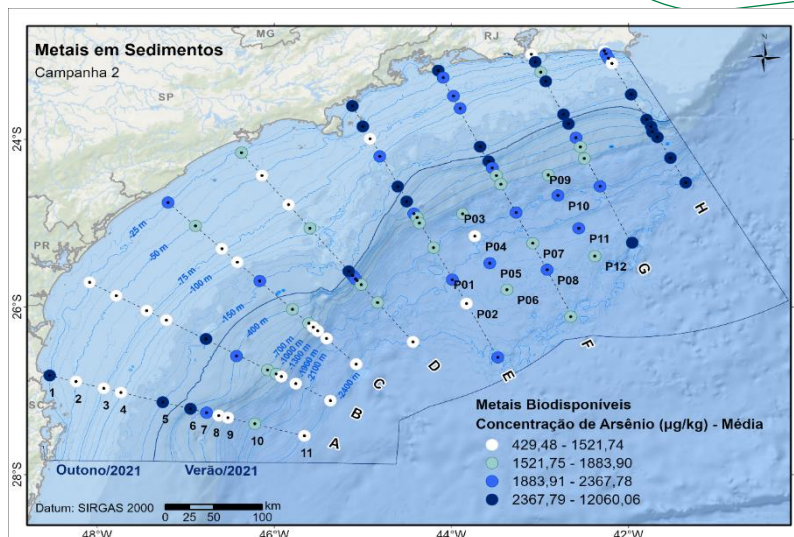


Figura XI-4: Distribuição espacial do Arsênio biodisponível na Campanha 1

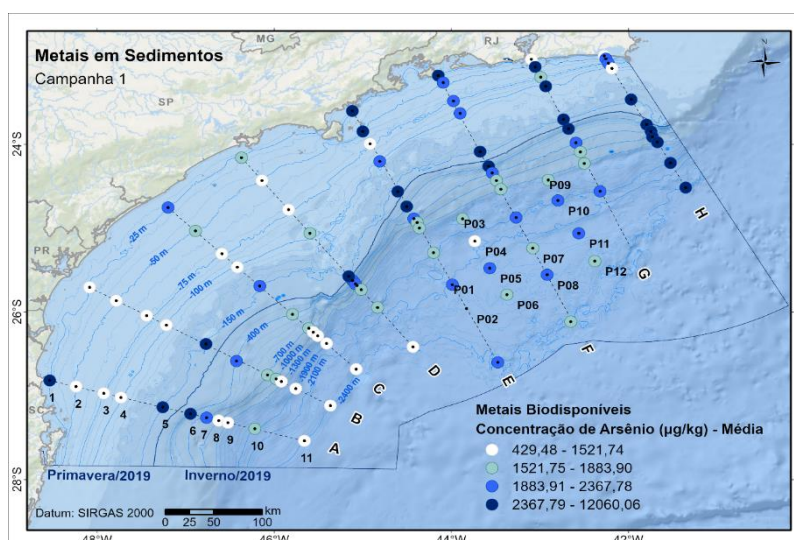


Figura XI-5: Distribuição espacial do Arsênio biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI-8** **Figura XI- 3** mostra os histogramas do Arsênio biodisponível em ambas as campanhas. De forma superficial, indicam pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

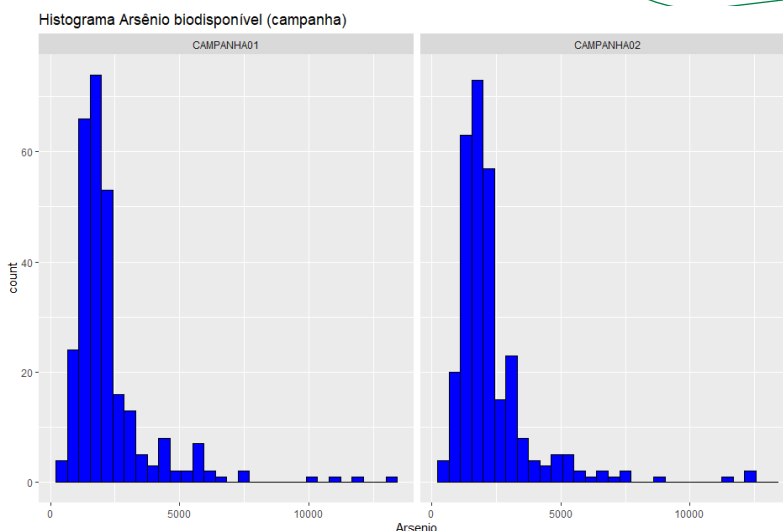


Figura XI- 6: Histograma da concentração de Arsênio biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.3 Bário

Os resultados de Bário biodisponível, na primeira campanha, variaram de 0,5mg.kg⁻¹ a 75,7mg.kg⁻¹, apresentando uma média de aproximadamente 28,7mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 42,1mg.kg⁻¹, tendo variado de 0,4mg.kg⁻¹ a 206,6mg.kg⁻¹.

Os mapas das **Figuras XI-Figura XI-49 e 10**, na sequência, ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na porção mais profunda da Bacia. Destaca-se na segunda campanha o transecto D, que apresentou concentrações mais elevadas em toda a sua extensão, distoando do padrão espacial observado na primeira campanha.

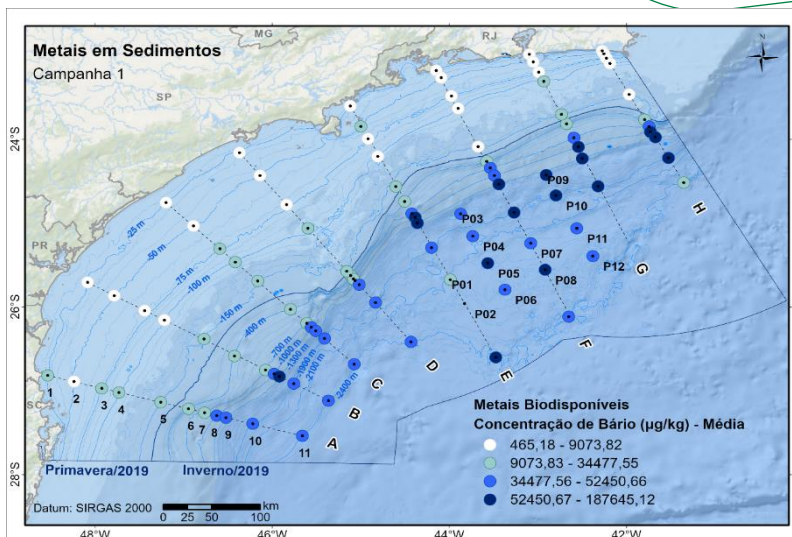


Figura XI- 7: Distribuição espacial do Bário biodisponível na Campanha 1

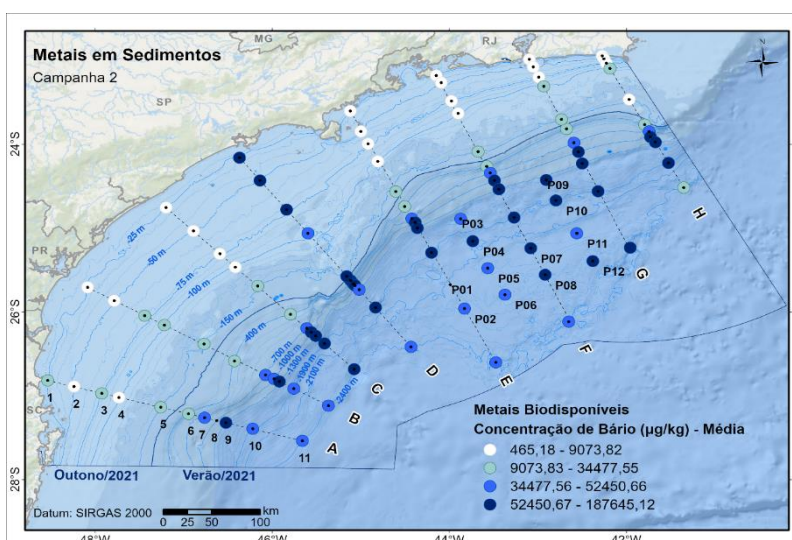


Figura XI-8: Distribuição espacial do Bário biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI-9ra XI-11** **Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, uma variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo, sendo que os dados se encontram mais dispersos na segunda campanha.

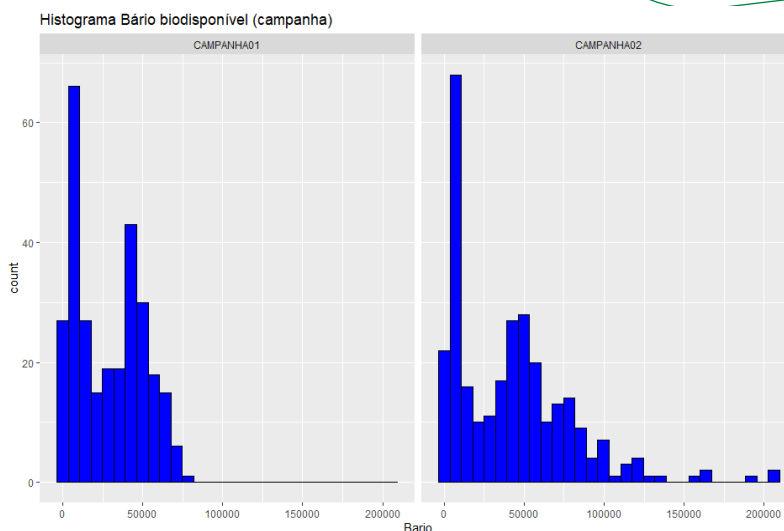


Figura XI-9: Histograma da concentração de Bário biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.4 Boro

Os resultados de Boro biodisponível, na primeira campanha, variaram de 1,9mg.kg-1 a 35,1mg.kg-1, com média de aproximadamente 13,7mg.kg-1. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 15,2mg.kg-1, tendo os resultados variado de 1,7mg.kg-1 a 47,1mg.kg-1.

Os mapas abaixo (**Figuras XI- Figura XI- 10 e Figura XI- 11**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as menores concentrações encontradas ficam localizadas nas isóbatas mais rasas ao logo da linha de costa. Ressalta-se também alguns pontos de concentrações mais baixas em isóbatas mais profundas, mas sem padrão aparente.

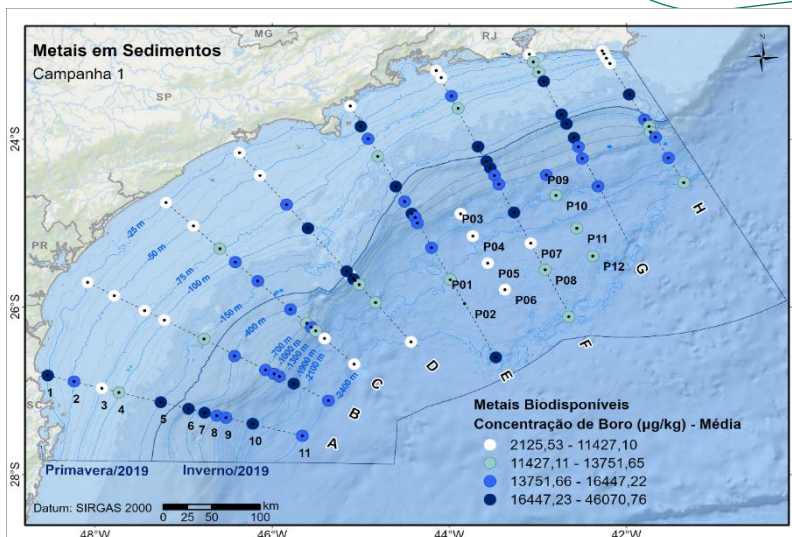


Figura XI- 10: Distribuição espacial do Boro biodisponível na Campanha 1

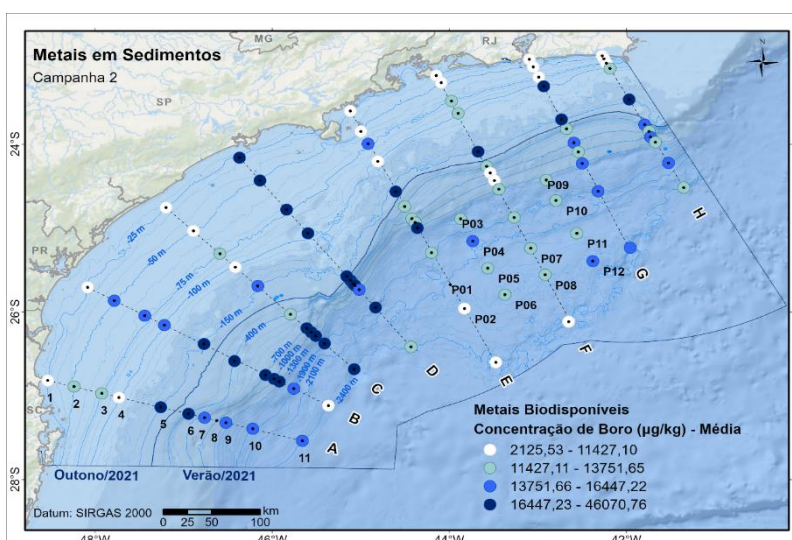


Figura XI- 11: Distribuição espacial do Boro biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI-12** **Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. A maior concentração dos dados em torno da média na segunda campanha sugere uma menor dispersão dos dados neste período.

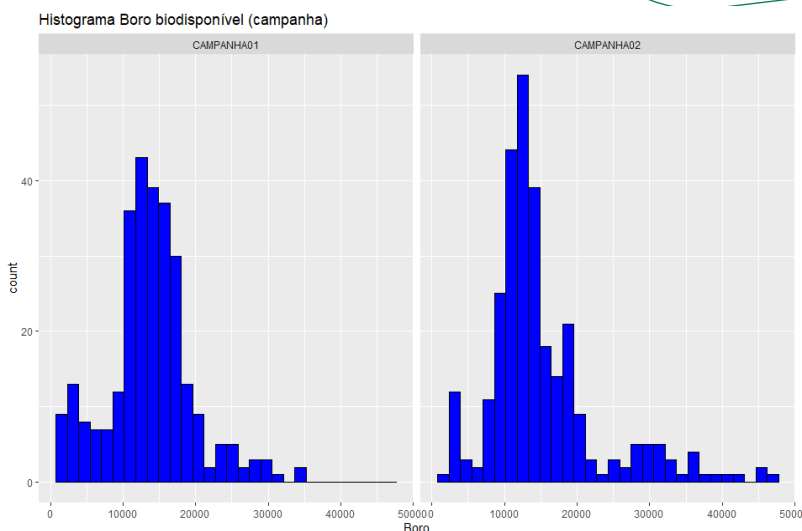


Figura XI-12: Histograma da concentração de Boro biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.5 Cádmi

Na primeira campanha os resultados de Cádmi biodisponível apresentaram uma média de aproximadamente $72,7\mu\text{g.kg}^{-1}$, variando de $8,6\mu\text{g.kg}^{-1}$ a $711,0\mu\text{g.kg}^{-1}$. Já na segunda campanha a média encontrada foi de $62,9\mu\text{g.kg}^{-1}$, variando de $8,2\mu\text{g.kg}^{-1}$ a $220,8\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Os mapas abaixo (**Figuras XI-15 e XI-Figura XI-14**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se uma tendência de maiores concentrações nas isóbatas mais profundas na porção sul da Bacia, mas na porção norte existe uma diferença de padrão de distribuição espacial entre as campanhas. Na primeira campanha os dados mais altos tendem a se concentrar mais na interface entre a plataforma e talude e nas isóbatas mais rasas enquanto que na segunda campanha temos um padrão mais disperso com tendência de maiores valores nas isóbatas mais profundas.

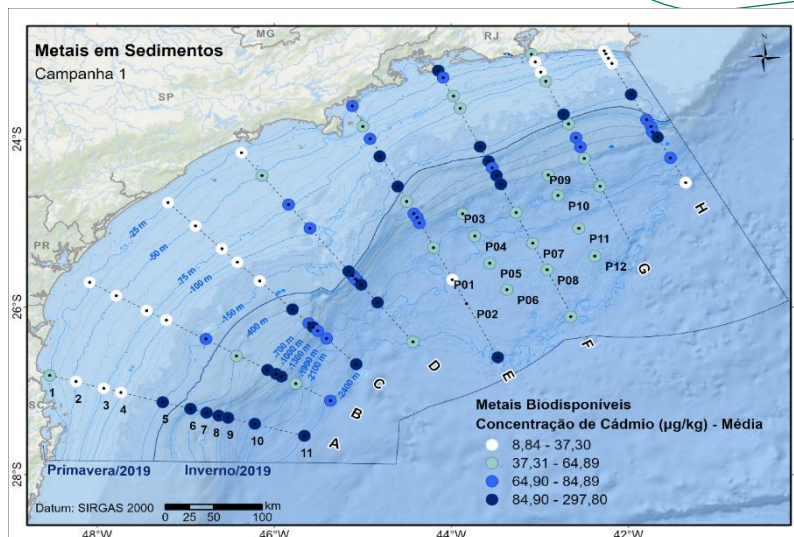


Figura XI-13: Distribuição espacial do Cádmiu biodisponível na Campanha 1

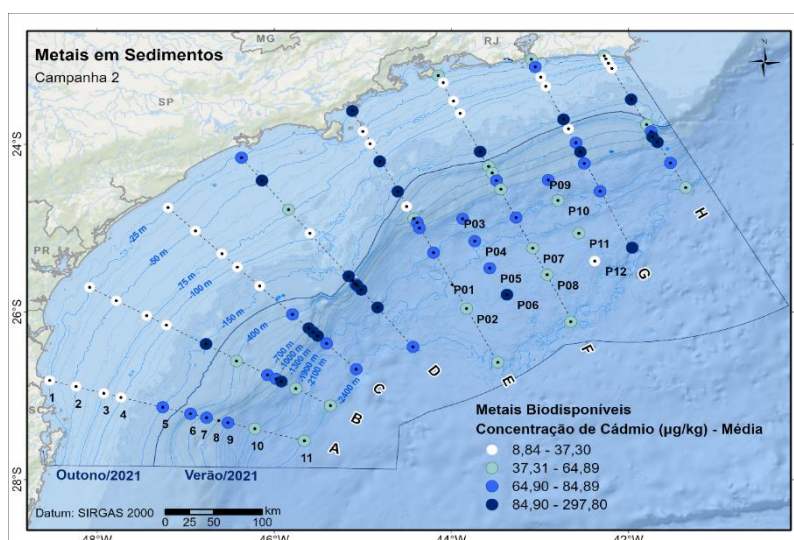


Figura XI-14: Distribuição espacial do Cádmiu biodisponível na Campanha 2

A Figura XI-15 Figura XI- 3 apresenta os histogramas de ambas as campanhas indicando pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

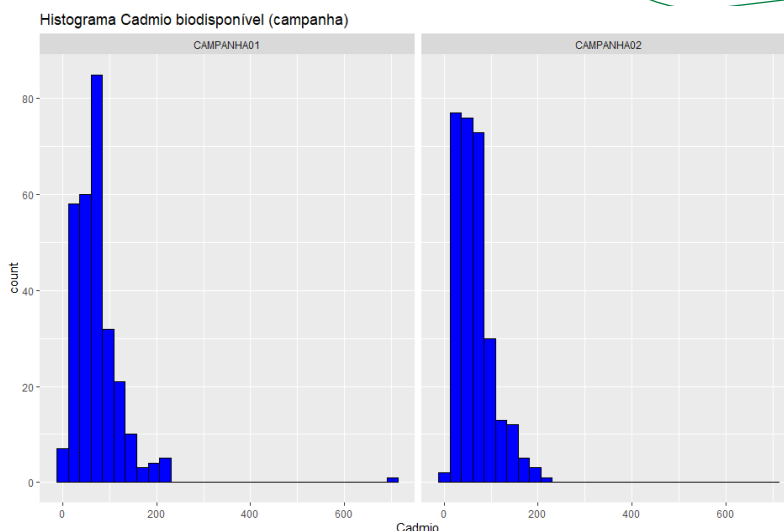


Figura XI-15: Histograma da concentração de Cádmio biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.6 Chumbo

Os resultados de Chumbo biodisponível apresentaram, na primeira campanha, variação de 0,7mg.kg⁻¹ a 16,7mg.kg⁻¹ e uma média de aproximadamente 4,0mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 4,6mg.kg⁻¹, variando de 0,5mg.kg⁻¹ a 56,1mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figuras XI-18 e XI-19**) ilustram a distribuição espacial encontrados para Chumbo na bacia em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na porção sul da Bacia.

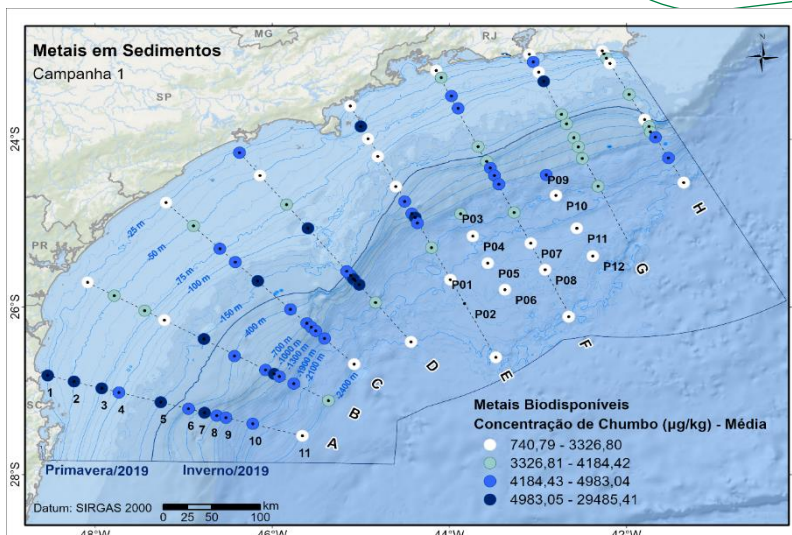


Figura XI-16: Distribuição espacial do Chumbo biodisponível na Campanha 1

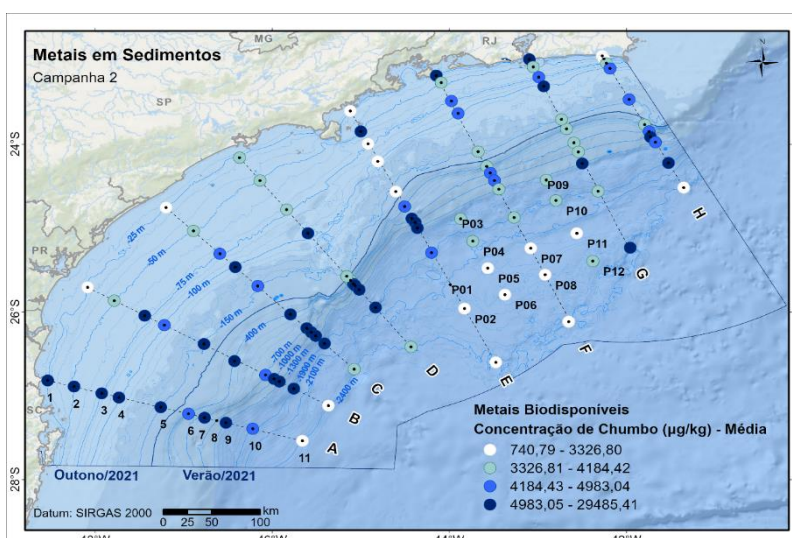


Figura XI-17: Distribuição espacial do Chumbo biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI- 18** **Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

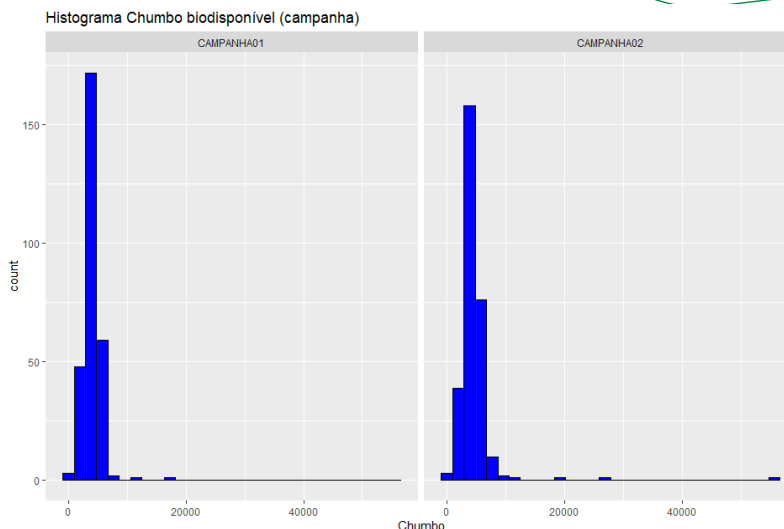


Figura XI- 18: Histograma da concentração de chumbo biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.7 Cobre

O Cobre biodisponível apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 3,5mg.kg-1, e resultados variando de 0,3mg.kg-1 a 10,6mg.kg-1. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 4,0mg.kg-1, variando de 0,4mg.kg-1 a 34,0mg.kg-1.

Os mapas abaixo (**Figura XI- 19 e Figura XI- 20**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas nas isóbatas mais profundas. Destaca-se uma tendência de maiores valores de concentração também ao longo do transecto A.

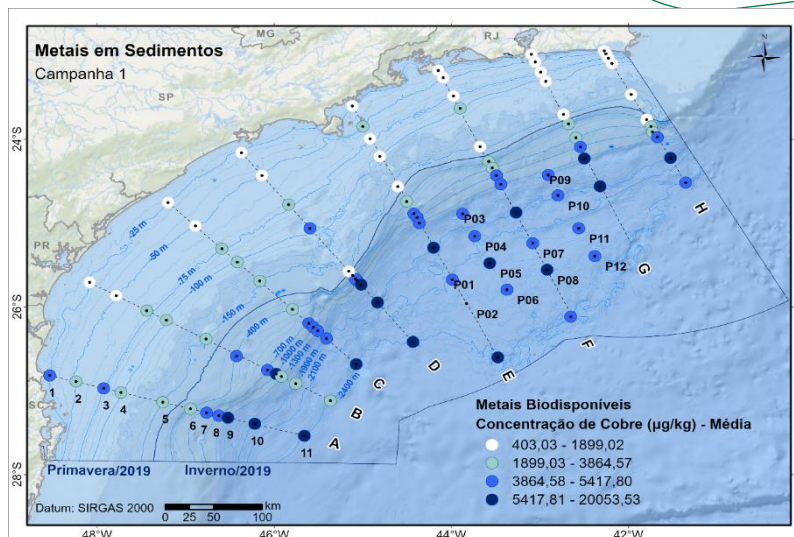


Figura XI- 19: Distribuição espacial do Cobre biodisponível na Campanha 1

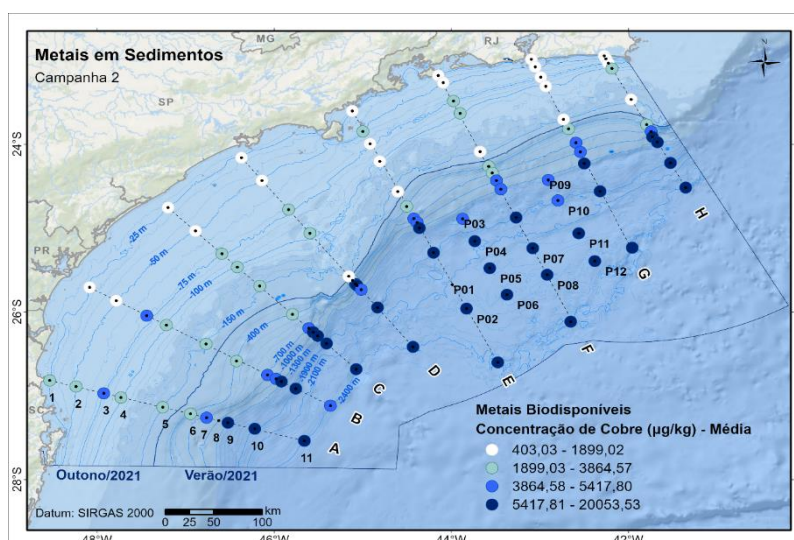


Figura XI- 20: Distribuição espacial do Cobre biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI-21** **Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

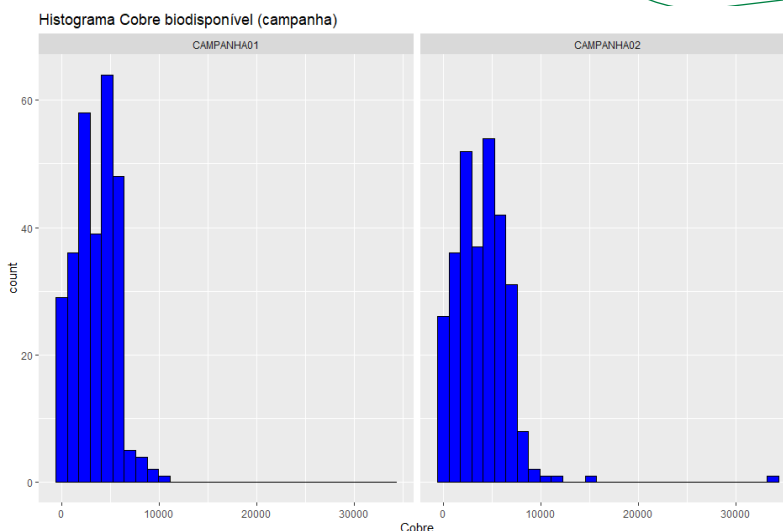


Figura XI-21: Histograma da concentração de Cobre biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.8 Cromo

Os resultados de Cromo biodisponível, na primeira campanha, variaram de 0,8mg.kg⁻¹ a 27,1mg.kg⁻¹ e média de aproximadamente 7,6mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 7,9mg.kg⁻¹, variando de 0,8mg.kg⁻¹ a 21,6mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-22 e Figura XI-23**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados nas duas campanhas. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na interface entre a plataforma e o talude da Bacia. Destaca-se também a tendência de maiores valores ao longo do transecto A.

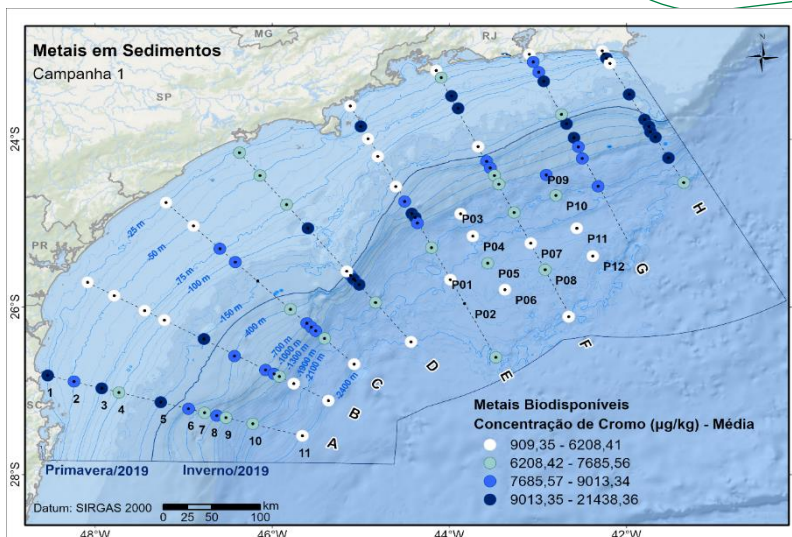


Figura XI-22: Distribuição espacial do Cromo biodisponível na Campanha 1

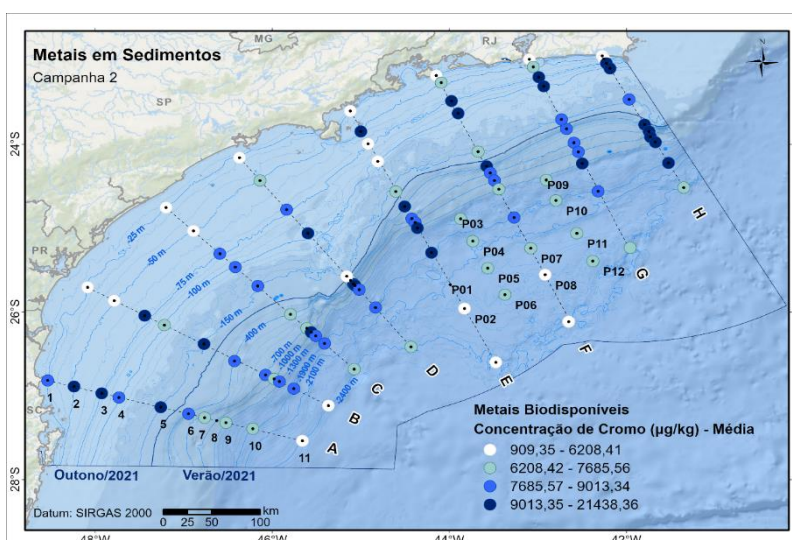


Figura XI-23: Distribuição espacial do Cromo biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI- 24****Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo, com uma leve tendência de menor dispersão na segunda campanha.

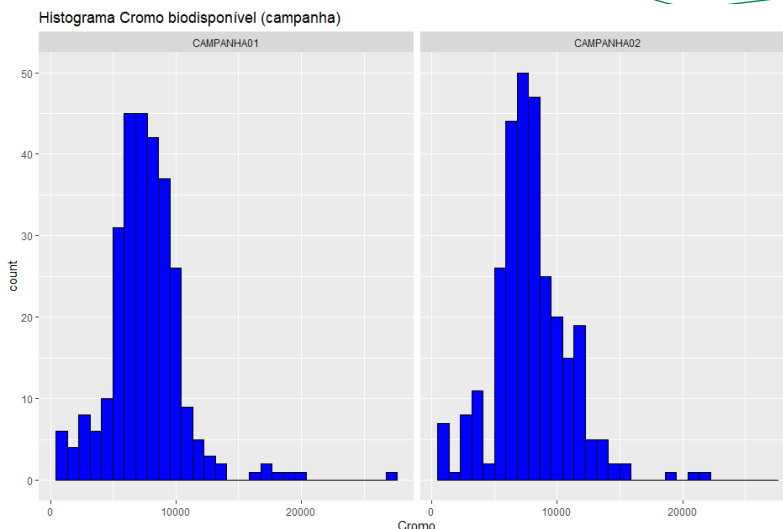


Figura XI- 24: Histograma da concentração de Cromo biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.9 Ferro

O Ferro biodisponível apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 5,7g.kg⁻¹, e resultados variando de 0,3g.kg⁻¹ a 33,1g.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 5,8mg.kg⁻¹, variando de 0,2mg.kg⁻¹ a 13,5mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI- 25** e **Figura XI- 26**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na transição entre a plataforma e o talude com uma tendência de mesmo comportamento nas isobatas mais rasas.

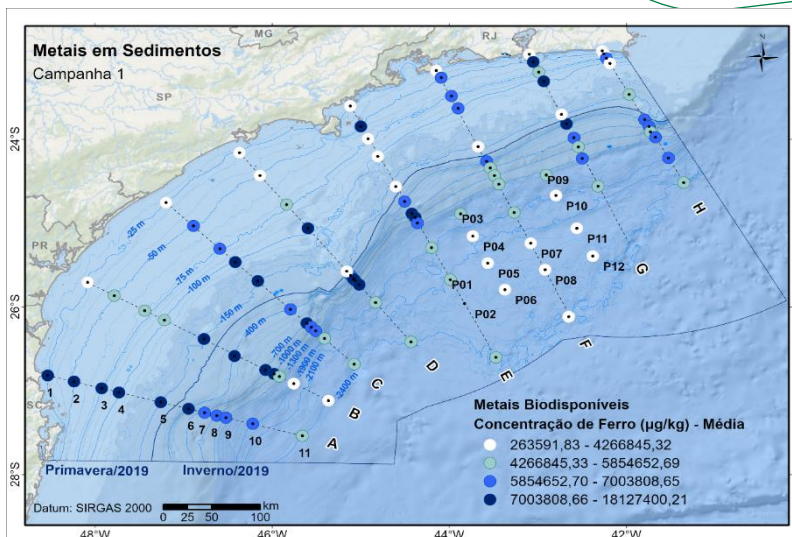


Figura XI- 25: Distribuição espacial do Ferro biodisponível na Campanha 1

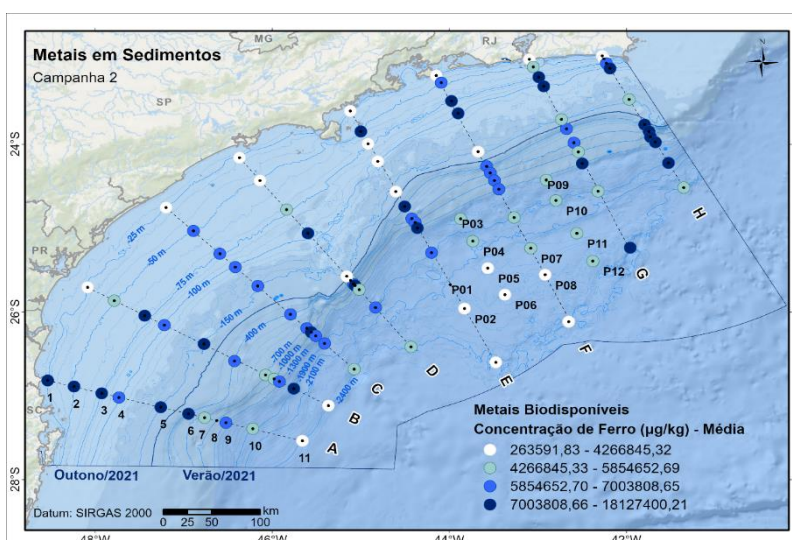


Figura XI- 26: Distribuição espacial do Ferro biodisponível na Campanha 2

A Figura XI-27Figura XI- 3 mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

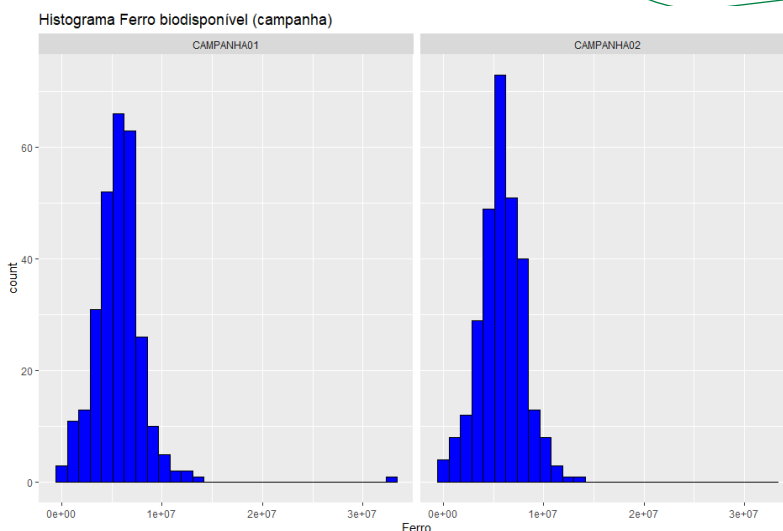


Figura XI-27: Histograma da concentração de Ferro biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.10 Manganês

Os resultados de Manganês biodisponível apresentaram, uma média de aproximadamente 0,3g.kg⁻¹ na primeira campanha, e resultados variando de 0,01g.kg⁻¹ a 2,1g.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 0,3g.kg⁻¹, variando de 0,008g.kg⁻¹ a 3,9g.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-28** e **Figura XI-29**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na porção sul da Bacia sendo que na porção norte pode se observar resultados similares na transição entre a plataforma e o talude.

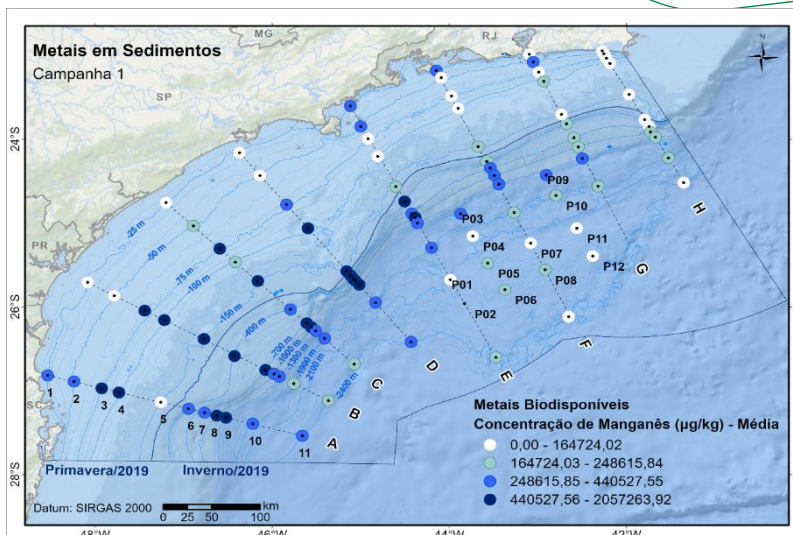


Figura XI-28: Distribuição espacial do Manganês biodisponível na Campanha 1

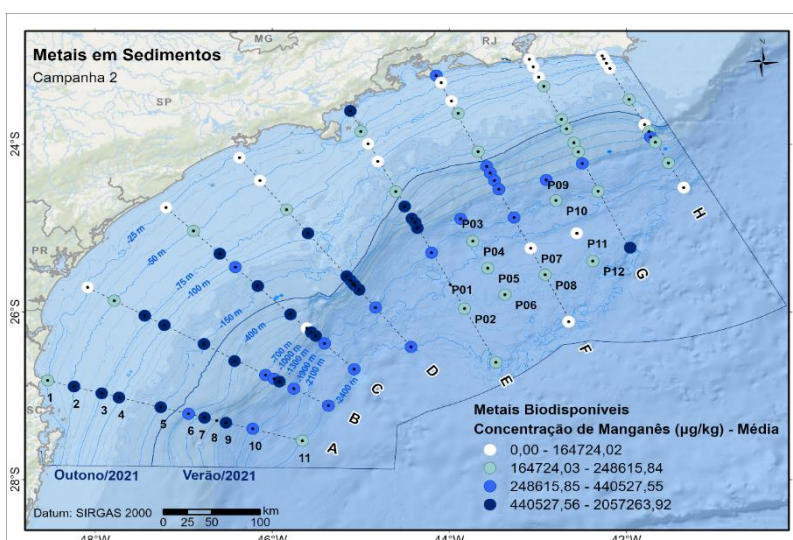


Figura XI-29: Distribuição espacial do Manganês biodisponível na Campanha 2

A Figura XI-30 Figura XI- 3 mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Nota-se uma leve tendência de resultados mais baixos na primeira campanha.

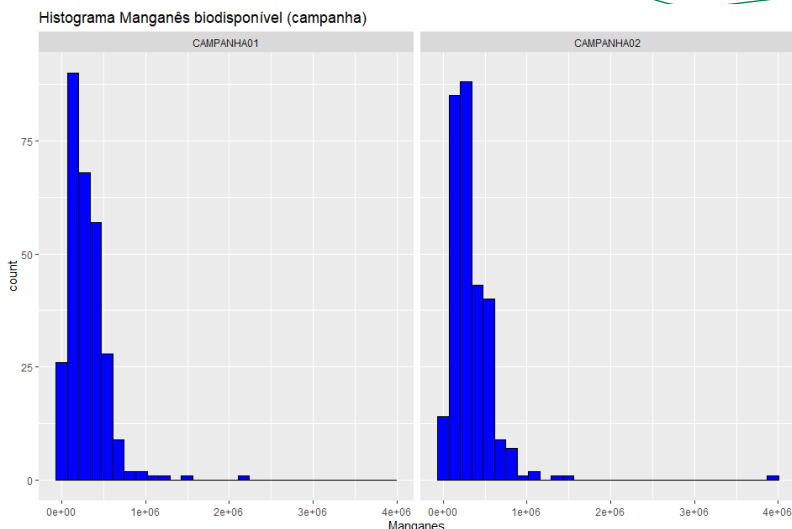


Figura XI-30: Histograma da concentração de Manganês biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.11 Níquel

O Níquel biodisponível apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 5,1mg.kg⁻¹, com resultados variando de 0,3mg.kg⁻¹ a 15,3mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 5,7mg.kg⁻¹, variando de 0,3mg.kg⁻¹ a 93,2mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-31** e **Figura XI- 32**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na transição entre a plataforma e o talude com uma tendência de valores mais elevados também no transecto A, sendo mais pronunciado na primeira campanha.

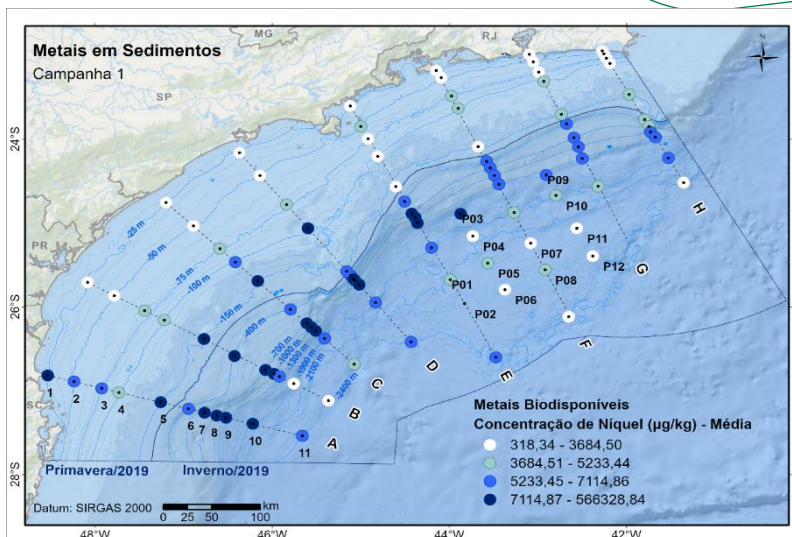


Figura XI-31: Distribuição espacial do Níquel biodisponível na Campanha 1

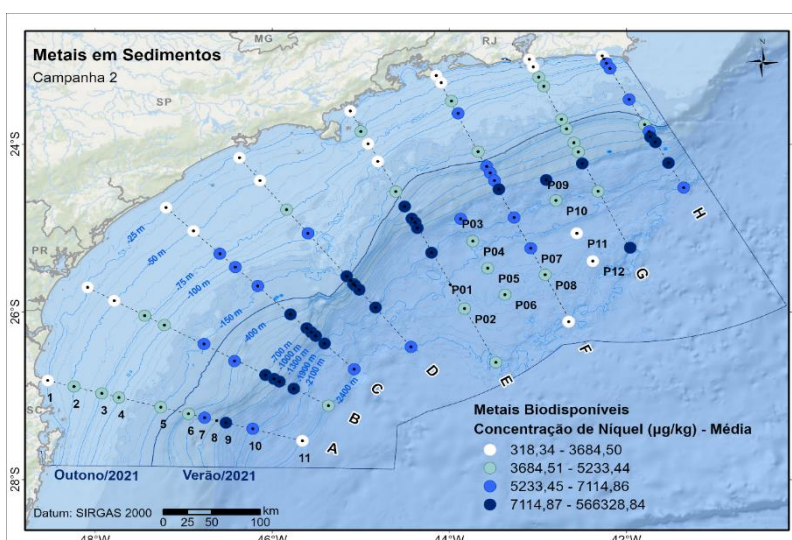


Figura XI- 32: Distribuição espacial do Níquel biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI- 33** **Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

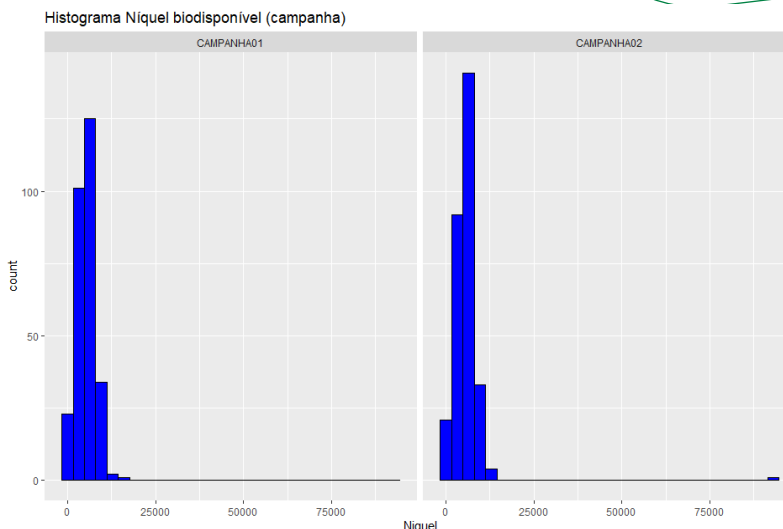


Figura XI- 33: Histograma da concentração de Níquel biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.12 Vanádio

Os resultados de Vanádio biodisponível na primeira campanha apresentaram uma média de aproximadamente 9,7mg.kg-1, variando de 1,0mg.kg-1 a 33,6mg.kg-1. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 9,7mg.kg-1, variando de 0,9mg.kg-1 a 32,4mg.kg-1.

Os mapas abaixo (**Figura XI-34** e **Figura XI-35**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na transição entre a plataforma e o talude com uma tendência de valores mais elevados também no transecto A, sendo mais pronunciado na primeira campanha.

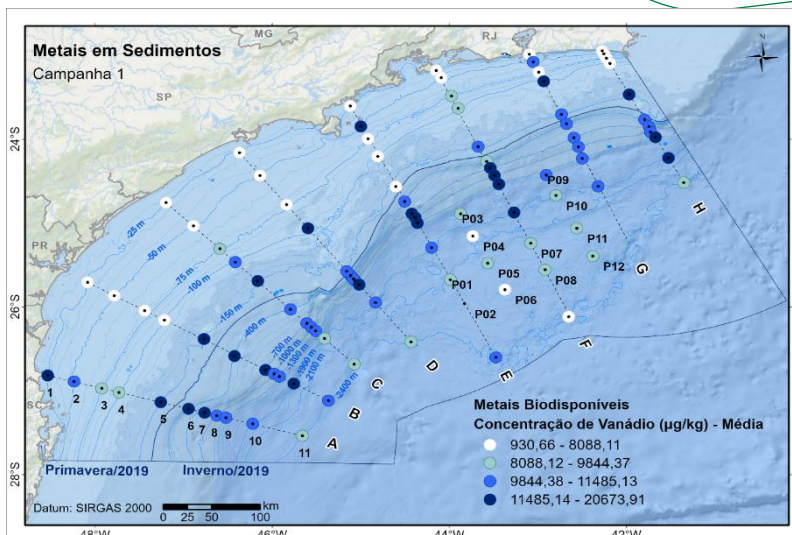


Figura XI-34: Distribuição espacial do Vanádio biodisponível na Campanha 1

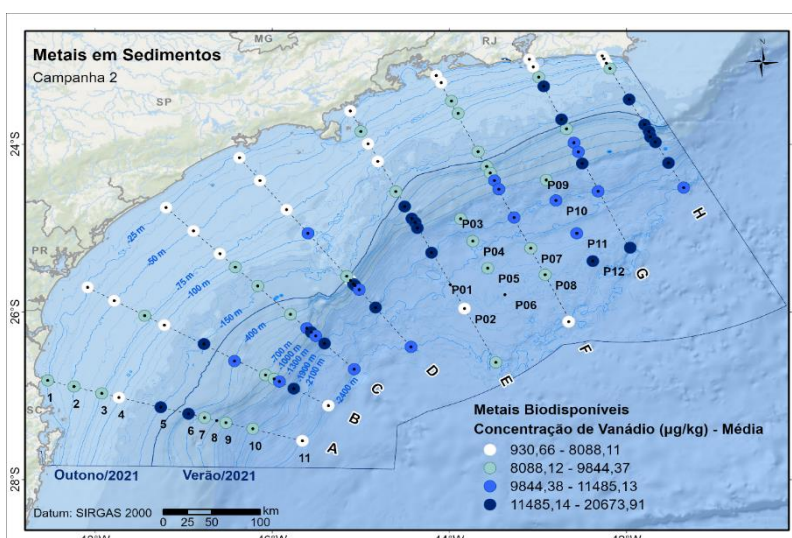


Figura XI-35: Distribuição espacial do Vanádio biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI-36** **Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Nota-se um acúmulo maior de concentrações próximas a média na primeira campanha, sendo um indicativo de menor dispersão dos dados nesta campanha.

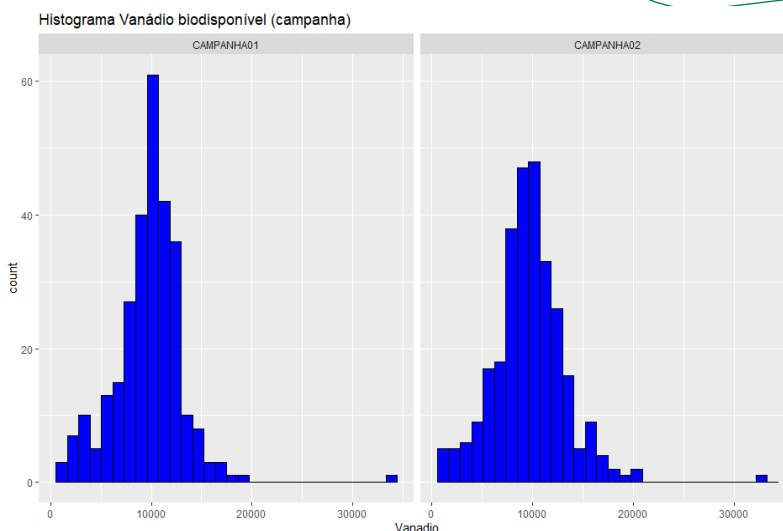


Figura XI-36: Histograma da concentração de Vanádio biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.1.13 Zinco

Os resultados de Zinco biodisponível apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 13,0mg.kg⁻¹, variando de 1,7mg.kg⁻¹ a 85,5mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 17,5mg.kg⁻¹, variando de 1,8mg.kg⁻¹ a 81,4mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-37 e Figura XI- 38**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se, na primeira campanha, que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na transição entre a plataforma e o talude com uma tendência de valores mais elevados também no transecto A. Na segunda campanha a distribuição espacial é similar, mas podemos notar algumas isóbatas mais rasas com valores de concentração mais elevados quando comparado com a primeira campanha.

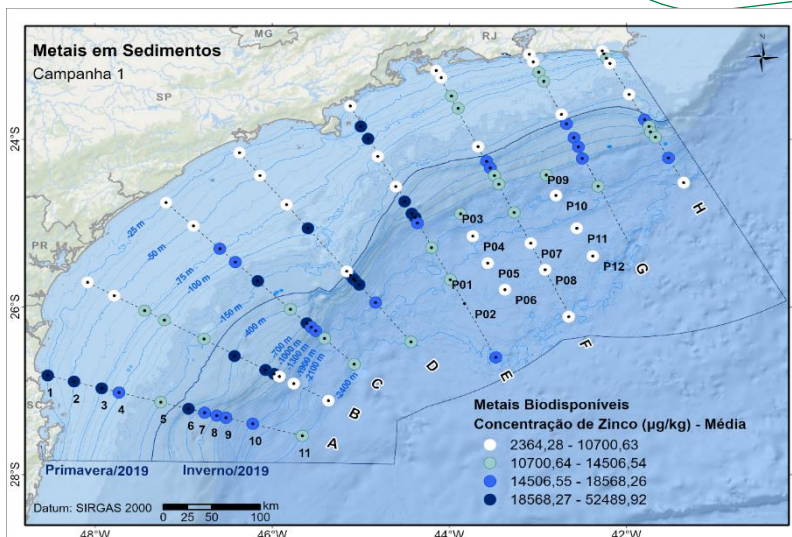


Figura XI-37: Distribuição espacial do Zinco biodisponível na Campanha 1

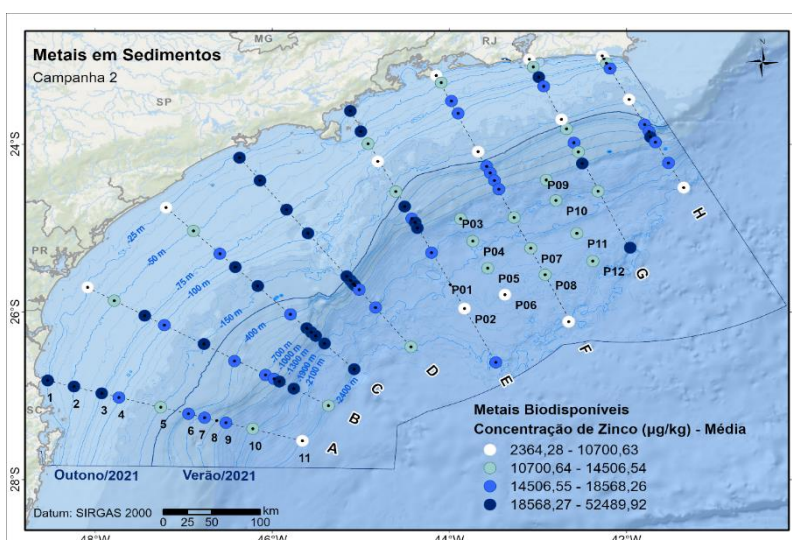


Figura XI- 38: Distribuição espacial do Zinco biodisponível na Campanha 2

A **Figura XI-39** **Figura XI- 3** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, uma variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Observa-se que os dados da segunda campanha são, de forma geral, mais elevados do que os da primeira campanha.

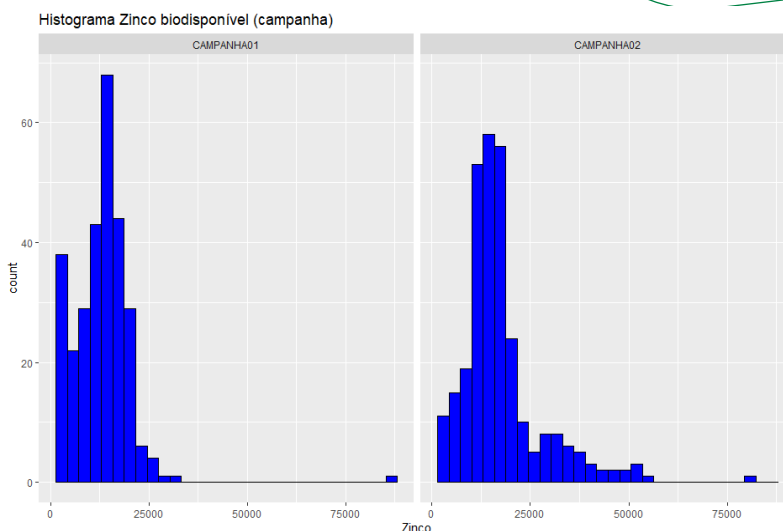


Figura XI-39: Histograma da concentração de Zinco biodisponível nas campanhas 1 e 2

XI.3.2 Metais totais

XI.3.2.1 Alumínio

Os resultados de Alumínio total apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 15,3g.kg⁻¹, variando de 0,06g.kg⁻¹ a 32,6g.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 12,9g.kg⁻¹, variando de 0,1g.kg⁻¹ a 42,4g.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-40** e **Figura XI-41**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que os dados estão mais dispersos na primeira campanha enquanto na segunda campanha nota-se que os valores mais elevados se encontram nas isóbatas de maior profundidade.

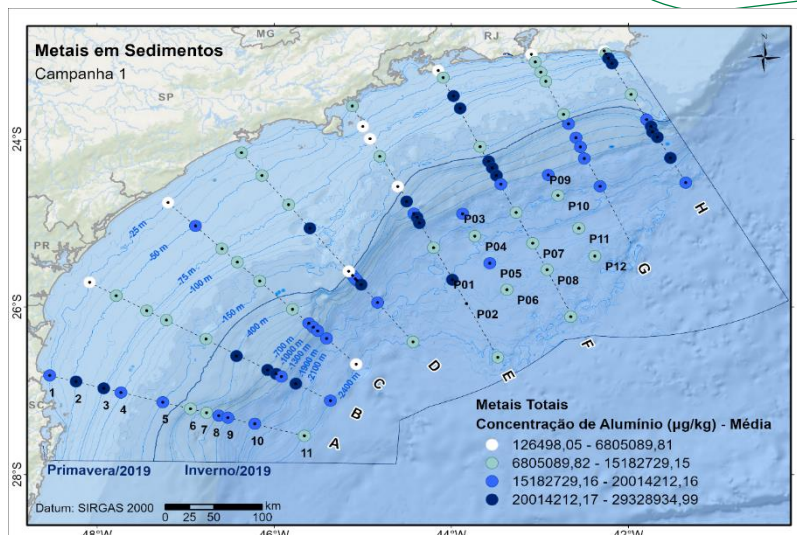


Figura XI-40: Distribuição espacial do Alumínio total na Campanha 1

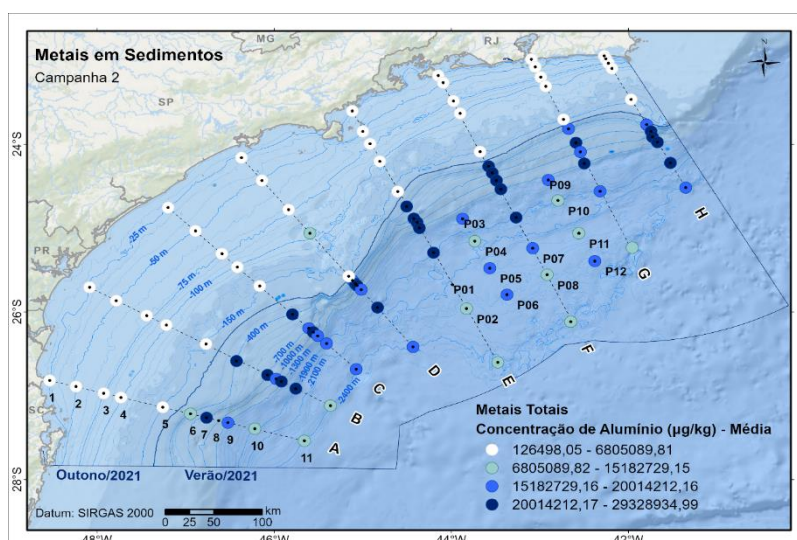


Figura XI-41: Distribuição espacial do Alumínio total na Campanha 2

A **Figura XI- 42** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, a diferença na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Nota-se que os dados da segunda campanha apresentou uma tendência à uma distribuição bimodal, enquanto os dados da primeira campanha se agruparam em torno de um único dado médio.

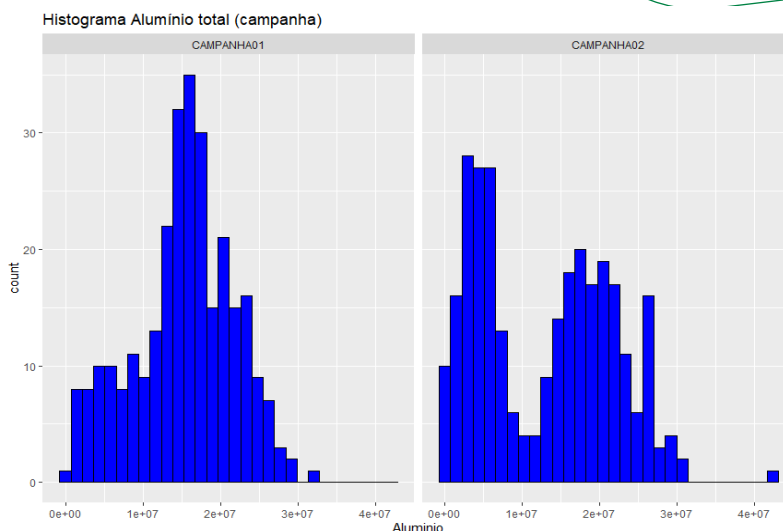


Figura XI- 42: Histograma da concentração de Alumínio total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.2 Arsênio

Os resultados de Arsênio total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 2,9mg.kg⁻¹, variando de 0,5mg.kg⁻¹ a 13,4mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 4,3mg.kg⁻¹, variando de 0,4mg.kg⁻¹ a 18,8mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-43** e **Figura XI- 44**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se uma tendência de maiores concentrações na porção norte da Bacia.

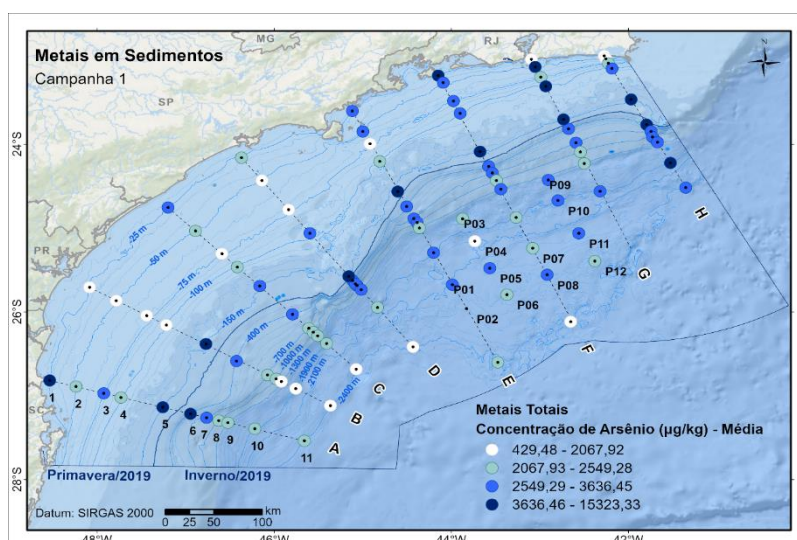


Figura XI-43: Distribuição espacial do Arsênio total na Campanha 1

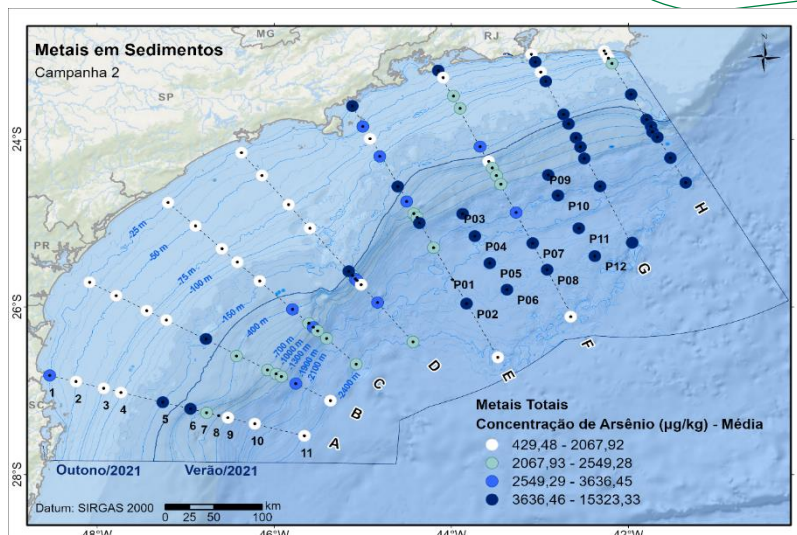


Figura XI- 44: Distribuição espacial do Arsênio total na Campanha 2

A **Figura XI-45** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, a variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Nota-se uma dispersão maior dos dados na segunda campanha com a presença de valores mais elevados.

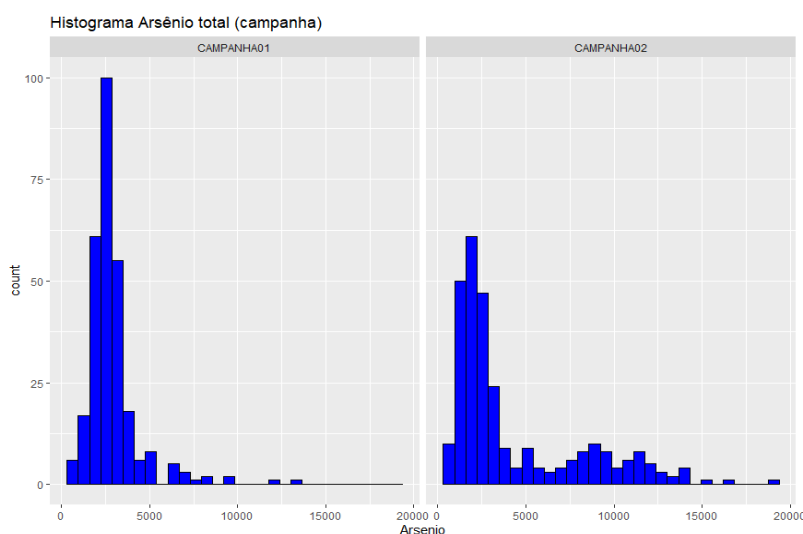


Figura XI-45: Histograma da concentração de Arsênio total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.3 Bário

Os resultados de Bário total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 68,9mg.kg⁻¹, variando de 7,7mg.kg⁻¹ a 291,8mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 28,0mg.kg⁻¹, variando

de 0,4mg.kg⁻¹ a 206,6mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI- 46** e **Figura XI- 47**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observe que na primeira campanha a distribuição foi mais homogênea, com valores mais elevados, por toda a Bacia enquanto na segunda campanha os dados mais elevados ficaram localizados na transição da plataforma e talude, com uma tendência para a porção norte da Bacia, e ao longo do transecto D.

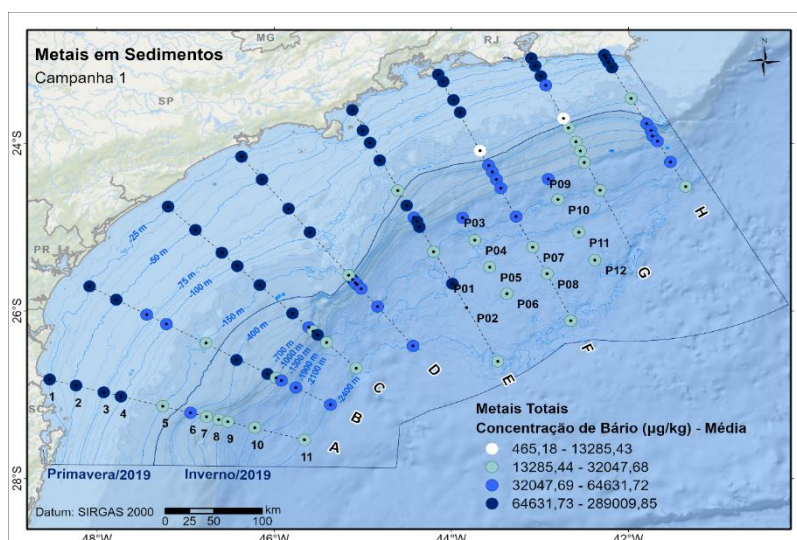


Figura XI- 46: Distribuição espacial do Bário total na Campanha 1

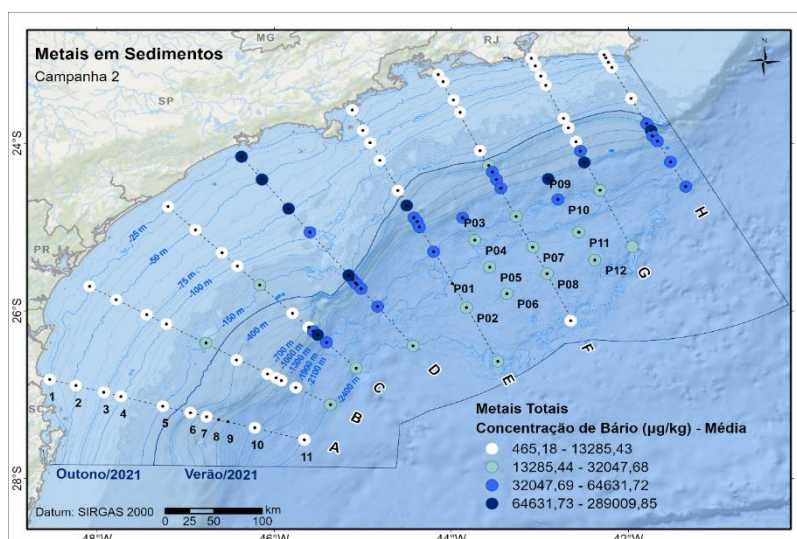


Figura XI- 47: Distribuição espacial do Bário total na Campanha 2

A **Figura XI-48** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, uma variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo, sendo que os dados se encontram mais concentrados em torno da média na segunda campanha.

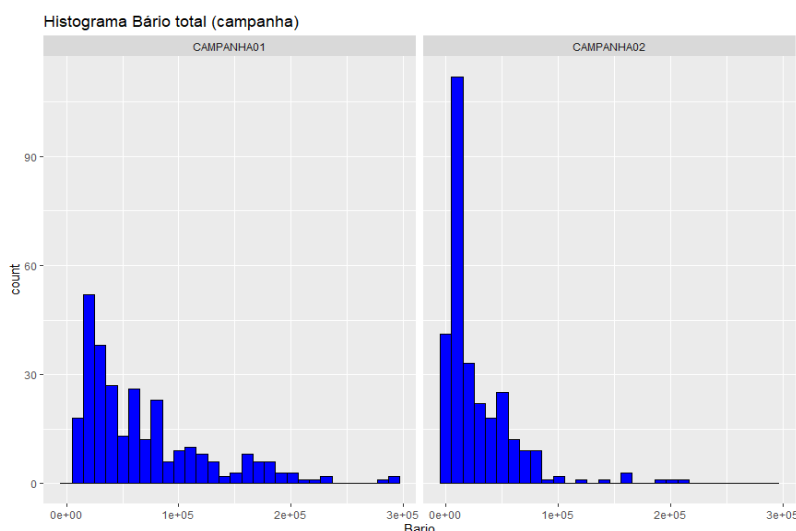


Figura XI-48: Histograma da concentração de Bário total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.4 Boro

Os resultados de Boro total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 35,8mg.kg⁻¹, variando de 2,8mg.kg⁻¹ a 150,2mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 28mg.kg⁻¹, variando de 1,3mg.kg⁻¹ a 186,0mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI- 49** e **Figura XI- 50**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as menores concentrações encontradas ficam localizadas nas isóbatas mais rasas ao logo da linha de costa. Durante a segunda campanha nota-se que essas concentrações mais baixas chegam até a transição entre a plataforma e o talude. Além diisso destaca-se concentrações mais elevadas ao longo de todo o transecto D na segunda campanha.

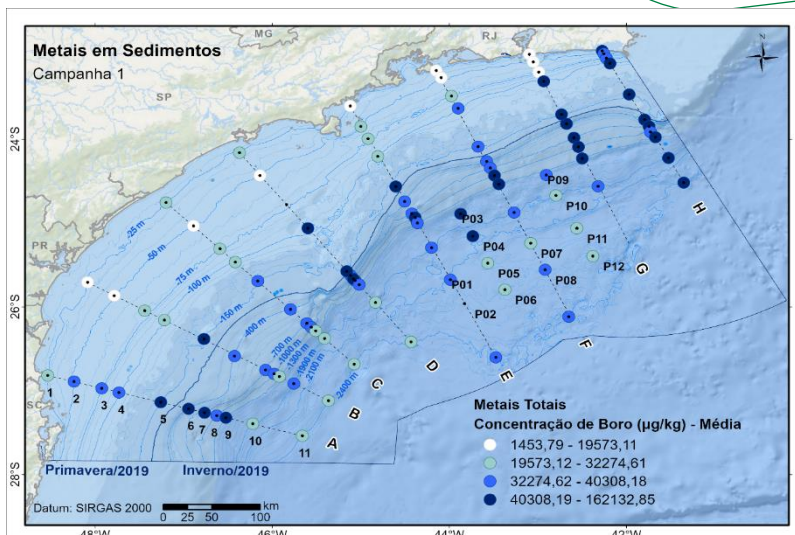


Figura XI- 49: Distribuição espacial do Boro total na Campanha 1

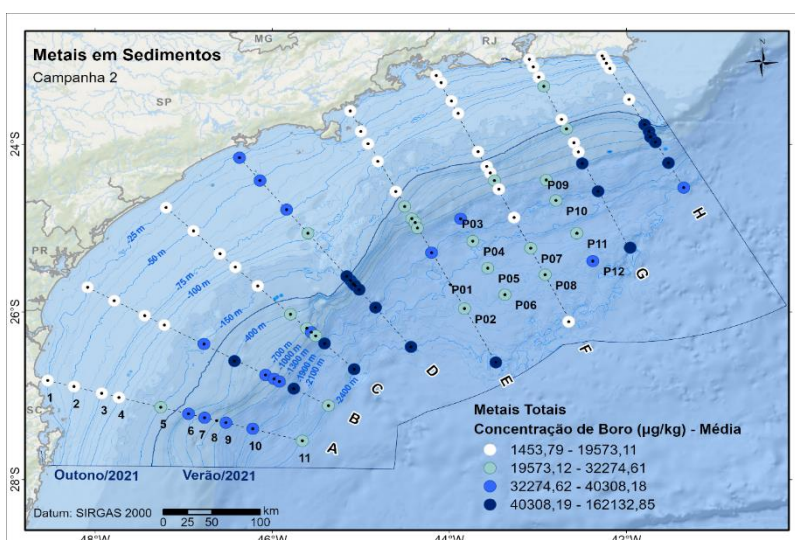


Figura XI- 50: Distribuição espacial do Boro total na Campanha 2

A **Figura XI-51** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, a variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Observa-se uma maior dispersão dos dados na segunda campanha.

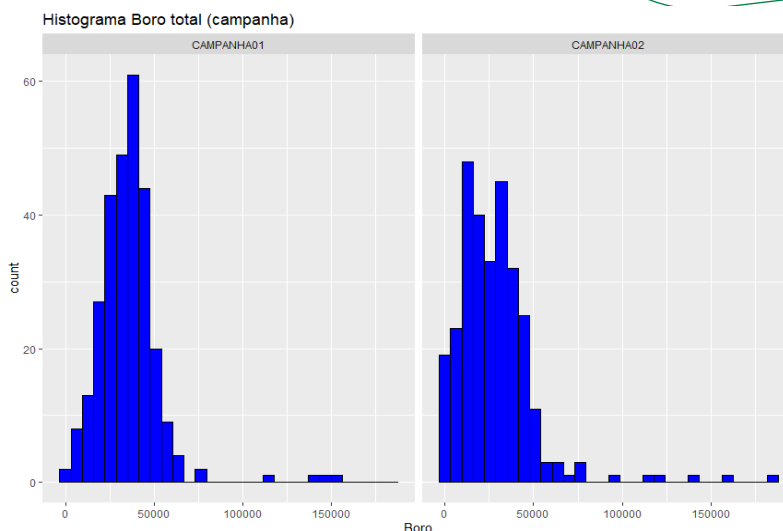


Figura XI-51: Histograma da concentração de Boro total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.5 Cádmi

Os resultados de Cádmi total apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente $82,7\mu\text{g.kg}^{-1}$, variando de $17,8\mu\text{g.kg}^{-1}$ a $374,1\mu\text{g.kg}^{-1}$. Já na segunda campanha a média encontrada foi de $67,4\mu\text{g.kg}^{-1}$, variando de $11,6\mu\text{g.kg}^{-1}$ a $235,3\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Os mapas abaixo (**Figura XI-52** e **Figura XI-53**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se, na primeira campanha uma tendência de menores concentrações nas isóbatas mais rasas na porção norte da Bacia. Na segunda campanha esta tendência é observada, de forma geral, ao longo das isóbatas na menor profundidade.

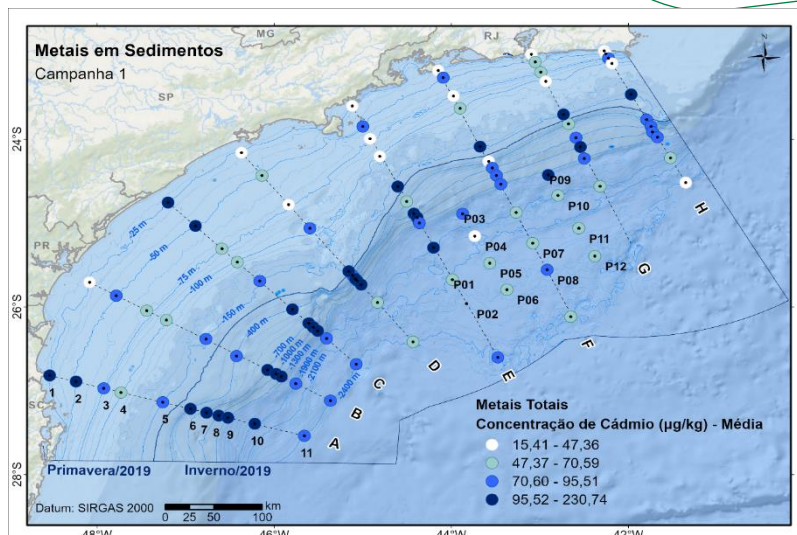


Figura XI-52: Distribuição espacial do Cádmiio total na Campanha 1

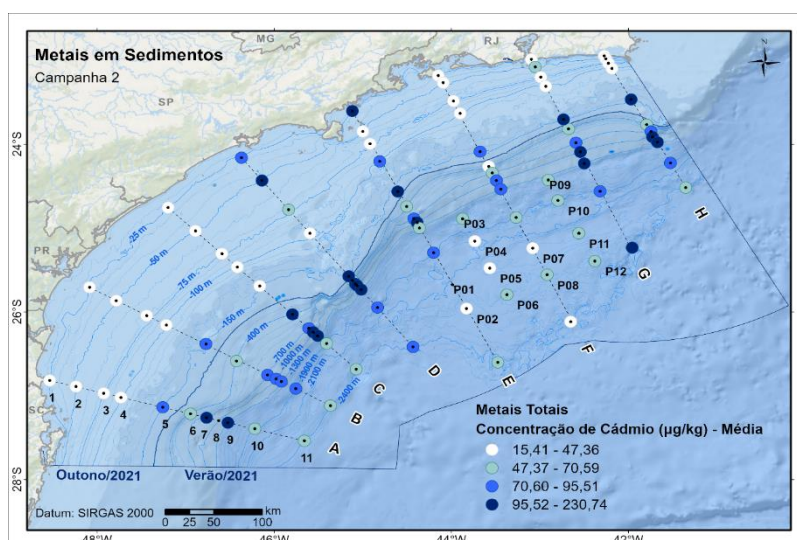


Figura XI-53: Distribuição espacial do Cádmiio total na Campanha 2

A Figura XI-54 mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

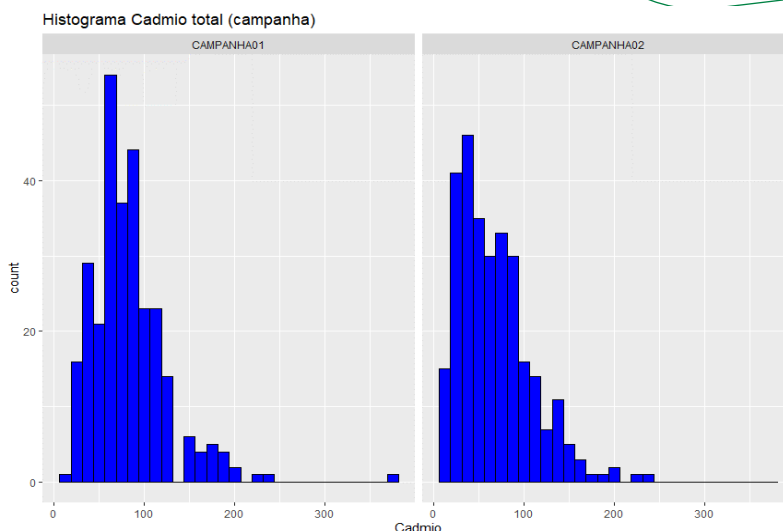


Figura XI-54: Histograma da concentração de Cádmio total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.6 Chumbo

Os resultados de Chumbo total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 5,7mg.kg⁻¹, variando de 1,6mg.kg⁻¹ a 15,1mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 5,2mg.kg⁻¹, variando de 0,8mg.kg⁻¹ a 29,6mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-55** e **Figura XI-56**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas nas isóbatas mais rasas na primeira campanha. Já na segunda campanha os dados mais elevados se concentram na interface entre a plataforma e o talude e ao longo dos transectos A e B.

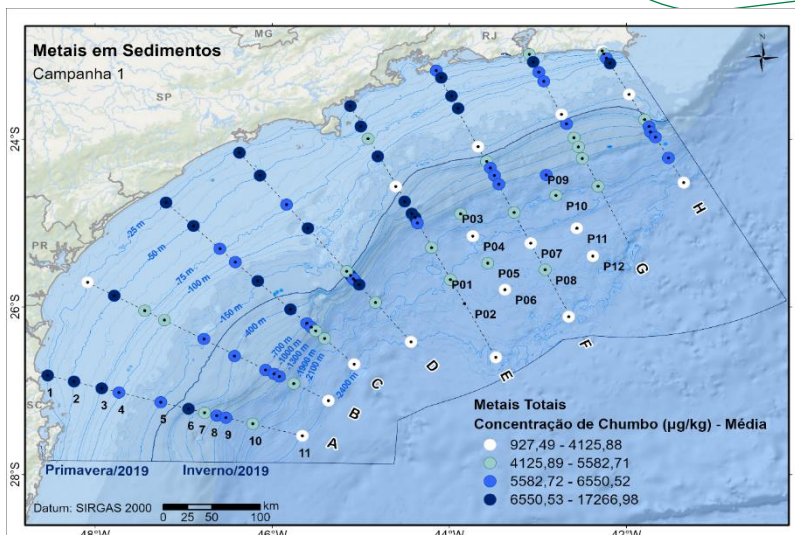


Figura XI-55: Distribuição espacial do Chumbo total na Campanha 1

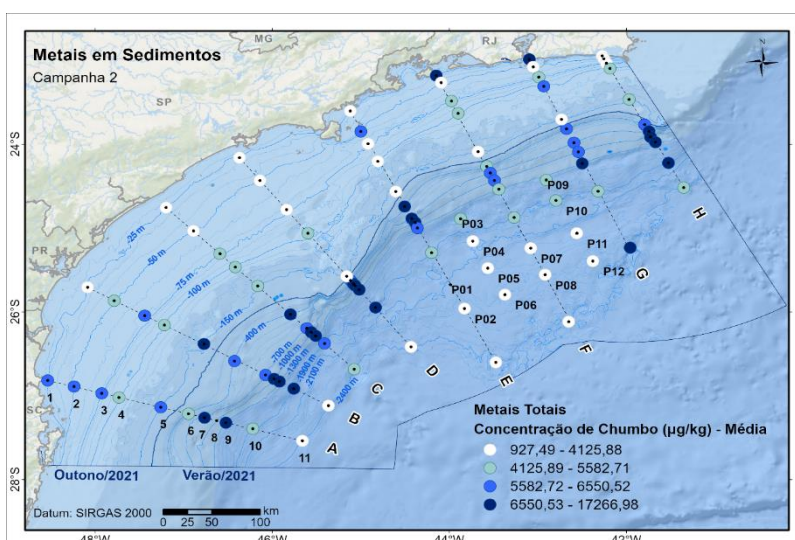


Figura XI-56: Distribuição espacial do Chumbo total na Campanha 2

A Figura XI-57 mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

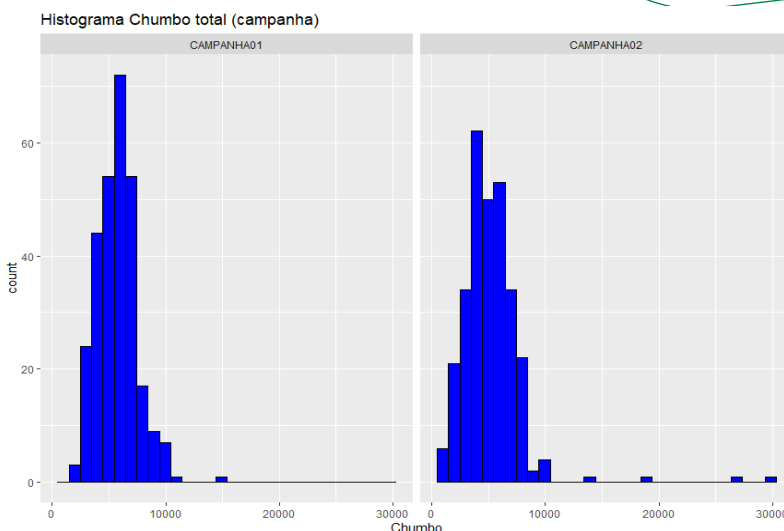


Figura XI-57: Histograma da concentração de chumbo total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.7 Cobre

Os resultados de Cobre total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 5,3mg.kg-1, variando de 0,4mg.kg-1 a 12,8mg.kg-1. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 5,1mg.kg-1, variando de 0,4mg.kg-1 a 33,2mg.kg-1.

Os mapas abaixo (**Figura XI-58** e **Figura XI-59**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas nas isóbatas mais profundas. Destaca-se uma tendência de maiores valores de concentração também ao longo do transecto A.

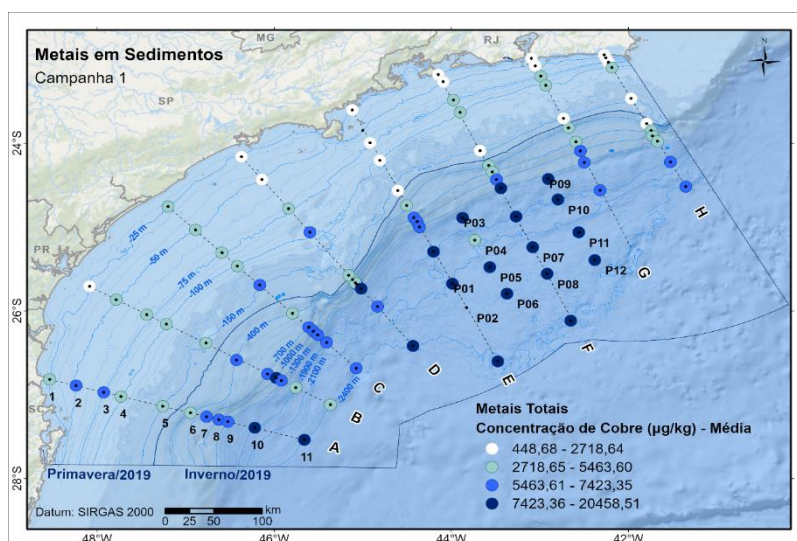


Figura XI-58: Distribuição espacial do Cobre total na Campanha 1

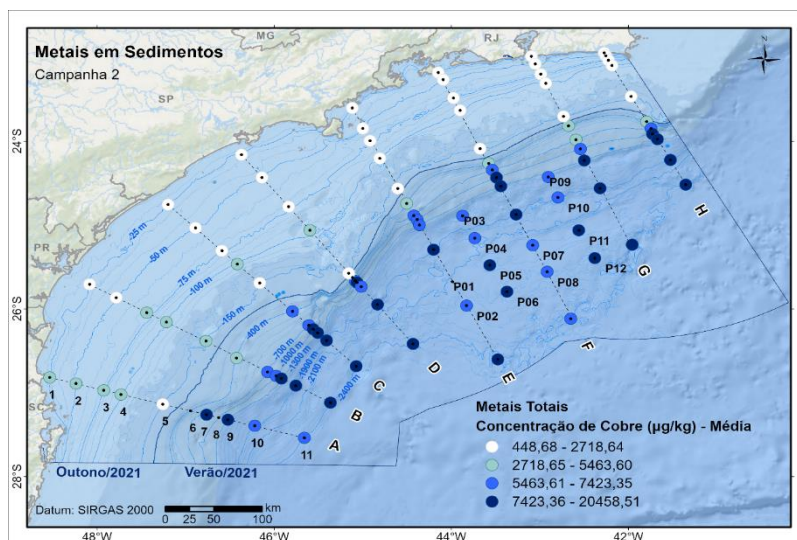


Figura XI-59: Distribuição espacial do Cobre total na Campanha 2

A **Figura XI-60** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, a variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. A distribuição dos dados na segunda campanha apresenta uma tendência a uma distribuição bimodal enquanto na primeira campanha os dados tendem a se concentrar próximos a uma única média.

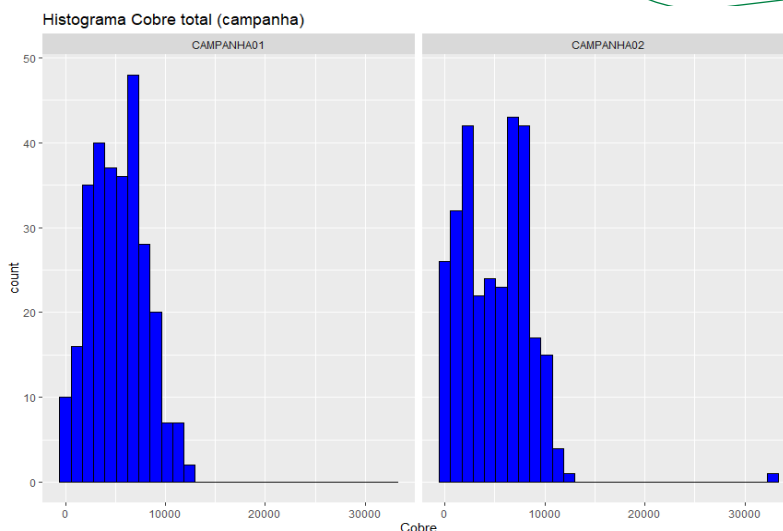


Figura XI-60: Histograma da concentração de Cobre total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.8 Cromo

Os resultados de Cromo total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 10,9mg.kg⁻¹, variando de 1,0mg.kg⁻¹ a 39,3mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 8,7mg.kg⁻¹, variando de 0,5mg.kg⁻¹ a 23,2mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-61** e **Figura XI-62**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na interface entre a plataforma e o talude da Bacia (mais evidente na segunda campanha). Destaca-se também a tendência de maiores valores ao longo do transecto A.

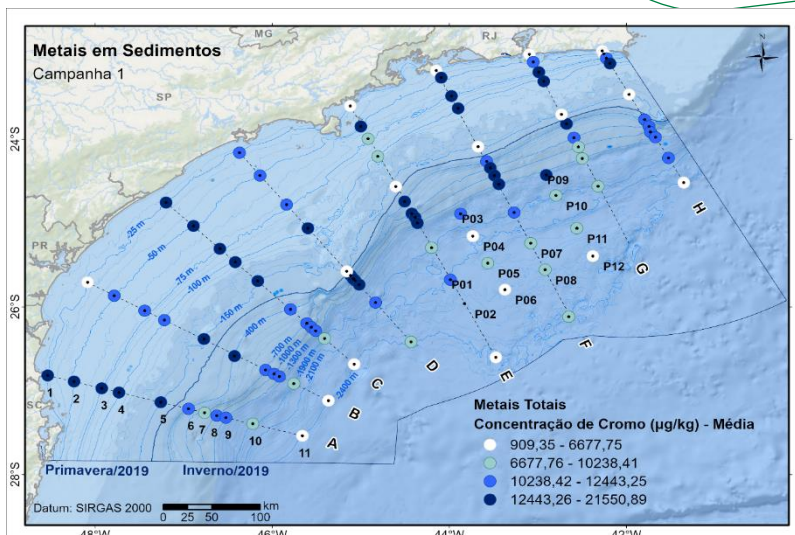


Figura XI-61: Distribuição espacial do Cromo total na Campanha 1

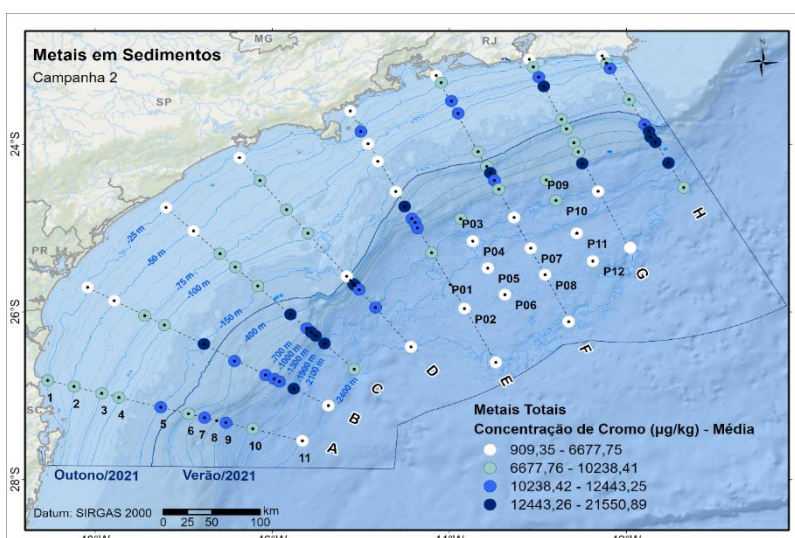


Figura XI-62: Distribuição espacial do Cromo total na Campanha 2

A **Figura XI-63** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

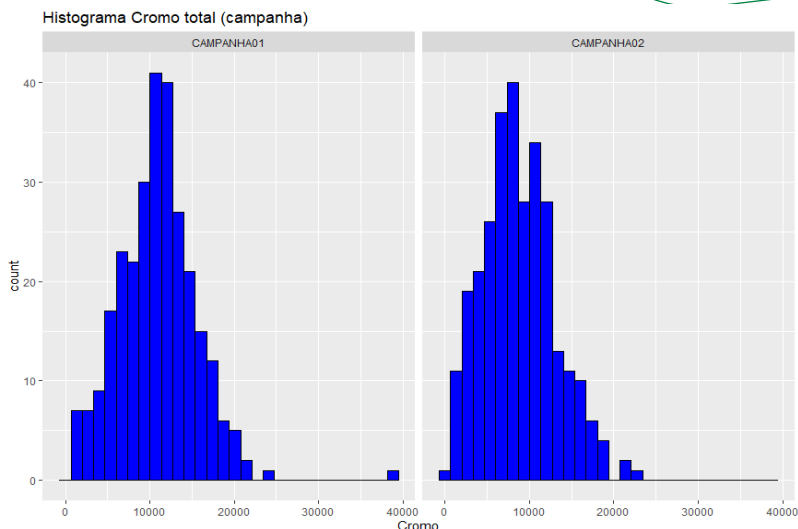


Figura XI-63: Histograma da concentração de Cromo total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.9 Ferro

Os resultados de Ferro total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 4,9g.kg-1, variando de 0,3g.kg-1 a 21,3g.kg-1. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 3,9mg.kg-1, variando de 0,1mg.kg-1 a 13,5mg.kg-1.

Os mapas abaixo (**Figura XI-64** e **Figura XI-65**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na transição entre a plataforma e o talude com uma tendência de mesmo comportamento nas isobatas mais rasas.

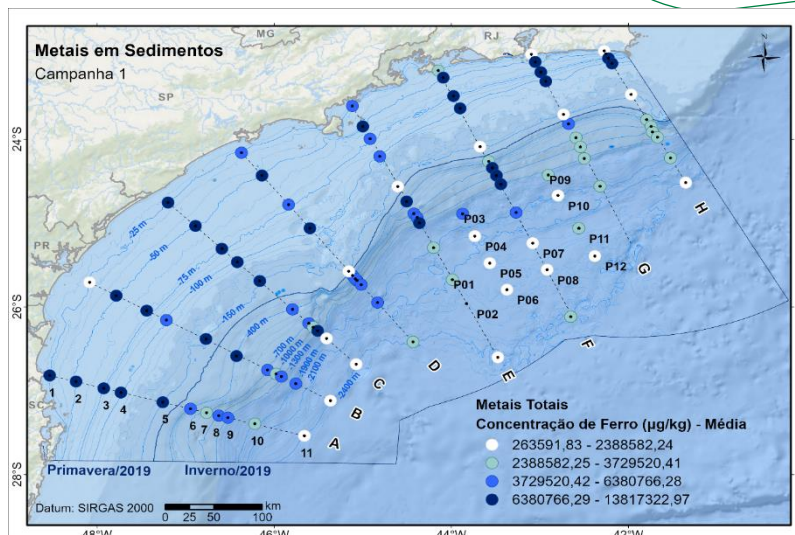


Figura XI-64: Distribuição espacial do Ferro total na Campanha 1

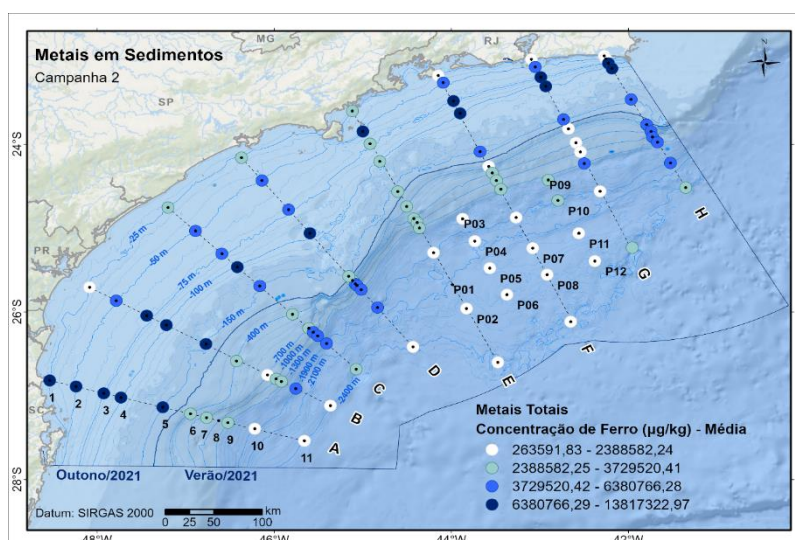


Figura XI-65: Distribuição espacial do Ferro total na Campanha 2

A **Figura XI-66** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, a variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Ressalta-se a tendência a uma distribuição bimodal na primeira campanha.

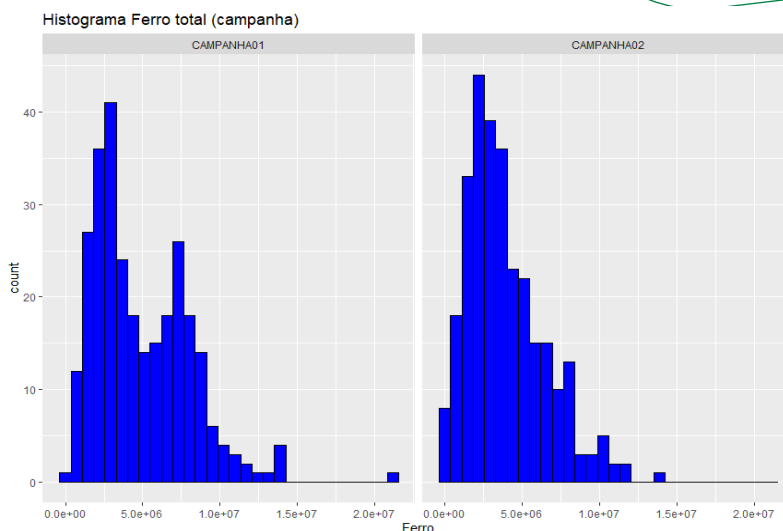


Figura XI-66: Histograma da concentração de Ferro total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.10 Manganês

Os resultados de Manganês total apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 0,3g.kg⁻¹, variando de 0,03g.kg⁻¹ a 1,9g.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 0,3g.kg⁻¹, variando de 0,008g.kg⁻¹ a 3,1g.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-67** e **Figura XI-68**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na porção sul da Bacia sendo que na porção norte pode se observar resultados similares na transição entre a plataforma e o talude.

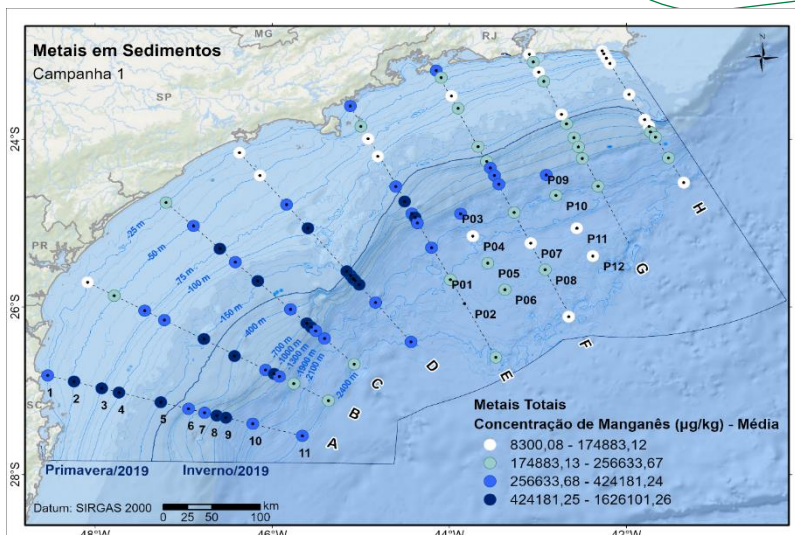


Figura XI-67: Distribuição espacial do Manganês total na Campanha 1

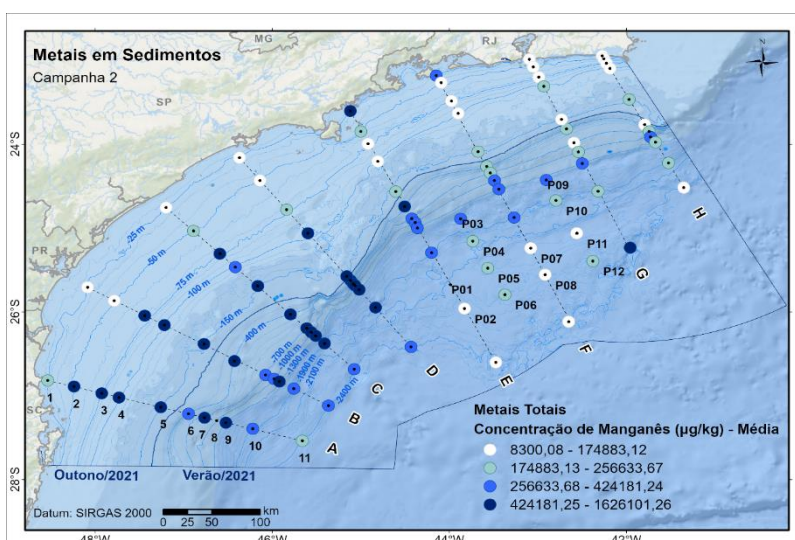


Figura XI-68: Distribuição espacial do Manganês total na Campanha 2

A Figura XI-69 mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Nota-se uma leve tendência de maior dispersão dos dados na segunda campanha

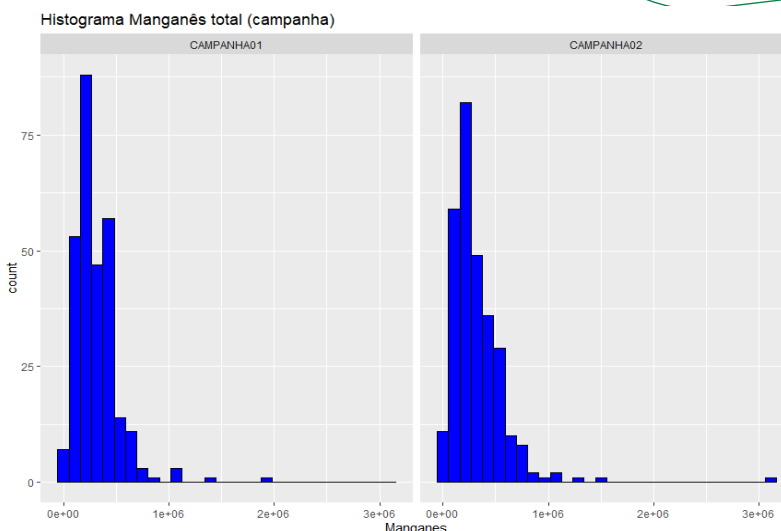


Figura XI-69: Histograma da concentração de Manganês total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.11 Mercúrio

Os resultados de Mercúrio total apresentou, na primeira campanha, uma média de aproximadamente $11,0\mu\text{g.kg}^{-1}$, variando de $1,1\mu\text{g.kg}^{-1}$ a $20,3\mu\text{g.kg}^{-1}$. Já na segunda campanha a média encontrada foi de $9,3\mu\text{g.kg}^{-1}$, variando de $0,2\mu\text{g.kg}^{-1}$ a $19,5\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Os mapas abaixo (**Figura XI-70** e **Figura XI-71**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas nas isóbatas mais profundas.

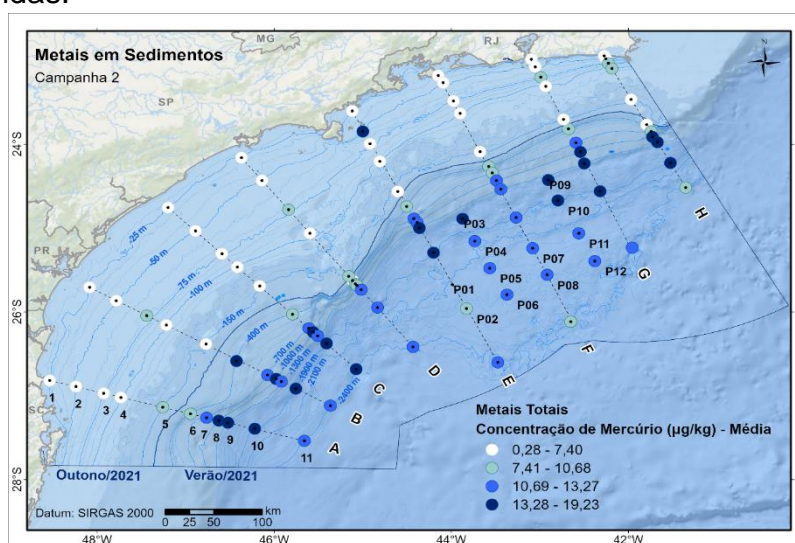


Figura XI-70: Distribuição espacial do Mercúrio total na Campanha 1

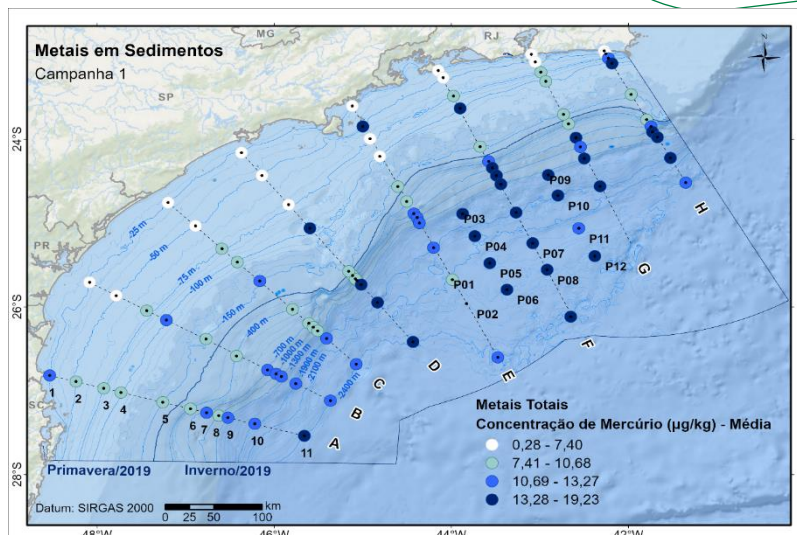


Figura XI-71: Distribuição espacial do Mercúrio total na Campanha 2

A **Figura XI-72** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, a variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Nota-se uma distribuição com alta dispersão em ambas as campanhas, o que pode ser atribuído às baixas concentrações observadas.

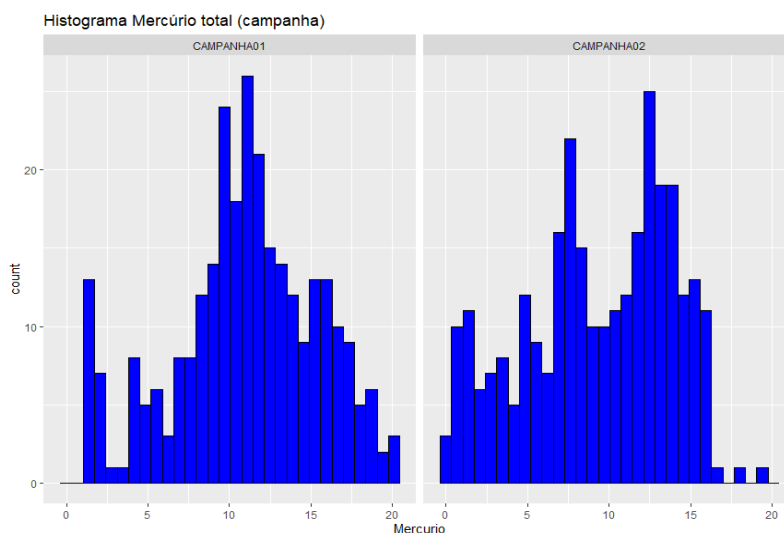


Figura XI-72: Histograma da concentração de Mercúrio total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.12 Níquel

Os resultados de Níquel total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 7,0mg.kg⁻¹, variando de 0,3mg.kg⁻¹ a 19,9mg.kg⁻¹.

Já na segunda campanha a média encontrada foi de 7,0mg.kg⁻¹, variando de 0,3mg.kg⁻¹ a 89,6mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-73** e **Figura XI-74**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas nas isóbatas de maior profundidade. Destaca-se também maiores concentrações ao longo do transecto A na primeira campanha.

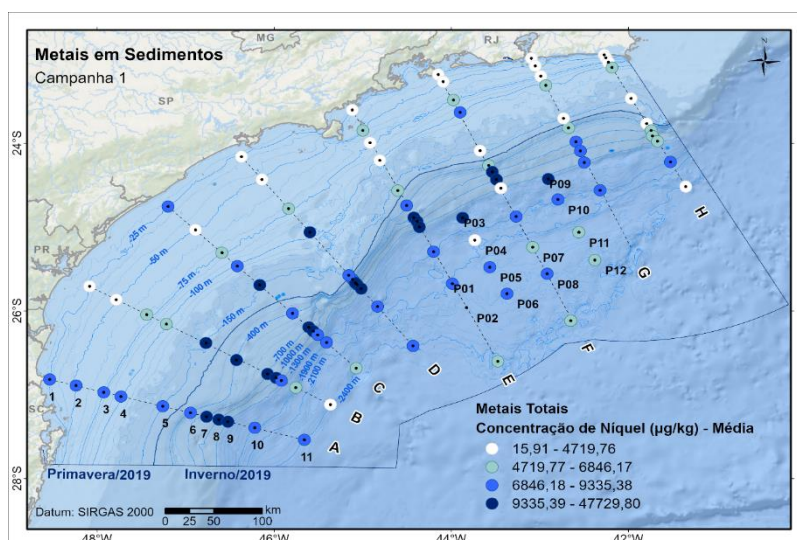


Figura XI-73: Distribuição espacial do Níquel total na Campanha 1

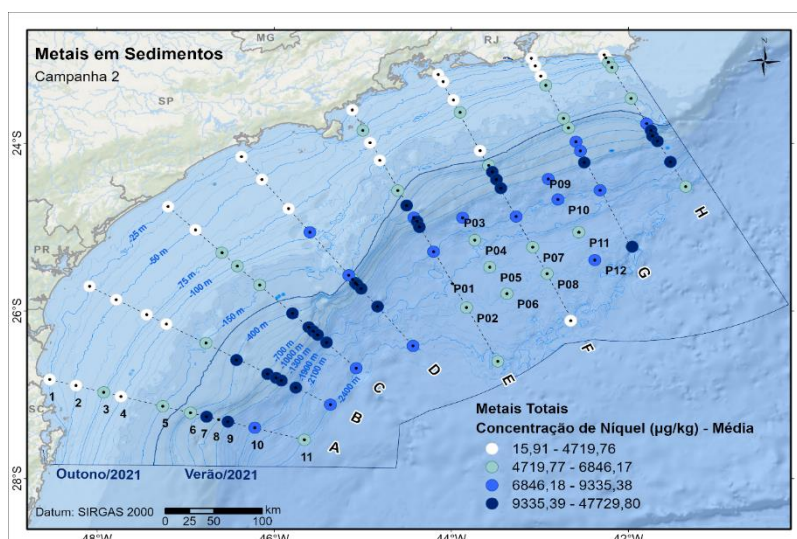


Figura XI-74: Distribuição espacial do Níquel total na Campanha 2

A **Figura XI-75** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, pouca variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo.

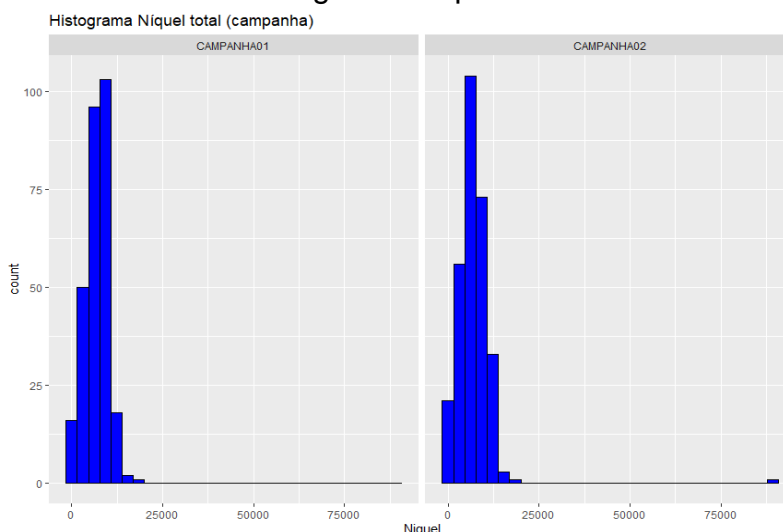


Figura XI-75: Histograma da concentração de Níquel total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.13 Vanádio

Os resultados de Vanádio total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 17,8mg.kg⁻¹, variando de 1,8mg.kg⁻¹ a 53,1mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 14,7mg.kg⁻¹, variando de 0,9mg.kg⁻¹ a 38,2mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-76** e **Figura XI-77**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se uma certa homogeneidade na distribuição dos dados na primeira campanha. Na segunda campanha podemos notar que as maiores concentrações observadas se encontram nas isóbatas de maior profundidade.

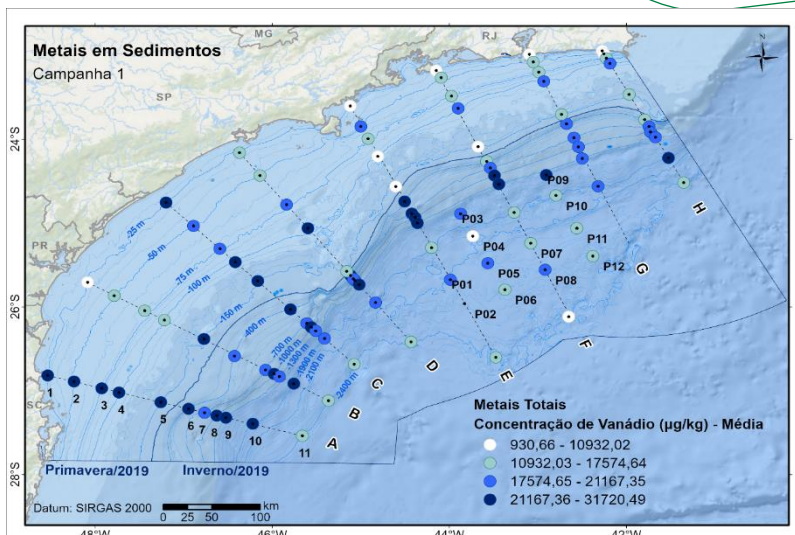


Figura XI-76: Distribuição espacial do Vanádio total na Campanha 1

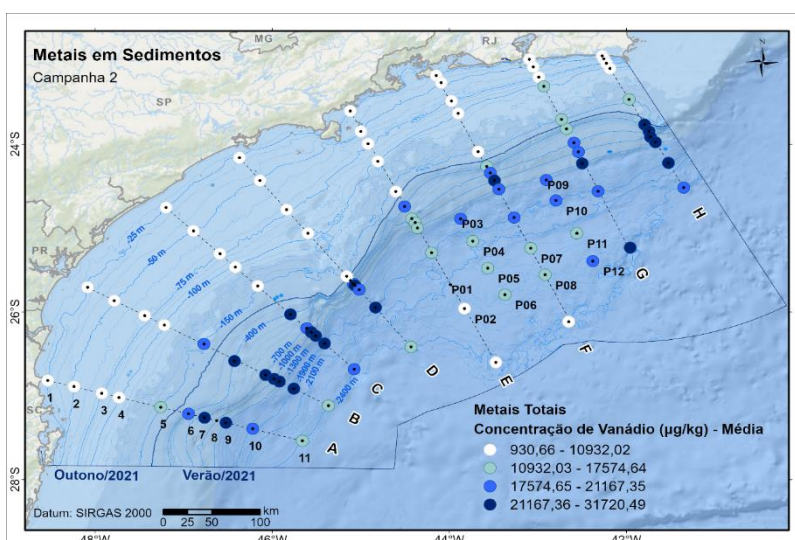


Figura XI-77: Distribuição espacial do Vanádio total na Campanha 2

A Figura XI-78 mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, a variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Nota-se uma dispersão maior dos dados na segunda campanha, assim como a tendência de distribuição bimodal.

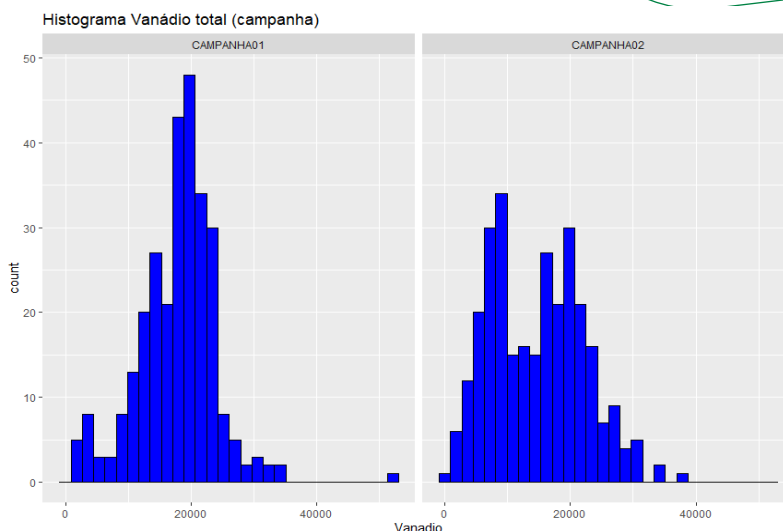


Figura XI-78: Histograma da concentração de Vanádio total nas campanhas 1 e 2

XI.3.2.14 Zinco

Os resultados de Zinco total apresentaram, na primeira campanha, uma média de aproximadamente 18,2mg.kg⁻¹, variando de 3,0mg.kg⁻¹ a 55,5mg.kg⁻¹. Já na segunda campanha a média encontrada foi de 20,8mg.kg⁻¹, variando de 3,5mg.kg⁻¹ a 81,4mg.kg⁻¹.

Os mapas abaixo (**Figura XI-79** e **Figura XI-80**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados encontrados em cada campanha. Cada círculo representa a média da triplicata real coletada em cada ponto amostral. Observa-se, na primeira campanha, que as maiores concentrações encontradas ficam localizadas na transição entre a plataforma e o talude com uma tendência de valores mais elevados também no transecto A. Na segunda campanha a distribuição espacial é similar, mas podemos notar algumas isóbatas mais rasas com valores de concentração mais elevados quando comparado com a primeira campanha.

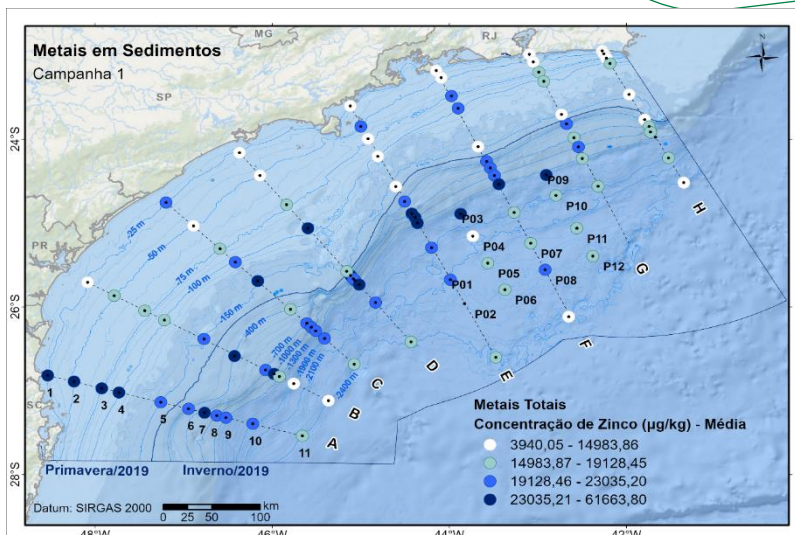


Figura XI-79: Distribuição espacial do Zinco total na Campanha 1

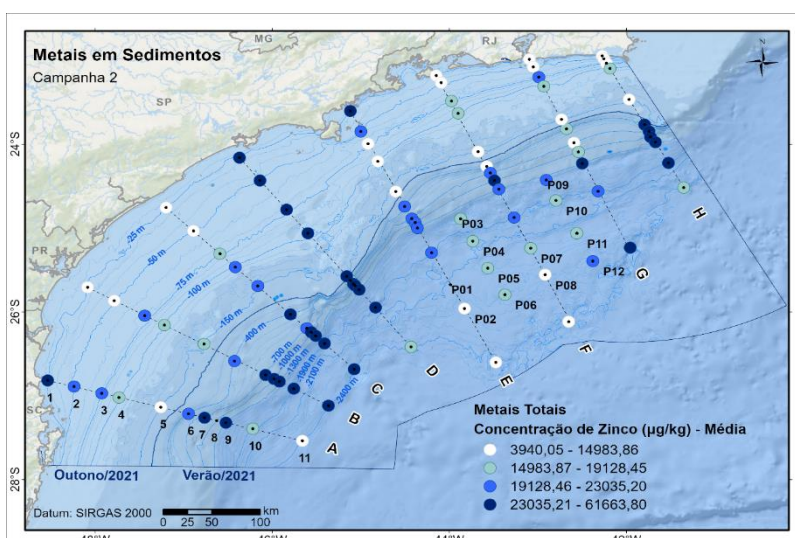


Figura XI-80: Distribuição espacial do Zinco total na Campanha 2

A **Figura XI-81** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando, de forma superficial, uma variação na distribuição de frequência das concentrações observadas ao longo do tempo do estudo. Observa-se que os dados da segunda campanha são, de forma geral, mais dispersos do que os da primeira campanha.

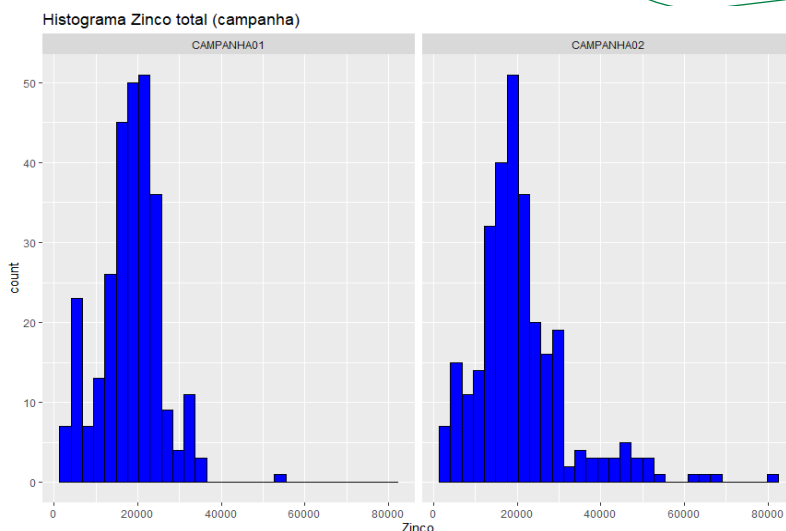


Figura XI-81: Histograma da concentração de Zinco total nas campanhas 1 e 2

XI.4 Discussão e tratamento de dados

Os dados foram trabalhados a partir dos resultados brutos, sem nenhum tipo de tratamento ou transformação, e da normalização dos mesmos pelo alumínio. Esta normalização nos permite comparar os dados de metais em sedimento minimizando os efeitos provenientes da granulometria, considerando que sedimentos mais argilosos possuem maior propensão a adsorver elementos traço enquanto matrizes mais arenosas não adsorvem tão bem esses metais.

Inicialmente foram testadas as normalidades dos dados e a correlação dos elementos entre si. A partir dos testes de normalidade definiu-se os testes para comparação entre as campanhas, transectos e isóbatas para avaliar a variação temporal e espacial dos dados. Adicionalmente avaliou-se a autocorrelação espacial dos dados utilizando o teste de Moran e, por fim, foram utilizadas técnicas de *machine learning* para avaliar a auto-organização dos dados espacialmente para testar formas mais eficazes para o tratamento dos dados e monitoramento ambiental futuro para a região. Para o tratamento foram utilizados os softwares R e Rstudio.

Abaixo estão apresentadas a espacialização dos dados normalizados por alumínio e logo na sequência o tratamento estatístico, já descrito.

XI.4.1 Metais biodisponíveis pelo alumínio

XI.4.1.1 Arsênio

Os mapas abaixo (Figura XI-82 e Figura XI-83) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de arsênio normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção norte da bacia.

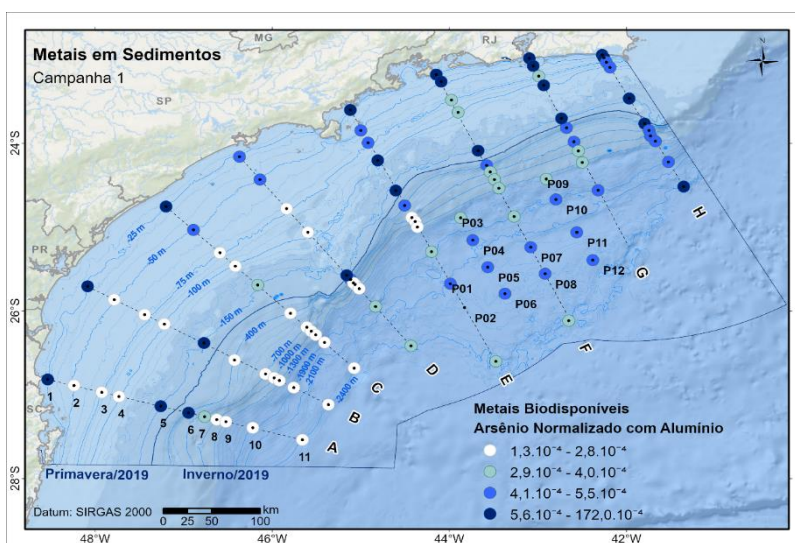


Figura XI-82: Distribuição espacial do Arsênio biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

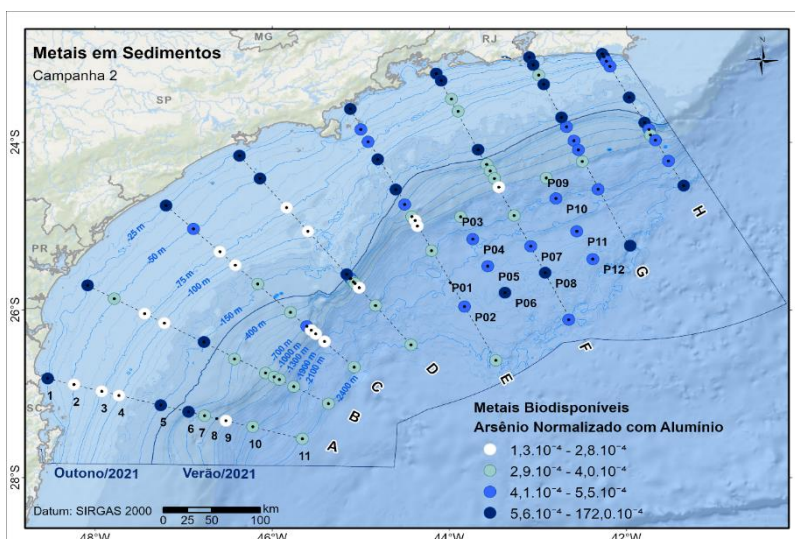


Figura XI-83: Distribuição espacial do Arsênio biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-84** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa uma variação significativa na distribuição entre as campanhas.

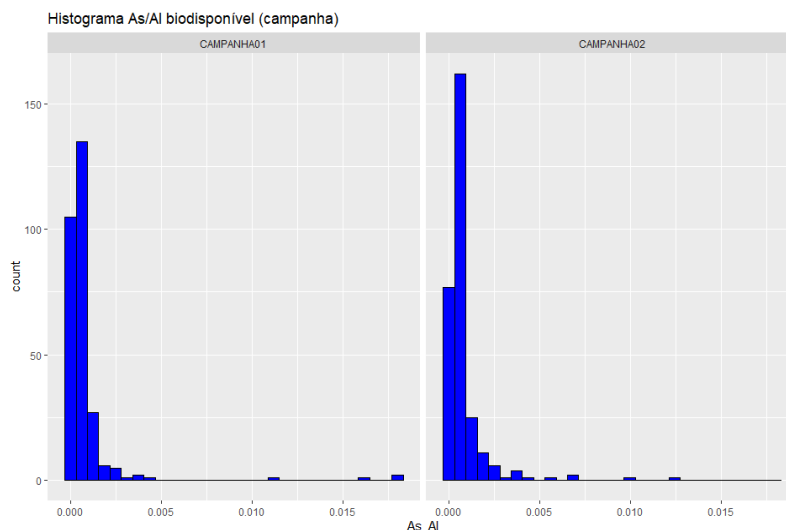


Figura XI-84: Histograma da concentração de Arsênio biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.2 Bário

Os mapas abaixo (**Figura XI-85** e **Figura XI-86**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de bário normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção mais profunda da bacia com um destaque para a Platô de São Paulo e alguns pontos mais elevados no transecto “D”, na segunda campanha, mais próximos da costa.

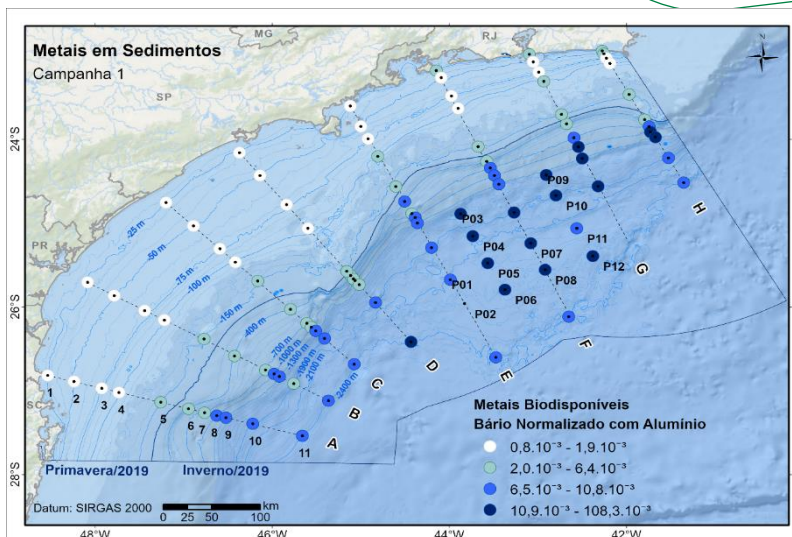


Figura XI-85: Distribuição espacial do Bário biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

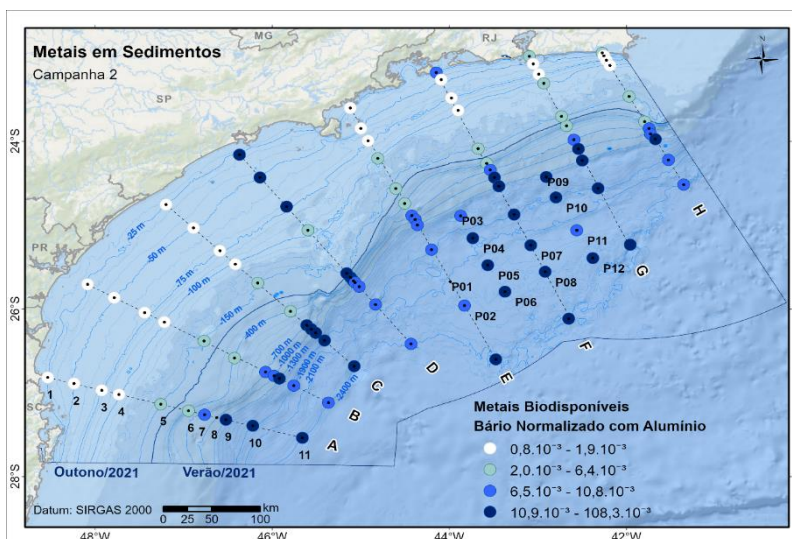


Figura XI-86: Distribuição espacial do Bário biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-87** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, se observa uma leve variação na distribuição entre as campanhas onde os dados da segunda campanha apresentam um espalhamento levemente maior em comparação à primeira campanha.

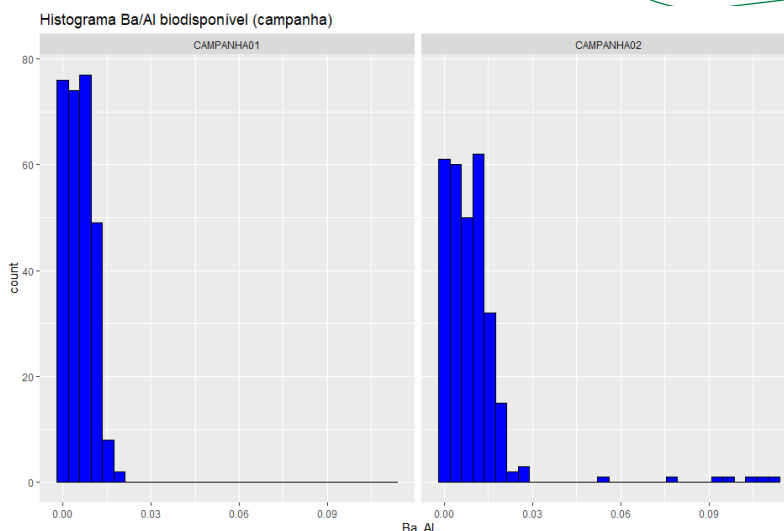


Figura XI-87: Histograma da concentração de Bário biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2.

XI.4.1.3 Boro

Os mapas abaixo (**Figura XI-88** e **Figura XI-89**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados do boro normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção norte, para a primeira campanha, e uma distribuição sem padrão definido na segunda campanha.

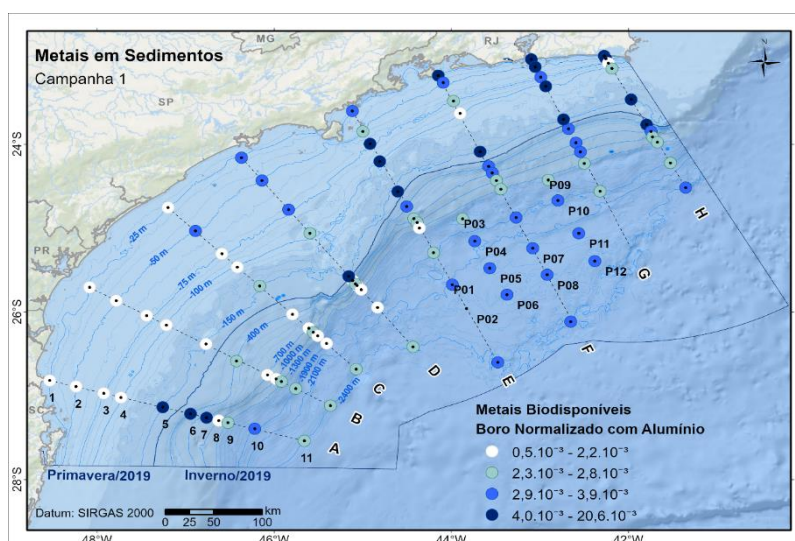


Figura XI-88: Distribuição espacial do Boro biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

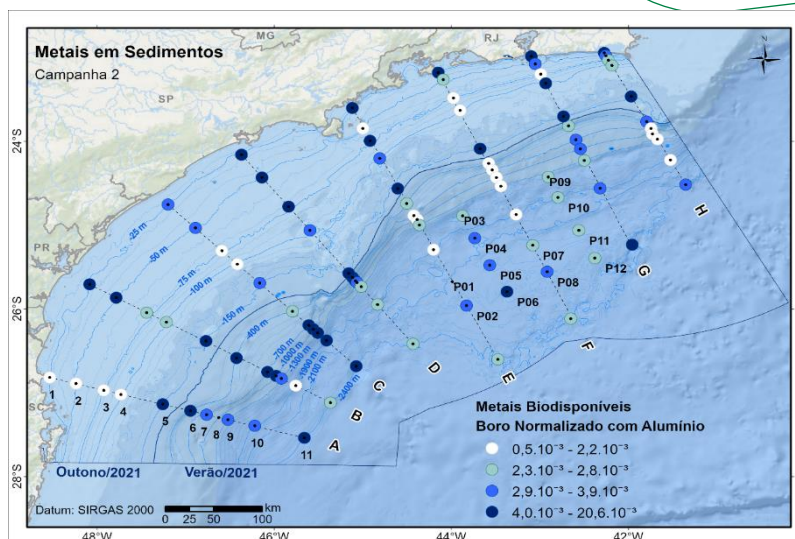


Figura XI-89: Distribuição espacial do Boro biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-90** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, se observa uma leve variação na distribuição entre as campanhas onde os dados da segunda campanha apresentam um espalhamento levemente maior em comparação à primeira campanha.

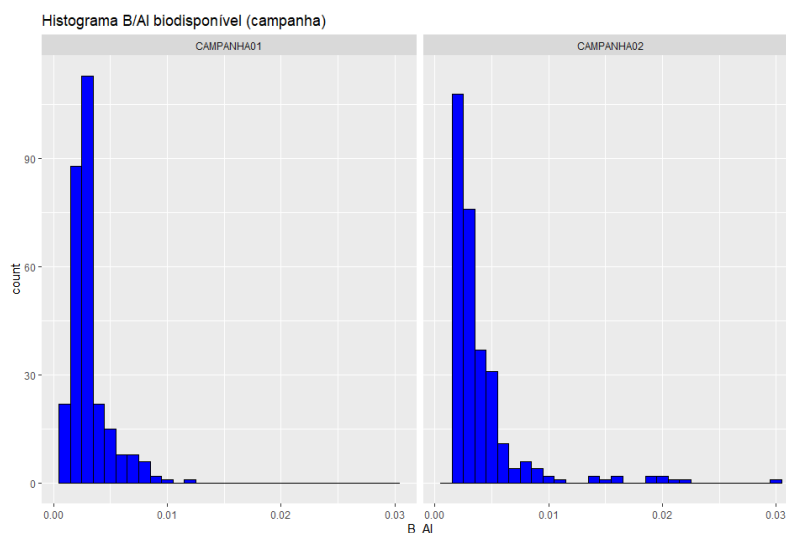


Figura XI-90: Histograma da concentração de Boro biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.4 Cádmi

Os mapas abaixo (**Figura XI-91** e **Figura XI-92**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de cádmio normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de menores valores distribuídos sem um padrão definido ao longo das isóbatas mais rasas.

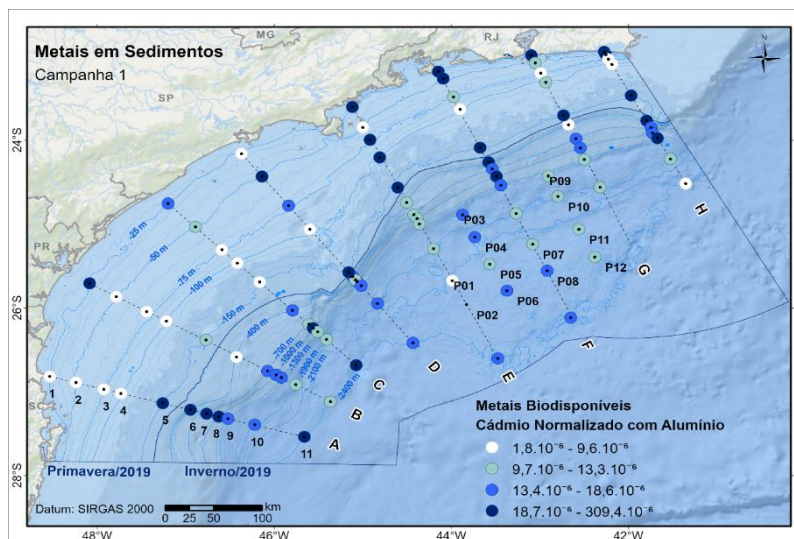


Figura XI-91: Distribuição espacial do Cádmi biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

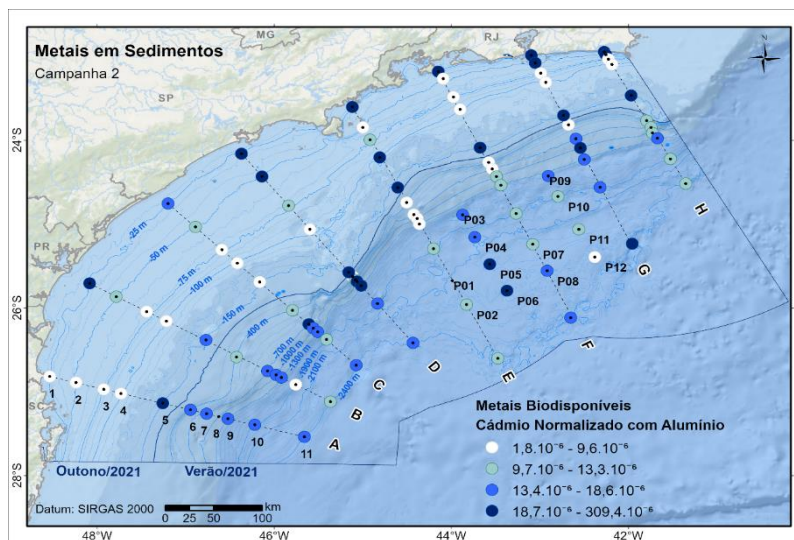


Figura XI-92: Distribuição espacial do Cádmi biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-93** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa uma variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

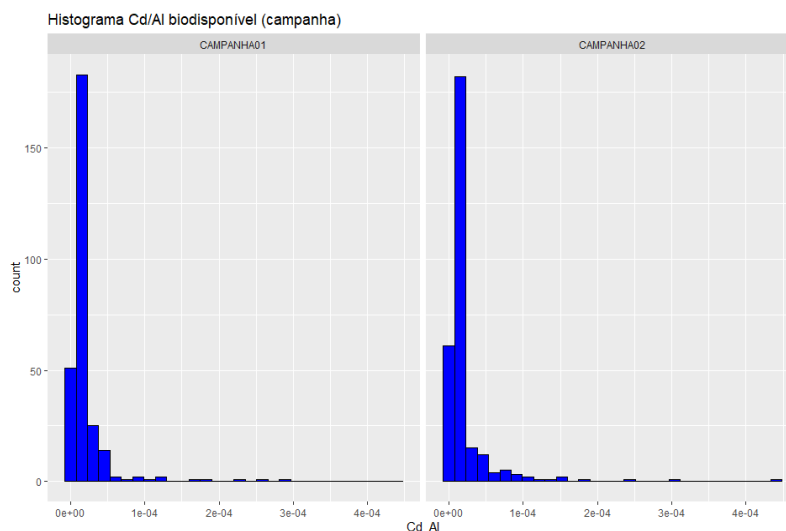


Figura XI-93: Histograma da concentração de Cádmió biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.5 Chumbo

Os mapas abaixo (**Figura XI-94** e **Figura XI-95**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de chumbo normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados próximos a linha de costa na primeira campanha, e uma tendência de menores valores no Platô de São Paulo na segunda campanha.

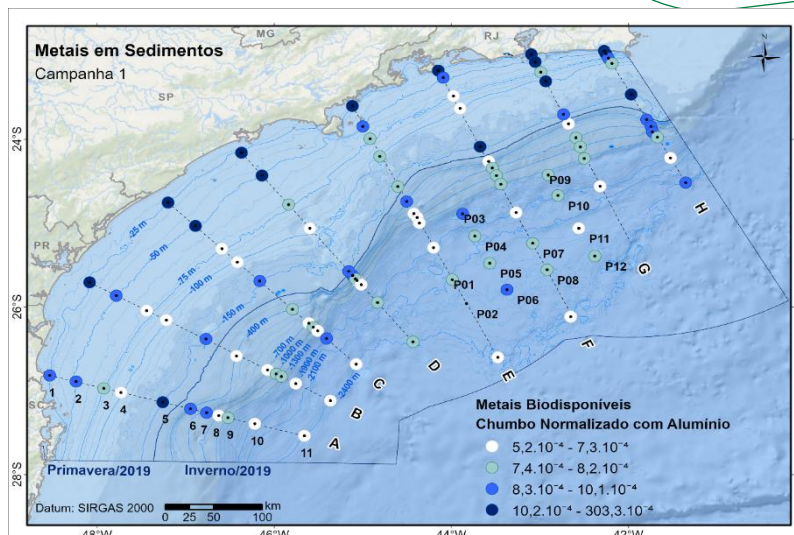


Figura XI-94: Distribuição espacial do Chumbo biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

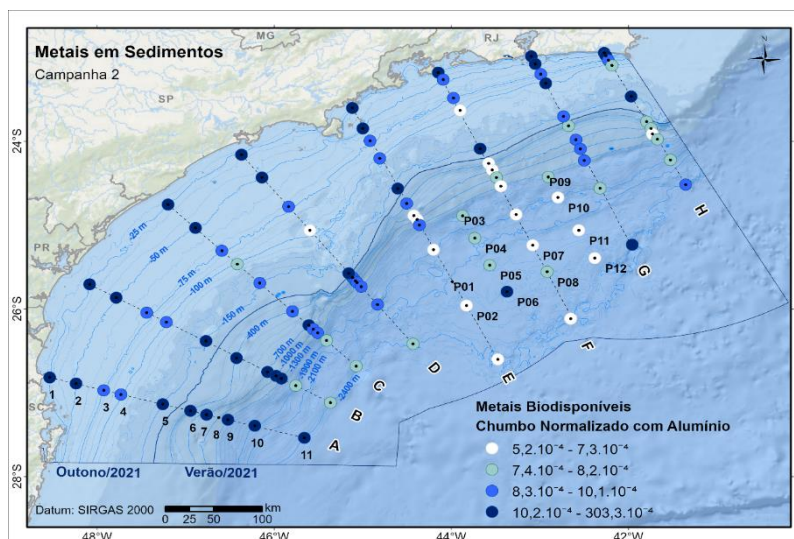


Figura XI-95: Distribuição espacial do Chumbo biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-96** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa uma variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

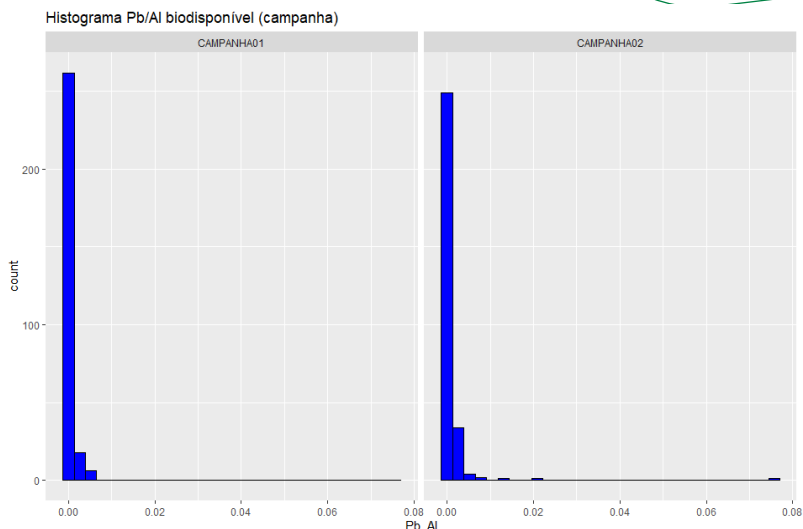


Figura XI-96: Histograma da concentração de Chumbo biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.6 Cobre

Os mapas abaixo (**Figura XI-97** e **Figura XI-98**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de cobre normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção mais profunda da bacia.

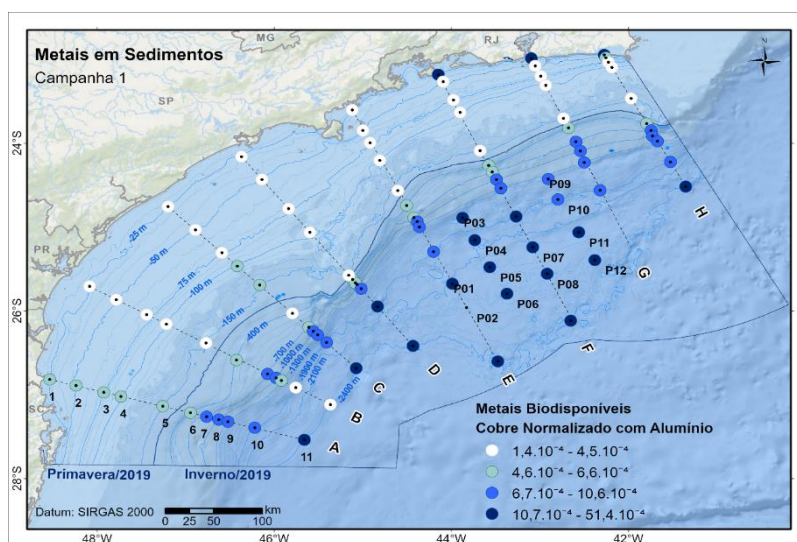


Figura XI-97: Distribuição espacial do Cobre biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

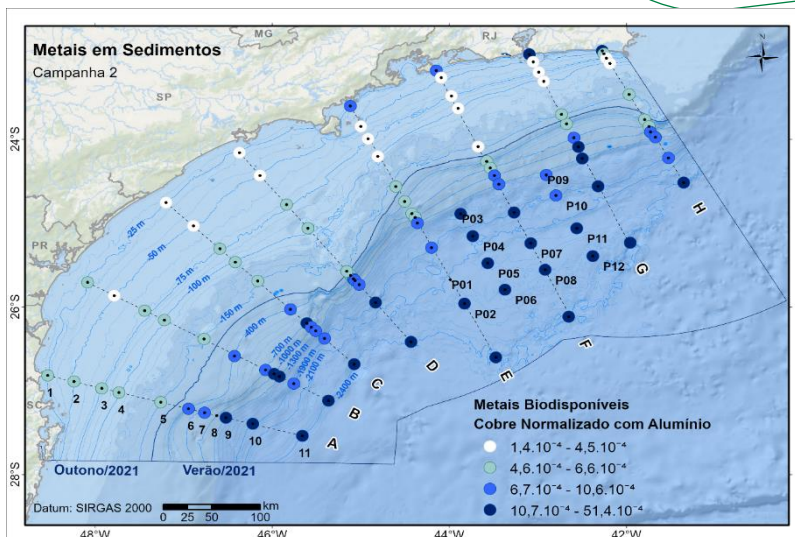


Figura XI-98: Distribuição espacial do Cobre biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-99** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa uma variação na distribuição entre as campanhas, sendo que a segunda campanha apresenta maior dispersão dos dados.

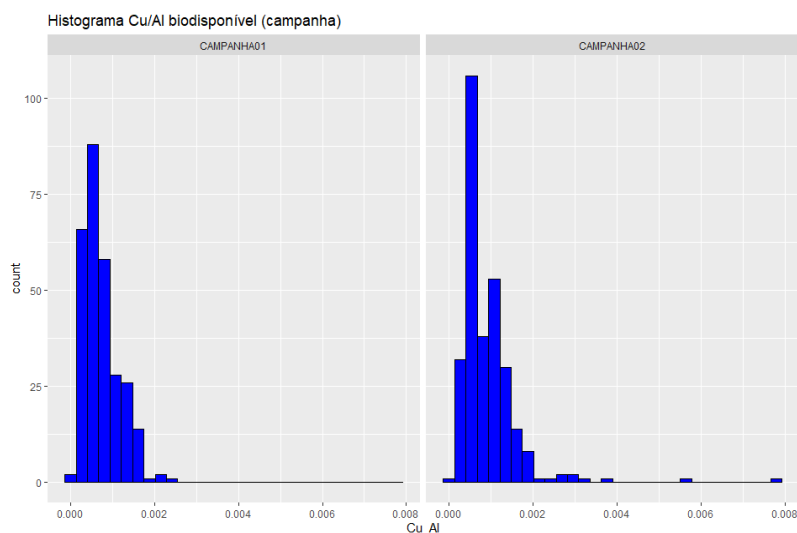


Figura XI-99: Histograma da concentração de Cobre biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.7 Cromo

Os mapas abaixo (**Figura XI-100** e **Figura XI-**) ilustram a distribuição

espacial na bacia dos dados de cromo normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados ao longo da linha de costa assim como nos transectos mais ao norte (“G” e “H”) para a primeira campanha. Na segunda campanha os menores valores estão localizados na porção central do talude.

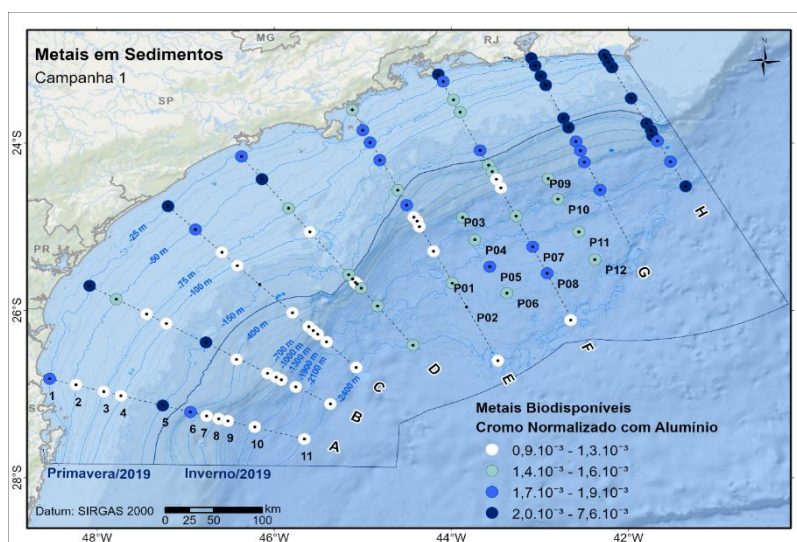


Figura XI-100: Distribuição espacial do Cromo biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

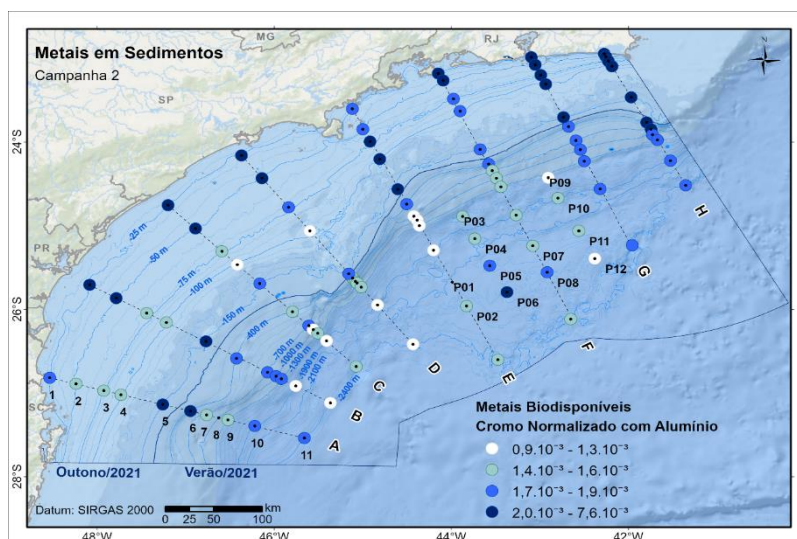


Figura XI-101: Distribuição espacial do Cromo biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-102** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando

que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa variação na distribuição entre as campanhas.

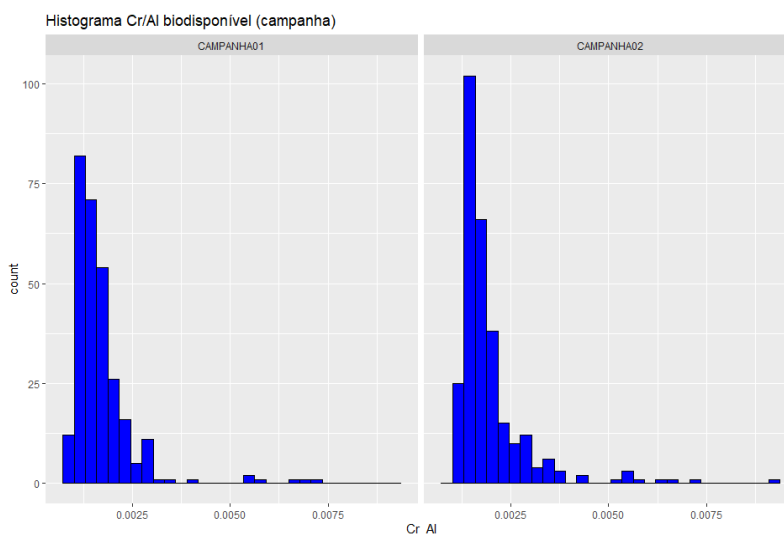


Figura XI-102: Histograma da concentração de Cromo biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.8 Ferro

Os mapas abaixo (**Figura XI-103** e **Figura XI-104**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de ferro normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados ao longo da linha de costa assim como nos transectos mais ao norte (“G” e “H”) para a primeira campanha. Na segunda campanha os menores valores estão localizados na porção central do talude.

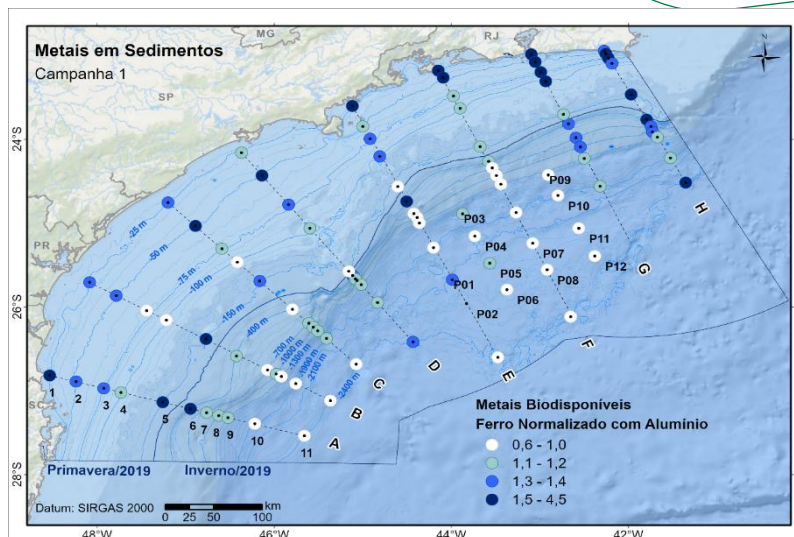


Figura XI-103: Distribuição espacial do Ferro biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

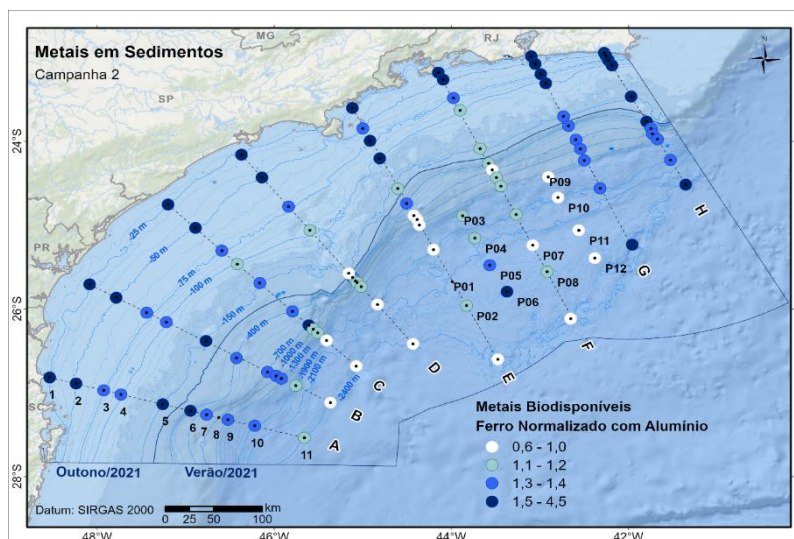


Figura XI-104: Distribuição espacial do Ferro biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-105** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa variação na distribuição entre as campanhas.

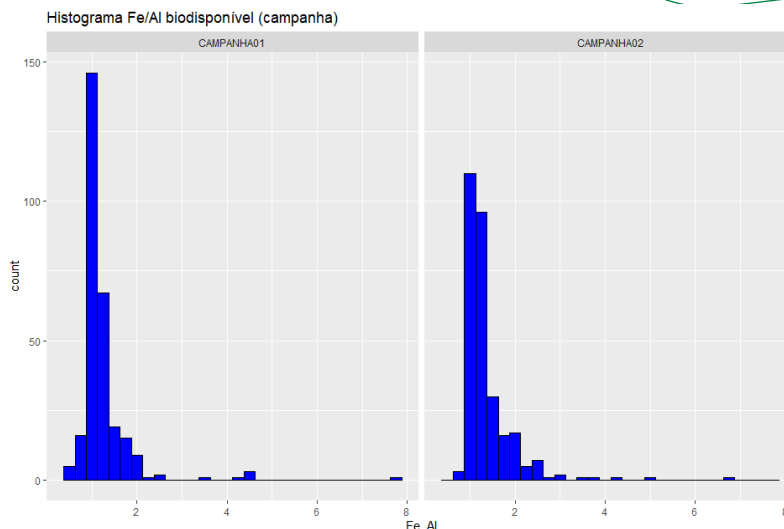


Figura XI-105: Histograma da concentração de Ferro biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.9 Manganês

Os mapas abaixo (**Figura XI-106** e **Figura XI-107**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de manganês normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção sul e central da bacia para a primeira campanha. Já na segunda campanha a identificação de valores mais elevados na porção sul fica mais acentuada. Destaca-se, em ambas as campanhas, alguns valores mais elevados próximos a linha de costa para os transectos “E”, “F” e “G”.

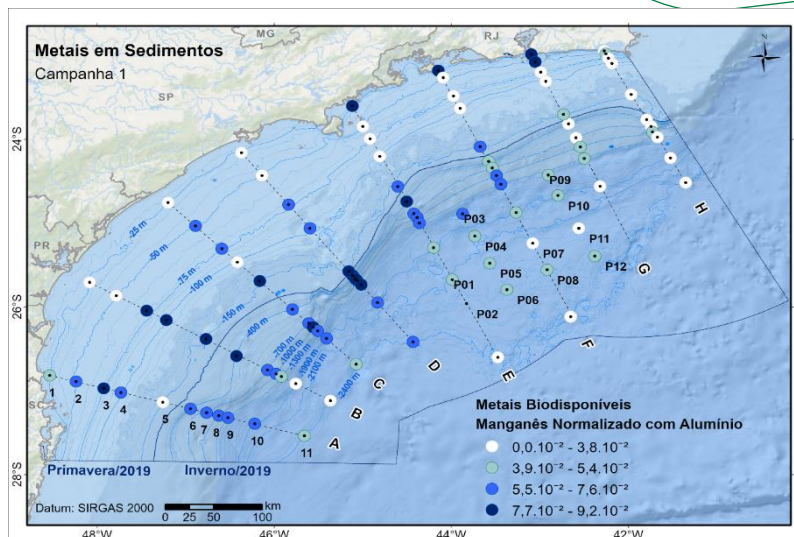


Figura XI-106: Distribuição espacial do Manganês biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

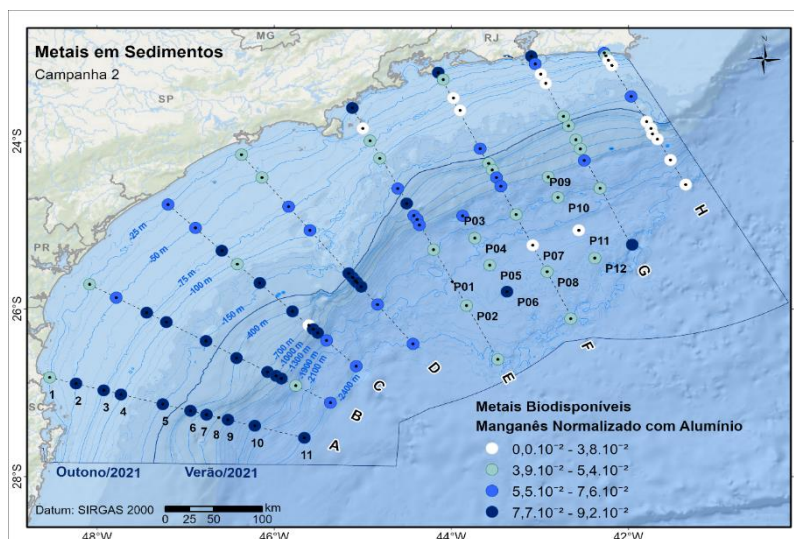


Figura XI-107: Distribuição espacial do Manganês biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-108** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa variação na distribuição entre as campanhas.

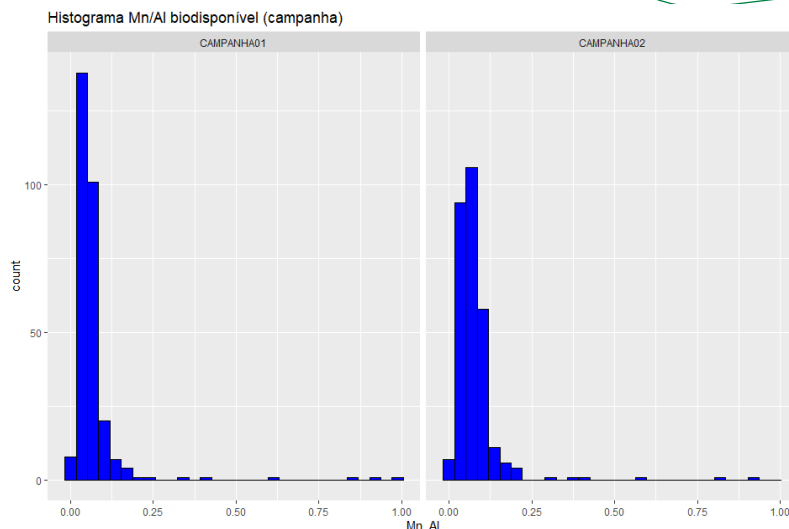


Figura XI-108: Histograma da concentração de Manganês biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.10 Níquel

Os mapas abaixo (**Figura XI-109** e **Figura XI-110**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de níquel normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados ao longo da quebra da plataforma, para primeira campanha, e uma distribuição aparentemente aleatória na segunda campanha.

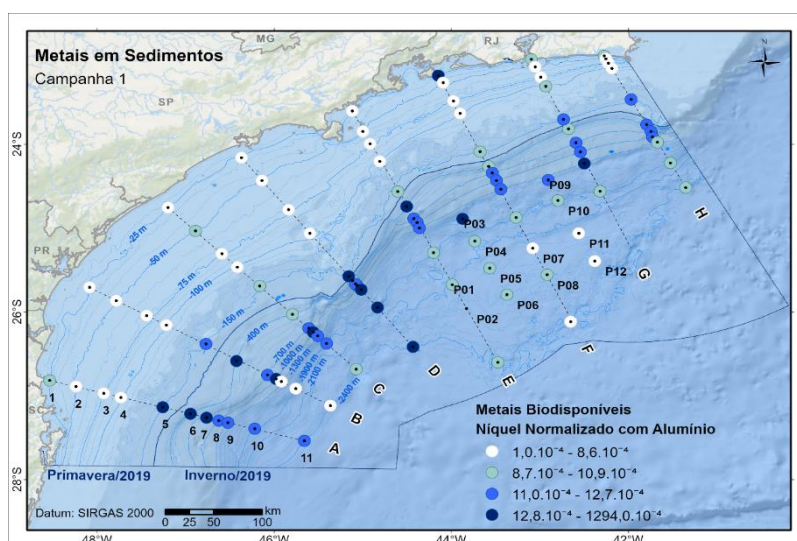


Figura XI-109: Distribuição espacial do Níquel biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

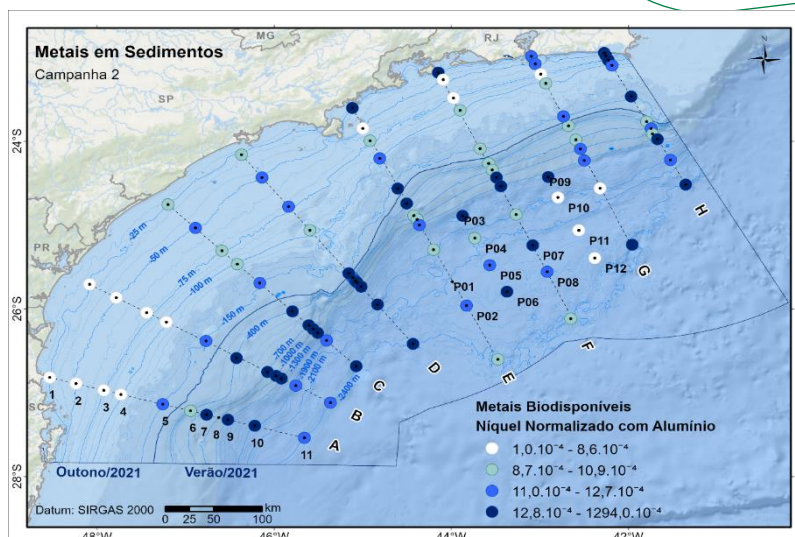


Figura XI-110: Distribuição espacial do Níquel biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-111** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa variação na distribuição entre as campanhas.

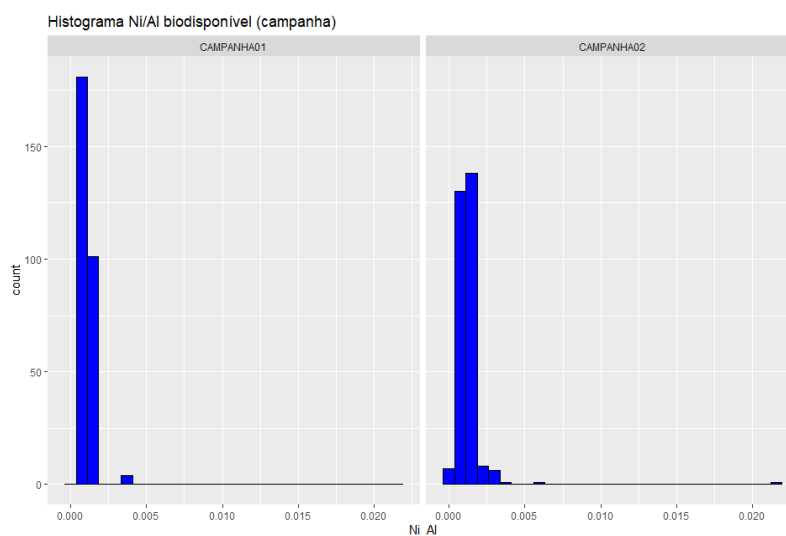


Figura XI-111: Histograma da concentração de Níquel biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.11 Vanádio

Os mapas abaixo (**Figura XI-112** e **Figura XI-113**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de vanádio normalizado pelo alumínio encontrados

em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção norte na primeira campanha. Já na segunda campanha os dados mais elevados estão concentrados nas isóbatas mais profundas e na porção norte da bacia.

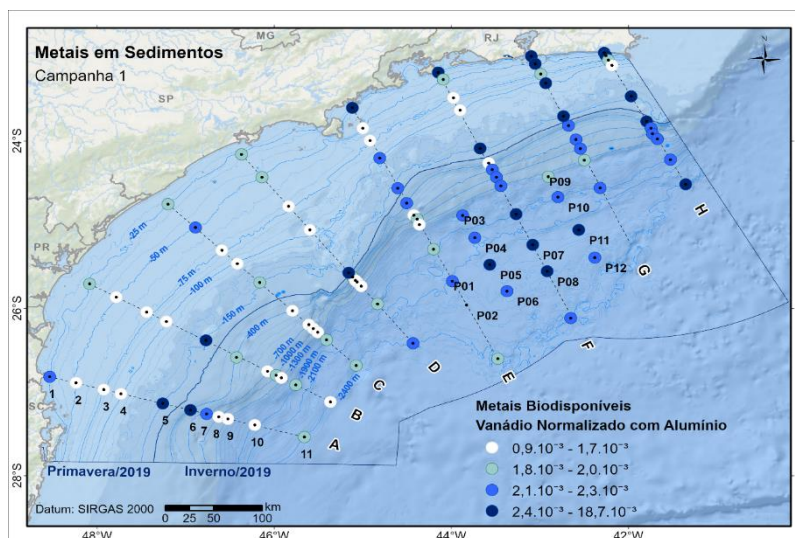


Figura XI-112: Distribuição espacial do Vanádio biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

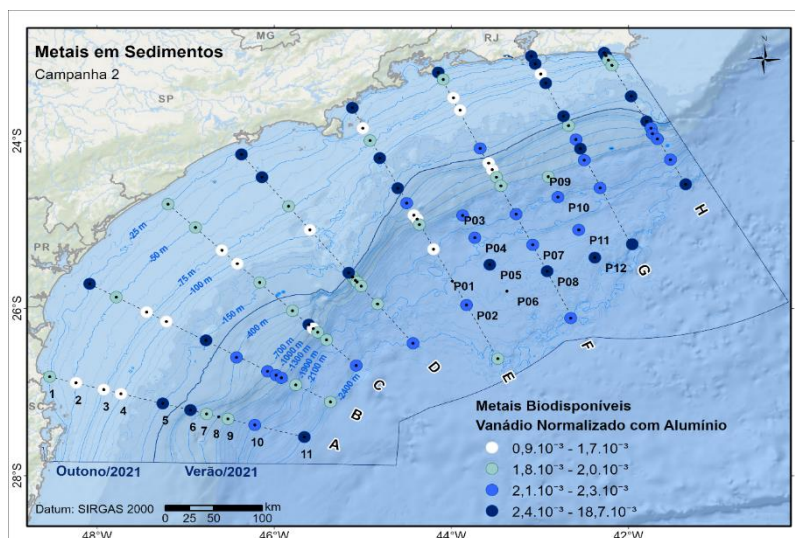


Figura XI-113: Distribuição espacial do Vanádio biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-114** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde não se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

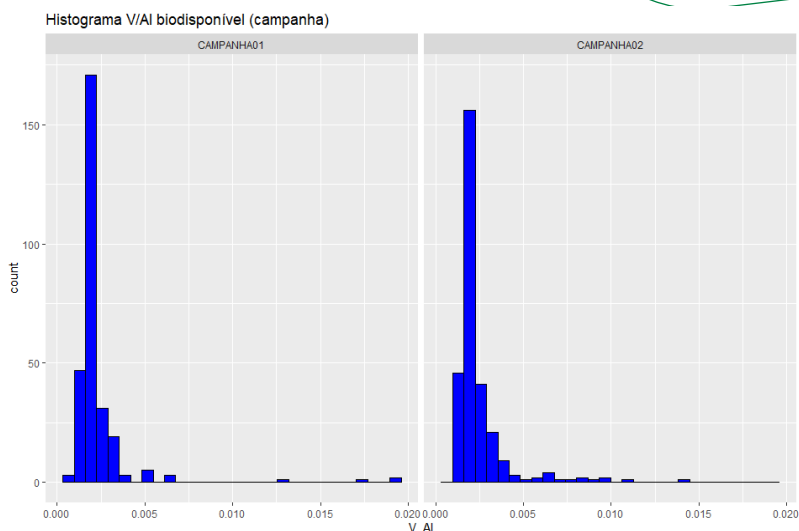


Figura XI-114: Histograma da concentração de Vanádio biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.1.12 Zinco

Os mapas abaixo (**Figura XI-115** e **Figura XI-116**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de zinco normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados dispersos na primeira campanha, mas na segunda campanha a maioria dos dados estão na faixa mais elevadas. A exceção são os dados das isóbatas mais profundas da porção norte da bacia, onde os valores são mais baixos.

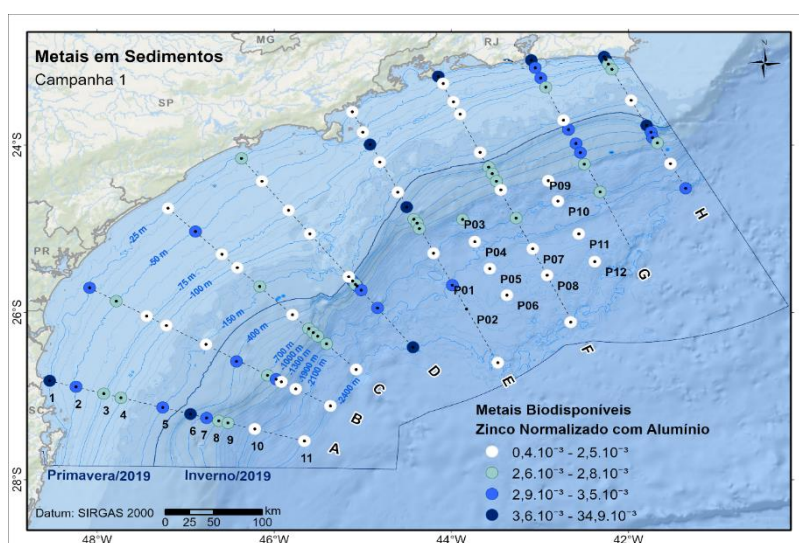


Figura XI-115: Distribuição espacial do Zinco biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

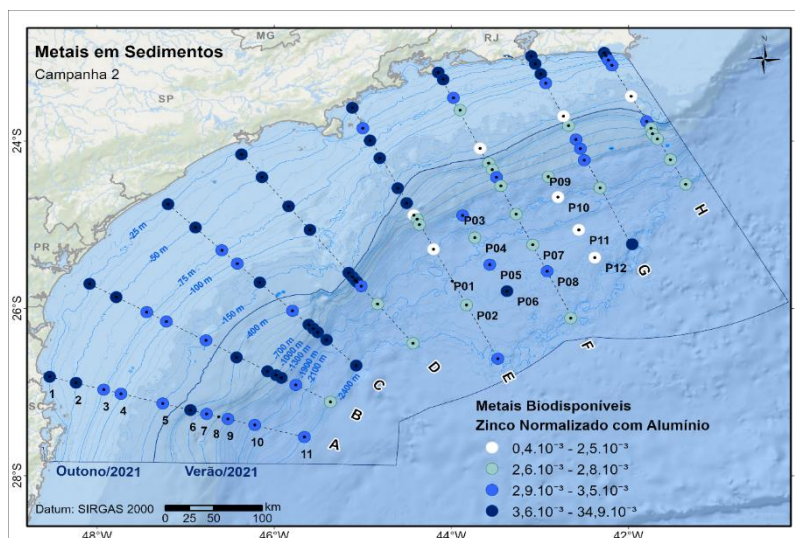


Figura XI-116: Distribuição espacial do Vanádio biodisponível normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-117** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

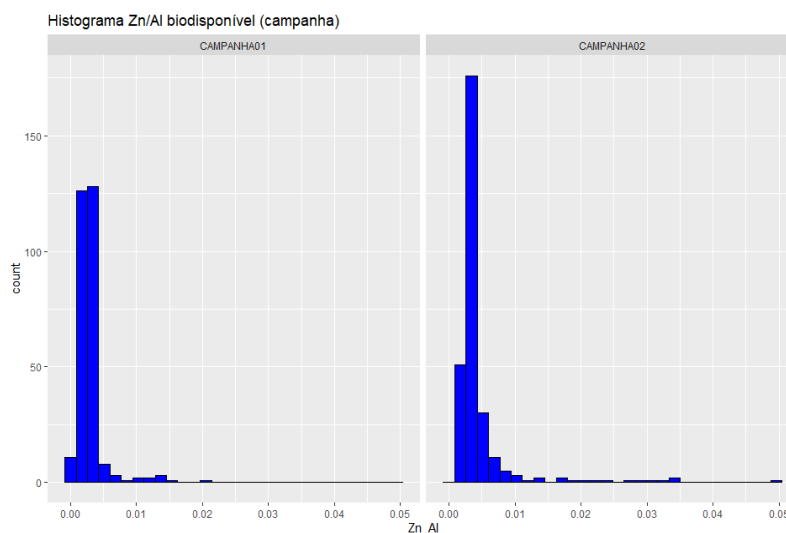


Figura XI-117: Histograma da concentração de Zinco biodisponível normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2 Metais totais normalizados pelo alumínio

XI.4.2.1 Arsênio

Os mapas abaixo (**Figura XI-118** e **Figura XI-119**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de arsênio normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção norte da bacia, na primeira campanha. Na segunda campanha os valores mais baixos ficaram concentrados na porção sul do talude.

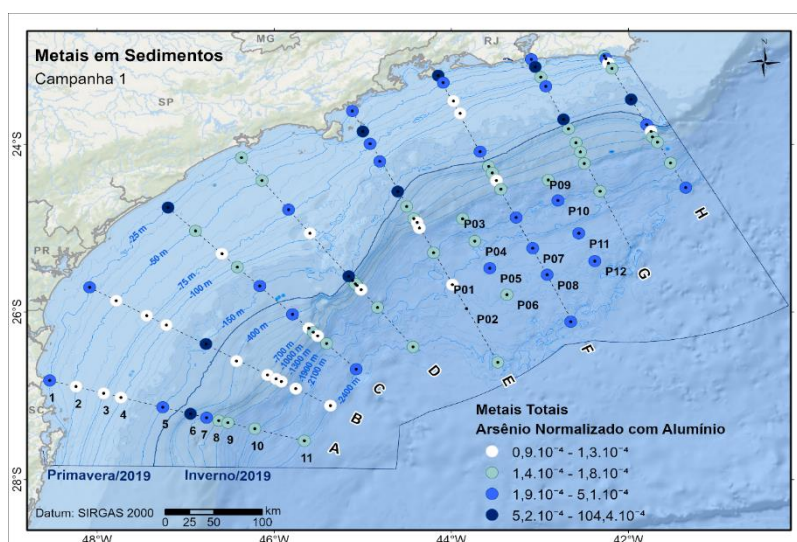


Figura XI-118: Distribuição espacial do Arsênio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

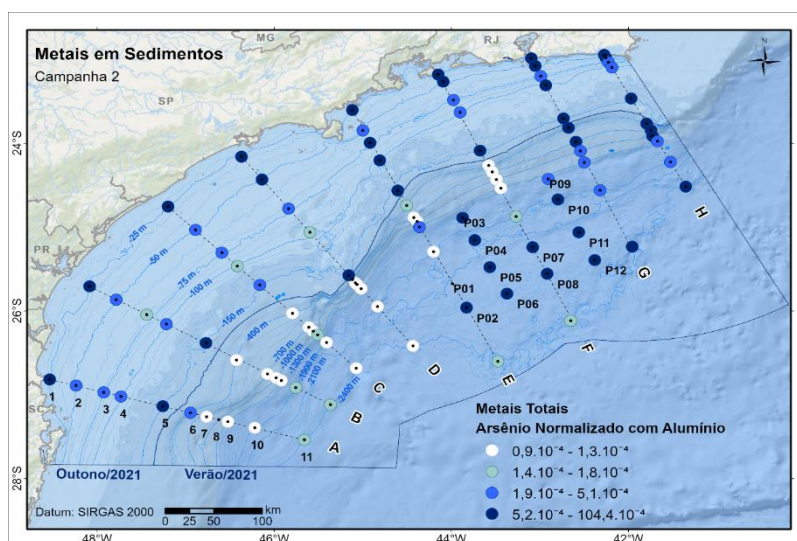


Figura XI-119: Distribuição espacial do Arsênio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-120** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa variação na distribuição entre as campanhas com uma maior dispersão na segunda campanha.

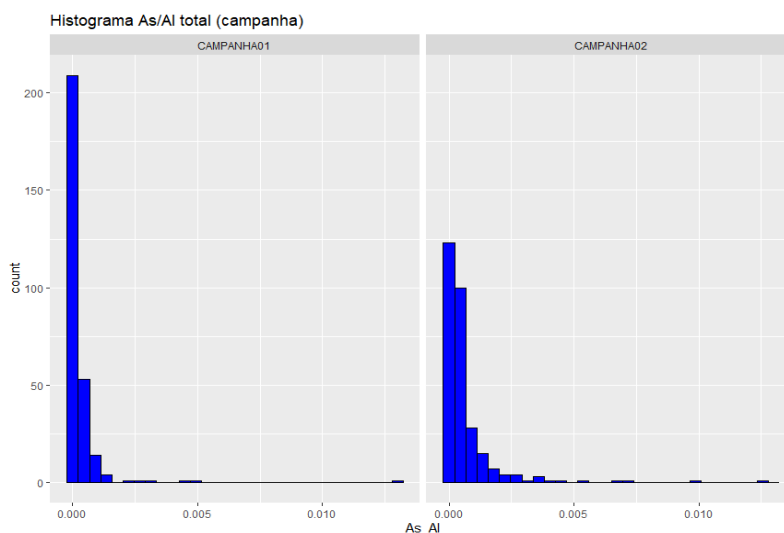


Figura XI-120: Histograma da concentração de Arsênio total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.2 Bário

Os mapas abaixo (**Figura XI-121** e **Figura XI-122**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de bário normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados ao longo da plataforma na primeira campanha e na segunda campanha esses valores estão localizados na quebra da plataforma e ao longo do transecto “D”.

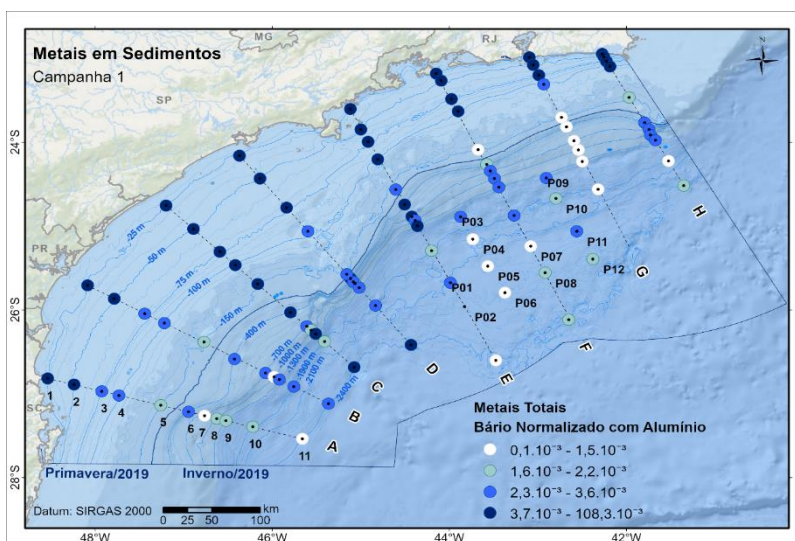


Figura XI-121: Distribuição espacial do Bário total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

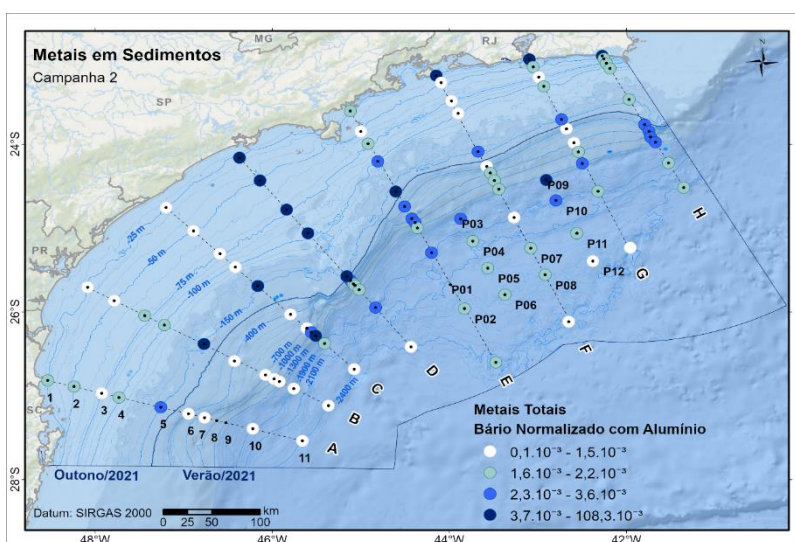


Figura XI-122: Distribuição espacial do Bário total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-123** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, onde se observa variação na distribuição entre as campanhas com uma maior dispersão na primeira campanha.

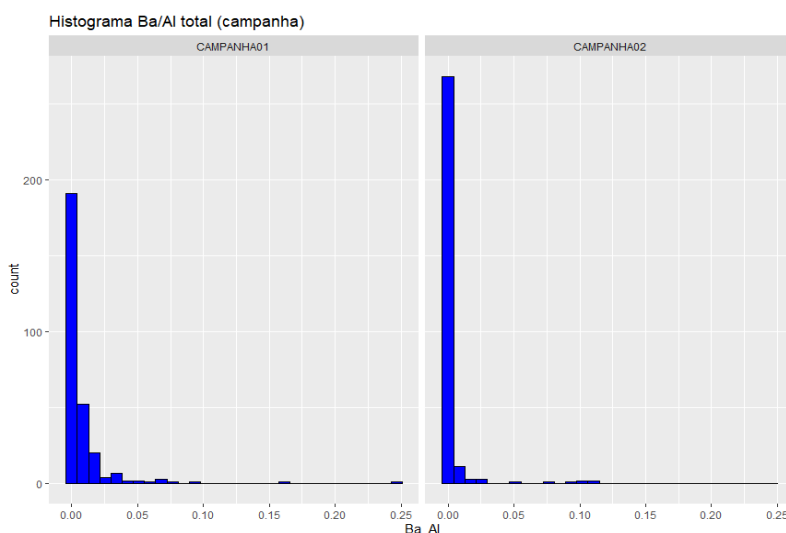


Figura XI-123: Histograma da concentração de Bário total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.3 Boro

Os mapas abaixo (**Figura XI-124** e **Figura XI-125**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados do boro normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção norte, para a primeira campanha, e de valores mais baixos na porção norte do talude na segunda campanha.

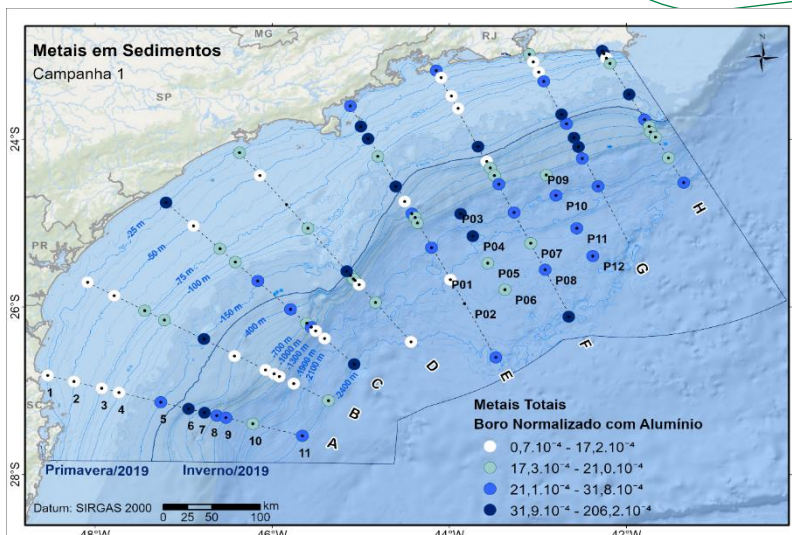


Figura XI-124: Distribuição espacial do Boro total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

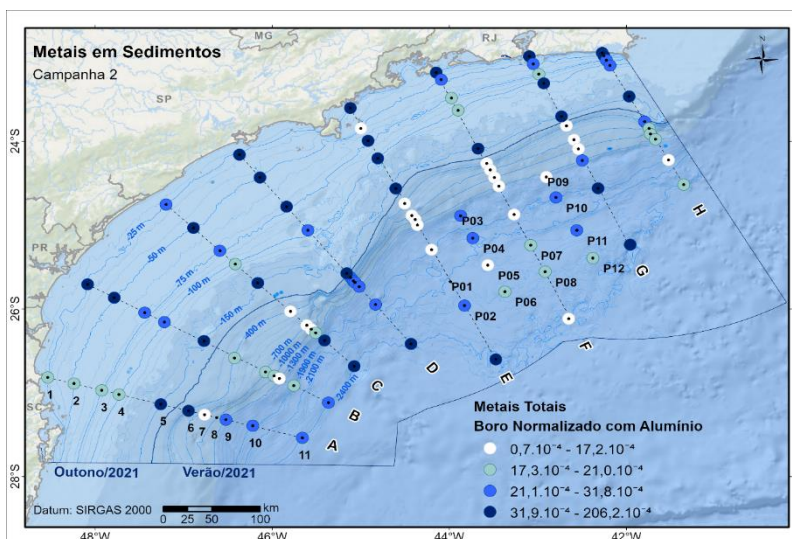


Figura XI-125: Distribuição espacial do Boro total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-126** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

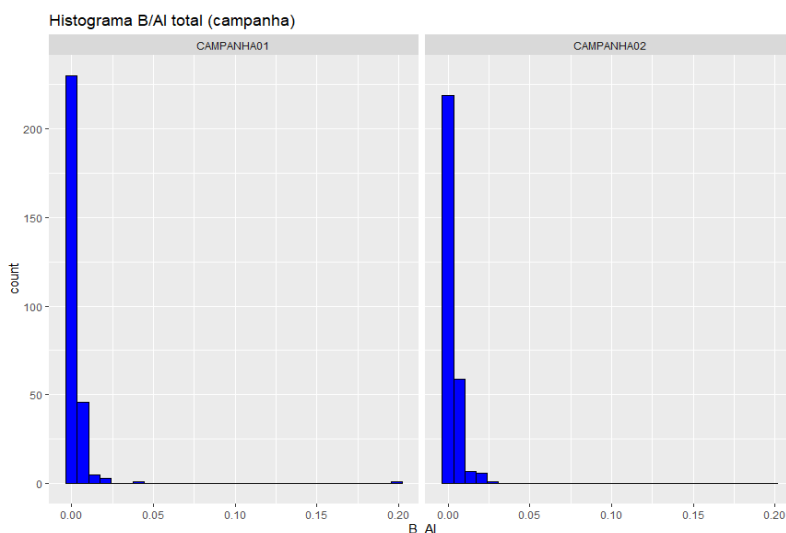


Figura XI-126: Histograma da concentração de Boro total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.4 Cádmi

Os mapas abaixo (**Figura XI-127** e **Figura XI-128**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de cádmio normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de menores valores distribuídos sem um padrão definido na primeira campanha. Na segunda campanha pode-se observar uma tendência de maiores valores ao longo da plataforma.

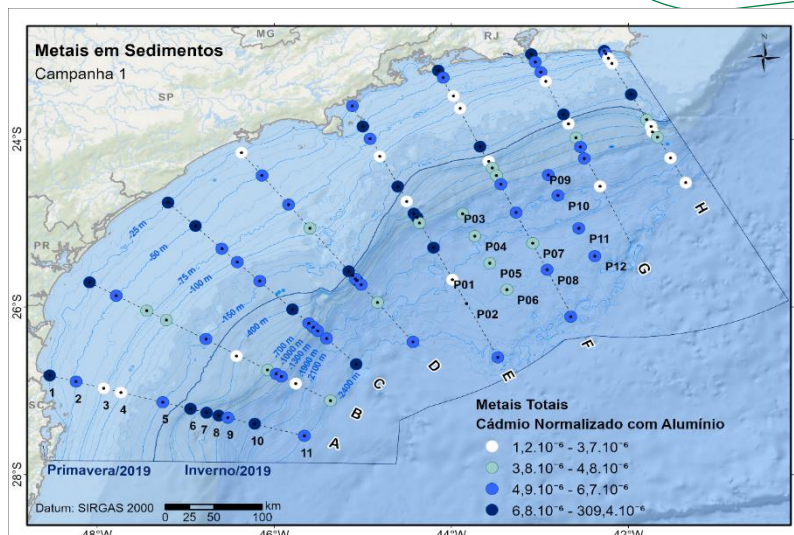


Figura XI-127: Distribuição espacial do Cádmiio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

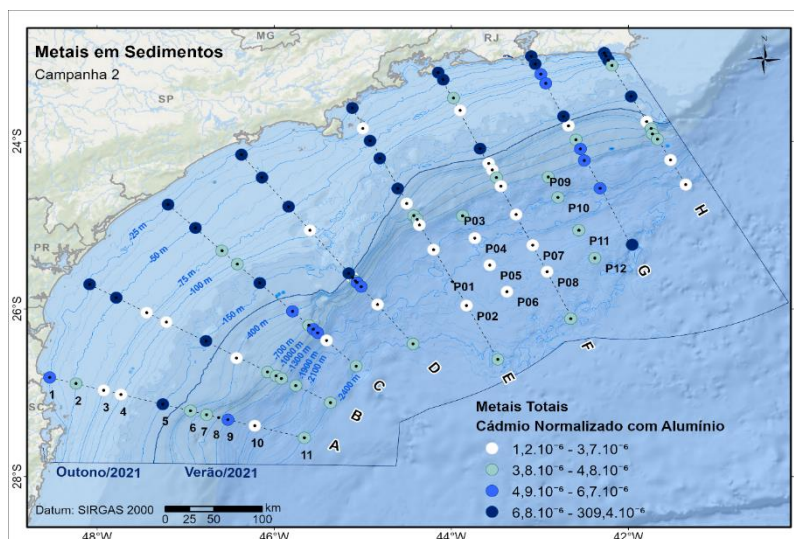


Figura XI-128: Distribuição espacial do Cádmiio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-129** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

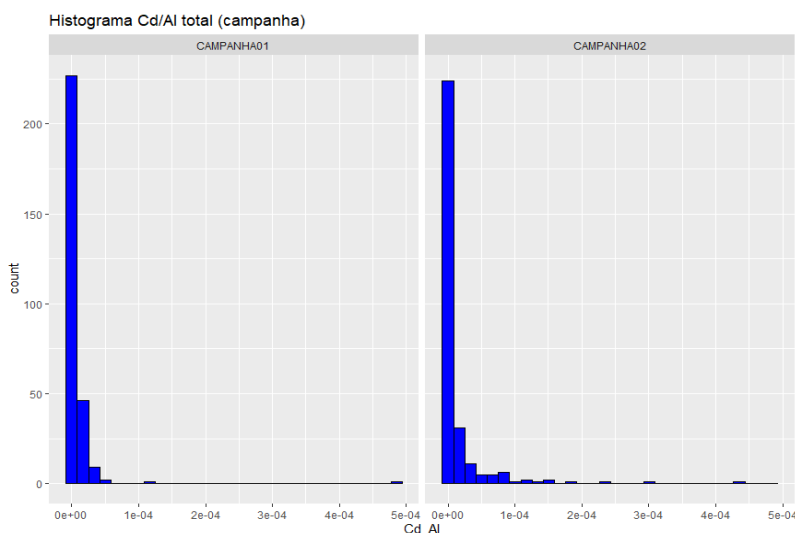


Figura XI-129: Histograma da concentração de Cádmi total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.5 Chumbo

Os mapas abaixo (**Figura XI-130** e **Figura XI-131**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de chumbo normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados ao longo da plataforma.

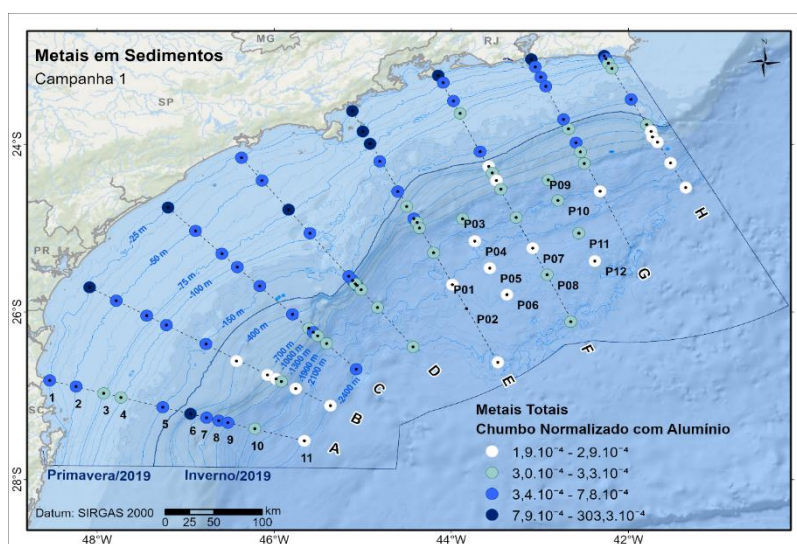


Figura XI-130: Distribuição espacial do Chumbo total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

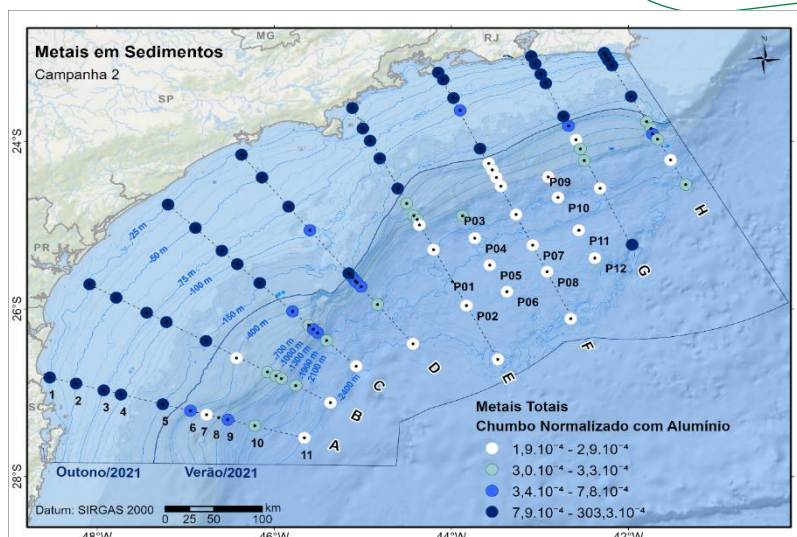


Figura XI-131: Distribuição espacial do Chumbo total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-132** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

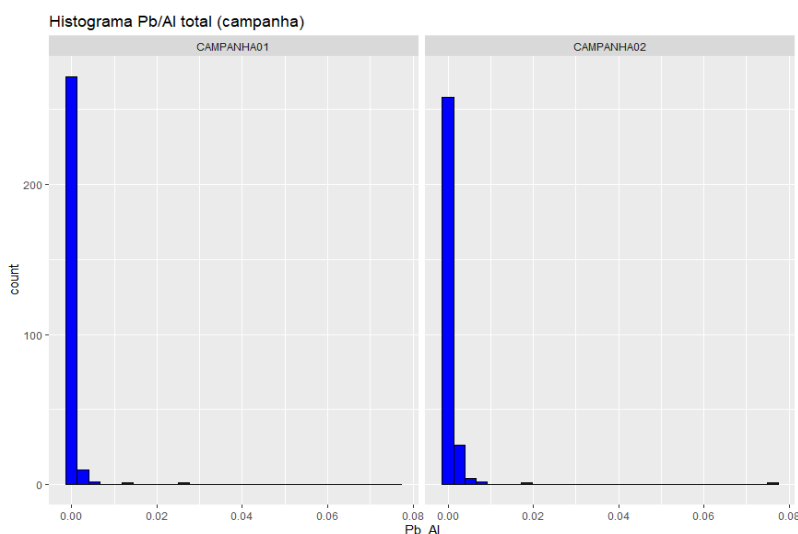


Figura XI-132: Histograma da concentração de Chumbo total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.6 Cobre

Os mapas abaixo (**Figura XI-133** e **Figura XI-134**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de cobre normalizado pelo alumínio encontrados

em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção mais profunda da bacia na primeira campanha e poucos valores baixos na segunda campanha ao longo da quebra da plataforma.

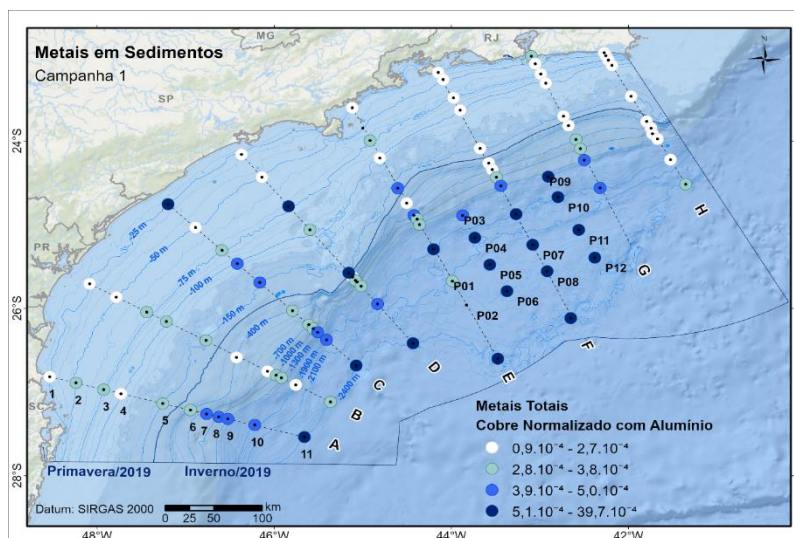


Figura XI-133: Distribuição espacial do Cobre total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

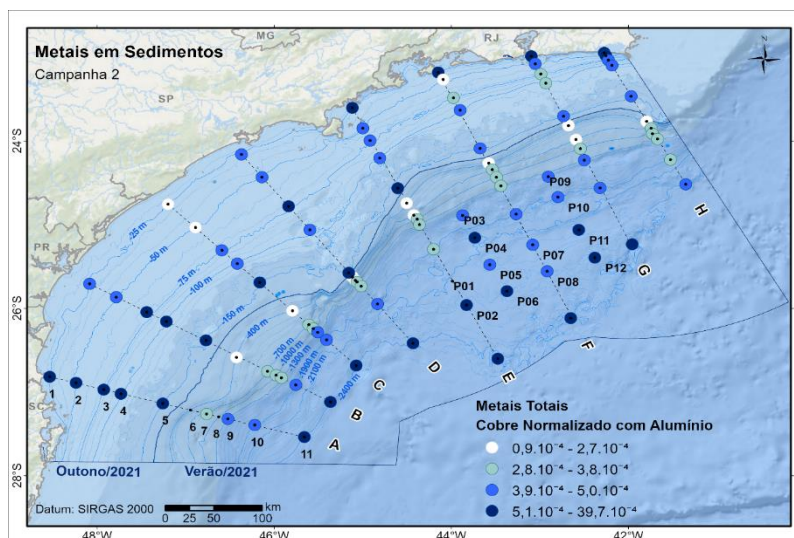


Figura XI-134: Distribuição espacial do Cobre total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-135** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

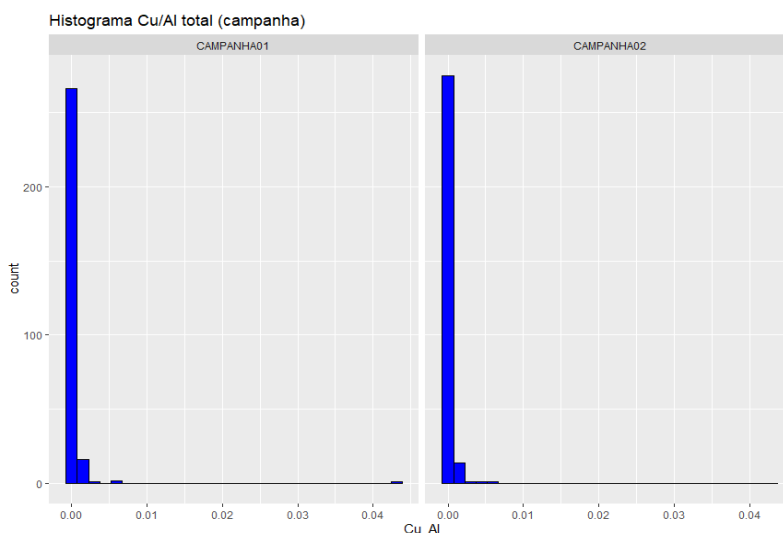


Figura XI-135: Histograma da concentração de Cobre total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.7 Cromo

Os mapas abaixo (**Figura XI-136** e **Figura XI-137**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de cromo normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados ao longo da plataforma, com o destaque para alguns pontos com valores medianos no Platô de São Paulo.

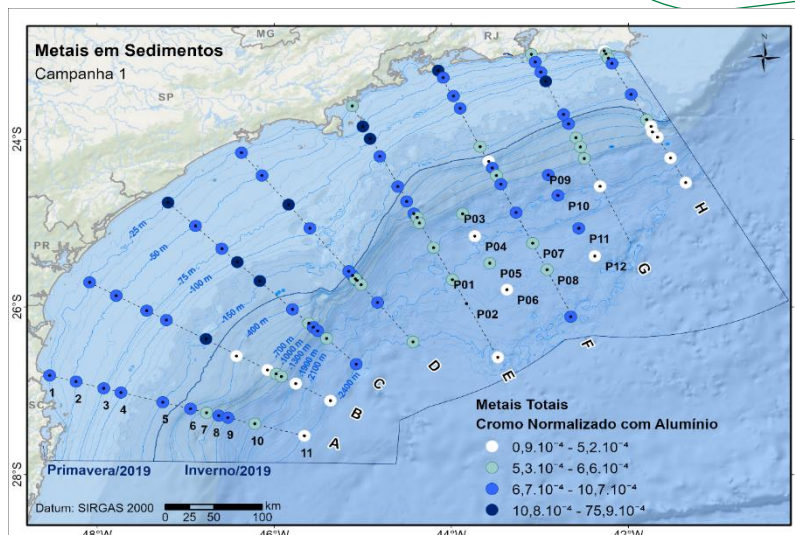


Figura XI-136: Distribuição espacial do Cromo total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

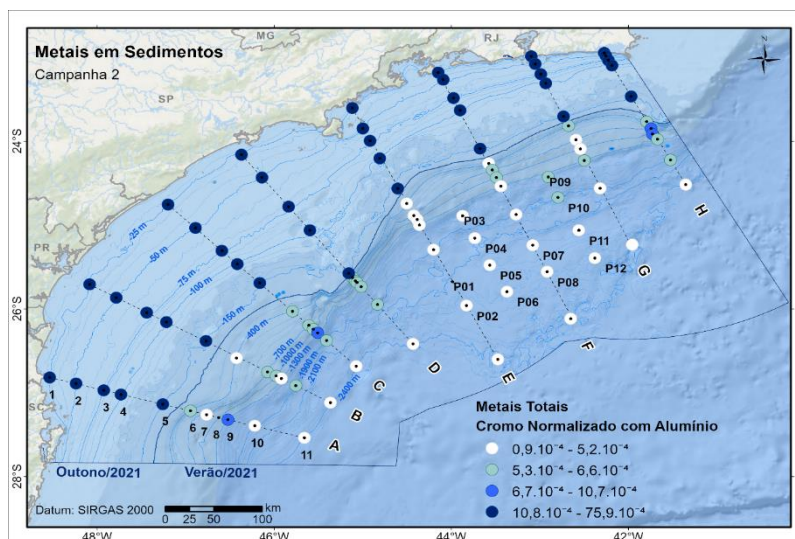


Figura XI-137: Distribuição espacial do Cromo total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-138** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas sendo que os dados da segunda campanha apresentaram a maior dispersão.

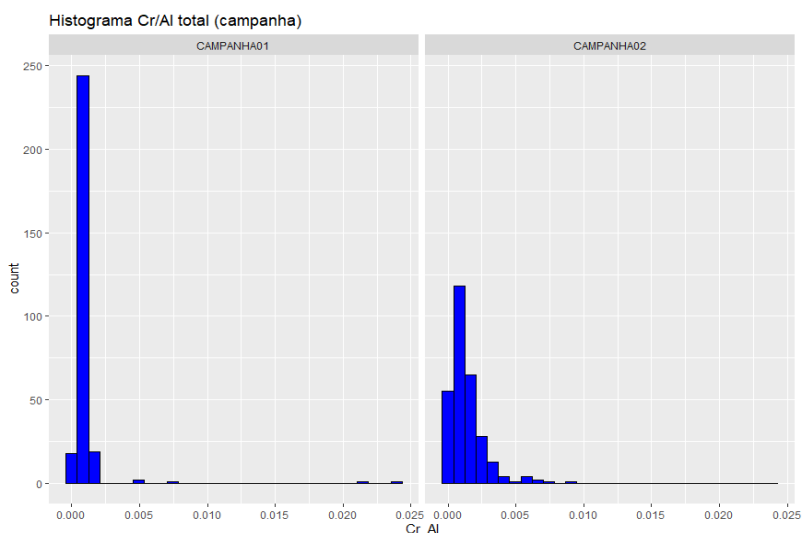


Figura XI-138: Histograma da concentração de Cromo total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.8 Ferro

Os mapas abaixo (**Figura XI-139** e **Figura XI-140**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de ferro normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados ao longo da plataforma, sendo que na primeira campanha ocorreram alguns pontos esparsos no talude.

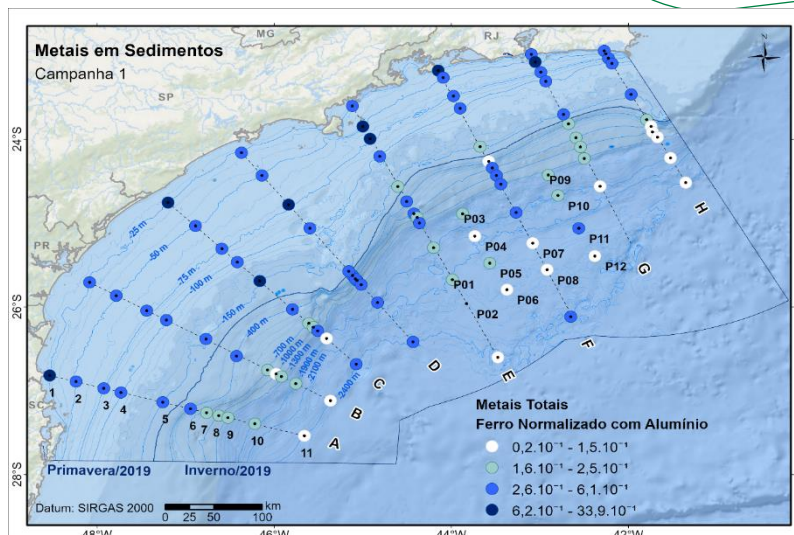


Figura XI-139: Distribuição espacial do Ferro total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

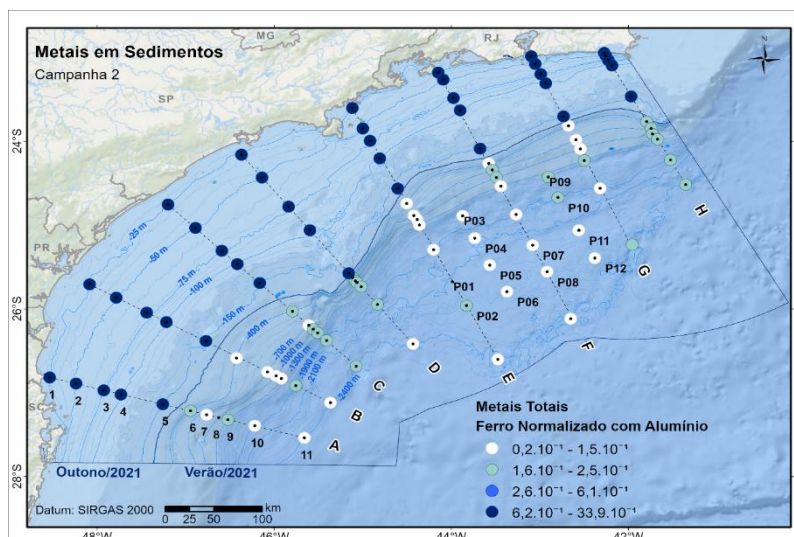


Figura XI-140: Distribuição espacial do Ferro total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-141** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas sendo que os dados da segunda campanha apresentaram a maior dispersão.

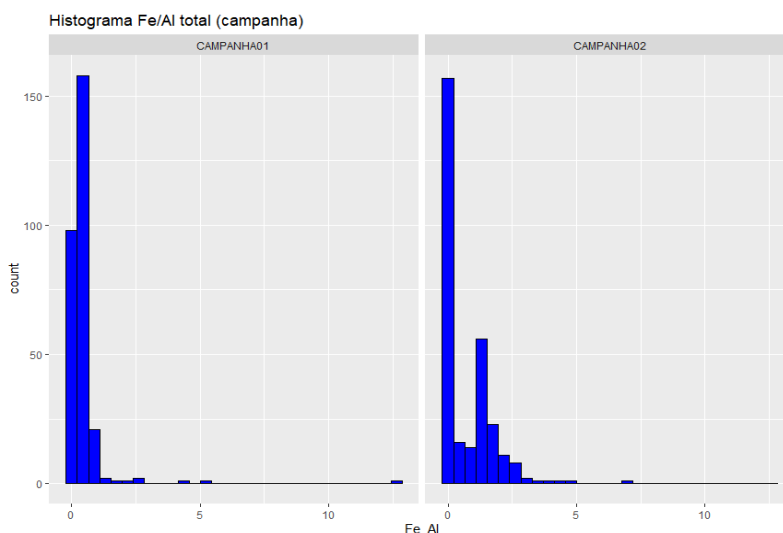


Figura XI-141: Histograma da concentração de Ferro total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.9 Manganês

Os mapas abaixo (**Figura XI-142** e **Figura XI-143**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de manganês normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção sul e central da bacia para a primeira campanha. Já na segunda campanha a tendência de valores mais baixos está concentrada na porção norte do talude.

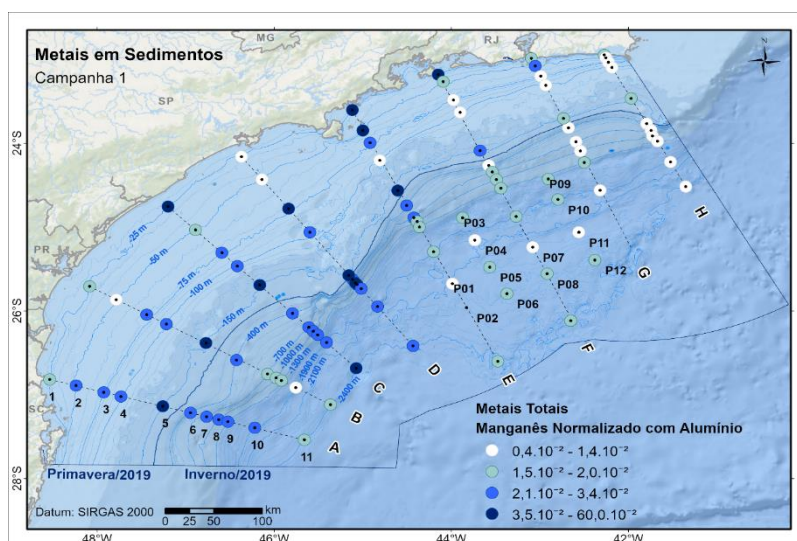


Figura XI-142: Distribuição espacial do Manganês total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

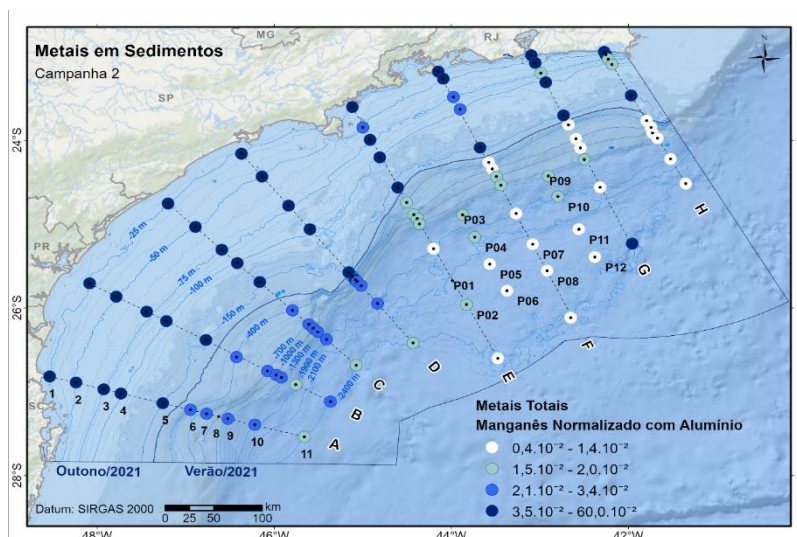


Figura XI-143: Distribuição espacial do Manganês total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-144** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas sendo que os dados da segunda campanha apresentaram a maior dispersão.

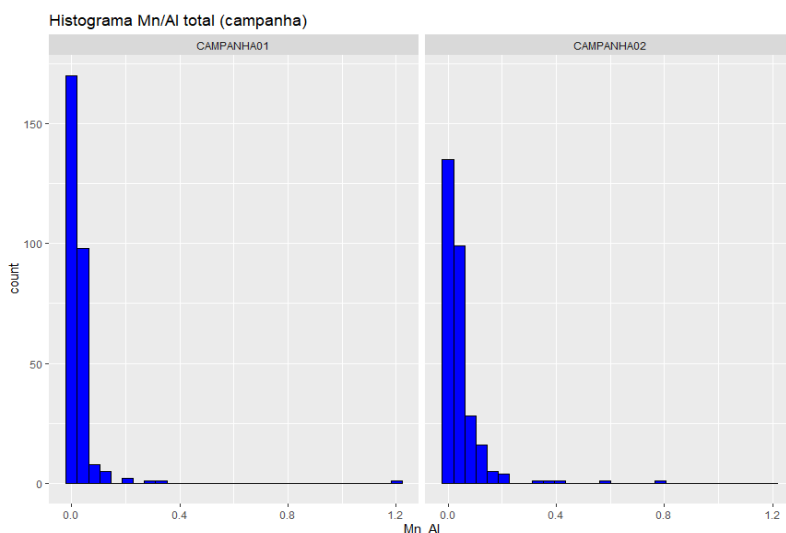


Figura XI-144: Histograma da concentração de Manganês total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.10 Mercúrio

Os mapas abaixo (**Figura XI-145** e **Figura XI-146**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de mercúrio normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais elevados na porção norte do talude na primeira campanha. Na segunda campanha a tendência dos valores mais elevados ocorre na plataforma e no Platô de São Paulo.

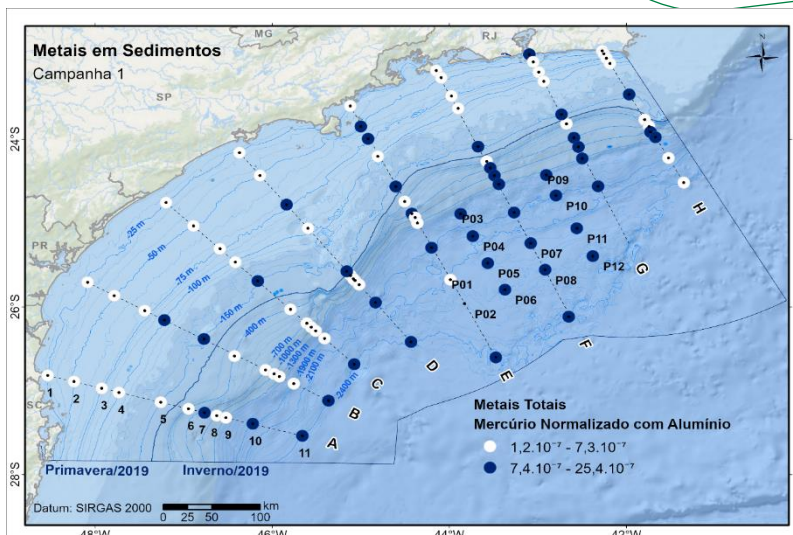


Figura XI-145: Distribuição espacial do Mercúrio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

1

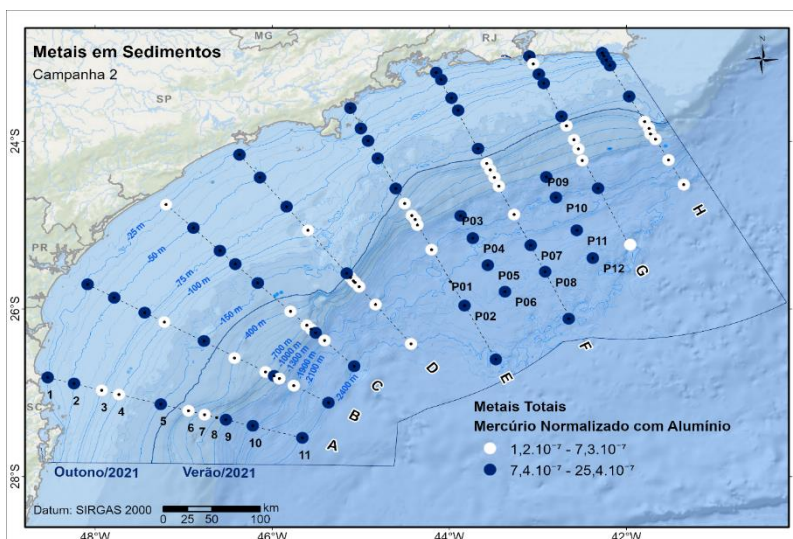


Figura XI-146: Distribuição espacial do Mercúrio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-147** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

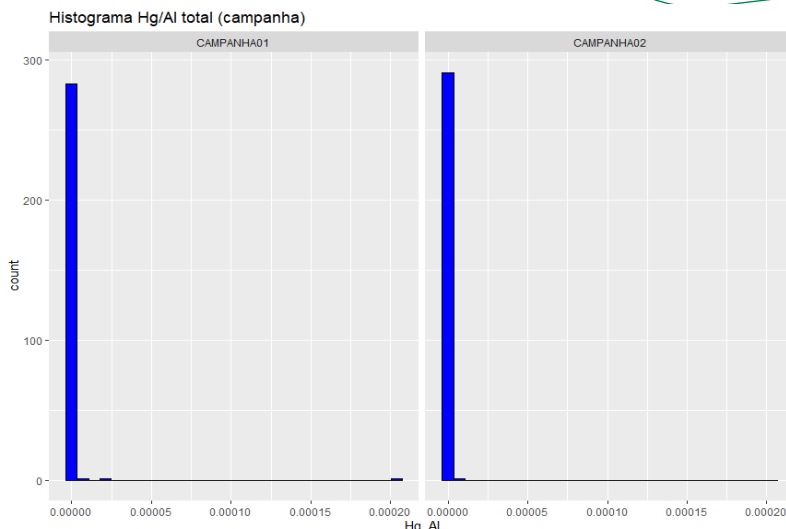


Figura XI-147: Histograma da concentração de Mercúrio total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.11 Níquel

Os mapas abaixo (**Figura XI-148** e **Figura XI-149**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de níquel normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais baixos ocorrerem próximos à linha de costa e ao longo do transecto “H” na primeira campanha. Na segunda campanha os valores mais baixos ocorreram na porção norte do talude.

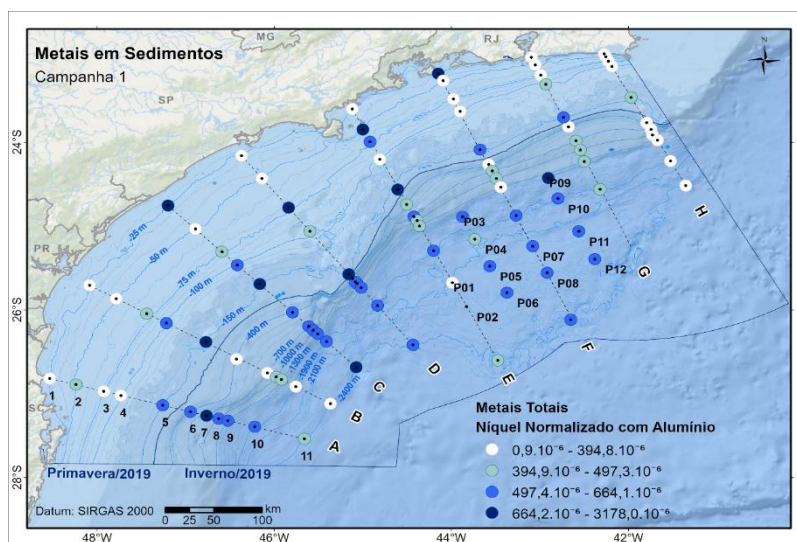


Figura XI-148: Distribuição espacial do Níquel total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

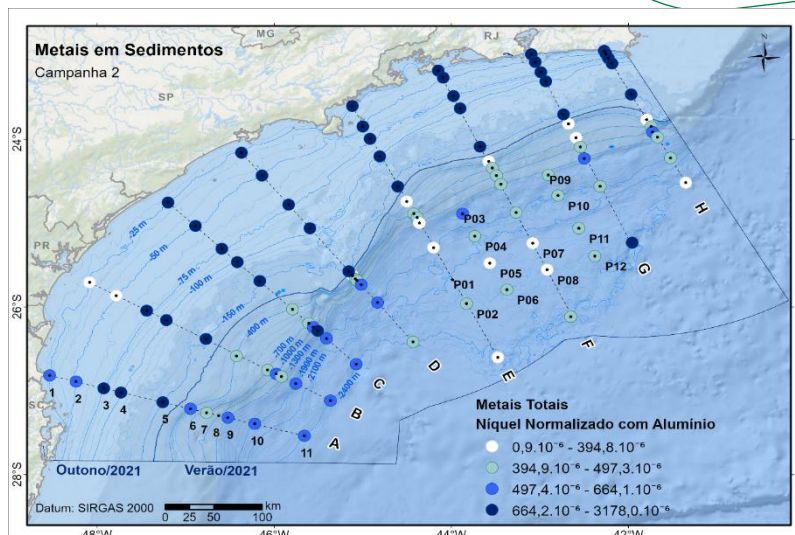


Figura XI-149: Distribuição espacial do Níquel total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-150** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa variação expressiva na distribuição entre as campanhas.

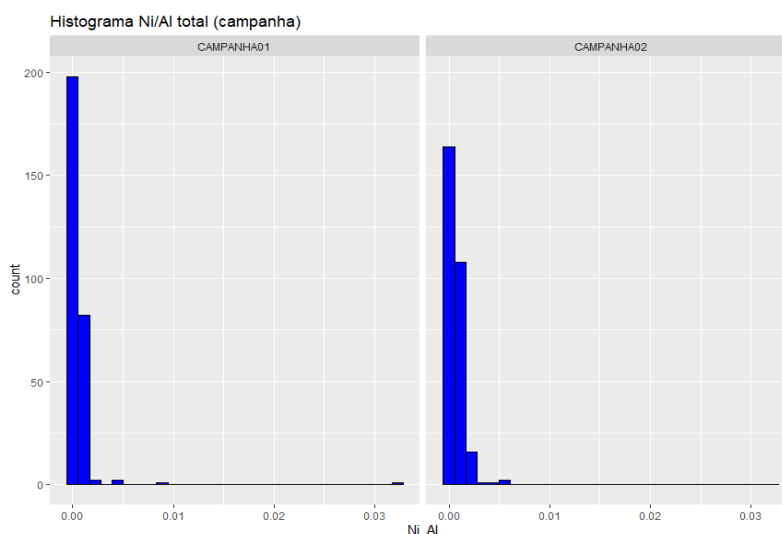


Figura XI-150: Histograma da concentração de Níquel total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.12 Vanádio

Os mapas abaixo (**Figura XI-151** e **Figura XI-152**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de vanádio normalizado pelo alumínio encontrados

em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que os valores observados na primeira campanha se encontram dispersos e sem uma tendência de agrupamento espacial aparente. Na segunda campanha é possível observar uma tendência de valores mais baixos na porção norte do talude.

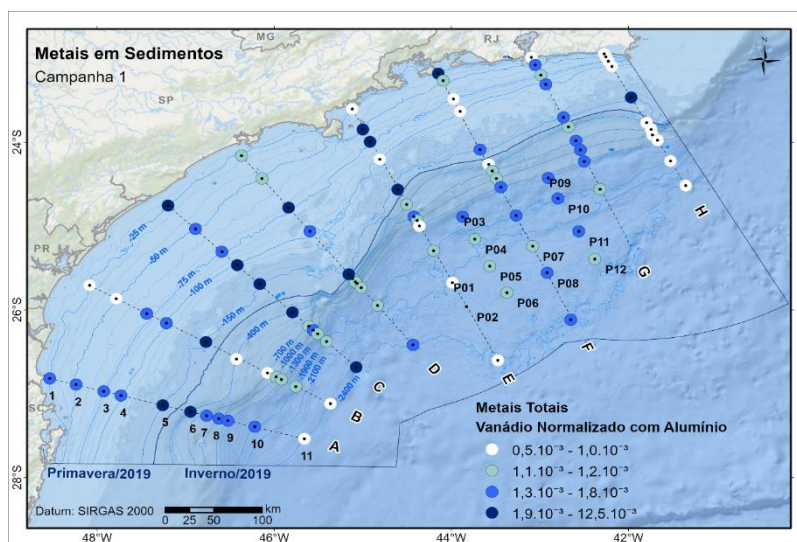


Figura XI-151: Distribuição espacial do Vanádio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

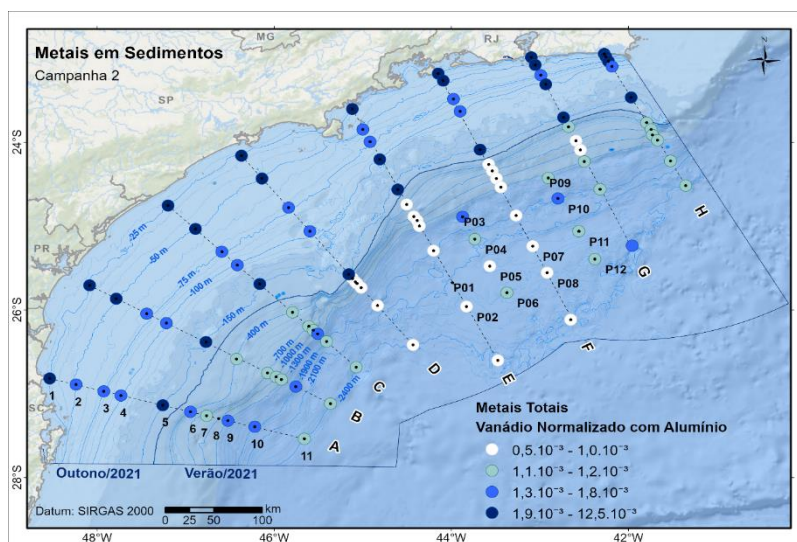


Figura XI-152: Distribuição espacial do Vanádio total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-153** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, não se observa variação

expressiva na distribuição entre as campanhas.

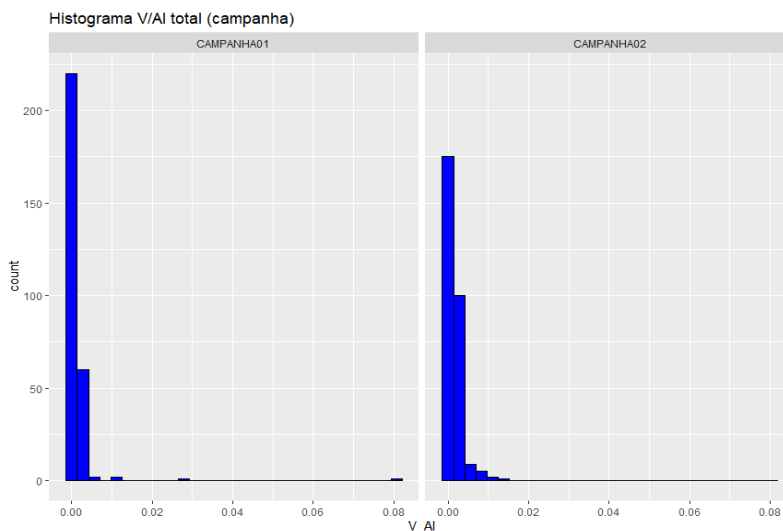


Figura XI-153: Histograma da concentração de Vanádio total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.2.13 Zinco

Os mapas abaixo (**Figura XI-154** e **Figura XI-155**) ilustram a distribuição espacial na bacia dos dados de zinco normalizado pelo alumínio encontrados em cada campanha. Observa-se agora com a influência da granulometria minimizada que existe uma tendência de valores mais baixos dispersos na primeira campanha, mas na segunda campanha os menores valores ocorrem na porção norte do talude.

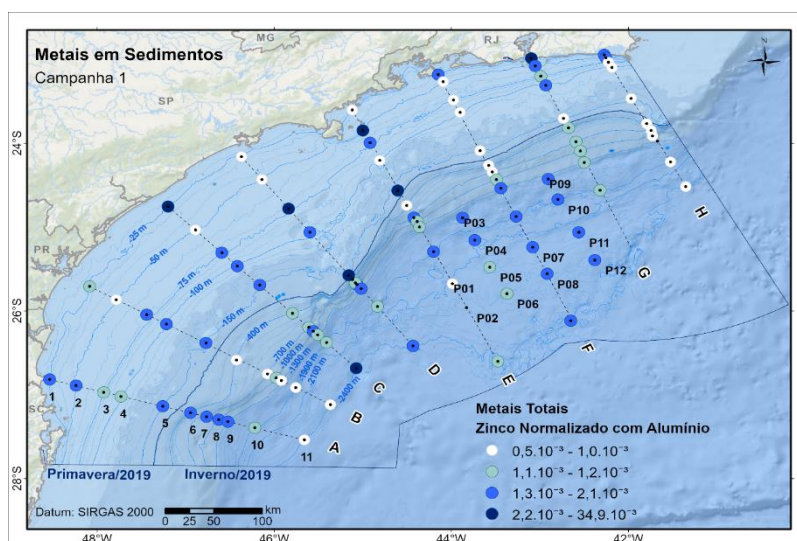


Figura XI-154: Distribuição espacial do Zinco total normalizado pelo Alumínio na Campanha 1

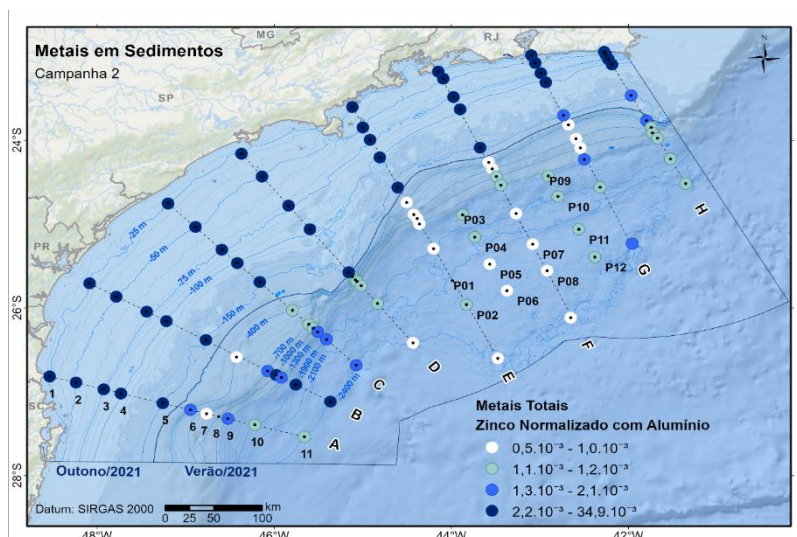


Figura XI-155: Distribuição espacial do Zinco total normalizado pelo Alumínio na Campanha 2

A **Figura XI-156** mostra os histogramas de ambas as campanhas indicando que, ao se minimizar a influência da granulometria, se observa variação na distribuição entre as campanhas sendo que os dados da segunda campanha apresentaram a maior dispersão.

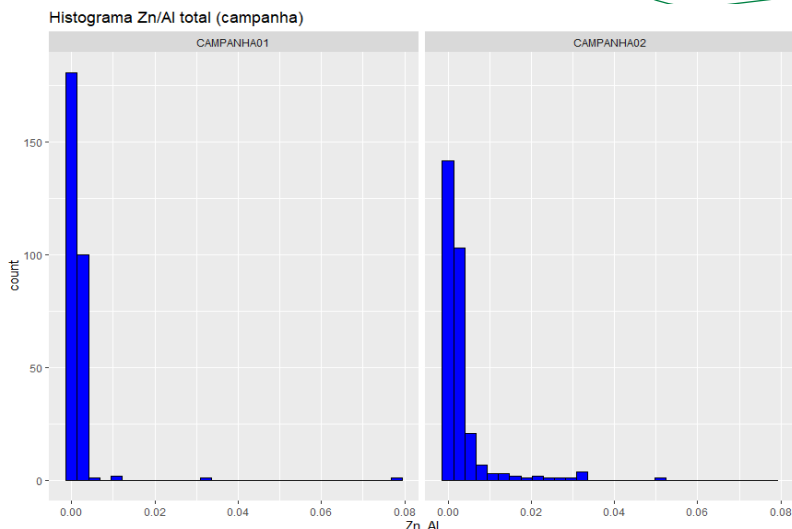


Figura XI-156: Histograma da concentração de Zinco total normalizado pelo Alumínio nas campanhas 1 e 2

XI.4.3 Estudo de correlações

A fim de se observar se existiam correlações entre as concentrações dos elementos traço estudados foram calculadas as correlações de Spearman para todos os metais. Como já foram observadas diferenças nas distribuições dos valores obtidos entre as campanhas optou-se por segregar os dados em campanha 1 e campanha 2 para que a variável tempo não influenciasse no teste traçando uma correlação espúria e sem significado físico ou ambiental. O estudo da correlação dos dados de metais é importante para averiguarmos indícios de aporte de elementos exógenos, já que a expectativa é de que os metais naturais da bacia sofram influência de diversos fatores no mesmo momento, resultando em uma correlação mais forte entre eles. Os resultados obtidos podem ser observados diretamente nos correlogramas apresentados a seguir.

Observa-se, no caso dos metais biodisponíveis que as correlações foram, de forma geral, medianas e positivas na primeira campanha (**Figura XI-157**) e mais fracas na segunda campanha (**Figura XI-158**). Ao minimizar os efeitos da granulometria utilizando a normalização pelo alumínio pode-se observar que as correlações são muito mais fortes do que aparentavam quando os dados foram tratados considerando apenas o seu valor bruto. Na primeira campanha apenas os elementos bário e cobre apresentaram baixa correlação com os demais

metais (**Figura XI-159**) sendo um indicativo que a sua origem no sedimento pode ser distinta dos demais elementos. Na segunda campanha as correlações são mais fracas quando comparado com os valores obtidos na primeira campanha, mas ainda é possível observar que o bário é o elemento com a correlação mais fraca ou inexistente com os demais elementos (**Figura XI-160**) reforçando o que já foi observado na primeira campanha.

No caso dos metais na fração total também observamos correlações medianas na primeira e segunda campanha, com destaque para os elementos bário e ferro que apresentaram fraca correlação com os demais elementos e, em alguns casos, correlação negativa (**Figura XI-161** e **Figura XI-162**). Ao normalizar os dados podemos observar que as correlações são bem mais fortes quando minimizamos a influência da granulometria (**Figura XI-163** e **Figura XI-164**), evidenciando bem a influência desta variável sobre a concentração dos metais. Os elementos bário e ferro continuam se destacando na primeira campanha por apresentar correlações moderadas enquanto os demais apresentaram correlações fortes. Na segunda campanha as correlações diminuem de intensidade, mas ainda é possível observar que o bário possui uma correlação mais baixa quando comparado com os demais metais e este comportamento pode ser observado também para o chumbo, nesta campanha.

A redução na correlação, de forma geral, entre os elementos quando comparamos os correlogramas das campanhas 1 e 2 (independentemente da fração ou normalização) pode ser um indicativo de um efeito sazonal sobre a concentração dos metais no sedimento. Esta informação complementa o que já foi observado nos histogramas já apresentados da concentração de cada metal onde, em muitos casos, podia se observar uma diferenciação na distribuição dos dados entre as campanhas.

Os elementos que mesmo com a normalização dos dados ainda apresentaram correlação baixa podem ter uma origem diferenciada dos demais elementos estudados, principalmente o bário que apresentou este comportamento em ambas as campanhas e frações. Como alguns valores mais elevados foram detectados no Platô de São Paulo existe a possibilidade de esta ser uma variação causada na época da perfuração de poços nesta região.

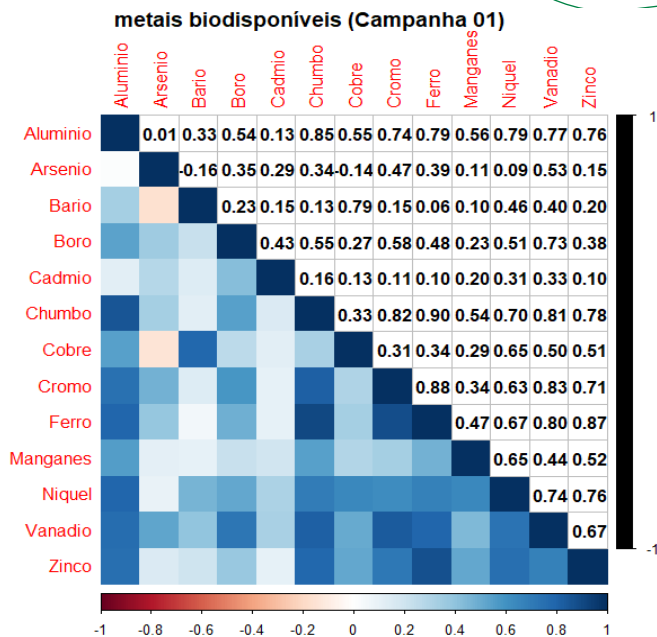


Figura XI-157: Correlograma dos metais biodisponíveis da campanha 1

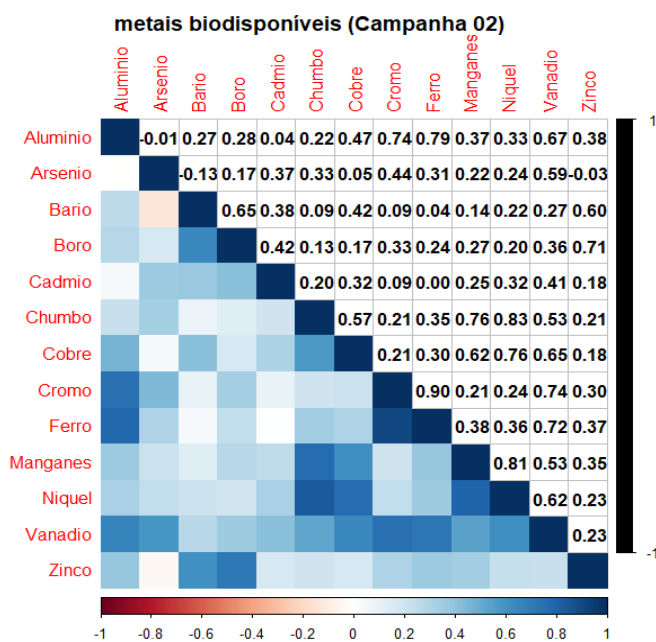


Figura XI-158: Correlograma dos metais biodisponíveis da campanha 2

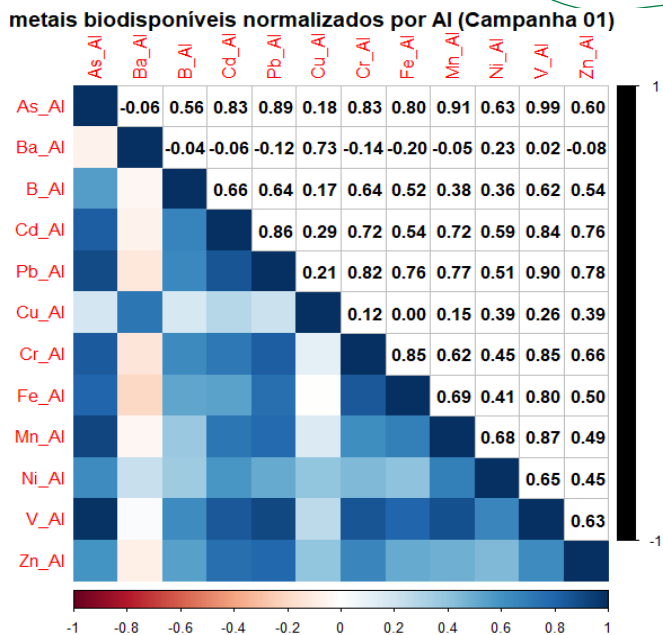


Figura XI-159: Correlograma dos metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio da campanha 1

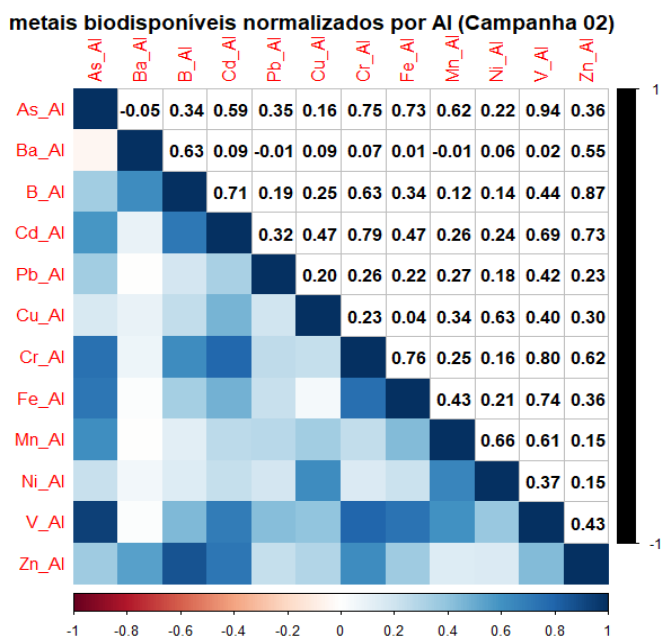


Figura XI-160: Correlograma dos metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio da campanha 2

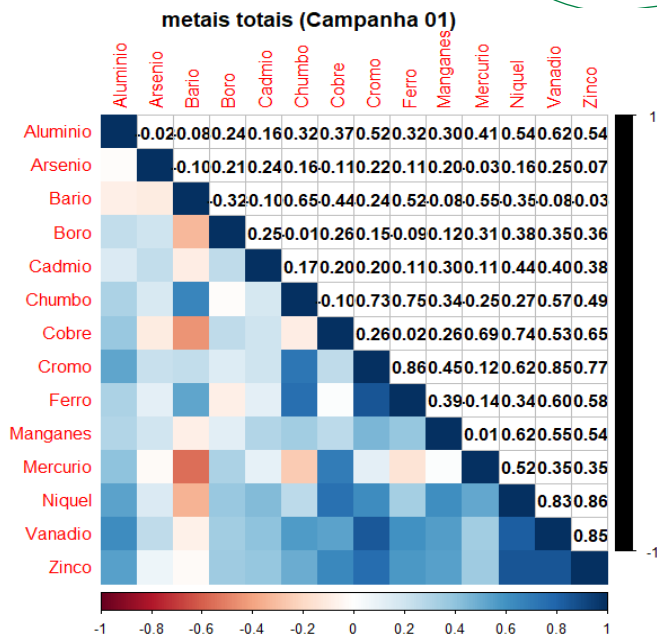


Figura XI-161: Correlograma dos metais totais da campanha 1

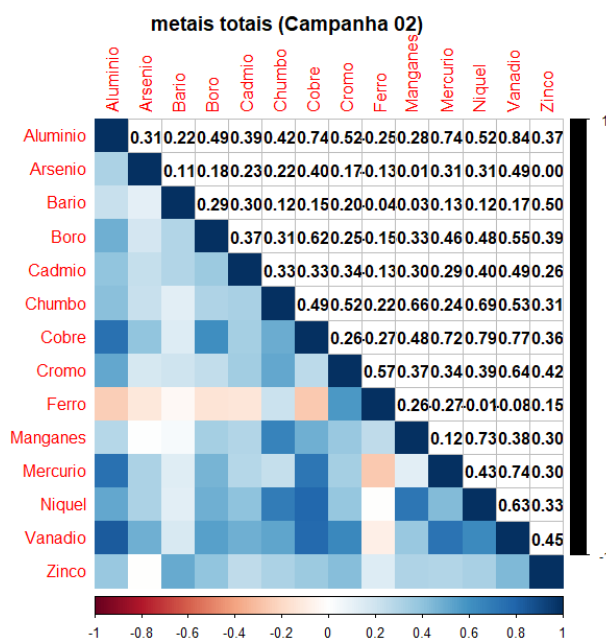


Figura XI-162: Correlograma dos metais totais da campanha 2

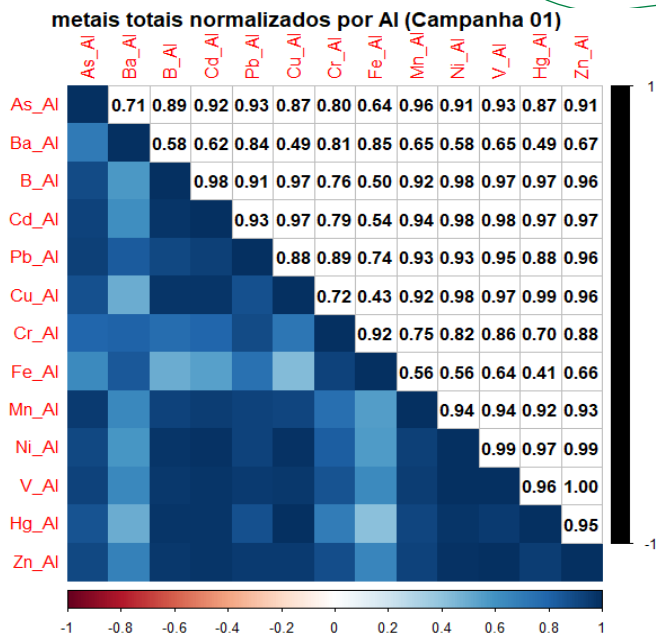


Figura XI-163: Correlograma dos metais totais normalizados pelo alumínio da campanha 1

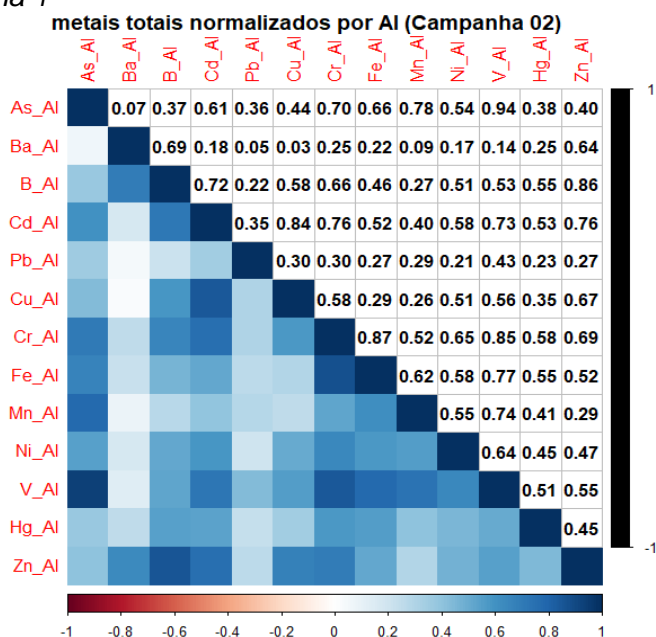


Figura XI-164: Correlograma dos metais totais normalizados pelo alumínio da campanha 2

XI.4.4 Estudo da normalidade dos dados

Para que fosse avaliado quais seriam os testes estatísticos mais adequados a serem aplicados ao conjunto de dados testou-se todo o conjunto de dados e a

sua normalização pelo alumínio quanto a normalidade da distribuição. Para esta constatação utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) segregando os dados por campanha.

Tabela XI-2: p-value do teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) para metais biodisponíveis (campanhas 01 e 02)

	p-value para metais biodisponíveis	
	Campanha 01	Campanha 02
Alumínio	1.731e-07	0.004512
Arsênio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Bário	3.893e-11	1.282e-14
Boro	2.716e-07	2.765e-16
Cádmio	< 2.2e-16	1.124e-12
Chumbo	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Cobre	7.612e-07	< 2.2e-16
Cromo	1.161e-13	8.602e-08
Ferro	<2e-16	0.2217
Manganês	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Níquel	0.001019	< 2.2e-16
Vanádio	1.271e-11	1.229e-08
Zinco	< 2.2e-16	< 2.2e-16

Tabela XI-3: *p-value do teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) para metais biodisponíveis normalizados pelo Alumínio (campanhas 01 e 02)*

	p-value para metais biodisponíveis normalizados pelo Alumínio	
	Campanha 01	Campanha 02
Arsênio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Bário	1.233e-11	< 2.2e-16
Boro	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Cádmio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Chumbo	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Cobre	4.343e-11	< 2.2e-16
Cromo	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Ferro	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Manganês	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Níquel	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Vanádio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Zinco	< 2.2e-16	< 2.2e-16

Tabela XI- 4: p-value do teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) para metais totais (campanhas 01 e 02)

	p-value para metais totais	
	Campanha 01	Campanha 02
Alumínio	0.0007409	3.497e-10
Arsênio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Bário	5.458e-16	< 2.2e-16
Boro	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Cádmio	1.417e-14	2.827e-11
Chumbo	7.302e-06	< 2.2e-16
Cobre	0.003006	2.393e-15
Cromo	5.009e-07	0.001429
Ferro	1.895e-11	4.170e-10
Manganês	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Mercúrio	7.588e-05	3.394e-07
Níquel	0.0004519	< 2.2e-16
Vanádio	1.113e-08	5.651e-05
Zinco	4.199e-07	2.027e-14

Tabela XI-5: p-value do teste de Shapiro-Wilk ($\alpha=0,05$) para metais totais normalizados pelo Alumínio (campanhas 01 e 02)

	p-value para metais totais normalizados pelo Alumínio	
	Campanha 01	Campanha 02
Arsênio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Bário	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Boro	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Cádmio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Chumbo	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Cobre	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Cromo	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Ferro	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Manganês	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Mercúrio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Níquel	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Vanádio	< 2.2e-16	< 2.2e-16
Zinco	< 2.2e-16	< 2.2e-16

Como pode ser observado nas **Tabela XI-2**,

Tabela XI-3, Tabela XI- 4 e Tabela XI-5 apenas o conjunto de dados referentes à concentração de ferro biodisponível da segunda campanha apresentou distribuição normal. Desta forma o mais indicado seria utilizar testes estatísticos não-paramétricos para comparação espacial e temporal dos dados. Para essas comparações elencou-se o teste de Kruskall-Wallis associado com o teste post-hoc de Dunn.

XI.4.5 Estudo da variação tempotal

Para variação temporal os dados foram comparados por elemento entre as campanhas 1 e 2. Como neste caso só existem dois grupos de comparação utilizou-se apenas o teste de Kruskal-Wallis já que não há a necessidade de um teste post-hoc. As tabelas abaixo compilam os resultados dos testes, onde os valores marcados com “*” indicam que há diferença significativa entre os grupos.

Como pode ser observado na **Tabela XI-6** o teste indicou diferença significativa ($\alpha = 0,05$) entre as campanhas para os elementos alumínio, bário, cádmio, chumbo, cobre e zinco, mas quando submetemos os dados normalizados ao teste, ou seja, minimizamos a influência da granulometria podemos observar que uma quantidade maior de metais apresentaram diferença significativa entre as campanhas (

Tabela XI-7). Apenas arsênio e não apresentaram diferença temporal significativa entre campanhas quando tratado o dado normalizado pelo alumínio. Como o teste é sensível também ao formato da distribuição, além da mediana, estima-se que esta diferença detectada seja devido a alteração dessa distribuição ao longo dos dois períodos de estudo, considerando o que foi observado nos histogramas de cada elemento para cada campanha.

Por influenciar diretamente adsorção dos elementos no sedimento a granulometria, aparentemente, promove um efeito “tamponador” que pode vir a dificultar a interpretação dos resultados. Ressalta-se assim a importância de se avaliar a normalização dos resultados de elementos traço em sedimento sempre que ocorrer alta variabilidade de granulometria na área de estudo

Tabela XI-6: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais biodisponíveis

	K-W para metais biodisponíveis	
	Chi-squared	p-value
Alumínio	4,8616	0,02746*
Arsênio	0,43504	0,5095
Bário	15,018	0,0001065*
Boro	0,10615	0,7446
Cádmio	5,8328	0,01573*
Chumbo	7,2635	0,007037*
Cobre	5,5102	0,01891*
Cromo	2,5588	0,1097
Ferro	0,73334	0,3918
Manganês	2,7124	0,09957
Níquel	2,7503	0,09724
Vanádio	0,82929	0,3625
Zinco	28,824	7,928e-08*

Tabela XI-7: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais biodisponíveis normalizado pelo Alumínio

	K-W para metais biodisponíveis normalizado pelo Alumínio	
	Chi-squared	p-value
Arsênio/alumínio	3,4104	0,06479
Bário/alumínio	23,23	1,437e-06*
Boro/alumínio	6,6231	0,01007*
Cádmio/alumínio	1,3811	0,2399
Chumbo/alumínio	42,032	8,981e-11*
Cobre/alumínio	16,525	4,802e-05*
Cromo/alumínio	24,132	8,995e-07*
Ferro/alumínio	19,724	8,947e-06*
Manganês/alumínio	18,419	1,773e-05*
Níquel/alumínio	35,209	2,962e-09*
Vanádio/alumínio	5,9416	0,01479*
Zinco/alumínio	106,22	<2,2e-16*

Ao avaliar se ocorreram diferenças significativas nas concentrações de metais totais no sedimento entre as campanhas observa-se que ao analisar o dado sem tratamento os elementos alumínio, bário, boro, cádmio, chumbo, cromo, ferro, mercúrio e vanádio apresentaram variação significativa (**Tabela XI-8**). Quando o teste é feito com os dados normalizados os metais que apresentaram diferença foram o arsênio, bário, chumbo, cobre, manganês, mercúrio, níquel, vanádio e zinco como pode ser observado na

Tabela XI-9. Observa-se que podemos chegar a mesma conclusão de diferença significativa entre as campanhas normalizando ou não o dado. Estima-se que nesses casos uma parcela mais significativa do elemento se encontre imobilizado a tanto tempo que já incorporou na matriz silicosa do sedimento ou sempre fez parte dela, assim sendo, não é tão influenciado, neste espaço de tempo do estudo, pela granulometria. Já os elementos cuja variação só pôde ser evidenciada com a normalização pelo alumínio devem apresentar uma fração mais significativa não tão fortemente ligada à matriz silicosa. Em estudos futuros o uso de extração fracionada pode vir a enriquecer as informações da região.

Tabela XI-8: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais totais

	K-W para metais totais	
	Chi-squared	p-value
Alumínio	9,9723	0,001589*
Arsênio	0,075619	0,7833
Bário	142,1	<2,2e-16*
Boro	46,913	7,42e-12*
Cádmio	25,557	4,294e-07*
Chumbo	18,754	1,487e-05*
Cobre	0,74619	0,3877
Cromo	36,896	1,246e-09*
Ferro	14,027	0,0001802*
Manganês	0,61548	0,8041
Merúrio	17,031	3,678e-05*
Níquel	1,4378	0,2305
Vanádio	29,502	5,587e-08*
Zinco	2,1073	0,1466

Tabela XI-9: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais totais normalizado pelo Alumínio

	K-W para metais totais normalizado pelo Alumínio	
	Chi-squared	p-value
Arsênio/alumínio	35,156	3,044e-09*
Bário/alumínio	80,462	<2,2e-16*
Boro/alumínio	0,60086	0,4383
Cádmio/alumínio	1,6558	0,1982
Chumbo/alumínio	5,1152	0,02372*
Cobre/alumínio	41,247	1,341e-10*
Cromo/alumínio	0,32366	0,5694
Ferro/alumínio	0,018905	0,8906
Manganês/alumínio	20,805	5,085e-06*
Mercúrio/alumínio	15,756	7,205e-05*
Níquel/alumínio	39,262	3,705e-10*
Vanádio/alumínio	8,1681	0,004263*
Zinco/alumínio	36,041	1,932e-09*

XI.4.6 Estudo da variação espacial

Nesta etapa foi feita a comparação dos resultados segregados por isóbata e transecto. Em ambos os casos foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) e o teste post-hoc de Dunn para identificar onde estas variações ocorreram.

XI.4.6.1 Comparação dos transectos (variação espacial no eixo dos transectos)

O resultado dos testes aplicados aos dados de metais biodisponíveis indicam que não foram detectadas diferenças significativas para o elemento vanádio entre os transectos (**Tabela XI-10**). Quando realizamos o mesmo tratamento com os dados de metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio é possível detectar que existe diferença significativa de concentração entre os transectos para todos os elementos (**Tabela XI-11**), o que indica que a

granulometria por estar mascarando a variação espacial do vanádio no eixo norte-sul da Bacia de Santos.

Tabela XI-10: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais biodisponíveis - comparação dos transectos

	K-W para metais biodisponíveis	
	Chi-squared	p-value
Alumínio	46,356	2,034e-07*
Arsênio	133,97	<2,2e-16*
Bário	63,626	9,015e-11*
Boro	34,406	3,43e-05*
Cádmio	23,405	0,002881*
Chumbo	119,94	<2,2e-16*
Cobre	74,352	6,648e-13*
Cromo	60,303	4,064e-10*
Ferro	85,461	3,865e-15*
Manganês	204,84	<2,2e-16*
Níquel	46,245	2,135e-07*
Vanádio	12,972	0,1128
Zinco	109,33	<2,2e-16*

Tabela XI-11: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio - comparação dos transectos

	K-W para metais biodisponíveis normalizado pelo Alumínio	
	Chi-squared	p-value
Arsênio/alumínio	161,18	<2,2e-16*
Bário/alumínio	118,66	<2,2e-16*
Boro/alumínio	40,021	3,175e-06*
Cádmio/alumínio	18,802	0,01596*
Chumbo/alumínio	46,593	1,833e-07*
Cobre/alumínio	116,42	<2,2e-16*
Cromo/alumínio	177,18	<2,2e-16*
Ferro/alumínio	139,5	<2,2e-16*
Manganês/alumínio	155,62	<2,2e-16*
Níquel/alumínio	26,14	0,0009937*
Vanádio/alumínio	142,27	<2,2e-16*
Zinco/alumínio	64,528	5,983e-11*

Ao realizar o teste post-hoc de Dunn foi possível observar quais foram os transectos que apresentaram diferença significativa ($\alpha=0,05$). Os resultados do teste se encontram no anexo 1, mas as figuras abaixo ilustram, marcado em roxo, onde o teste indicou diferença significativa para cada elemento estudado. O “transecto P” na realidade é o grupo formado pelos pontos “P” da malha amostral e não correspondem, na realidade, a um transecto.

Observa-se na **Figura XI-165** que existe uma variação espacial dos dados de metais biodisponíveis, sendo que se estima que dependendo do elemento eles possam formar pequenos grupos mais homogêneos, o que pode auxiliar futuramente os estudos de monitoramento ambiental da região. Para o caso do alumínio é possível observar que existe uma diferença significativa nas concentrações medidas nos transectos mais ao norte (A, B e C) dos transectos mais ao sul (G e H). Também é possível observar que a Platô de São Paulo se diferencia da maioria dos transectos, não apresentando diferença significativa

apenas para os transectos F, G e H. A concentração do arsênio divide a Bacia com uma fronteira bem definida entre os transectos D e E. No Platô de São Paulo os dados são intermediários as duas regiões e, portanto, apresentaram diferença significativa apenas com os transectos B, C e H. O bário apresentou uma boa homogeneidade espacial entre os transectos, apresentando diferença significativa entre os transectos B e D e entre D e H. Destaca-se, entretanto, que as concentrações de bário no Platô de São Paulo se diferenciam de, praticamente, toda a bacia. É possível que este seja um indicativo de assinatura da atividade de perfuração realizada na região. O elemento boro apresentou uma boa homogeneidade espacial entre os transectos, apresentando um comportamento diferenciado apenas para o transecto D. O cádmio também não se diferencia muito no eixo norte-sul da bacia, apresentando variação significativa apenas entre os transectos B e D e entre o transecto D e a região dos pontos P. Chumbo apresentou diferença significativa entre o transecto A e a porção sul, a partir do transecto D, além de uma diferenciação da Platô de São Paulo e quase toda a Bacia de Santos. Destaca-se também a diferenciação do transecto H dos transectos mais ao norte (A, B e C). O cobre também apresenta diferenciação do transecto A dos transectos mais ao sul, a partir do transecto F, e apresenta diferença significativa entre a região do Platô de São Paulo e quase todo o resto da bacia. O cromo apresentou diferença significativa entre alguns poucos transectos (B sendo diferente de G e H e o E diferente do H), mas o destaque fica para as concentrações diferenciadas na Platô de São Paulo. Ferro apresentou diferença significativa para o transecto A e para a Platô de São Paulo quando comparados com o resto da bacia. Manganês apresentou uma diferença no eixo norte-sul, de forma geral, entre os transectos E e F. A Platô de São Paulo se diferenciou da porção norte na mesma região de fronteira (entre E e F). Níquel apresentou diferença significativa entre os transectos mais ao norte (A, B e C) e alguns mais ao sul (F e G). A Platô de São Paulo também se apresentou diferente dos dados dos transectos mais ao norte (A, B e C). Vanádio não apresentou diferença significativa de concentração entre os transectos. Por exceção do transecto B (que apresentou resultados com mais similaridade com a porção sul do que a norte) pode-se observar valores diferenciados no eixo norte-sul da bacia tendo os transectos E e F como fronteira. A Platô de São Paulo

também se diferencia na mesma fronteira sendo que seu comportamento tem mais similaridade com os dados encontrado na porção sul da bacia.

Quando os resultados dos metais biodisponíveis são normalizados pelo alumínio temos uma minimização do efeito da granulometria e é possível observar algumas variações que não são detectadas quando utilizamos os dados não normalizados (**Figura XI-166**). O arsênio diferencia, de forma geral, a porção norte do sul entre os transectos D e E, sendo que a Platô de São Paulo acompanha esta fronteira e apresenta comportamento similar à porção sul. O bário permanece se diferenciando no Platô de São Paulo, tendo como destaque a diferenciação do transecto D dos transectos A e B. O boro apresentou dados diferenciados apenas para o transecto G. O cádmio não apresentou diferença significativa entre os transectos, apesar de ter apresentado diferença no teste de Kruskal-Wallis. O chumbo apresentou diferença entre os transectos sem nenhum padrão definido. O cobre apresentou comportamento diferenciado apenas para a Platô de São Paulo. O cromo apresentou comportamento diferenciado para os transectos G e H, sendo que estes foram diferentes também da Platô de São Paulo. O ferro apresentou resultados diferenciados para os transectos A, G e H. A Platô de São Paulo apresentou comportamento similar aos transectos D, E e F. O manganês apresentou a diferenciação similar ao dado não normalizado, sendo um indicativo que este elemento na concentração encontrada não deve ser influenciado significativamente pela granulometria. O níquel apresentou diferença significativa apenas para o transecto D com os transectos B e F. O vanádio, que não apresentou variação espacial entre os transecto antes de ser normalizado pelo alumínio, já apresenta um comportamento diferenciado para os transectos G, H e Platô de São Paulo. O zinco apresentou diferenciação no transecto F e no Platô de São Paulo, com exceção de alguns pontos.

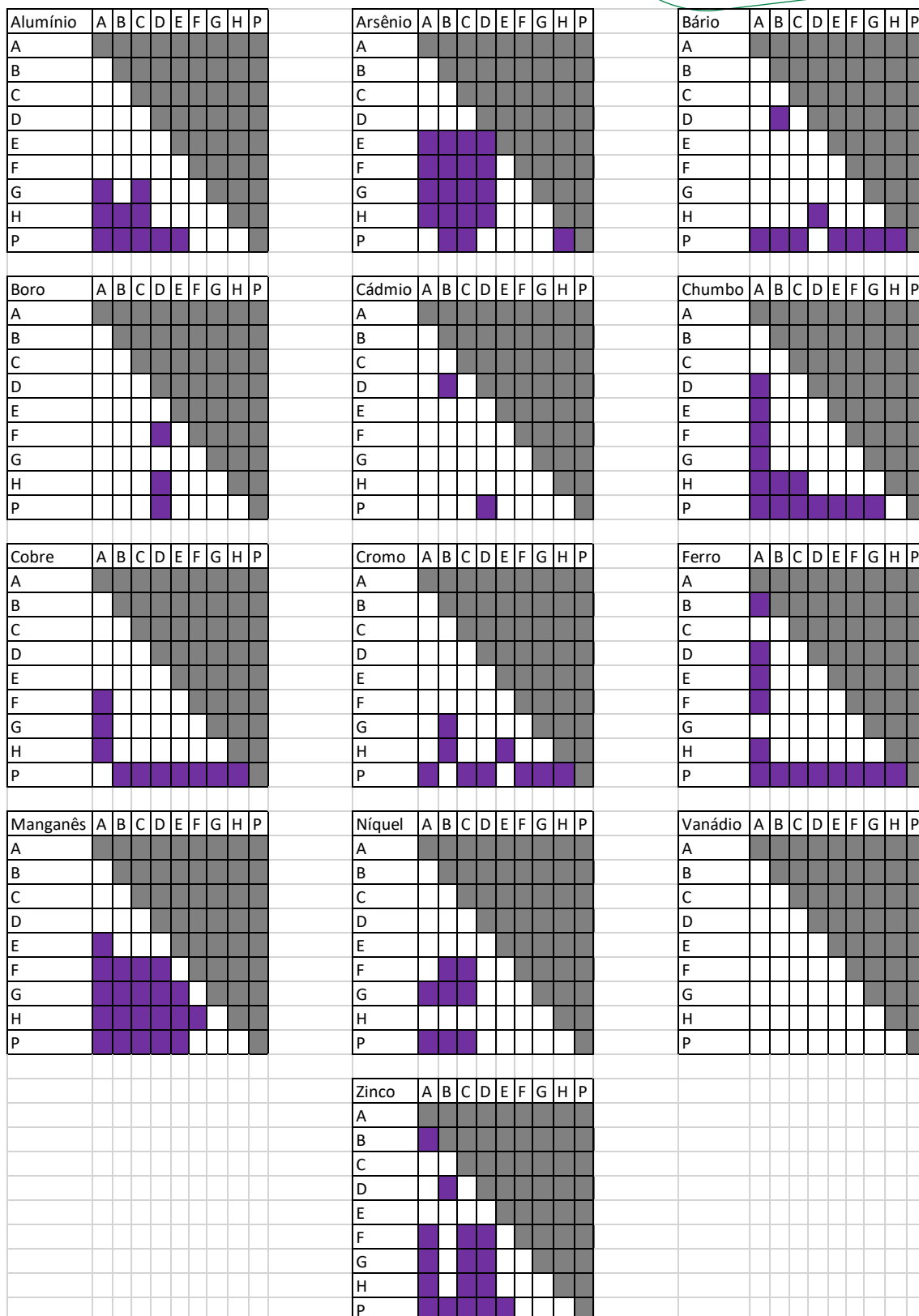


Figura XI-165: Compilação do teste post-hoc de Dunn para os metais biodisponíveis. Os transectos que apresentaram diferença significativa estão marcados em roxo.

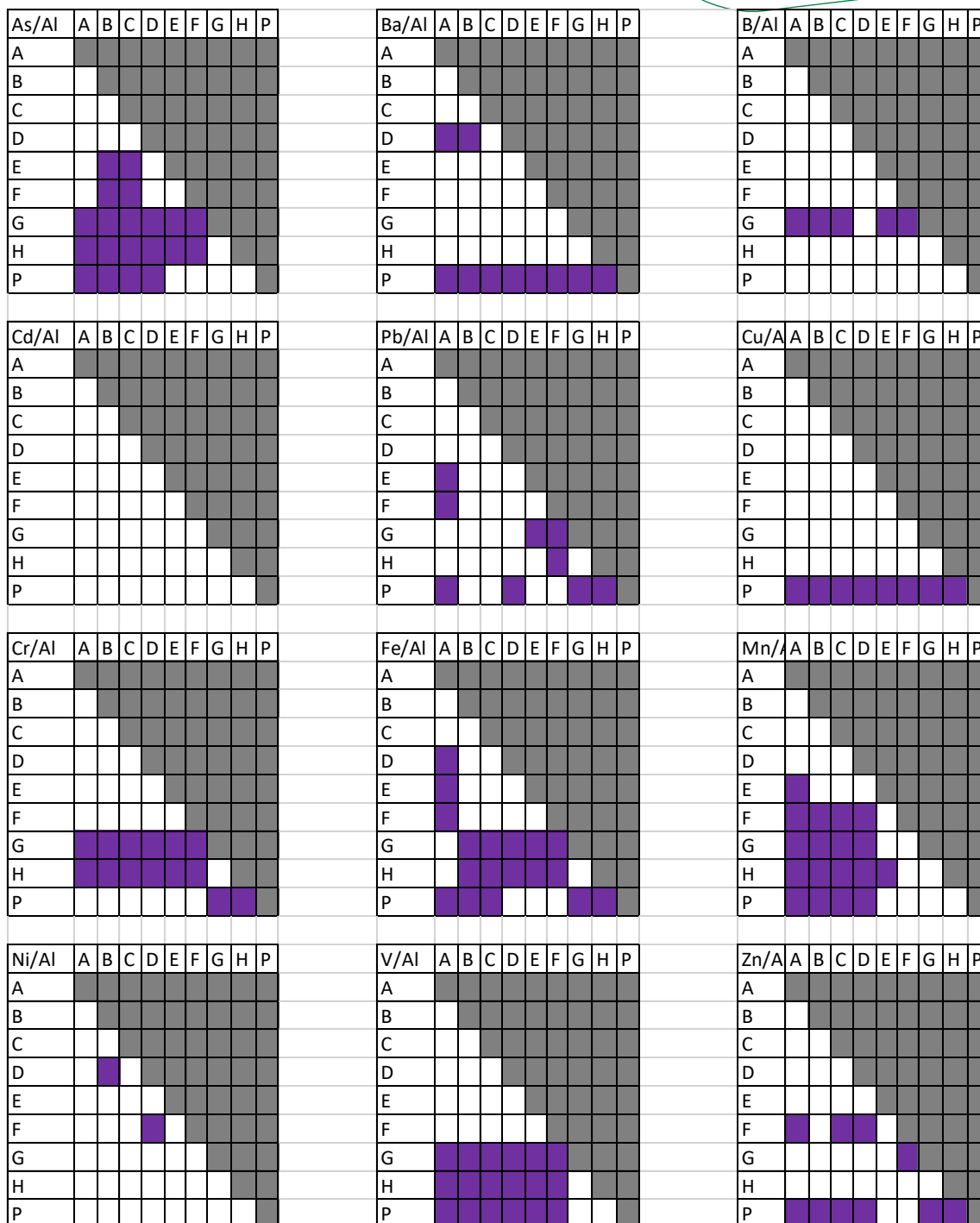


Figura XI-166: Compilação do teste post-hoc de Dunn para os metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio. Os transectos que apresentaram diferença significativa estão marcados em roxo.

Quando aplicado o teste de Kruskal-Wallis aos resultados de metais totais (Tabela XI-12) e metais totais normalizados pelo alumínio (

Tabela XI-13) observa-se que foram detectadas diferenças significativas para todos os elementos.

Tabela XI-12: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais totais - comparação dos transectos

	K-W para metais totais	
	Chi-squared	p-value
Alumínio	8,3554	0,3995
Arsênio	119,27	<2,2e-16*
Bário	60,884	3,125e-10*
Boro	52,891	1,132e-08*
Cádmio	29,959	0,0002149*
Chumbo	68,987	7,816e-12*
Cobre	93,624	<2,2e-16*
Cromo	44,831	3,962e-07*
Ferro	89,152	6,911e-16*
Manganês	222,18	<2,2e-16*
Mercúrio	69,44	6,353e-12*
Níquel	29,683	0,0002405*
Vanádio	34,268	3,633e-05*
Zinco	73,076	1,197e-12*

Tabela XI-13: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais totais normalizados pelo alumínio - comparação dos transectos

	K-W para metais totais normalizado pelo Alumínio	
	Chi-squared	p-value
Arsênio/alumínio	100,71	<2,2e-16*
Bário/alumínio	64,617	5,744e-11*
Boro/alumínio	34,395	3,444e-05*
Cádmio/alumínio	39,941	3,286e-06*
Chumbo/alumínio	80,907	3,211e-14*
Cobre/alumínio	91,398	2,419e-16*
Cromo/alumínio	63,622	9,033e-11*
Ferro/alumínio	68,436	1,006e-11*
Manganês/alumínio	172,19	<2,2e-16*
Mercúrio/alumínio	35,668	2,02e-05*
Níquel/alumínio	47,813	1,073e-07*
Vanádio/alumínio	34,557	3,22e-05*
Zinco/alumínio	31,611	0,0001093*

Ao realizar o teste post-hoc de Dunn foi possível observar quais foram os transectos que apresentaram diferença significativa ($\alpha=0,05$). Os resultados do teste se encontram no anexo 1, mas as figuras abaixo ilustram, marcado em roxo, onde o teste indicou diferença significativa para cada elemento estudado. O “transecto P” na realidade é o grupo formado pelos pontos “P” da malha amostral e não correspondem, na realidade, a um transecto.

Observa-se na **Figura XI-167** que existe uma variação espacial dos dados de metais totais, sendo que se estima que dependendo do elemento eles possam formar pequenos grupos mais homogêneos, o que pode auxiliar futuramente os estudos de monitoramento ambiental da região. Para o caso do alumínio não foi possível observar a diferença nas concentrações medidas nos transectos, apesar dessa diferença ter sido detectada no teste de Kruskal-Wallis. A concentração do arsênio diferencia os transectos G, H e a Platô de São Paulo do resto da bacia. Destaca-se também as diferenças observadas entre os

transectos B e C dos transectos E e F. O bário apresentou diferença significativa do transecto D do restante da bacia. Destaca-se que não se observa diferença significativa da Platô de São Paulo do restante da bacia como ocorreu para metais biodisponíveis, o que pode indicar que temos uma assinatura da atividade de perfuração na região, mas que a variação do teor de bário não é significativa frente a concentração total de bário no sedimento. O elemento boro apresentou comportamento diferenciado para o transecto D e alguns pontos isolado e sem padrão definido. O cádmio apresentou diferença significativa entre os transectos C e D e o transecto F e a região dos pontos P. Chumbo apresentou diferença apenas entre Platô de São Paulo e o resto da Bacia de Santos. O cobre, cromo, ferro e mercúrio também apresentaram diferenciação significativa entre a região dos pontos “P” e quase todo o resto da bacia, além de algumas situações de diferenciação dos transectos do extremo norte e extremo sul. Manganês apresentou uma diferença no eixo norte-sul similar a sua fração biodisponível. Níquel apresentou diferença significativa entre os transectos C e D e os transectos G e H, além de uma diferenciação entre o transecto A e o G. Vanádio apresentou diferença significativa entre o transecto A e os transectos mais ao sul (E, F e G) e o transecto E e os transectos mais ao norte (A, B e C). O zinco apresentou diferença significativa entre os transectos A e D e os transectos mais ao sul (E até o H) e a Platô de São Paulo. Destaca-se também a diferenciação dos transectos mais ao norte (B e C) dos transectos mais ao sul (G e H).

Quando os resultados dos metais totais são normalizados pelo alumínio temos uma minimização do efeito da granulometria e é possível observar algumas variações que não são detectadas quando utilizamos os dados não normalizados (**Figura XI-168**). O arsênio diferencia os transectos G e H do resto da bacia e apresenta uma diferença significativa do transecto B com a porção sul da a partir do transecto E. A Platô de São Paulo apresenta comportamento similar à porção sul, a partir do transecto E. O bário e o boro apresentaram diferenciação entre alguns transectos sem nenhum padrão definido. O cádmio apresentou diferença significativa entre o transecto C e os transectos B, F e H, além disso o Platô de São Paulo apresentou diferença significativa com os transectos C, D, E e G. O chumbo, o cobre, o cromo, o ferro e o mercúrio apresentaram, basicamente, diferença significativa da Platô de São Paulo e o

resto da bacia. O manganês apresentou a diferenciação similar ao dado não normalizado, sendo um indicativo que este elemento na concentração encontrada não deve ser influenciado significativamente pela granulometria. O níquel apresentou diferença significativa entre transectos sem padrão definido. O vanádio apresentou diferença significativa entre o transecto A e quase toda a bacia, além de diferenciar o transecto C do transecto H e da Platô de São Paulo. O zinco apresentou diferenciação apenas do transecto H em relação aos transectos A, C e D.

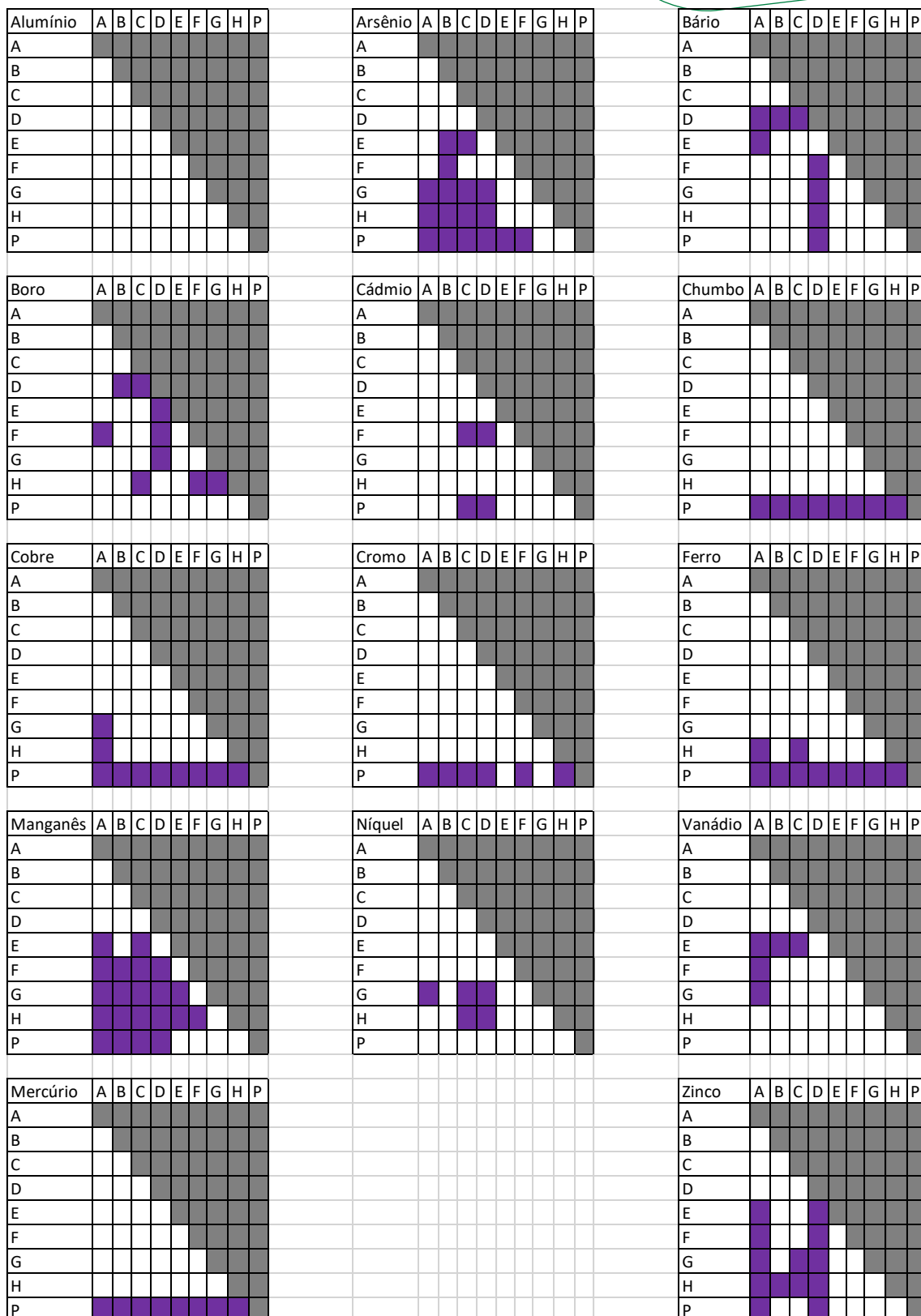


Figura XI-167: Compilação do teste post-hoc de Dunn para os metais totais. Os transectos que apresentaram diferença significativa estão marcados em roxo.

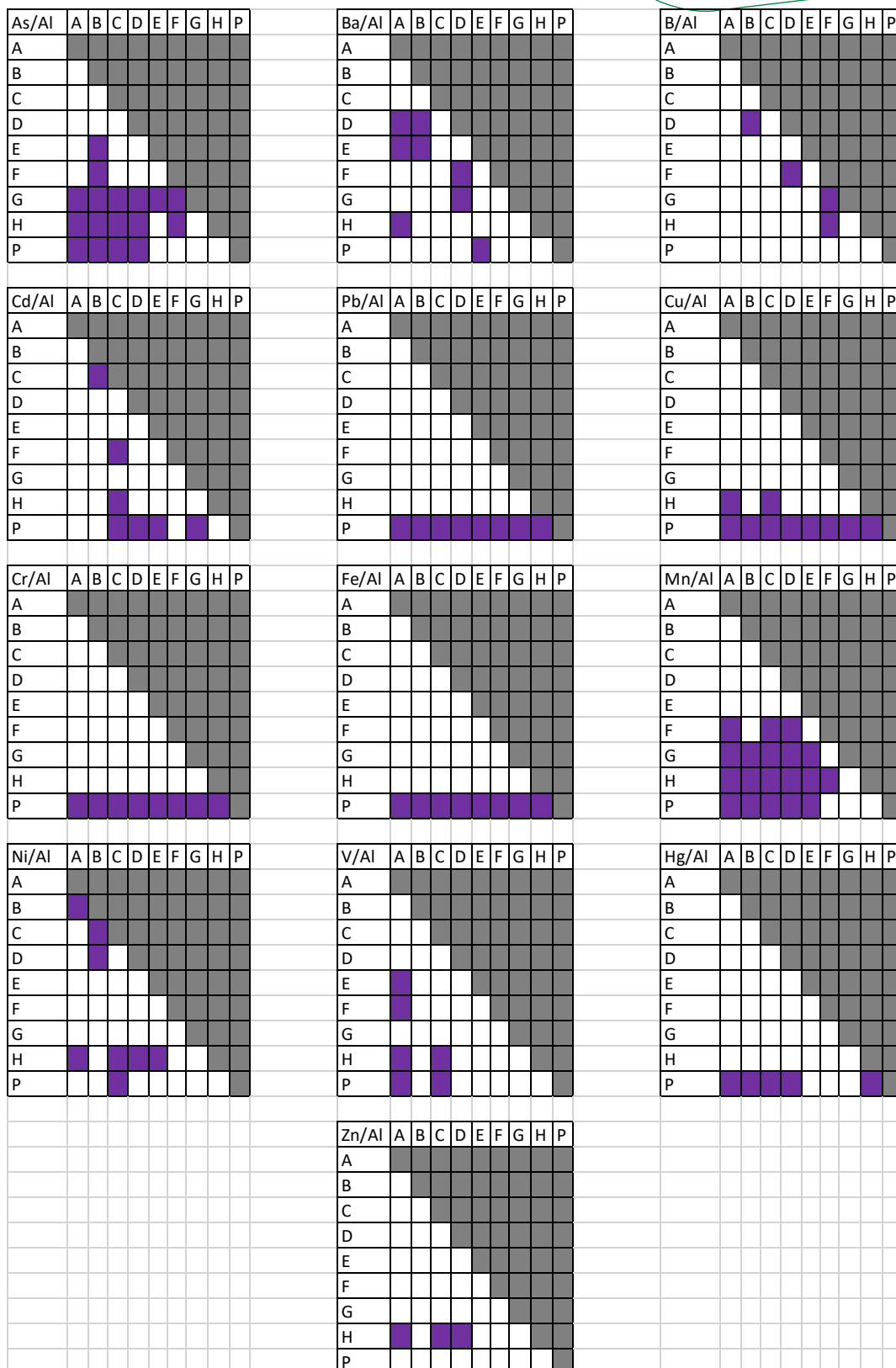


Figura XI-168: Compilação do teste post-hoc de Dunn para os metais totais normalizados pelo alumínio. Os transectos que apresentaram diferença significativa estão marcados em roxo.

XI.4.6.2 Comparação das isóbatas (variação espacial no eixo das isóbatas)

Quando aplicado o teste de Kruskal-Wallis aos resultados de metais biodisponíveis (**Tabela XI-14**), metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio

(

Tabela XI-15), metais totais (

Tabela XI-16) e metais totais normalizados pelo alumínio (

Tabela XI-17) observa-se que foram detectadas diferenças significativas entre as isóbatas para todos os elementos.

Tabela XI-14: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais biodisponíveis - comparação das isóbatas

	K-W para metais biodisponíveis	
	Chi-squared	p-value
Alumínio	231,73	<2,2e-16*
Arsênio	149,41	<2,2e-16*
Bário	397,15	<2,2e-16*
Boro	165,76	<2,2e-16*
Cádmio	258,54	<2,2e-16*
Chumbo	200,03	<2,2e-16*
Cobre	422,52	<2,2e-16*
Cromo	193,13	<2,2e-16*
Ferro	204,84	<2,2e-16*
Manganês	162,91	<2,2e-16*
Níquel	326,45	<2,2e-16*
Vanádio	236,4	<2,2e-16*
Zinco	163,84	<2,2e-16*

Tabela XI-15: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio - comparação das isóbatas

	K-W para metais biodisponíveis normalizado pelo Alumínio	
	Chi-squared	p-value
Arsênio/alumínio	280,07	<2,2e-16*
Bário/alumínio	388,36	<2,2e-16*
Boro/alumínio	119,93	1,797e-15*
Cádmio/alumínio	203,43	<2,2e-16*
Chumbo/alumínio	266,68	<2,2e-16*
Cobre/alumínio	380,61	<2,2e-16*
Cromo/alumínio	190,95	<2,2e-16*
Ferro/alumínio	257,95	<2,2e-16*
Manganês/alumínio	96,191	2,966e-11*
Níquel/alumínio	213,71	<2,2e-16*
Vanádio/alumínio	222,65	<2,2e-16*
Zinco/alumínio	135,8	<2,2e-16*

Tabela XI-16: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais totais - comparação das isóbatas

	K-W para metais totais	
	Chi-squared	p-value
Alumínio	321,28	<2,2e-16*
Arsênio	180,08	<2,2e-16*
Bário	44,219	0,003329*
Boro	184,08	<2,2e-16*
Cádmio	254,57	<2,2e-16*
Chumbo	202,46	<2,2e-16*
Cobre	419,32	<2,2e-16*
Cromo	232,15	<2,2e-16*
Ferro	270,59	<2,2e-16*
Manganês	146,04	<2,2e-16*
Mercúrio	364,15	<2,2e-16*
Níquel	344,91	<2,2e-16*
Vanádio	253,01	<2,2e-16*
Zinco	144,88	<2,2e-16*

Tabela XI-17: Resultado do teste de Kruskal-Wallis para metais totais normalizados pelo alumínio - comparação das isóbatas

	K-W para metais totais normalizado pelo Alumínio	
	Chi-squared	p-value
Arsênio/alumínio	235,55	<2,2e-16*
Bário/alumínio	124,28	2,892e-16*
Boro/alumínio	141	<2,2e-16*
Cádmio/alumínio	224,74	<2,2e-16*
Chumbo/alumínio	376,61	<2,2e-16*
Cobre/alumínio	206,17	<2,2e-16*
Cromo/alumínio	347,8	<2,2e-16*
Ferro/alumínio	391,6	<2,2e-16*
Manganês/alumínio	152,63	<2,2e-16*
Mercúrio/alumínio	168,08	<2,2e-16*
Níquel/alumínio	109,45	1,383e-13*
Vanádio/alumínio	206,09	<2,2e-16*
Zinco/alumínio	168,52	<2,2e-16*

Ao realizar o teste post-hoc de Dunn foi possível observar quais foram as isóbatas que apresentaram diferença significativa ($\alpha=0,05$). Os resultados do teste se encontram no anexo 1, mas as figuras abaixo ilustram, marcado em roxo, onde o teste indicou diferença significativa para cada elemento estudado. Alguns pontos “P” foram coletados fora das linhas batimétricas utilizadas para os pontos de amostragem dos transectos. Para esses testes utilizou-se o valor da batimetria estimada desses pontos sem nenhuma forma de ajuste.

XI.4.6.2.1 Metais biodisponíveis

Observa-se, de forma geral para o alumínio (**Figura XI-169**), que existe uma certa heterogeneidade na região mais rasa (até 150m) além da diferença entre a região mais rasa até 150m e as mais profundas. Essas diferenças no eixo raso-fundo então mais concentradas até 1300m. Após esta profundidade existem

poucos casos de diferença significativa, ficando mais concentrados nas isóbatas de 2135m e 2400m.

Alumínio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-169: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para alumínio biodisponível

Observa-se, de forma geral para o arsênio (**Figura XI-170**), que não existe diferença significativa na região mais rasa (até 100m). As diferenças significativas entre as isóbatas mais rasas e as mais profundas estão mais concentradas até 1300m. Após esta profundidade existem poucos casos de diferença significativa. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-171**) que a heterogeneidade já começa na isóbata de 25m e se estende até 1900m.

Arsênio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-170: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para arsênio biodisponível

As/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-171: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para arsênio biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o bário (**Figura XI-172**), que existe diferença significativa na região mais rasa (até 400m) e as regiões mais profundas (acima de 400m). Quando utilizamos os dados normalizados pelo

alumínio podemos observar (**Figura XI-173**) que este padrão se intensifica.

Bário	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-172: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para bário biodisponível

Ba/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-173: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para bário biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o boro (**Figura XI-174**), que existe diferença

significativa na região mais rasa (até 100m) e as regiões mais profundas, ficando mais concentrado na região de 100m a 1300m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-175**) que este padrão se altera, ficando a isóbata de 150m diferente das demais. De forma geral as isóbatas mais profundas são mais homogêneas.

Boro	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-174: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para boro biodisponível

B/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-175: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para boro biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o cádmio (**Figura XI-176**), que existe diferença significativa na região mais rasa (até 150m) e as regiões mais profundas, ficando mais concentrado na região de 150m a 1300m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-177**) que este padrão se altera, aumentando as diferenças entre as isóbatas mais rasas. De forma geral as isóbatas mais profundas são mais homogêneas.

Cádmio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-176: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para cádmio biodisponível

Cd/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-177: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para cádmio biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o chumbo (**Figura XI-178**), que existe diferença significativa da isóbata de 25m com as demais (até 1300m). Outra região que apresentou diferença significativa foi entre as isóbatas de 700 a

1300m e as isóbatas mais profundas (2106 a 2400m). Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-179**) que este padrão se altera, sendo que a diferença é significativa entre as isóbatas de 25, 50 e 150m e as demais da bacia.

Chumbo	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-178: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para chumbo biodisponível

Pb/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-179: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para chumbo biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o cobre (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), que existe diferença significativa da região mais rasa (até 400m) e o resto da bacia. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) que este padrão se intensifica.

Observa-se, de forma geral para o cromo (Figura XI-180), que existe diferença significativa entre a isóbata de 25m e a porção da bacia até 1900m, assim como a isóbata de 2400m e a região entre 15 e 1900m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-181**) que existe diferença significativa das isóbatas de 50, 150 e 400m com a mesma região da isóbata de 25m, ou seja, abaixo de 1900m. A diferença significativa da isóbata de 2400m agora está restrita ao comparativo com as isóbatas até 400m.

Cromo	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-180: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para cromo biodisponível

Cr/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-181: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para cromo biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o ferro (**Figura XI-182**), que existe diferença significativa entre a isóbata de 25m e a porção da bacia até 1900m, assim como a isóbata de 2400m e a região entre 50 e 1900m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-183**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ocorrem entre a região rasa (25 a 400m) e toda a bacia.

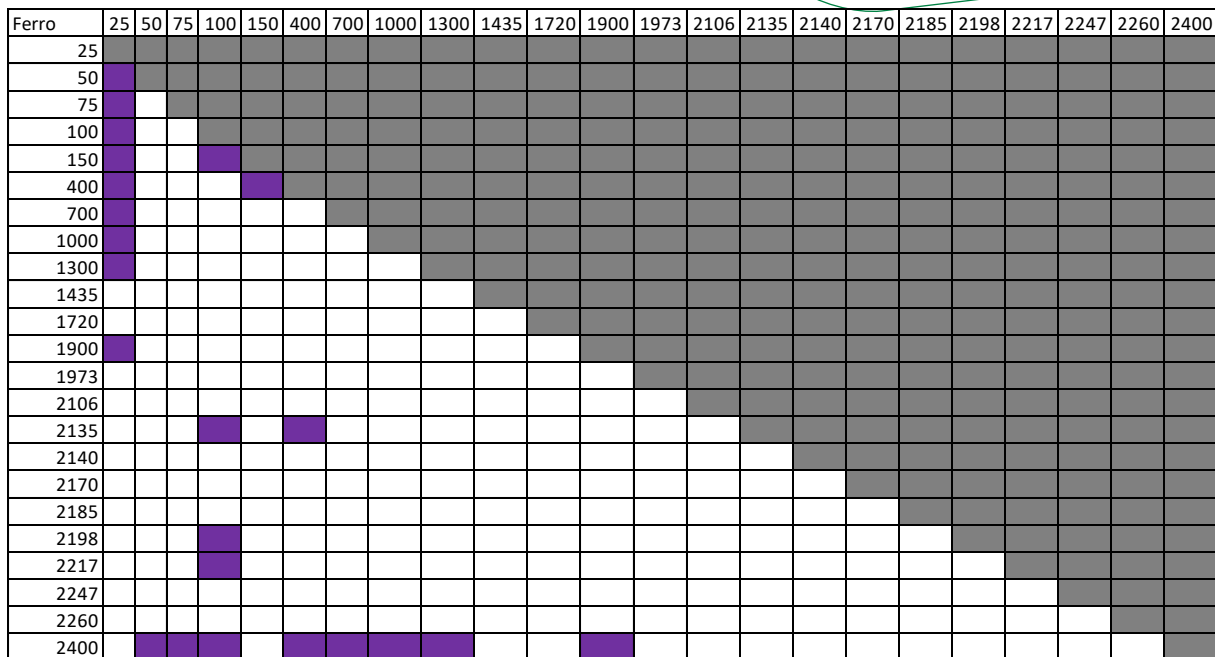


Figura XI-182: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para ferro biodisponível

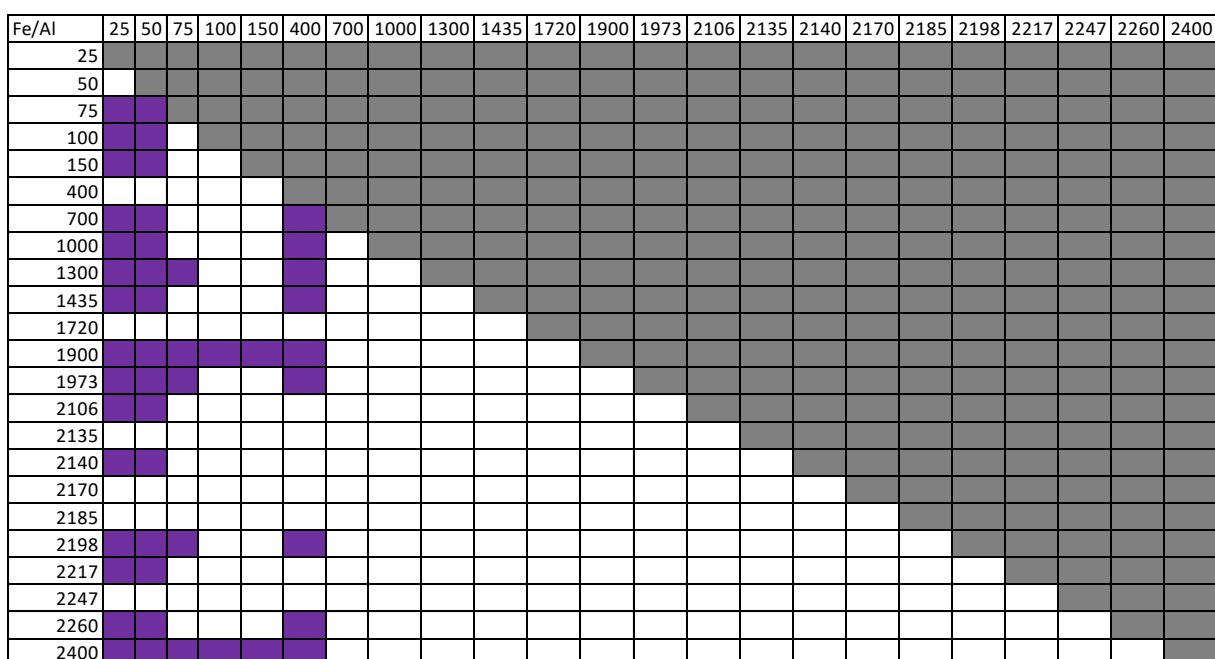


Figura XI-183: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para ferro biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o manganês (Figura XI-184), observa-se diferença significativa entre duas regiões, de 25 a 75m com a região de 100 a 1900 e entre 1000 e 1300m e a parte mais profunda (superior a 2217m). Quando

utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-185**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ocorrem de forma dispersa no espaço, sem muito padrão, mas com a tendência da isóbata de 150m apresentar um comportamento diferente das demais isóbatas nessa bacia.

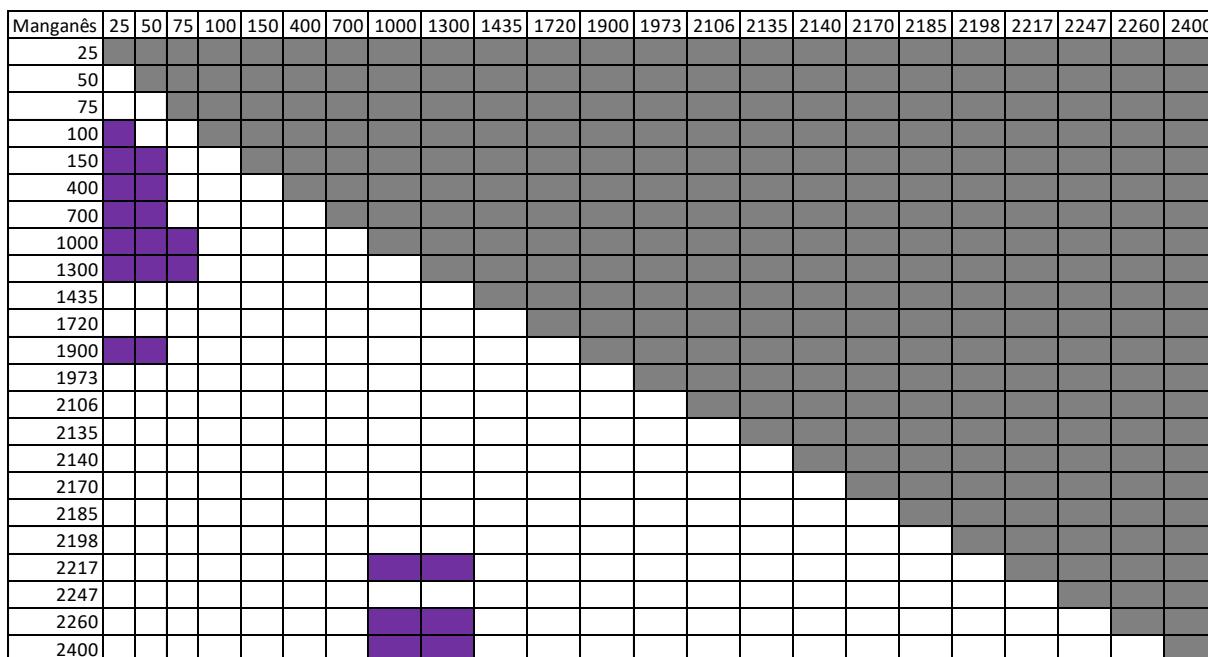


Figura XI-184: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para manganês biodisponível

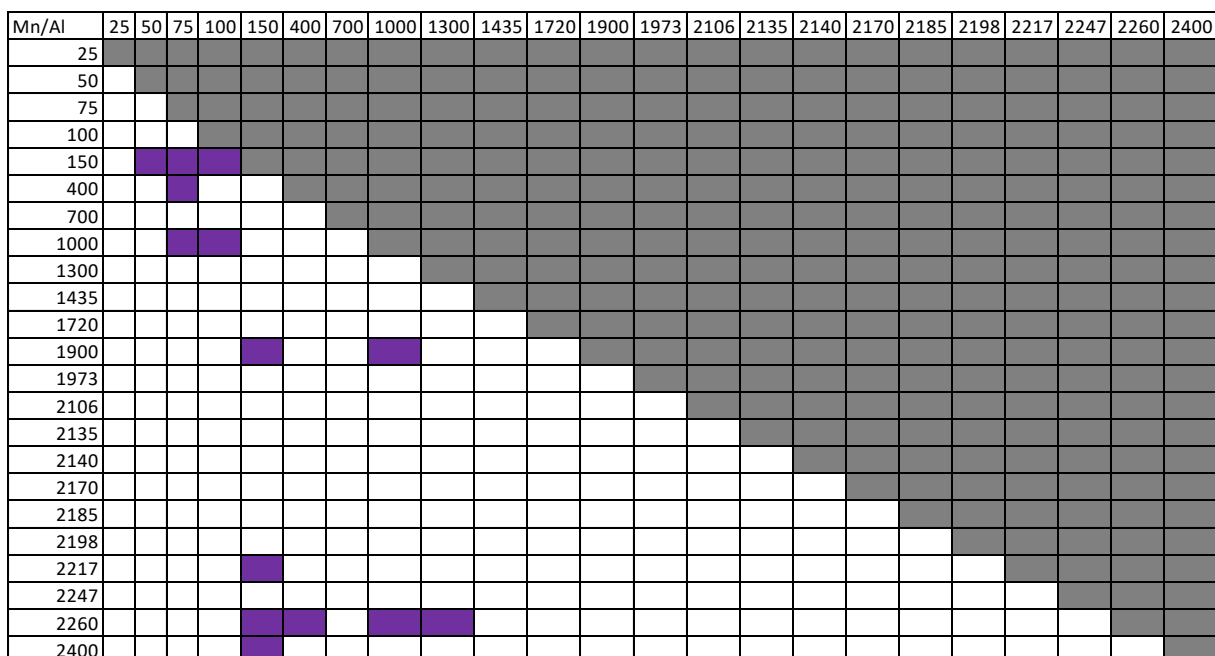


Figura XI-185: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para manganês biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o níquel (**Figura XI-186**), observa-se diferença significativa entre duas regiões, de 25 a 150m com a região de 75 a 1900 e entre 700 e 1300m e a parte mais profunda (superior a 1973m). Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-187**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ocorrem de forma mais concentrada na região mais rasa, com algumas isóbatas mais profundas (2198, 2260 e 2400m) apresentando diferenciação das regiões mais rasas.

Níquel	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-186: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para níquel biodisponível

Ni/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-187: Compilação do teste posst-hoc de Dunn para níquel biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o vanádio (**Figura XI-188**), observa-se que as diferenças significativas estão concentradas na região mais rasa, de 25 a 100m com a região de 75 a 1900 e entre 700 e 1300m e a parte mais profunda (superior a 1973m). Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-189**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ocorrem entre a região rasa de 25 a 150m com toda a bacia.

Vanádio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-188: Compilação do teste post-hoc de Dunn para vanádio biodisponível

V/AI	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-189: Compilação do teste post-hoc de Dunn para vanádio biodisponível normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o zinco (**Figura XI-190**), observa-se que as diferenças significativas estão concentradas na região mais rasa, de 25 a 150m com a região até 1300m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-191**) que o padrão se altera e as

diferenças significativas ocorrem entre a região rasa de 25 a 400m com toda a bacia tendo um intervalo de homogeneidade entre 2106 e 2185m.

Zinco	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-190: Compilação do teste post-hoc de Dunn para zinco biodisponível

Zn/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-191: Compilação do teste post-hoc de Dunn para zinco biodisponível normalizado pelo alumínio

XI.4.6.2.2 Metais totais

Observa-se, de forma geral para o alumínio (**Figura XI-192**), observa-se que as diferenças significativas estão concentradas na região mais rasa, de 25 a 150m com a região até 1300m. Destaca-se também a diferenciação da isóbata de 2400m em relação as isóbatas de 25, 400, 700, 1000, 1300 e 1900m.

Alumínio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-192: Compilação do teste post-hoc de Dunn para alumínio total

Observa-se, de forma geral para o arsênio (**Figura XI-193**), observa-se que as diferenças significativas ocorrem entre as isóbatas de 75 e 150m e as isóbatas mais profundas e entre a isóbata de 400m e a porção mais rasa. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-194**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ocorrem entre as isóbatas de 25 e 50m em relação as isóbatas mais profundas até 1900m e entre a isóbata de 150m e as isóbatas de 50 a 1900m.

Arsênio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-193: Compilação do teste post-hoc de Dunn para arsênio total

As/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-194: Compilação do teste post-hoc de Dunn para arsênio total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o bário (Figura XI-195), diferença significativa apenas entre as isóbatas de 150 e de 1300m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (Figura XI-196) que o padrão se altera e é possível constatar diferença significativa entre a isóbata de

25m e praticamente toda a bacia, além da diferenciação das isóbatas de 1900 e 2400m em relação as isóbatas de 25, 50 e 100m.

Bário	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-195: Compilação do teste post-hoc de Dunn para bário total

Ba/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-196: Compilação do teste post-hoc de Dunn para bário total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o boro (**Figura XI-197**), diferença

significativa apenas entre as isóbatas de 25 a 100m e as isóbatas de 150 a 1900m. Destaca-se também diferença significativa entra a isóbata de 2400m e as isóbatas de 25 a 75m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-198**) que o padrão se altera e é possível detectar diferença significativa entre a isóbata de 25m e as isóbatas de 400 a 1300m e da isóbata de 150m com praticamente toda a bacia.

Boro	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-197: Compilação do teste post-hoc de Dunn para boro total

B/AI	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-198: Compilação do teste post-hoc de Dunn para boro total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o cádmio (**Figura XI-199**), diferença significativa apenas entre as isóbatas de 25 a 100m e as isóbatas de 150 a 1900m. Destaca-se também alguns casos difusos de diferença significativa entre as isóbatas de 150 a 1300m e as isóbatas de 400 a 2400m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-200**) que o padrão se altera e é possível detectar que as isóbatas de 25 e 150m apresentaram diferença significativa em relação a praticamente toda a bacia. Além disso é possível observar diferença significativa da isóbata de 100m e as isóbatas de 25 a 1000m.

Cádmio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-199: Compilação do teste post-hoc de Dunn para cádmio total

Cd/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-200: Compilação do teste post-hoc de Dunn para cádmio total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o chumbo (**Figura XI-201**), diferença significativa entre as isóbatas de 25 a 150m e as isóbatas de 400 a 1300m e entre as isóbatas de 400 a 1300m e as isóbatas de 2106 a 2400m. Destaca-se também a diferença significativa entra as isóбата de 2400m e as isóbatas de 50 a 1900m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos

observar (**Figura XI-202**) que o padrão se altera e é possível detectar que as isóbatas de 25 e 150m apresentaram diferença significativa em relação as isóbatas de 400 a 2400m.

Chumbo	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-201: Compilação do teste post-hoc de Dunn para chumbo total

Pb/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-202: Compilação do teste post-hoc de Dunn para chumbo total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o cobre (**Figura XI-203**), diferença significativa entre as isóbatas de 25 a 400m e as isóbatas de 700 a 2400m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-204**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ficam mais restritas as isóbatas de 400 e 700m em relação as isóbatas de 150 a 2400m, a isóbata de 2400m em relação as isóbatas de 25 a 1300m e alguns casos isolados entre as isóbatas de 25 a 50m e isóbatas mais profundas.

Cobre	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-203: Compilação do teste post-hoc de Dunn para cobre total

Cu/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-204: Compilação do teste post-hoc de Dunn para cobre total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o cromo (**Figura XI-205**), diferença significativa entre as isóbatas de 50 a 1900m e as isóbatas de 25 e 2400m e entre as isóbatas de 100 a 1300m e as isóbatas de 2106, 2135, 2198 e 2217m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-206**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ficam mais restritas entre as isóbatas de 25 a 150m e as isóbatas de 400 a 2400m.

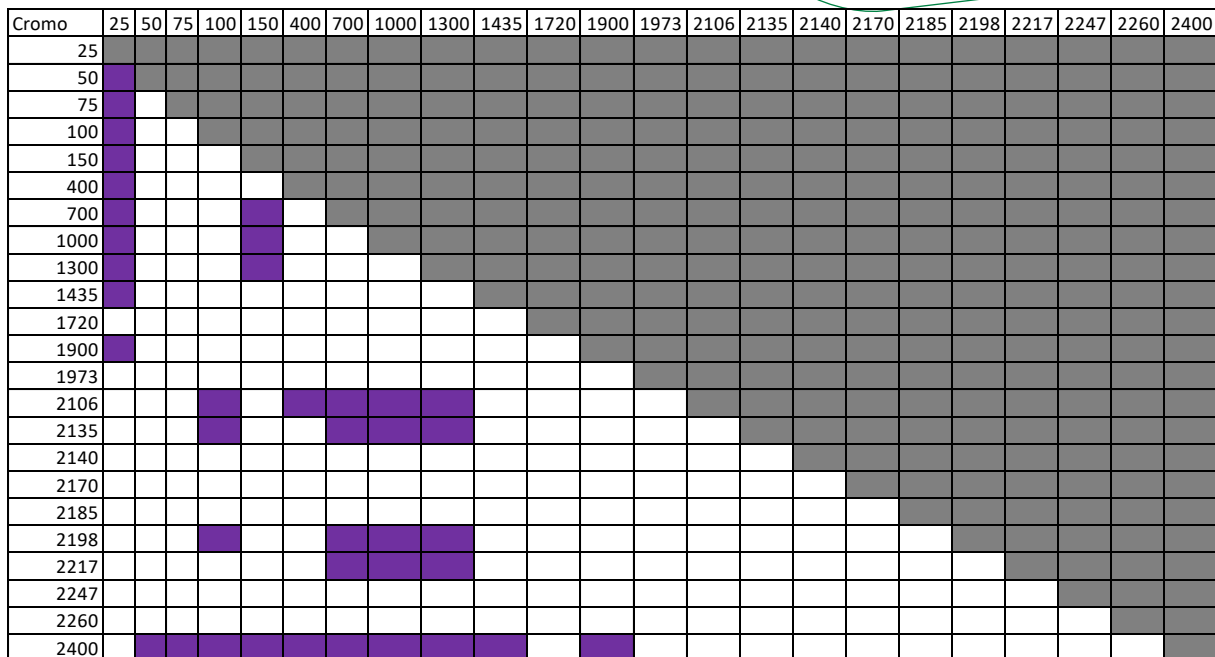


Figura XI-205: Compilação do teste post-hoc de Dunn para cromo total

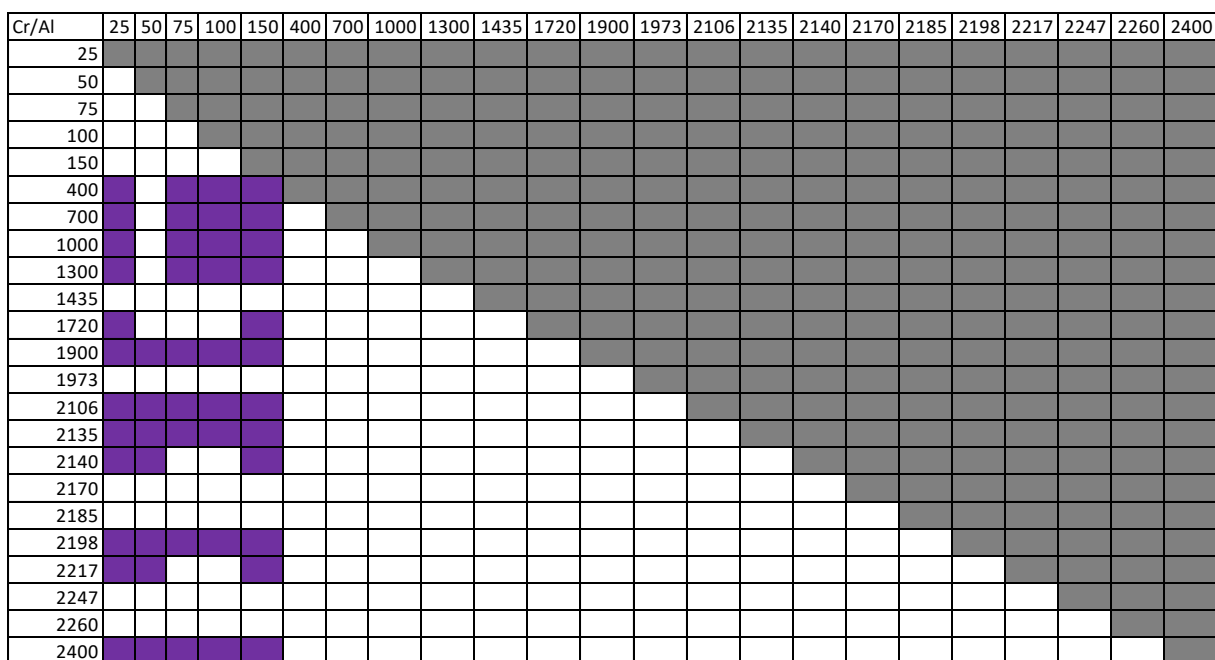


Figura XI-206: Compilação do teste post-hoc de Dunn para cromo total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o ferro (Figura XI-207), diferença significativa entre as isóbatas de 50 a 100m e as isóbatas de 150 e 2400m e também entre a isóbata de 25m e as isóbatas de 50 a 100m. Destaca-se a diferença significativa entre a isóbata de 2400m e as isóbatas de 25 a 1300m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar

(Figura XI-208) que o padrão se altera e as diferenças significativas ficam mais restritas entre as isóbatas de 25 a 150m e as isóbatas de 400 a 2400m.

Ferro	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-207: Compilação do teste post-hoc de Dunn para ferro total

Fe/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-208: Compilação do teste post-hoc de Dunn para ferro total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o manganês (Figura XI-209), diferença

significativa entre as isóbatas de 25 a 75m e as isóbatas de 100 e 1300m e entre as isóbatas de 400 a 1300m e as isóbatas de 50 a 100m. Destaca-se a diferença significativa entre a isóbata de 2400m e as isóbatas de 2260 e 2400m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-210**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ficam mais restritas as isóbatas de 25, em relação às isóbatas de 700, 1300, 1900 e 2400m, e 150m, em relação a uma parte das isóbatas mais profundas conforme a figura.

Manganês	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-209: Compilação do teste post-hoc de Dunn para manganês total

Mn/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-210: Compilação do teste post-hoc de Dunn para manganês total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o mercúrio (**Figura XI-211**), diferença significativa entre a isóbata de 25m e as isóbatas de 100 e 2400m e entre as isóbatas de 50 a 400m e as isóbatas de 700 a 2400m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-212**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ficam mais restritas a isóbata de 150m, em relação às isóbatas de 50 a 1900m, e 400m, em relação as isóbatas de 25, 75, 150, 1720, 2106, 2217 e 2400m.

Mercúrio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-211: Compilação do teste post-hoc de Dunn para mercúrio total

Hg/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-212: Compilação do teste post-hoc de Dunn para mercúrio total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o níquel (**Figura XI-213**), diferença significativa entre as isóbatas de 25 a 400m e as isóbatas de 100 a 1900m. Destaca-se também a diferença significativa observada entre a isóbata de 2400m e as isóbatas de 25, 50, 700, 1300 e 1900m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-214**) que o padrão se

altera e as diferenças significativas ficam mais restritas a isóbata de 150m em relação as isóbatas de 25 a 1900m.

Níquel	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-213: Compilação do teste post-hoc de Dunn para níquel total

Ni/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400		
25																									
50																									
75																									
100																									
150																									
400																									
700																									
1000																									
1300																									
1435																									
1720																									
1900																									
1973																									
2106																									
2135																									
2140																									
2170																									
2185																									
2198																									
2217																									
2247																									
2260																									
2400																									

Figura XI-214: Compilação do teste post-hoc de Dunn para níquel total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o vanádio (Figura XI-215), diferença

significativa entre as isóbatas de 25 a 150m e as isóbatas de 400 a 1900m. Destaca-se também a diferença significativa observada entre a isóbata de 2400m e as isóbatas de 25, 400 a 1300 e 1900m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-216**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ficam mais restritas a isóbata de 25 a 150m em relação as isóbatas de 400 a 1300m sendo que a isóbata de 150m também apresentou diferença significativa com outras isóbatas mais profundas. Destaca-se a diferença significativa observada para isóbata de 2400 em relação às isóbatas de 25 a 150m.

Vanádio	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-215: Compilação do teste post-hoc de Dunn para vanádio total

V/AI	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-216: Compilação do teste post-hoc de Dunn para vanádio total normalizado pelo alumínio

Observa-se, de forma geral para o zinco (**Figura XI-217**), diferença significativa entre as isóbatas de 25 a 150m e as isóbatas de 400 a 1900m, sendo que a isóbata de 100m apresentou diferença significativa apenas em relação a isóbata de 25m. Destaca-se também a diferença significativa observada entre a isóbata de 2400m e as isóbatas de 700 a 1300m. Quando utilizamos os dados normalizados pelo alumínio podemos observar (**Figura XI-218**) que o padrão se altera e as diferenças significativas ficam mais restritas a isóbata de 25 a 150m em relação as isóbatas de 400 a 1900m. Destaca-se a diferença significativa observada para isóbata de 2400 em relação às isóbatas de 25 a 100m.

Zinco	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-217: Compilação do teste post-hoc de Dunn para zinco total

Zn/Al	25	50	75	100	150	400	700	1000	1300	1435	1720	1900	1973	2106	2135	2140	2170	2185	2198	2217	2247	2260	2400	
25																								
50																								
75																								
100																								
150																								
400																								
700																								
1000																								
1300																								
1435																								
1720																								
1900																								
1973																								
2106																								
2135																								
2140																								
2170																								
2185																								
2198																								
2217																								
2247																								
2260																								
2400																								

Figura XI-218: Compilação do teste post-hoc de Dunn para zinco total normalizado pelo alumínio

XI.4.7 Autocorrelação espacial

Os resultados dos testes aplicados para avaliação da variação dos resultados de elementos traço espacialmente, tanto no eixo dos transectos

quanto no eixo das isóbatas, levam a crer que existe algum grau de dependência espacial nas concentrações dos metais na Bacia de Santos. A fim de se avaliar a existência de correlação espacial optou-se por utilizar o índice de Moran para autocorrelação espacial dos dados. Como foi evidenciada a variação temporal dos dados o índice foi calculado por campanha.

A **Tabela XI-18** abaixo apresenta os valores de índice de Moran obtidos para os metais biodisponíveis. É possível observar que a maioria dos dados possui correlação espacial positiva em ambas as campanhas, sendo chumbo e níquel na segunda campanha as únicas exceções observadas.

Tabela XI-18: Resultados do índice de Moran para metais biodisponíveis

	Moran (campanha1)	Moran (campanha2)
Alumínio	0,493	0,471
Arsênio	0,353	0,368
Bário	0,846	0,654
Boro	0,395	0,531
Cadmio	0,318	0,343
Chumbo	0,391	-0,002
Cobre	0,736	0,459
Cromo	0,329	0,414
Ferro	0,375	0,41
Manganês	0,609	0,276
Níquel	0,651	0,072
Vanádio	0,420	0,423
Zinco	0,395	0,506

A autocorrelação espacial desses dados pode também ser observadas pelos gráficos abaixo (**Figura XI-219 a Figura XI-244**), onde o maior alinhamento dos dados com a bissetriz dos quadrantes ímpares indica maior correlação espacial positiva.

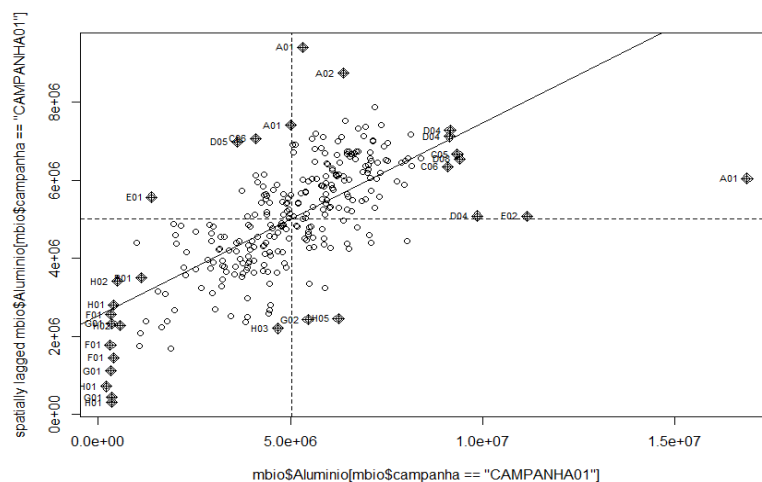


Figura XI-219: Autocorrelação espacial para alumínio biodisponível na primeira campanha

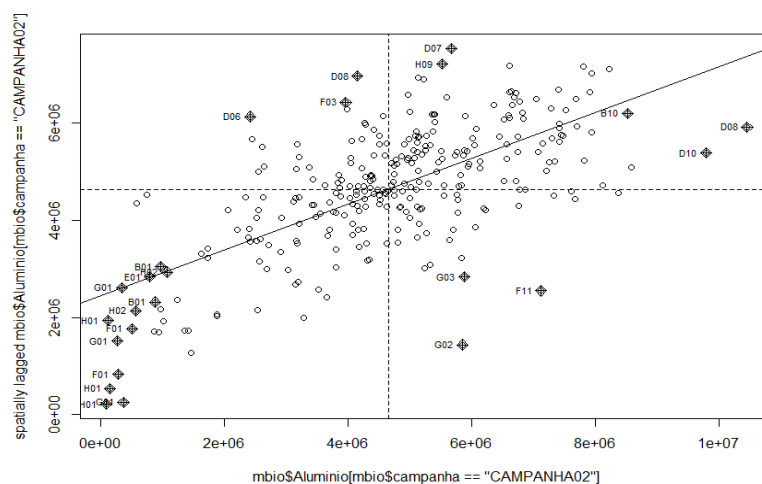


Figura XI-220: Autocorrelação espacial para alumínio biodisponível na segunda campanha

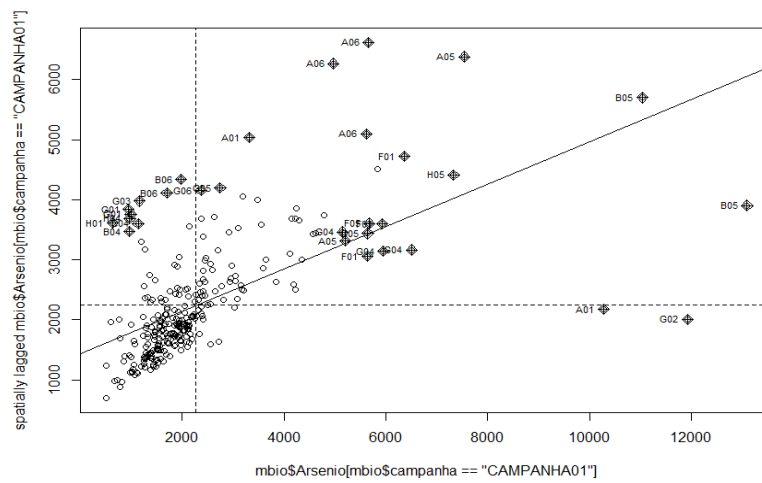


Figura XI-221: Autocorrelação espacial para arsênio biodisponível na primeira campanha

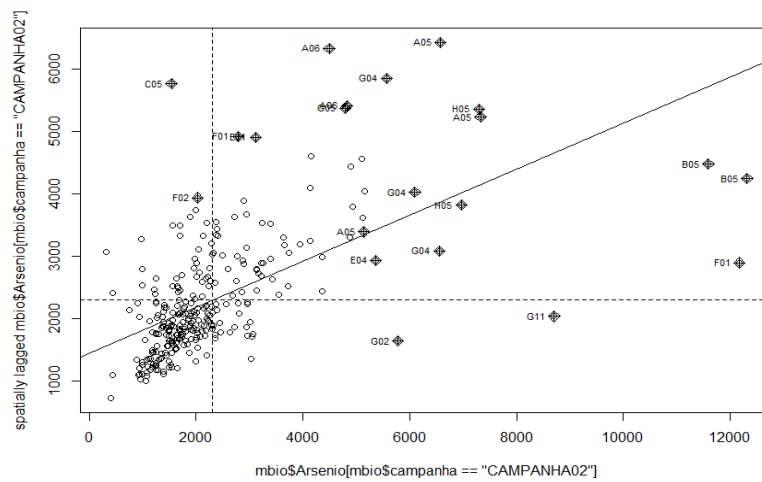


Figura XI-222: Autocorrelação espacial para arsênio biodisponível na segunda campanha

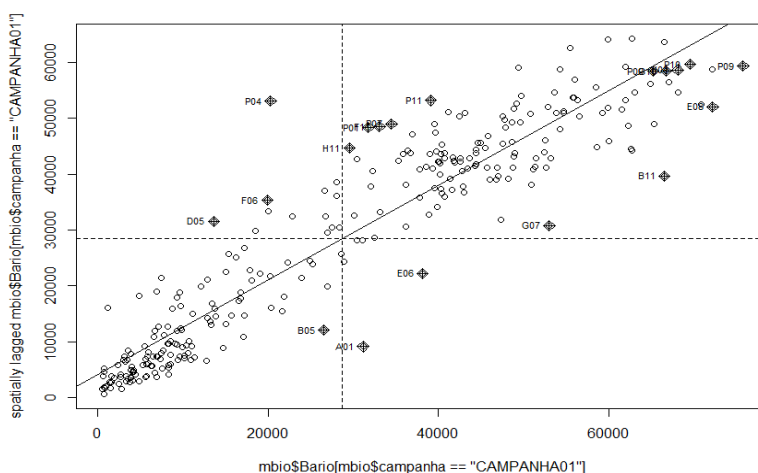


Figura XI-223: Autocorrelação espacial para bário biodisponível na primeira campanha

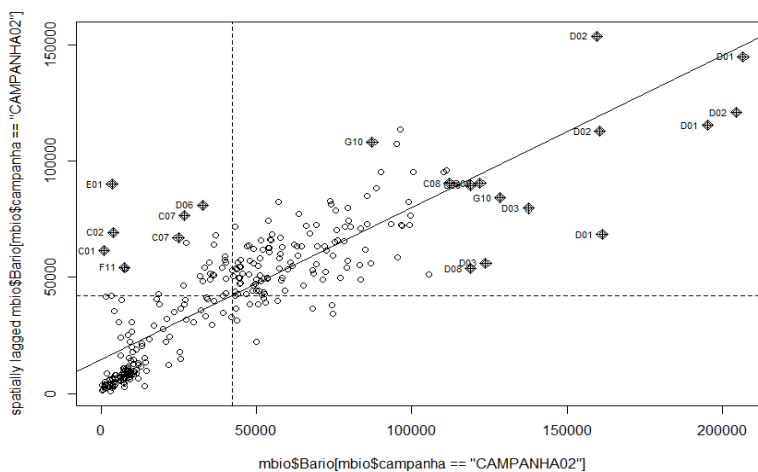


Figura XI-224: Autocorrelação espacial para bário biodisponível na segunda campanha

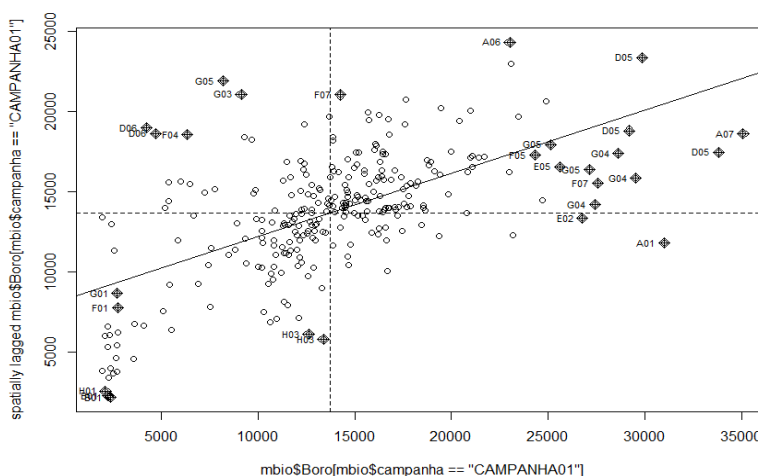


Figura XI-225: Autocorrelação espacial para boro biodisponível na primeira campanha

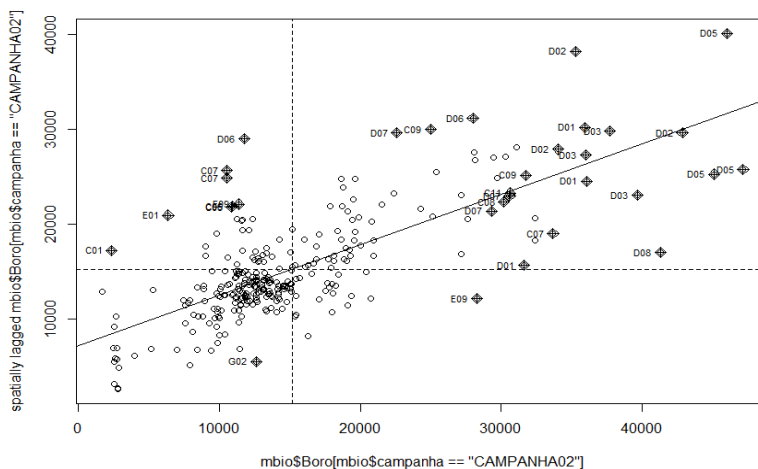


Figura XI-226: Autocorrelação espacial para boro biodisponível na segunda campanha

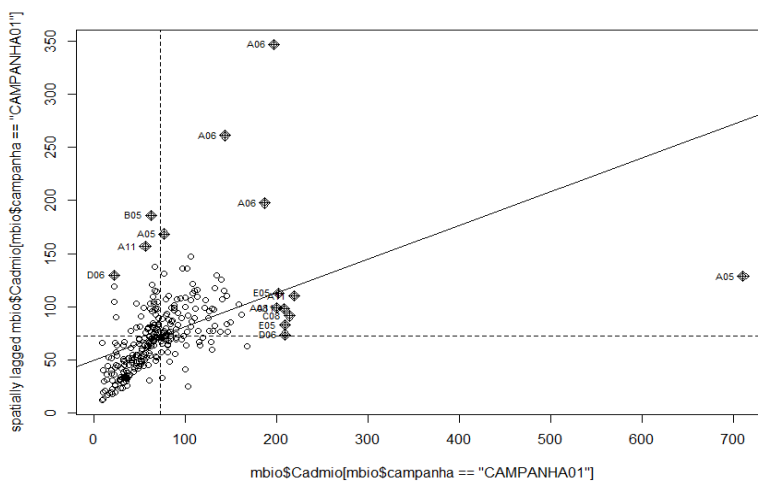


Figura XI-227: Autocorrelação espacial para cádmio biodisponível na primeira campanha

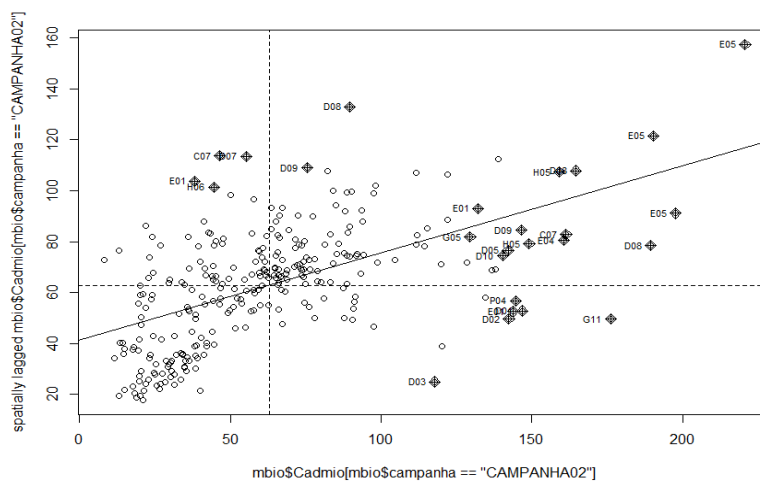


Figura XI-228: Autocorrelação espacial para cádmio biodisponível na segunda campanha

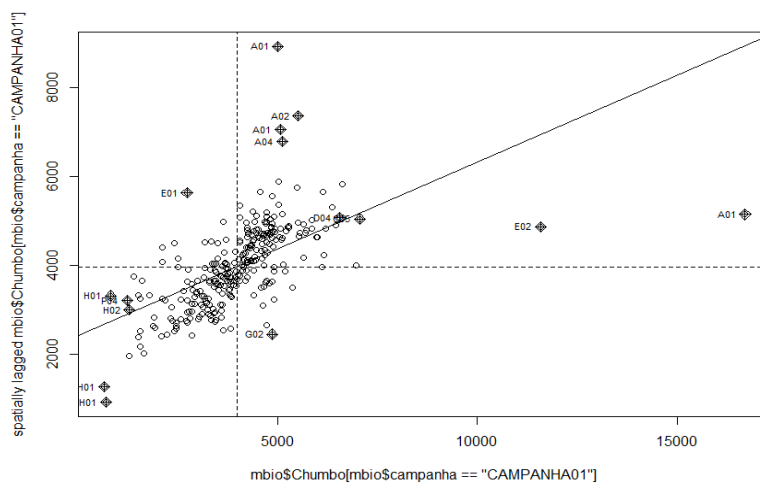


Figura XI-229: Autocorrelação espacial para chumbo biodisponível na primeira campanha

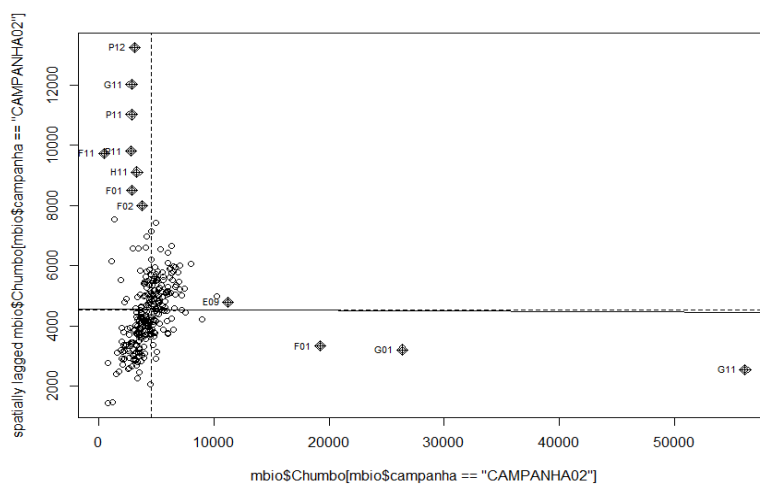


Figura XI-230: Autocorrelação espacial para chumbo biodisponível na segunda campanha

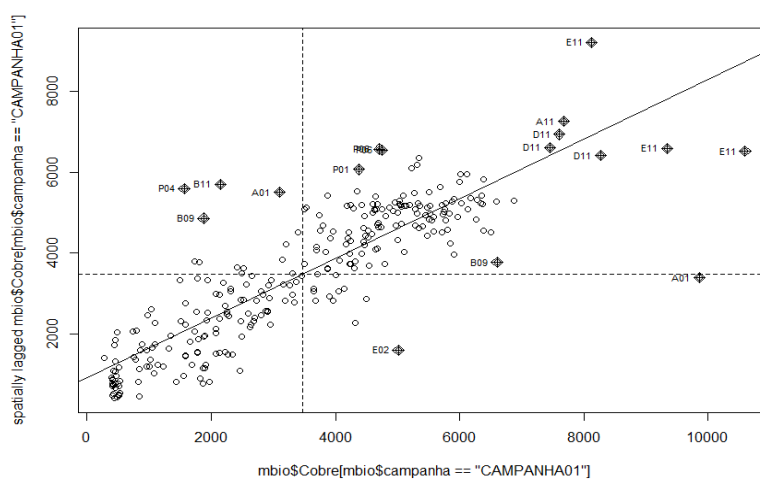


Figura XI-231: Autocorrelação espacial para cobre biodisponível na primeira campanha

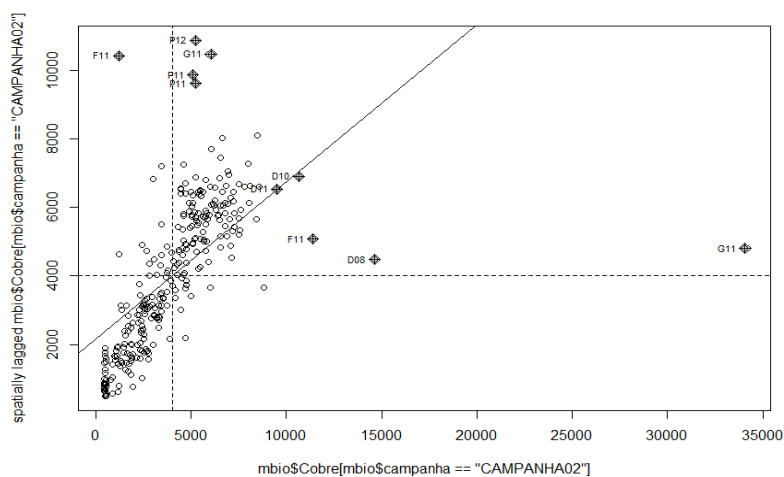


Figura XI-232: Autocorrelação espacial para cobre biodisponível na segunda campanha

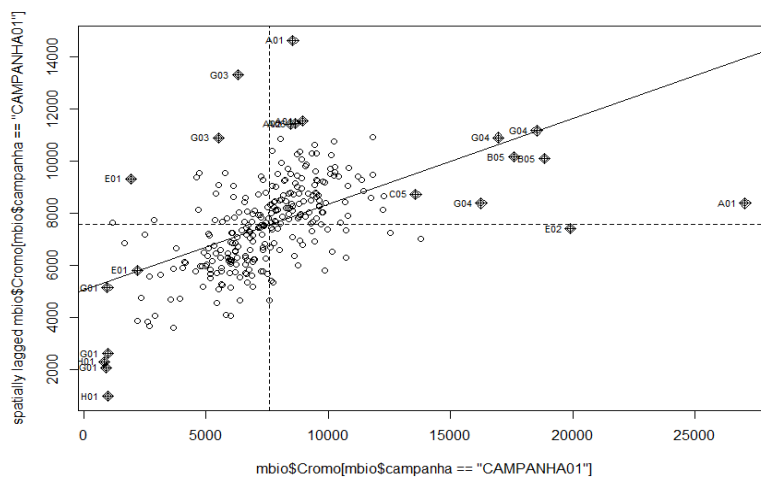


Figura XI-233: Autocorrelação espacial para cromo biodisponível na primeira campanha

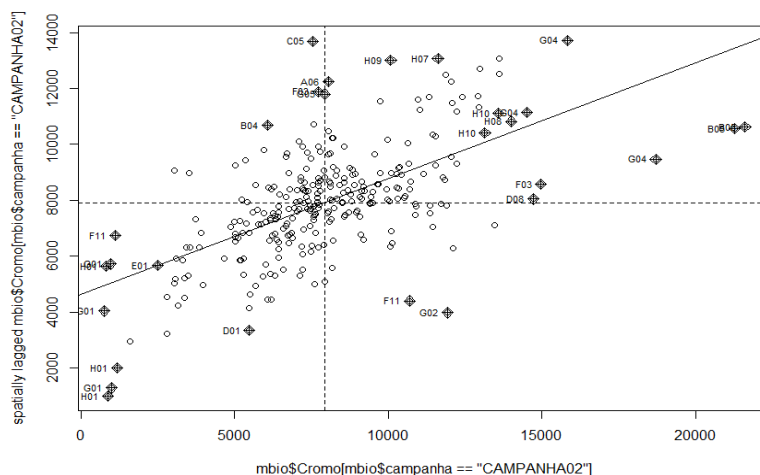


Figura XI-234: Autocorrelação espacial para cromo biodisponível na segunda campanha

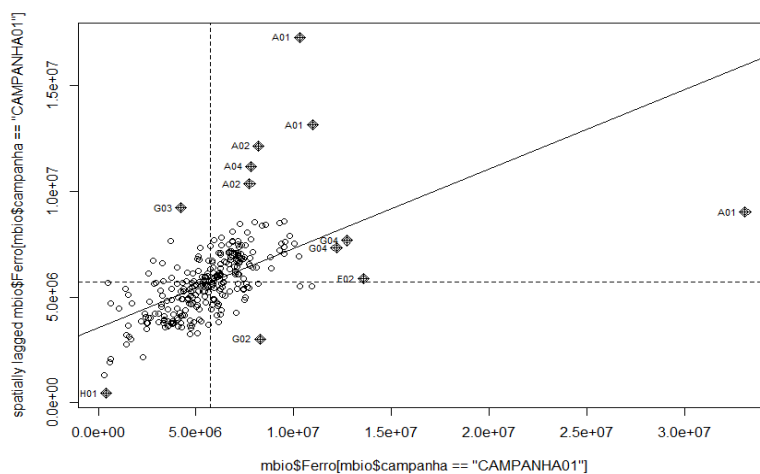


Figura XI-235: Autocorrelação espacial para ferro biodisponível na primeira campanha

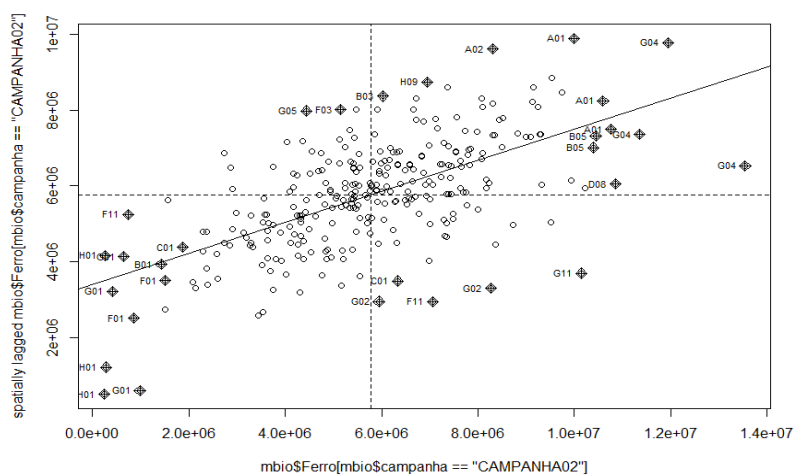


Figura XI-236: Autocorrelação espacial para ferro biodisponível na segunda campanha

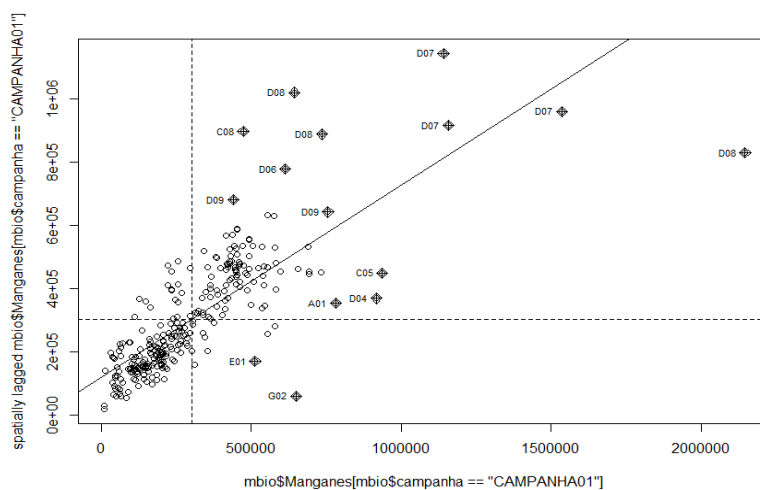


Figura XI-237: Autocorrelação espacial para manganês biodisponível na primeira campanha

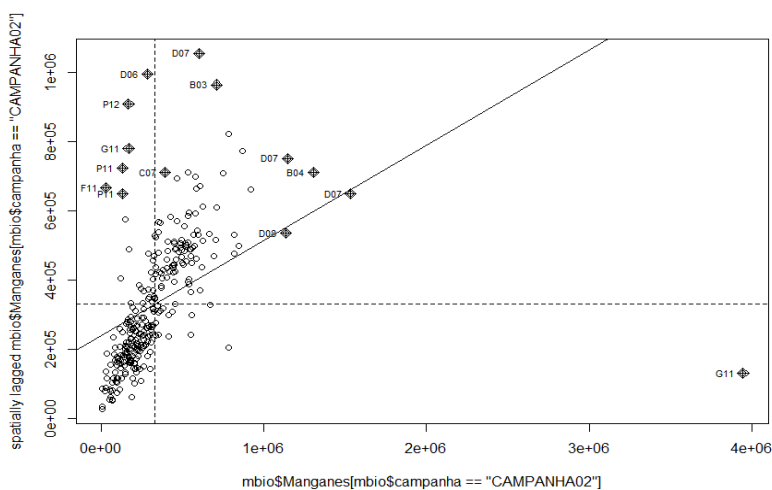


Figura XI-238: Autocorrelação espacial para manganês biodisponível na segunda campanha

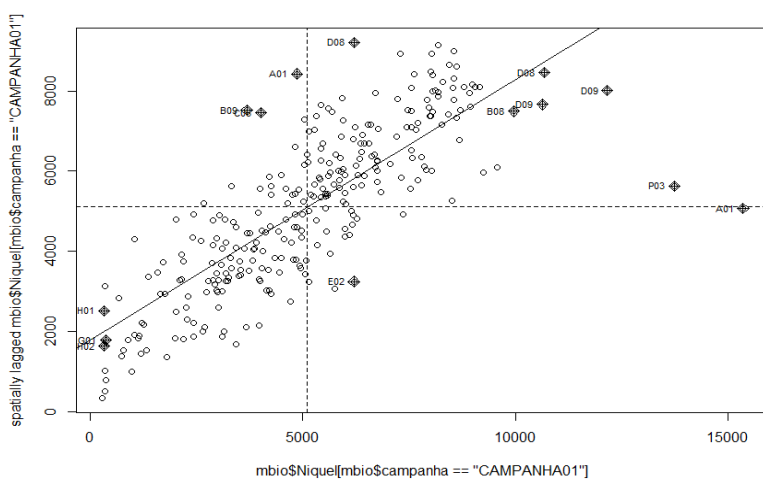


Figura XI-239: Autocorrelação espacial para níquel biodisponível na primeira campanha

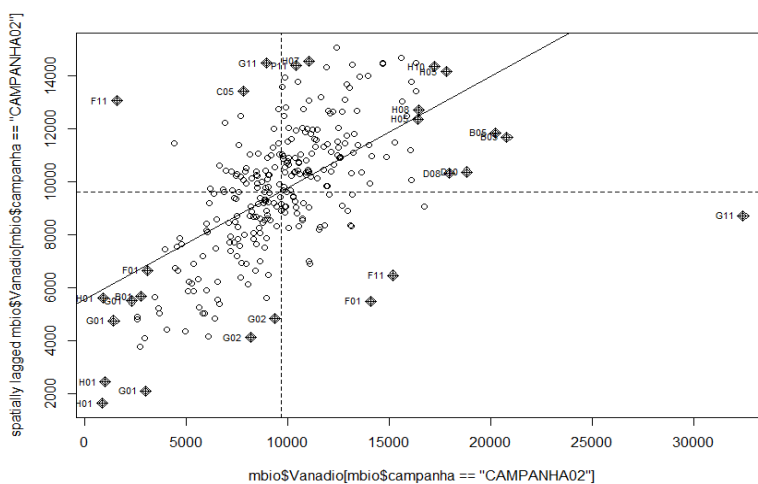


Figura XI-242: Autocorrelação espacial para vanádio biodisponível na segunda campanha

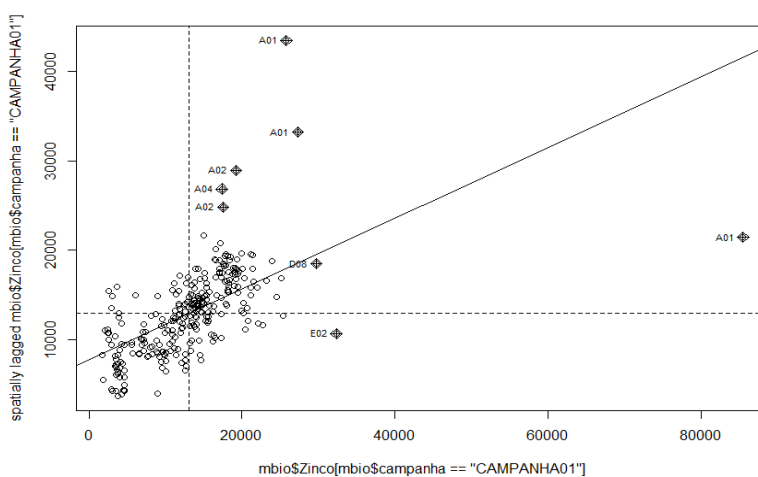


Figura XI-243: Autocorrelação espacial para zinco biodisponível na primeira campanha

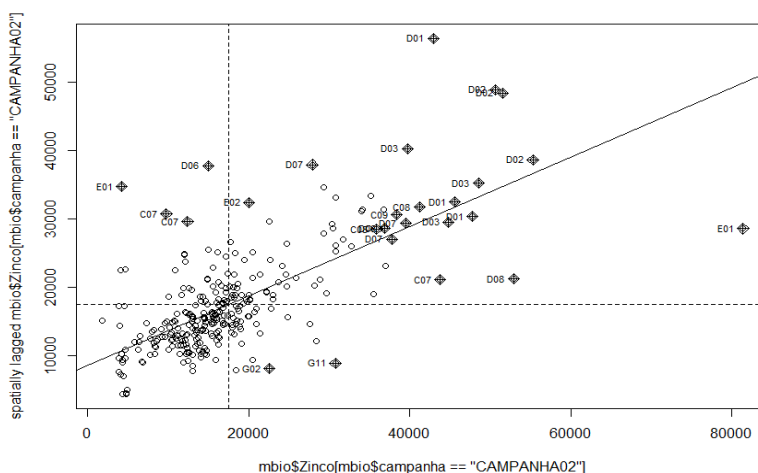


Figura XI-244: Autocorrelação espacial para zinco biodisponível na segunda campanha

A **Tabela XI-19** abaixo apresenta os valores de índice de Moran obtidos para os metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio. É possível observar que a maioria dos dados possui correlação espacial positiva em ambas as campanhas, sendo chumbo e níquel na segunda campanha as únicas exceções observadas.

Tabela XI-19: Resultados do índice de Moran para metais biodisponíveis normalizados pelo alumínio

	Moran (campanha1)	Moran (campanha2)
Arsênio	0,441	0,508
Bário	0,857	0,536
Boro	0,480	0,486
Cadmio	0,478	0,519
Chumbo	0,586	0,077
Cobre	0,710	0,451
Cromo	0,573	0,540
Ferro	0,372	0,413

Manganês	0,360	0,313
Níquel	0,376	0,023
Vanádio	0,451	0,499
Zinco	0,489	0,548

A autocorrelação espacial desses dados pode também ser observadas pelos gráficos abaixo (**Figura XI-245 a Figura XI-268**), onde o maior alinhamento dos dados com a bissetriz dos quadrantes ímpares indica maior correlação espacial positiva.

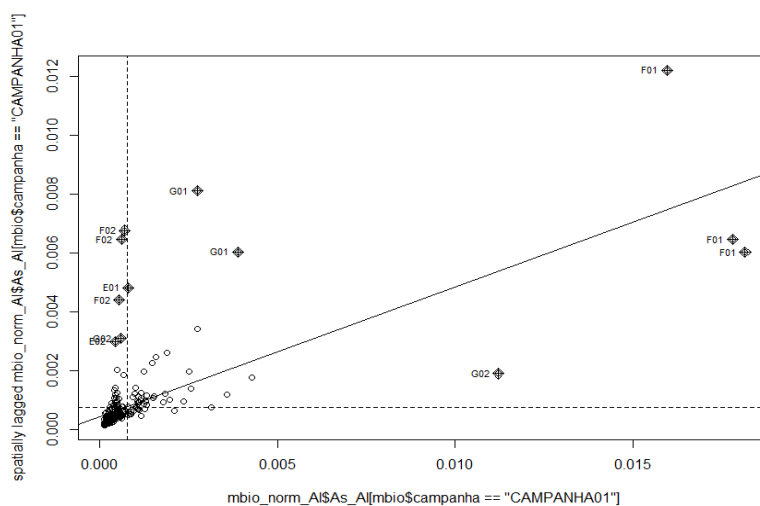


Figura XI-245: Autocorrelação espacial para arsênio biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

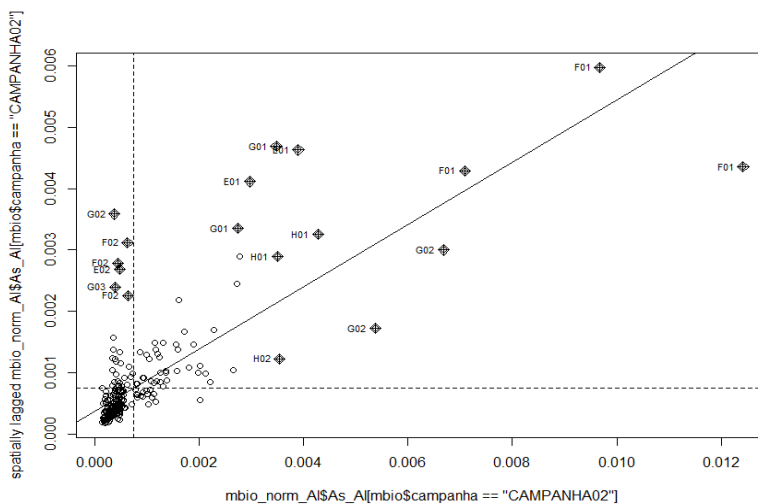


Figura XI-246: Autocorrelação espacial para arsênio biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

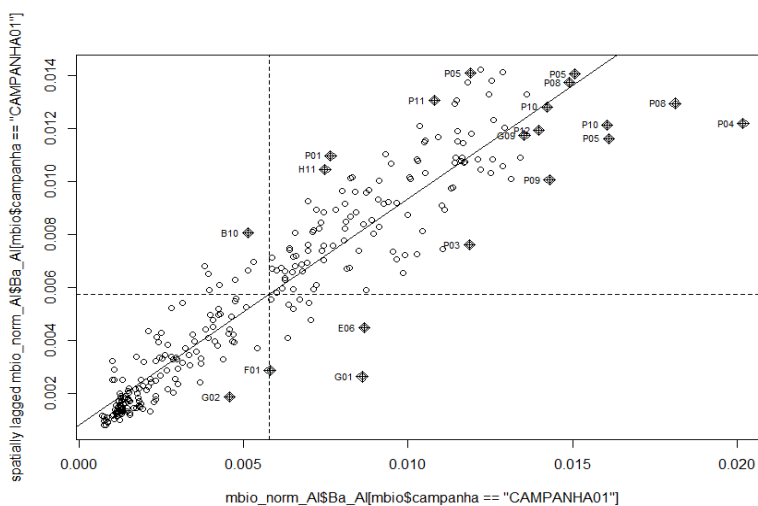


Figura XI-247: Autocorrelação espacial para bário biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

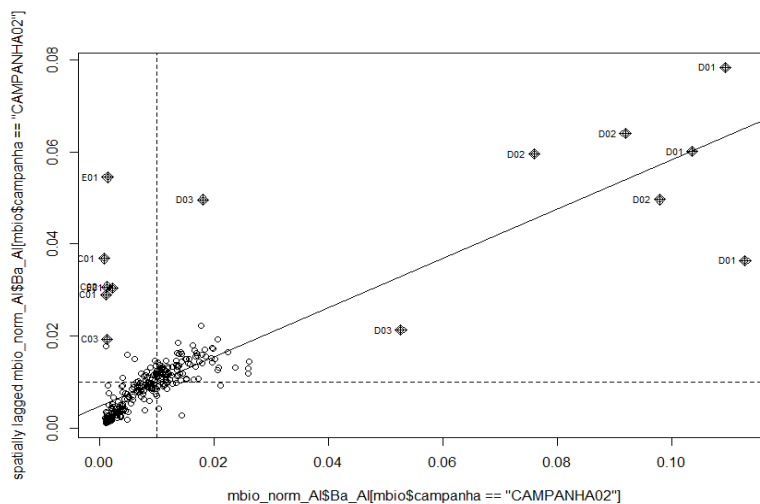


Figura XI-248: Autocorrelação espacial para bário biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

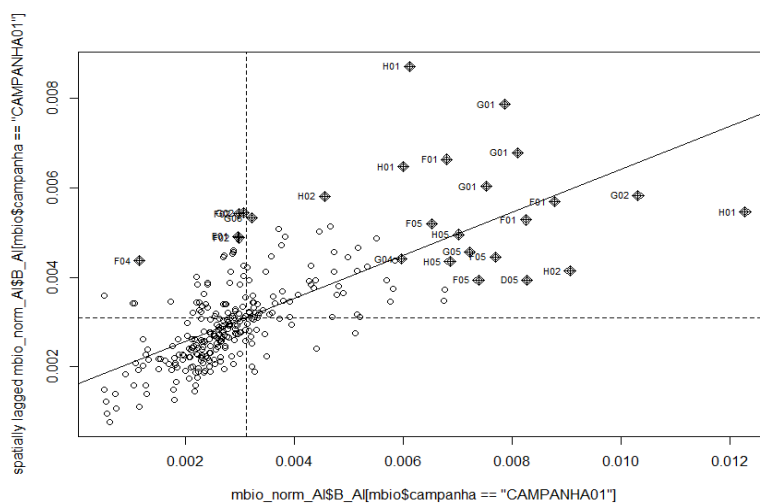


Figura XI-249: Autocorrelação espacial para boro biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

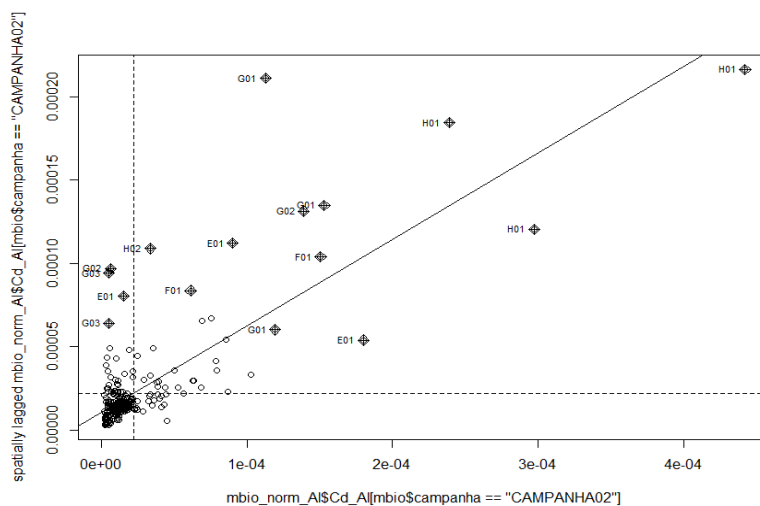


Figura XI-252: Autocorrelação espacial para cádmio biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

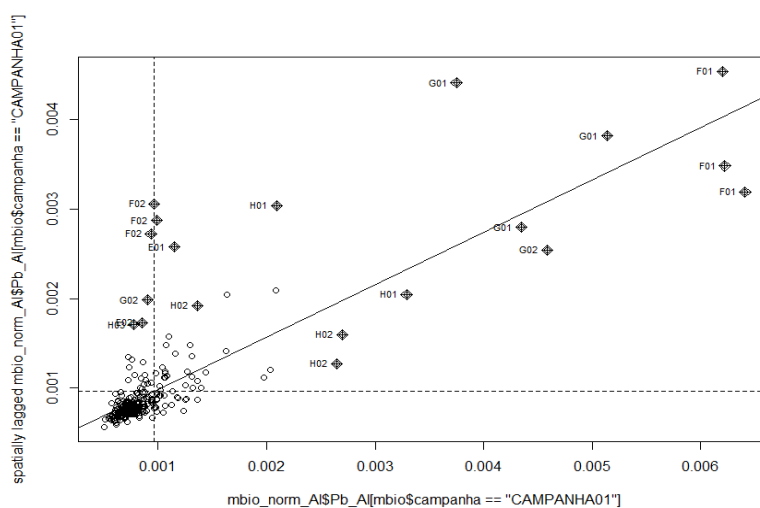


Figura XI-253: Autocorrelação espacial para chumbo biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

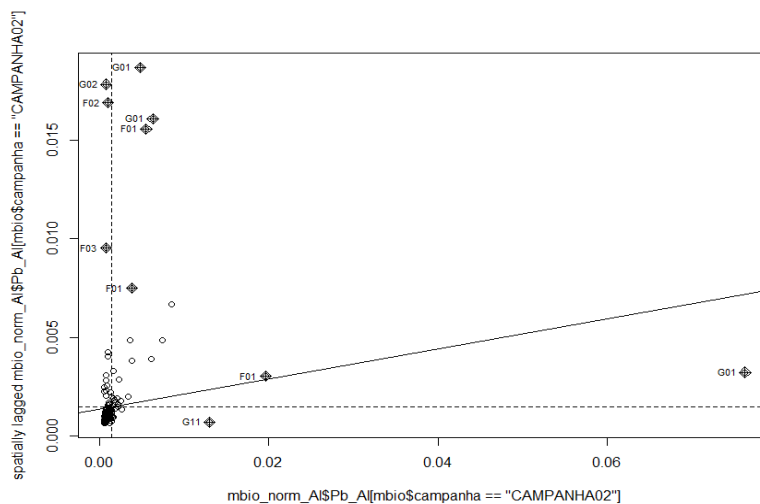


Figura XI-254: Autocorrelação espacial para chumbo biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

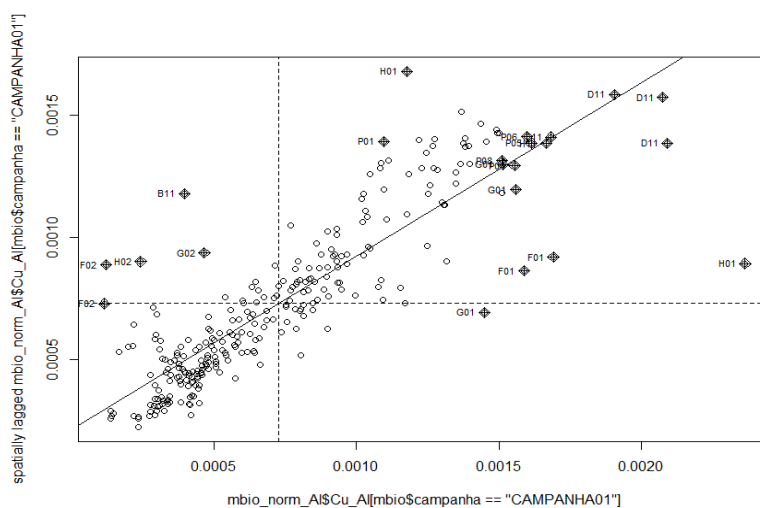


Figura XI-255: Autocorrelação espacial para cobre biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

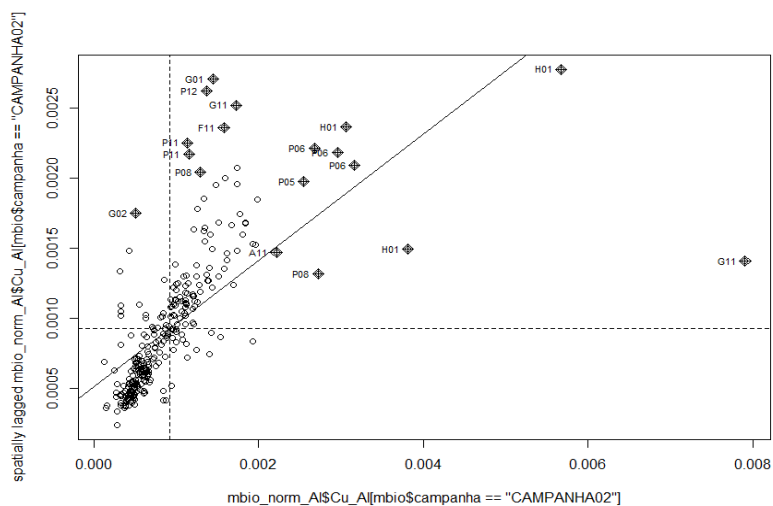


Figura XI-256: Autocorrelação espacial para cobre biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

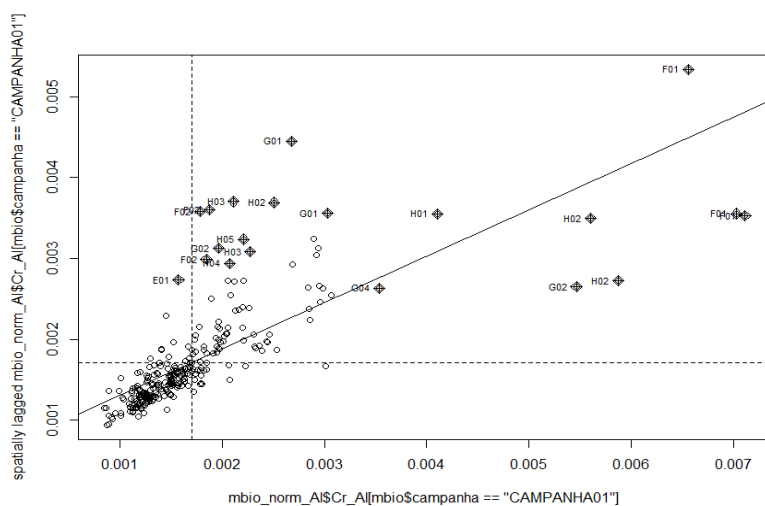


Figura XI-257: Autocorrelação espacial para cromo biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

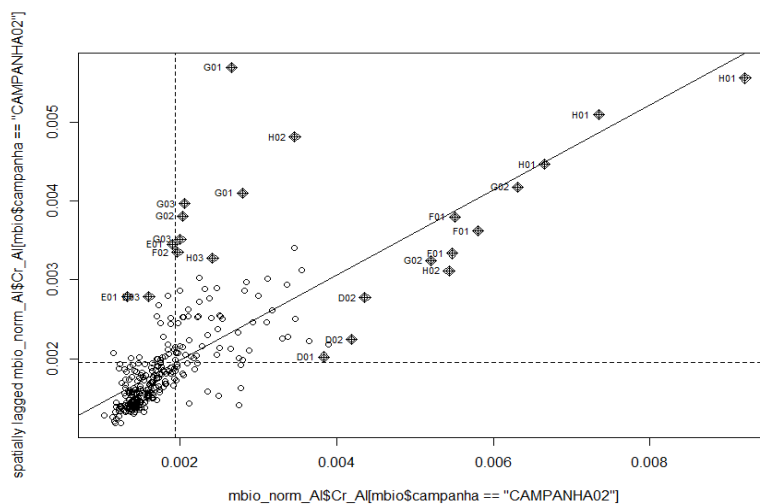


Figura XI-258: Autocorrelação espacial para cromo biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

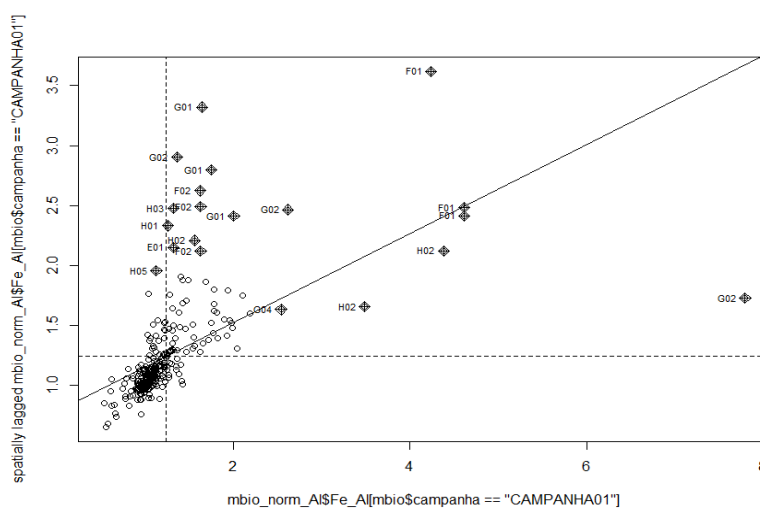


Figura XI-259: Autocorrelação espacial para ferro biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

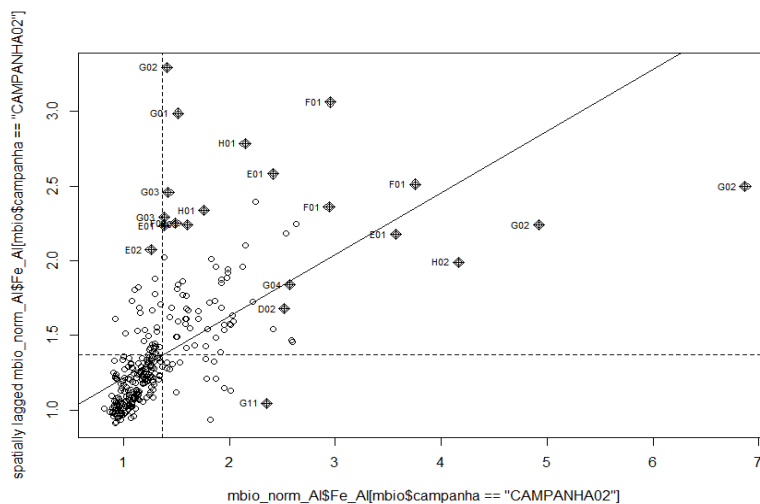


Figura XI-260: Autocorrelação espacial para ferro biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

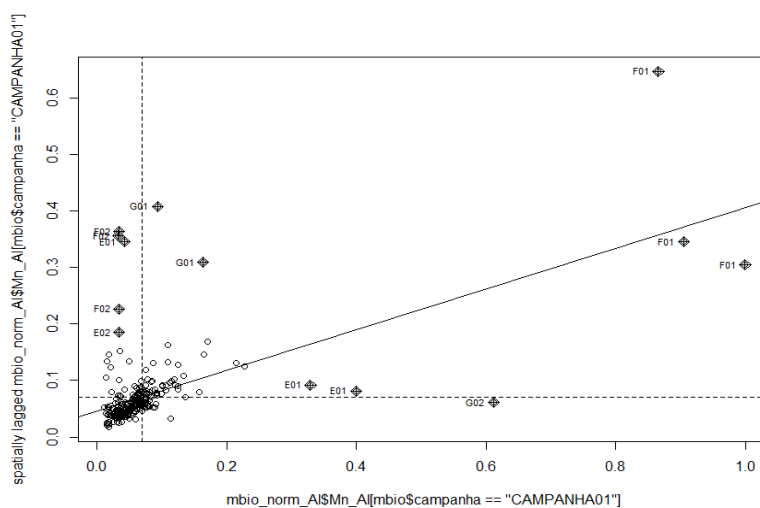


Figura XI-261: Autocorrelação espacial para manganês biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

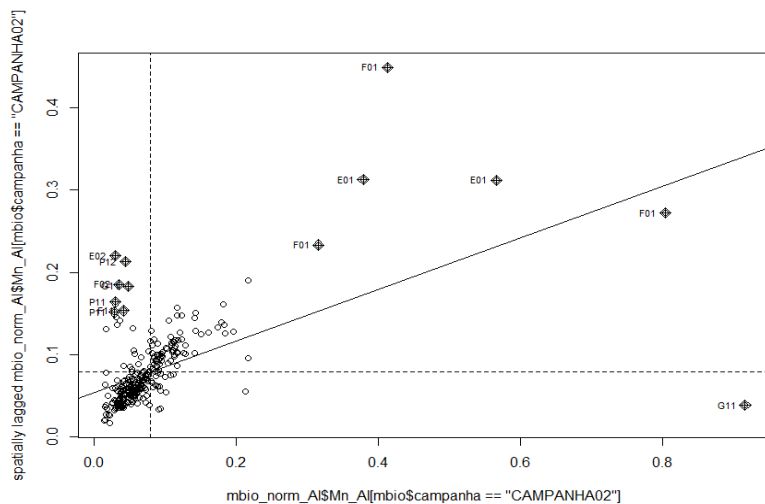


Figura XI-262: Autocorrelação espacial para manganês biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

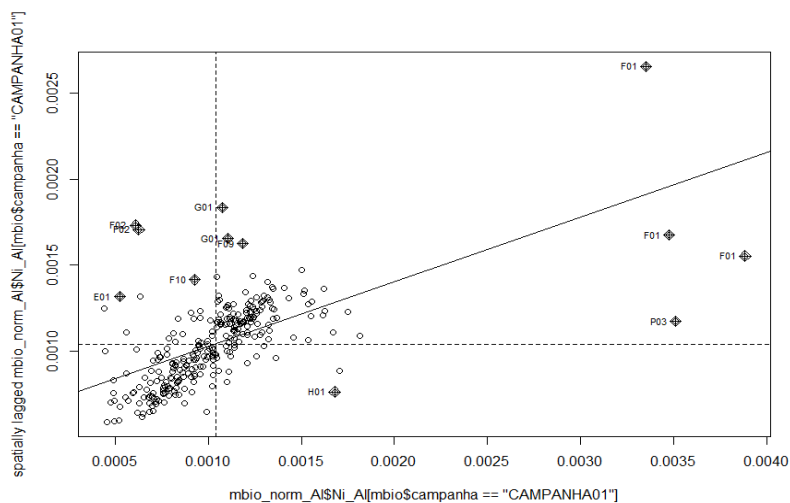


Figura XI-263: Autocorrelação espacial para níquel biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

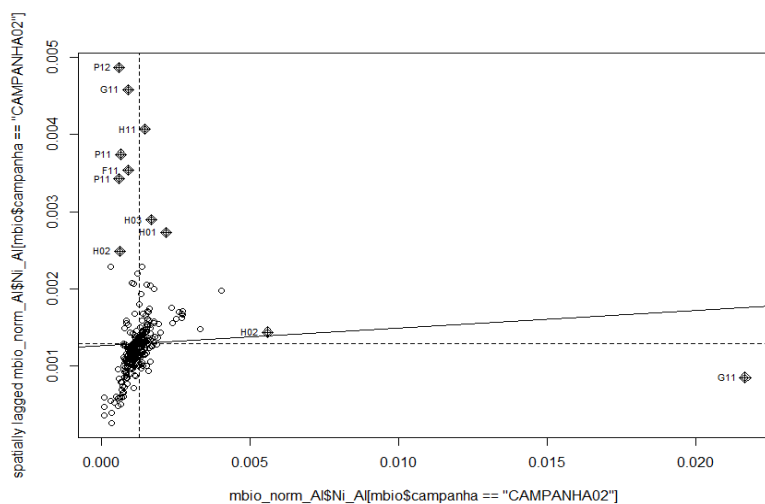


Figura XI-264: Autocorrelação espacial para níquel biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

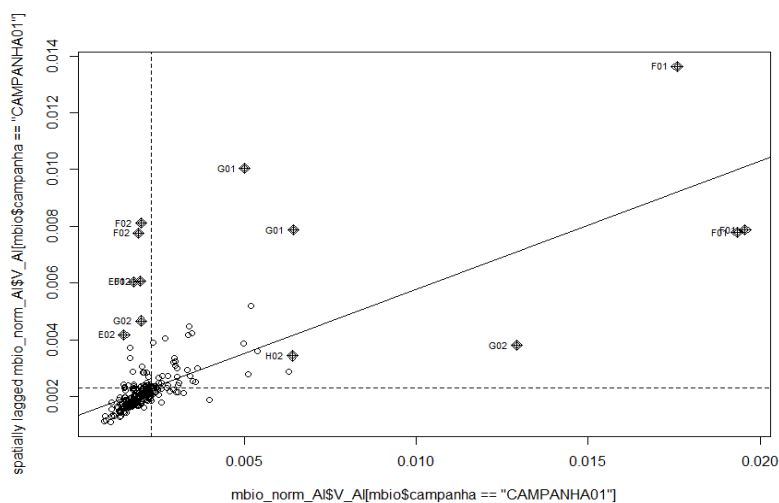


Figura XI-265: Autocorrelação espacial para vanádio biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

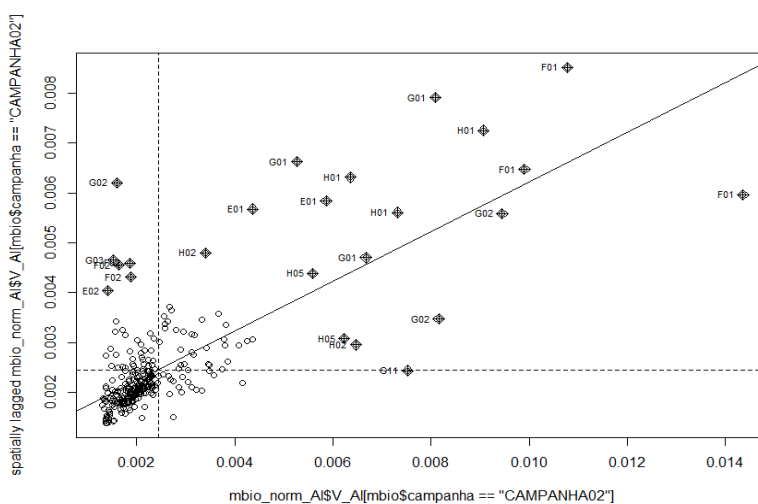


Figura XI-266: Autocorrelação espacial para vanádio biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

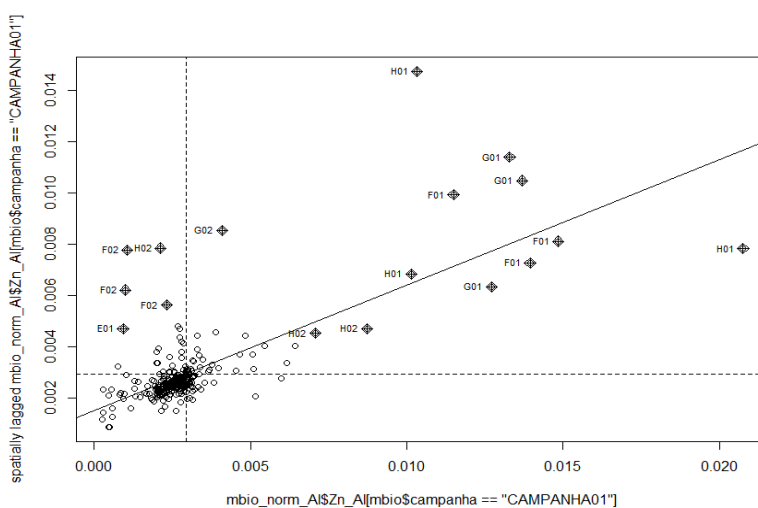


Figura XI-267: Autocorrelação espacial para zinco biodisponível normalizado pelo alumínio na primeira campanha

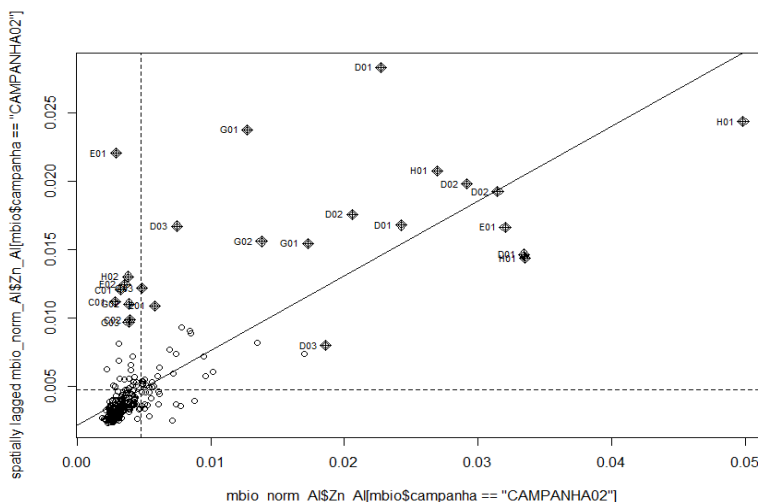


Figura XI-268: Autocorrelação espacial para zinco biodisponível normalizado pelo alumínio na segunda campanha

A **TabelaXI- 20** abaixo apresenta os valores de índice de Moran obtidos para os metais totais. É possível observar que a maioria dos dados possui correlação espacial positiva em ambas as campanhas. Observa-se que com a redução do efeito da granulometria pela normalização dos dados o valor do índice de Moran aumentou para o chumbo e níquel, apesar de ainda representarem uma autocorrelação espacial fraca o tratamento já permitiu obter mais informações acerca do comportamento espacial desses elementos na Bacia de Santos.

TabelaXI- 20: Resultados do índice de Moran para metais totais

	Moran (campanha1)	Moran (campanha2)
Arsenio	0,406	0,730
Bario	0,644	0,591
Boro	0,443	0,619
Cadmio	0,372	0,442
Chumbo	0,501	0,158
Cobre	0,682	0,647
Cromo	0,406	0,557
Ferro	0,551	0,619
Manganes	0,619	0,352
Niquel	0,589	0,211
Vanadio	0,461	0,718
Zinco	0,414	0,570
Mercúrio	0,725	0,749

A autocorrelação espacial desses dados pode também ser observadas pelos gráficos abaixo (**Figura XI-269 a Figura XI-296**), onde o maior alinhamento dos dados com a bissetriz dos quadrantes ímpares indica maior correlação espacial positiva.

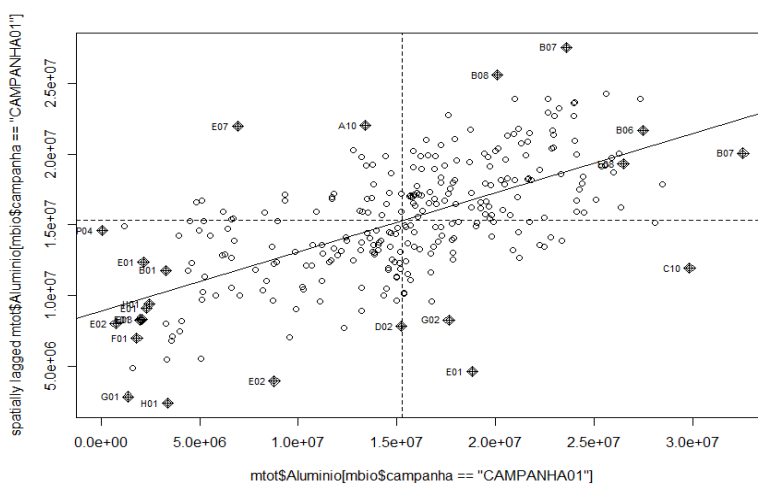


Figura XI-269: Autocorrelação espacial para alumínio total na primeira campanha

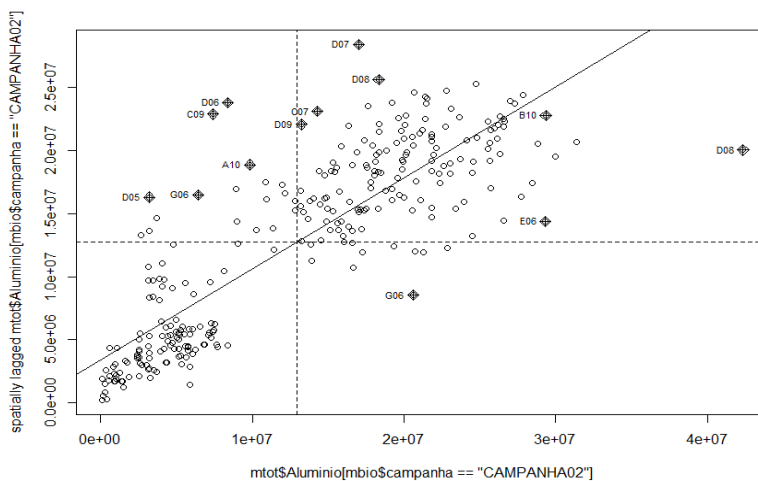


Figura XI-270: Autocorrelação espacial para alumínio total na segunda campanha

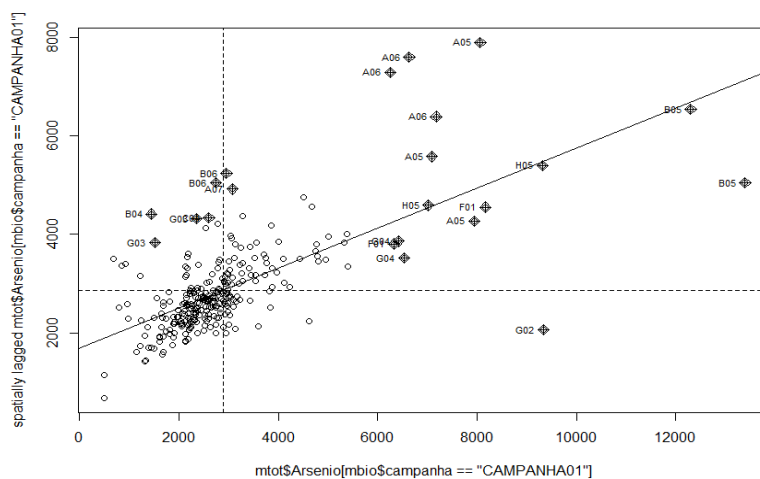


Figura XI-271: Autocorrelação espacial para arsênio total na primeira campanha

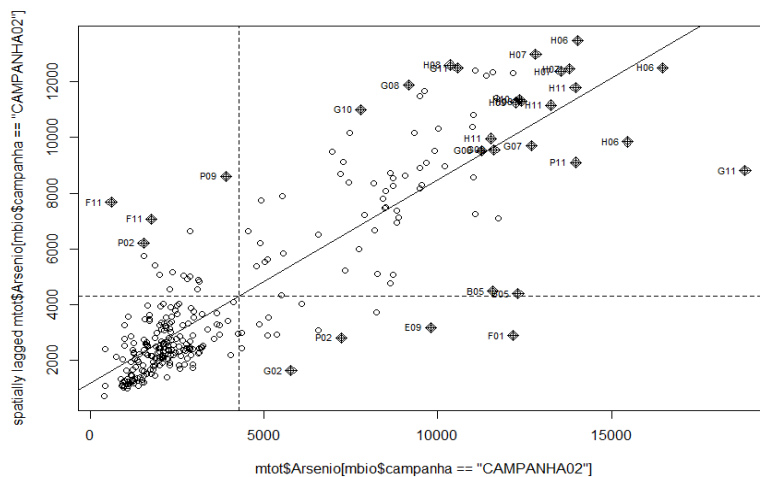


Figura 272: Autocorrelação espacial para arsênio total na segunda campanha

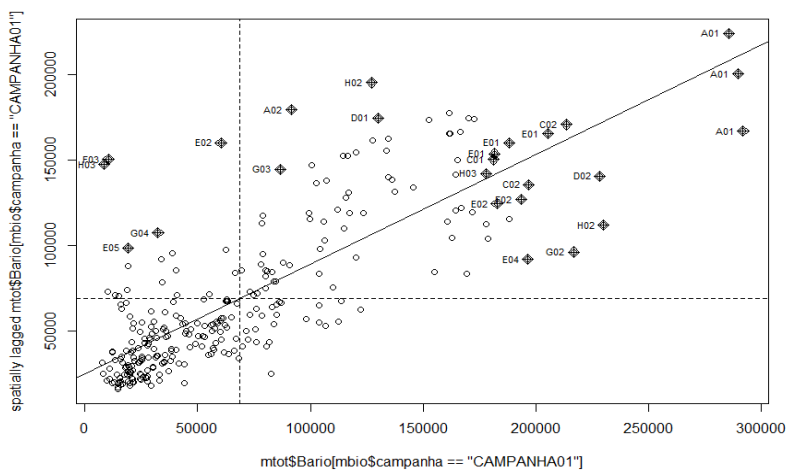


Figura XI-273: Autocorrelação espacial para bário total na primeira campanha

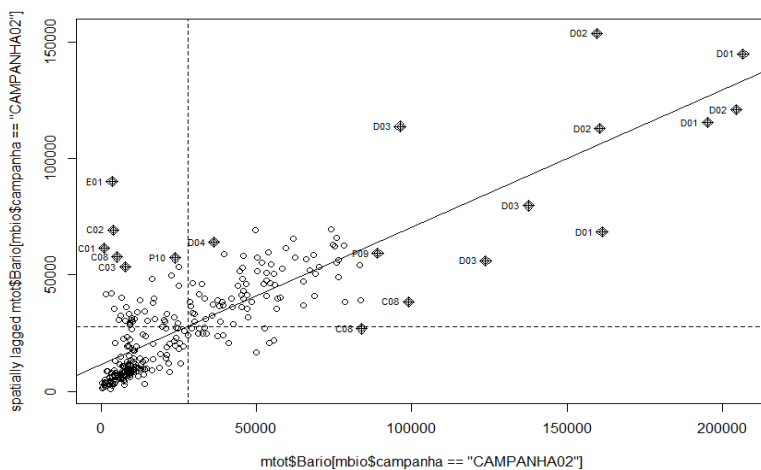


Figura XI-274: Autocorrelação espacial para bário total na segunda campanha

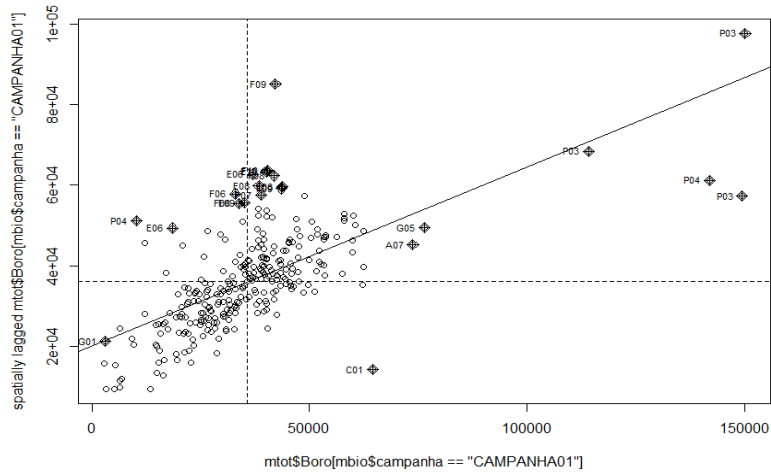


Figura XI-275: Autocorrelação espacial para boro total na primeira campanha

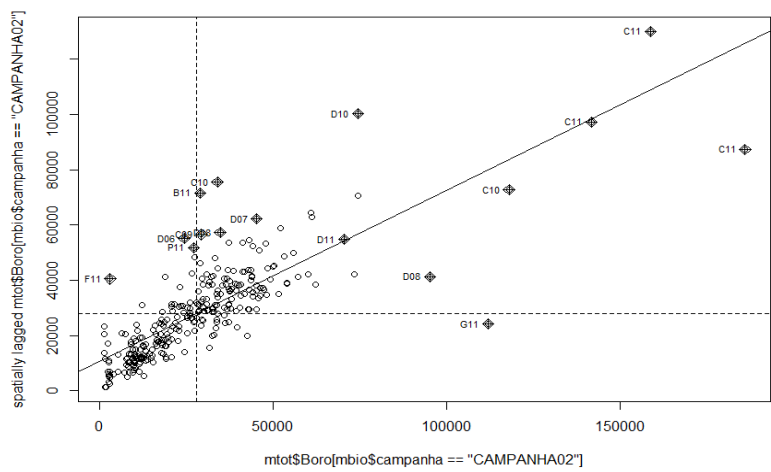


Figura XI-276: Autocorrelação espacial para boro total na segunda campanha

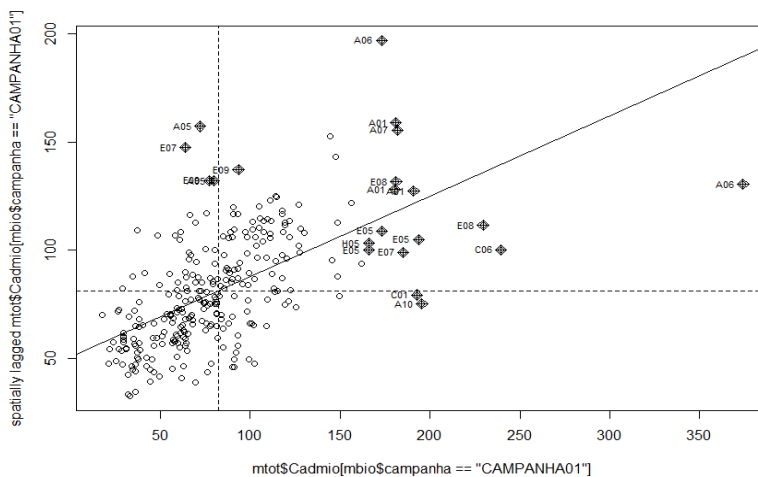


Figura XI-277: Autocorrelação espacial para cádmio total na primeira campanha

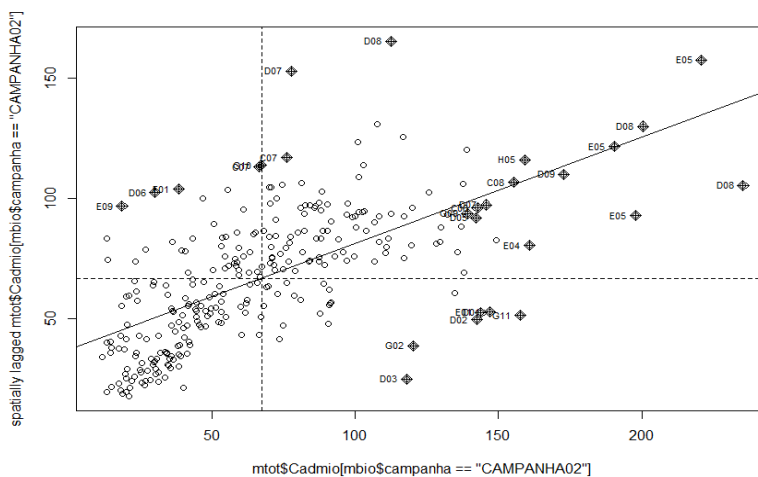


Figura XI-278: Autocorrelação espacial para cádmio total na segunda campanha

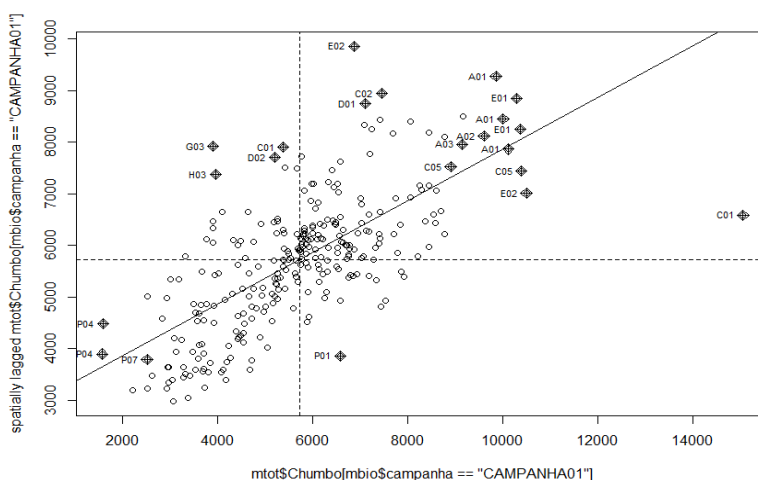


Figura XI-279: Autocorrelação espacial para chumbo total na primeira campanha

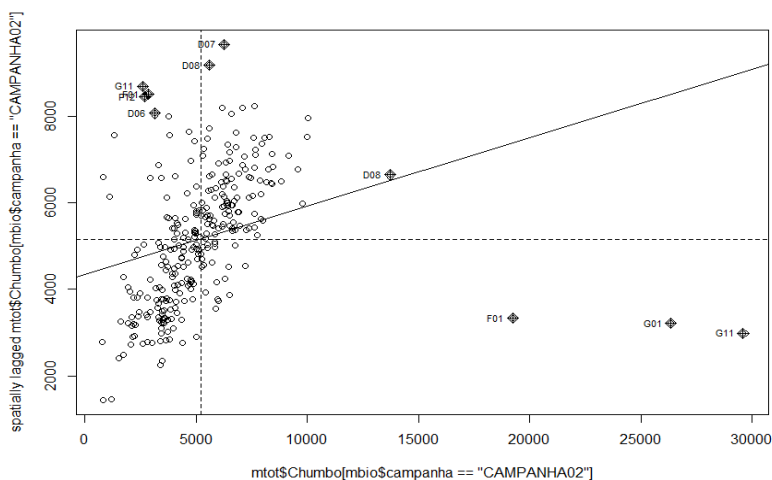


Figura XI-280: Autocorrelação espacial para chumbo total na segunda campanha

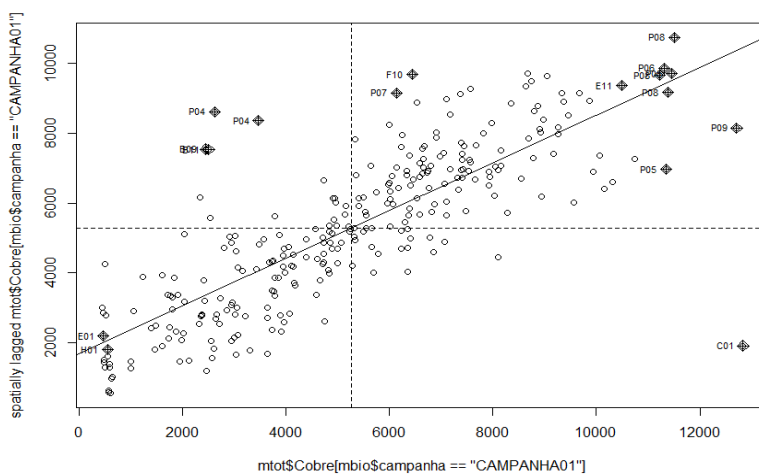


Figura XI-281: Autocorrelação espacial para cobre total na primeira campanha

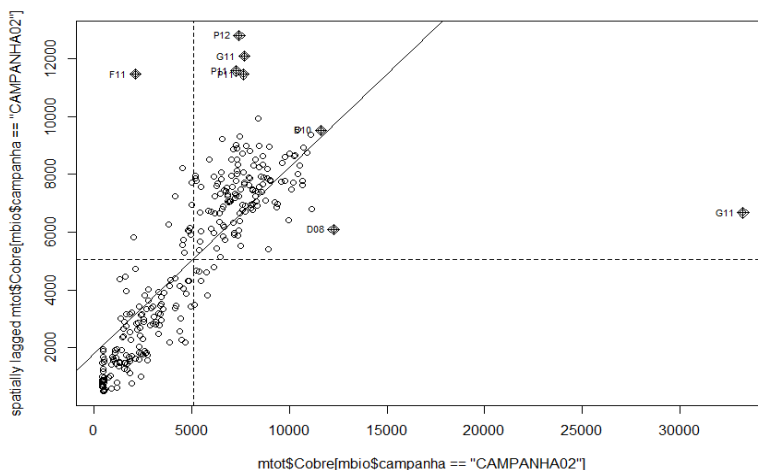


Figura XI-282: Autocorrelação espacial para cobre total na segunda campanha

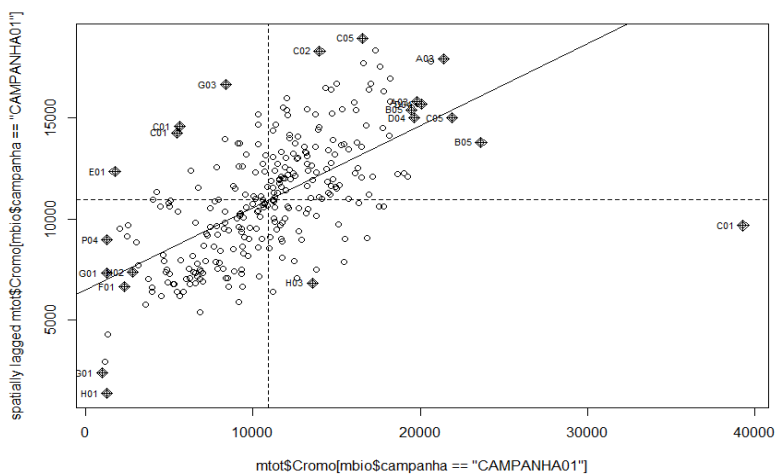


Figura XI-283: Autocorrelação espacial para cromo total na primeira campanha

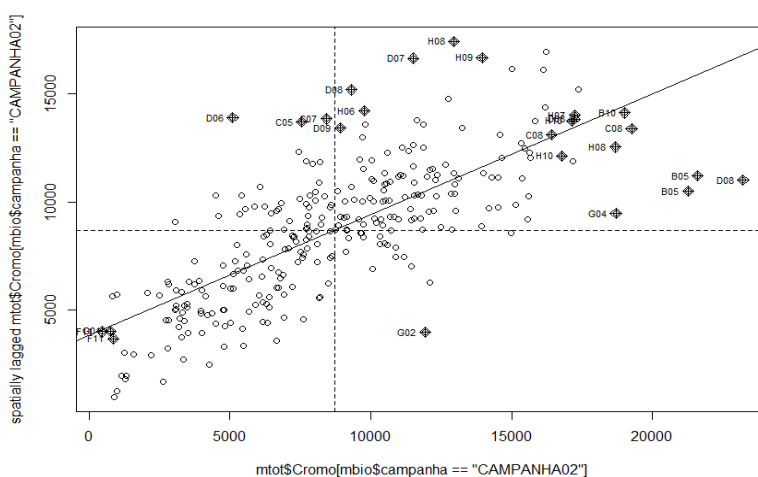


Figura XI-284: Autocorrelação espacial para cromo total na segunda campanha

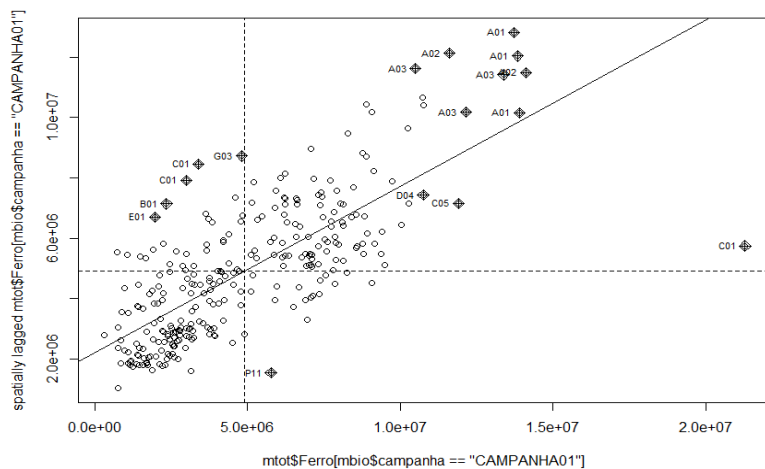


Figura XI-285: Autocorrelação espacial para ferro total na primeira campanha

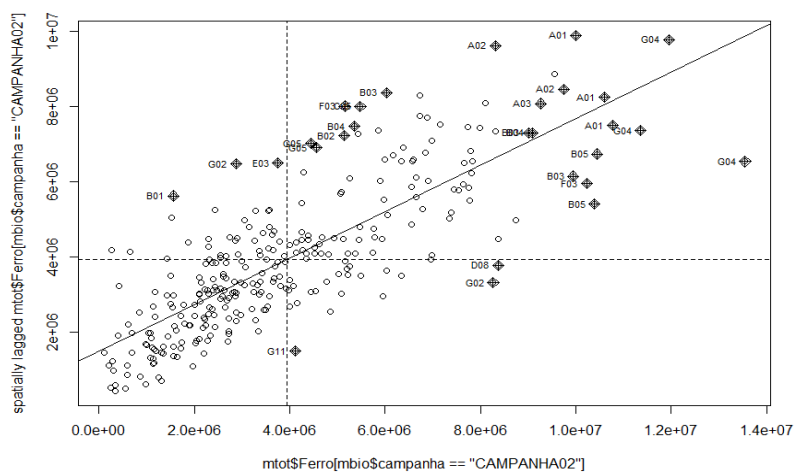


Figura XI-286: Autocorrelação espacial para ferro total na segunda campanha

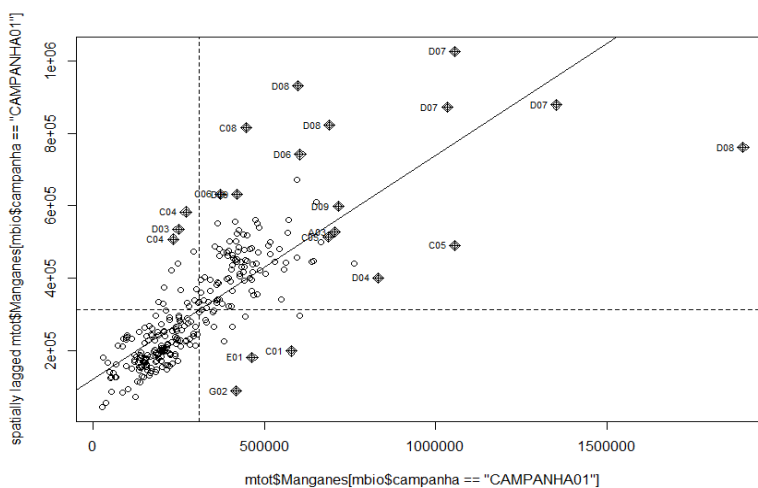


Figura XI-287: Autocorrelação espacial para manganês total na primeira campanha

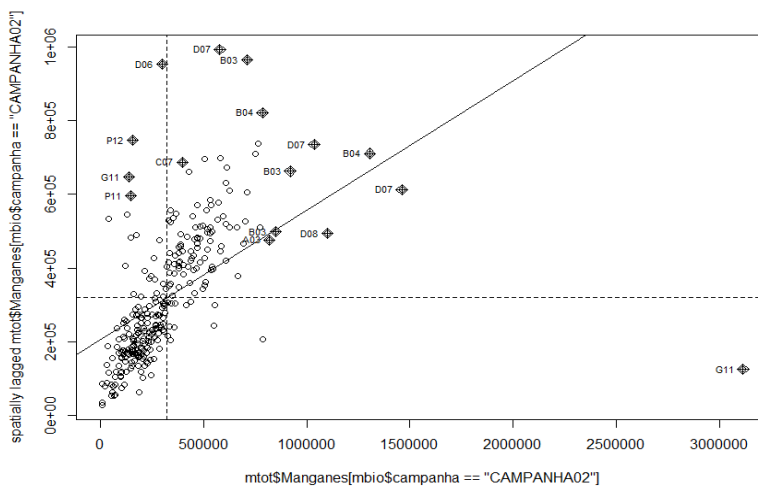


Figura XI-288: Autocorrelação espacial para manganês total na segunda campanha

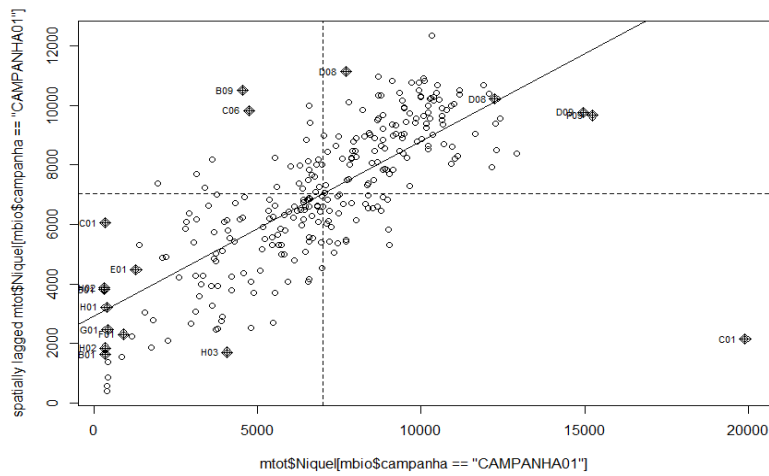


Figura XI-289: Autocorrelação espacial para níquel total na primeira campanha

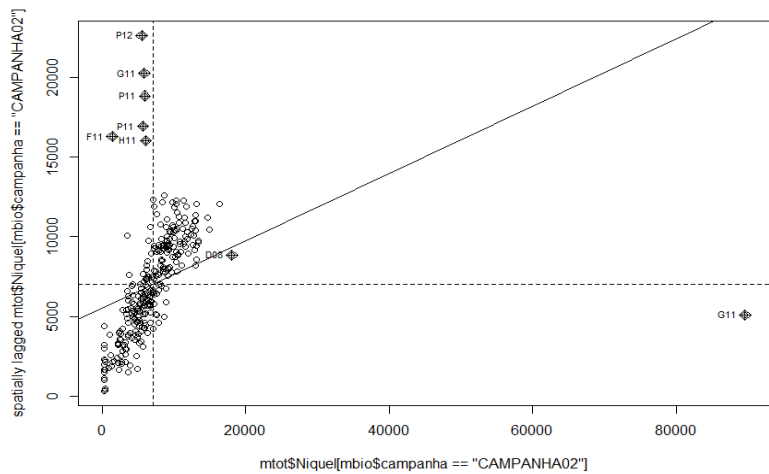


Figura XI-290: Autocorrelação espacial para níquel total na segunda campanha

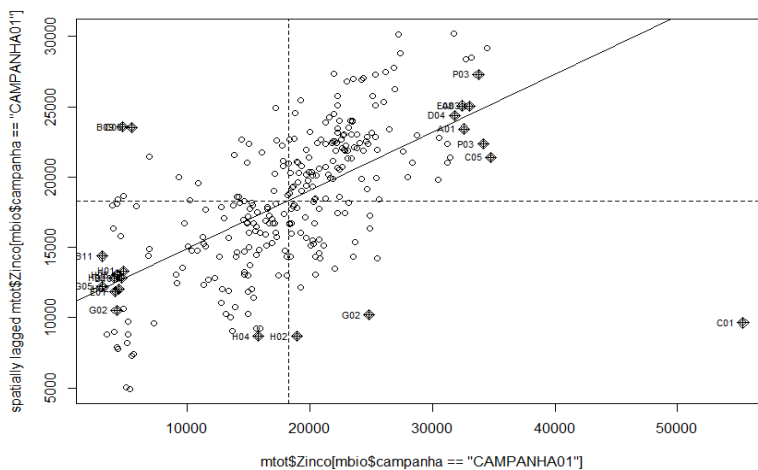


Figura XI-293: Autocorrelação espacial para zinco total na primeira campanha

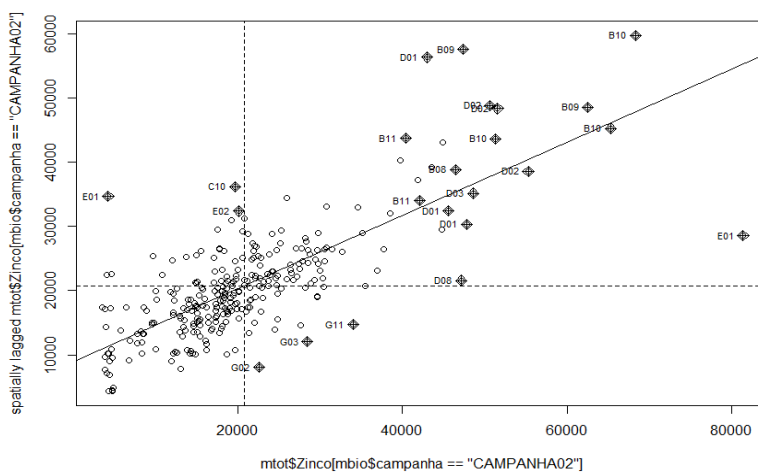


Figura XI-294: Autocorrelação espacial para zinco total na segunda campanha

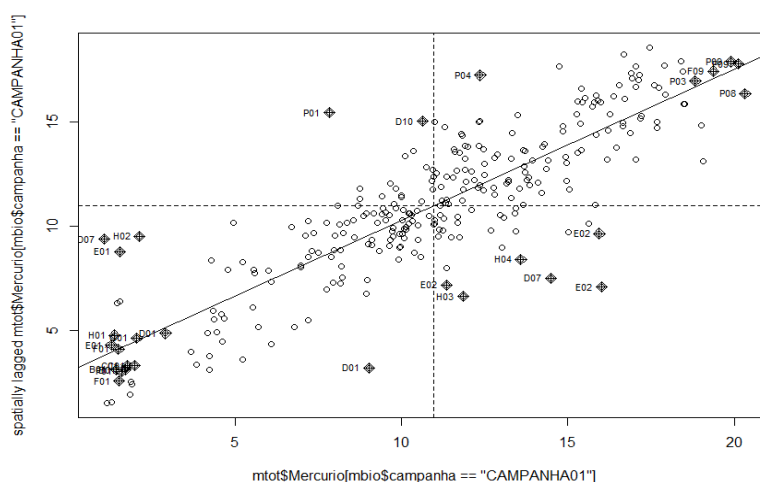


Figura XI-295: Autocorrelação espacial para mercúrio total na primeira campanha

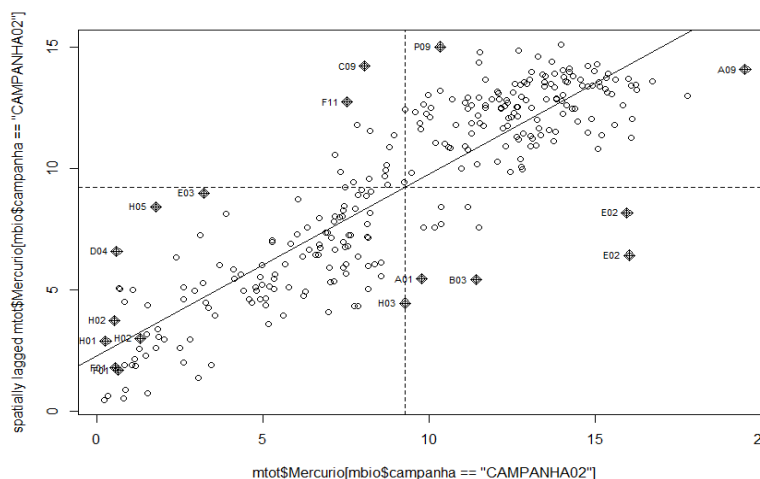


Figura XI-296: Autocorrelação espacial para mercúrio total na segunda campanha

A **Tabela XI-21** abaixo apresenta os valores de índice de Moran obtidos para os metais totais normalizados pelo alumínio. Na primeira campanha a maior parte dos elementos, por exceção do bário, apresentaram baixíssima autocorrelação espacial, o que é um indicativo que a distribuição espacial destes metais é altamente dependente da granulometria/tipo de sedimento. Na segunda campanha a maioria dos elementos apresentou um resultado do índice de Moran mais elevado, indicando uma distribuição espacial menos dependente da granulometria/tipo de sedimento. A única exceção observada foi o chumbo que não apresentou autocorrelação espacial, ou seja, a sua distribuição espacial ao

longo da Bacia de Santos é aleatória.

Tabela XI-21: : Resultados do índice de Moran para metais totais normalizados pelo alumínio

	Moran (campanha1)	Moran (campanha2)
Arsênio	0,047	0,520
Bário	0,247	0,550
Boro	0,012	0,509
Cadmio	-0,004	0,551
Chumbo	0,046	0,099
Cobre	0,009	0,458
Cromo	0,043	0,540
Ferro	0,112	0,717
Manganês	0,019	0,539
Mercúrio	-0,0002	0,320
Níquel	-0,0002	0,349
Vanádio	-0,002	0,592
Zinco	0,002	0,598

A autocorrelação espacial desses dados pode também ser observadas pelos gráficos abaixo (**Figura XI-297** a **Figura XI-322**), onde o maior alinhamento dos dados com a bissetriz dos quadrantes ímpares indica maior correlação espacial positiva.

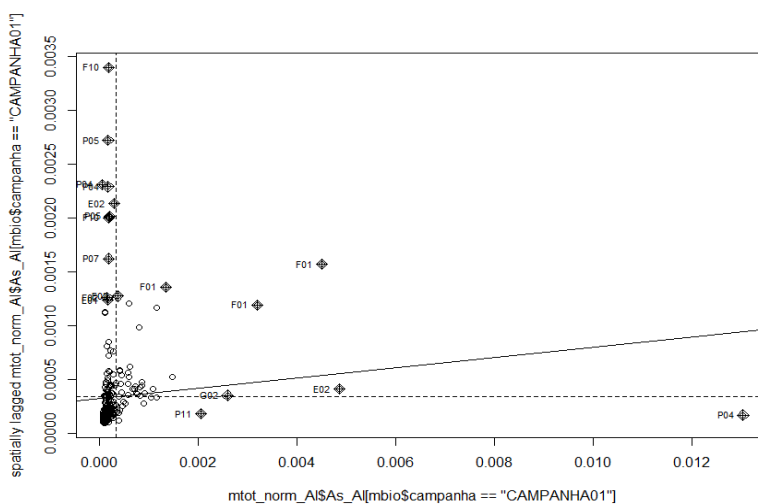


Figura XI-297: Autocorrelação espacial para arsênio total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

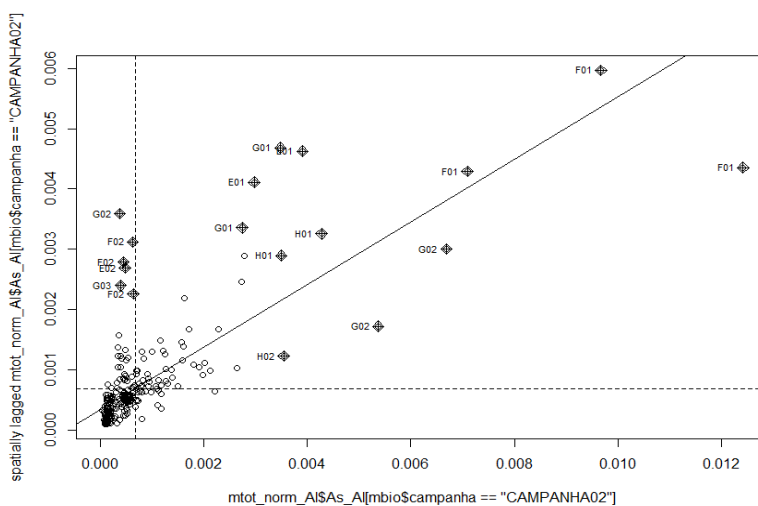


Figura XI-298: Autocorrelação espacial para arsênio total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

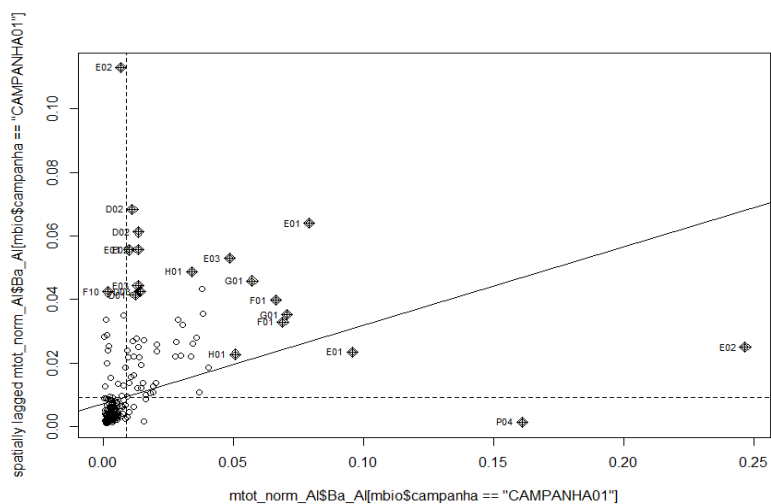


Figura XI-299: Autocorrelação espacial para bário total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

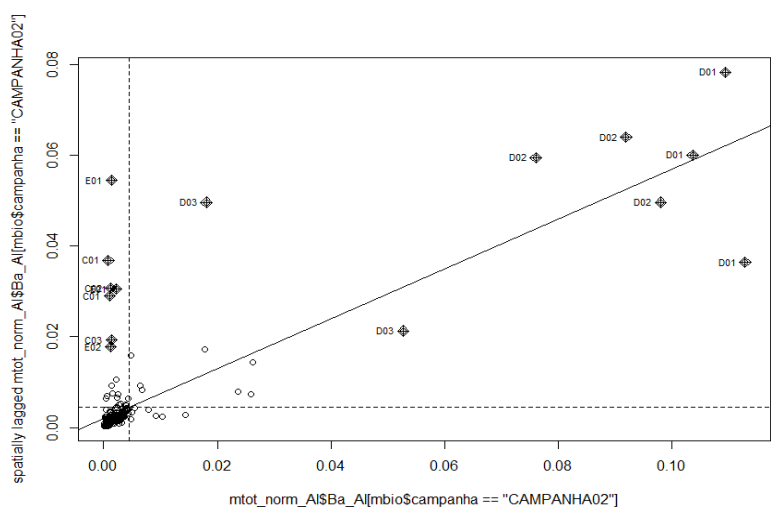


Figura XI-300: Autocorrelação espacial para bário total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

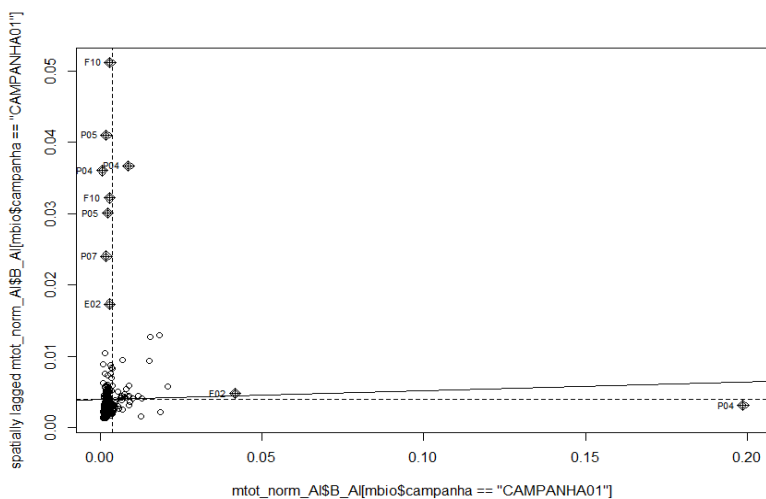


Figura XI-301: Autocorrelação espacial para boro total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

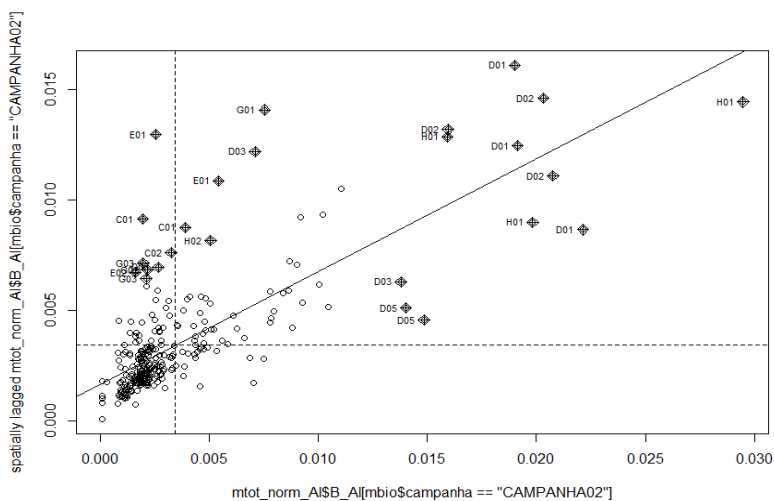


Figura XI-302: Autocorrelação espacial para boro total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

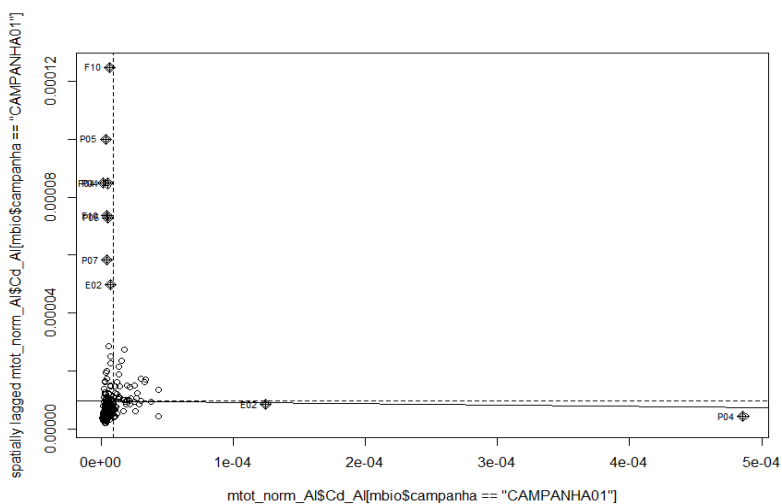


Figura XI-303: Autocorrelação espacial para cádmio total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

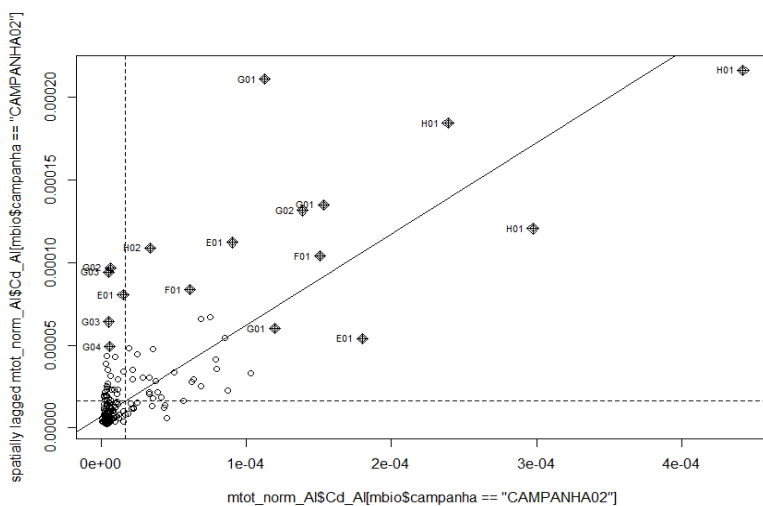


Figura XI-304: Autocorrelação espacial para cádmio total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

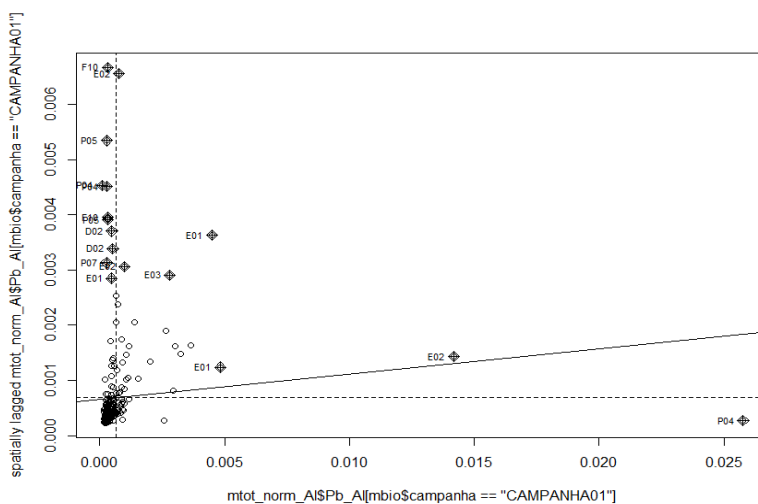


Figura XI-305: Autocorrelação espacial para chumbo total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

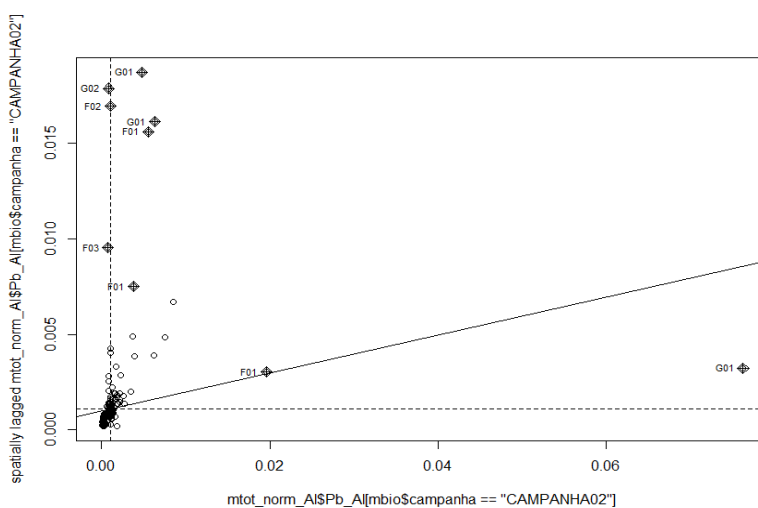


Figura XI-306: Autocorrelação espacial para chumbo total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

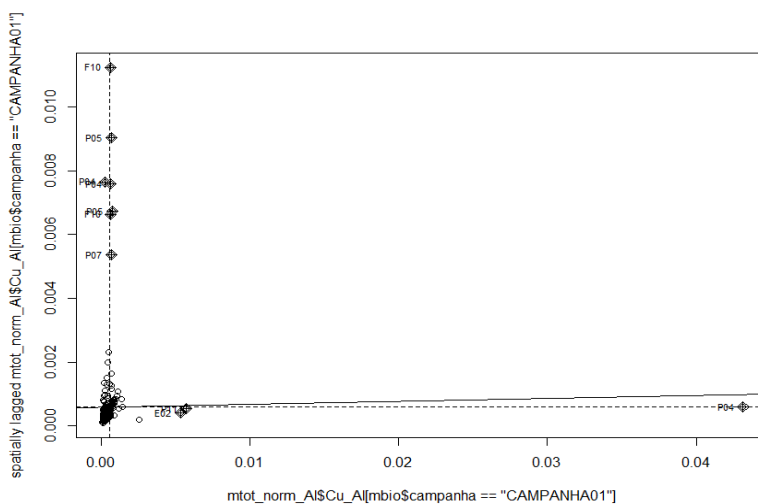


Figura XI-307: Autocorrelação espacial para cobre total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

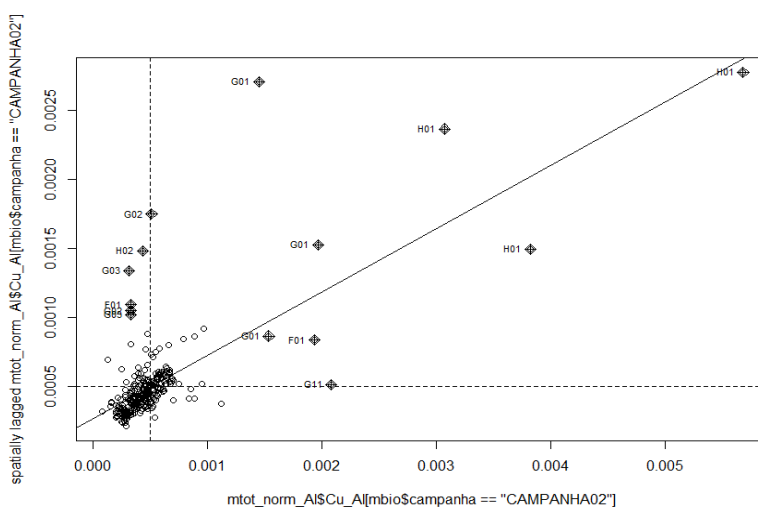


Figura XI-308: Autocorrelação espacial para cobre total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

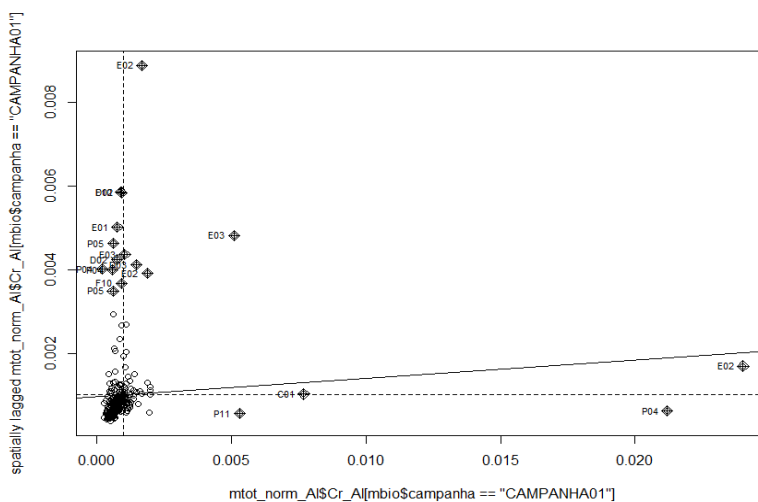


Figura XI-309: Autocorrelação espacial para cromo total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

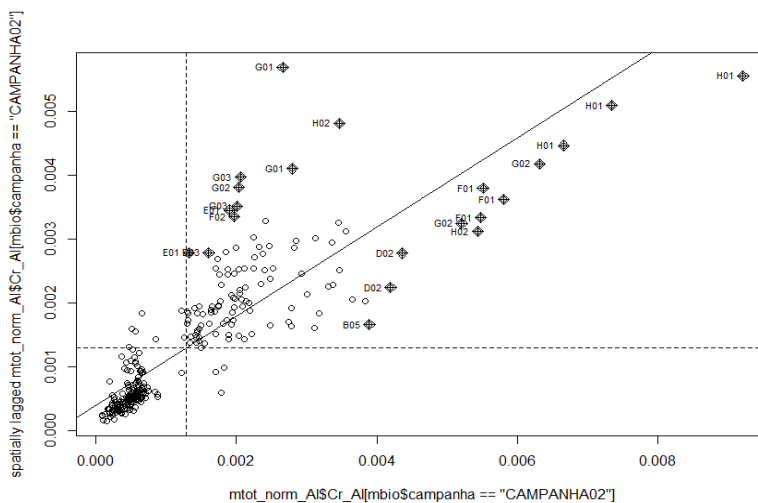


Figura XI-310: Autocorrelação espacial para cromo total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

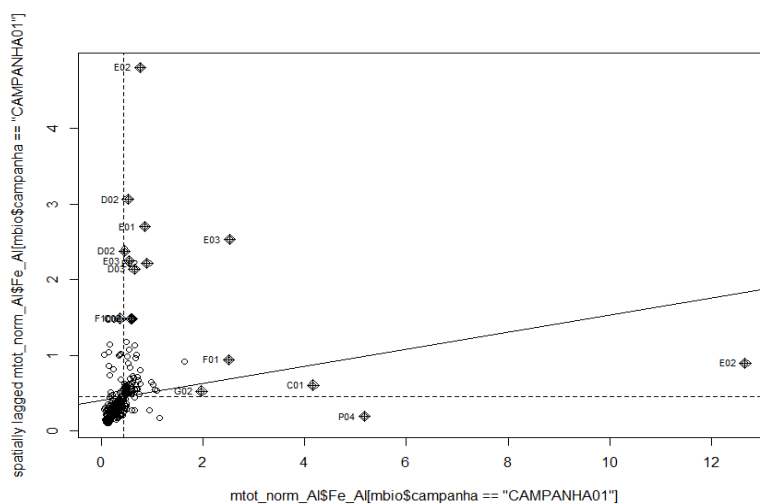


Figura XI-311: Autocorrelação espacial para ferro total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

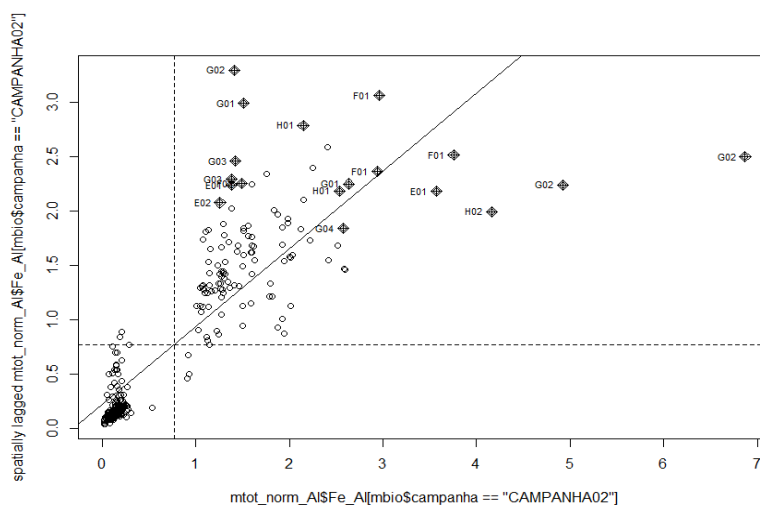


Figura XI-312: Autocorrelação espacial para ferro total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

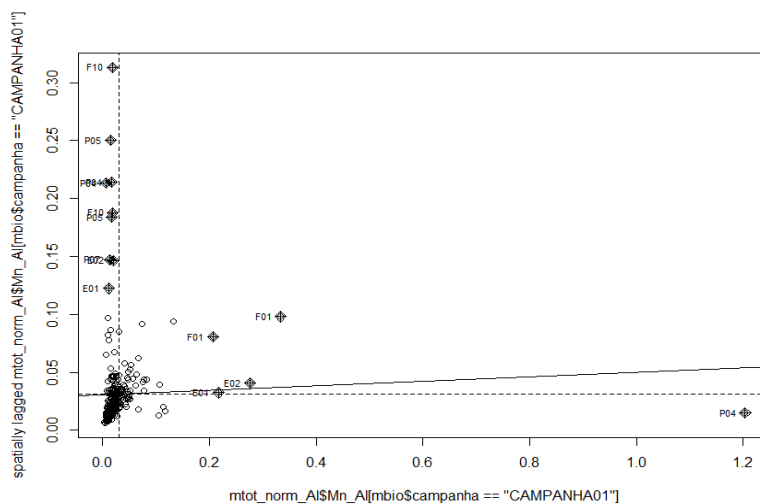


Figura XI-313: Autocorrelação espacial para manganês total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

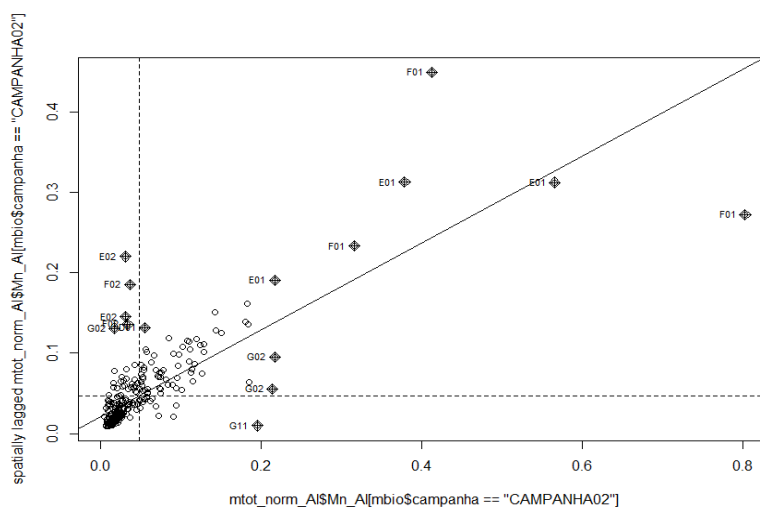


Figura XI-314: Autocorrelação espacial para manganês total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

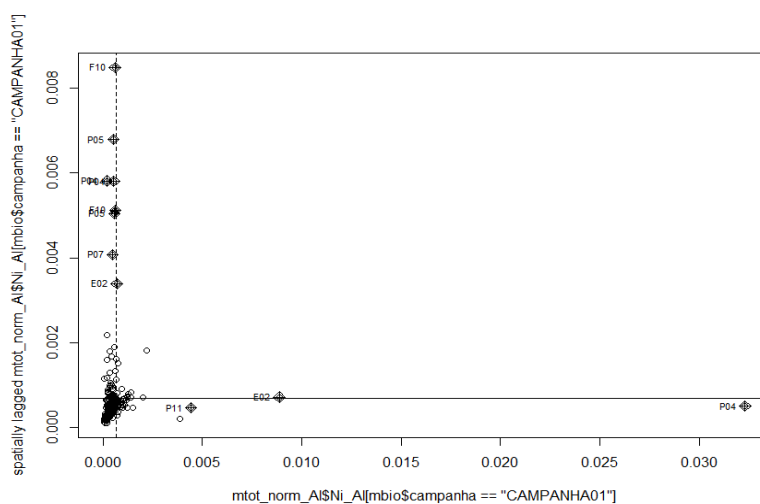


Figura XI-315: Autocorrelação espacial para níquel total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

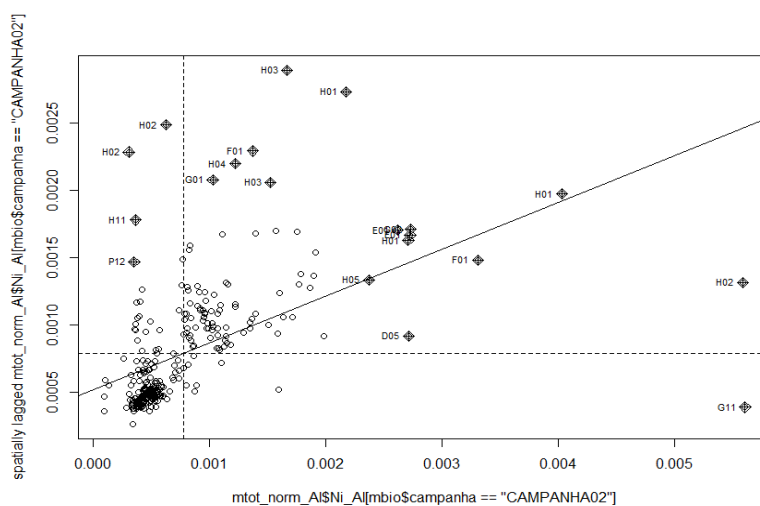


Figura XI-316: Autocorrelação espacial para níquel total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

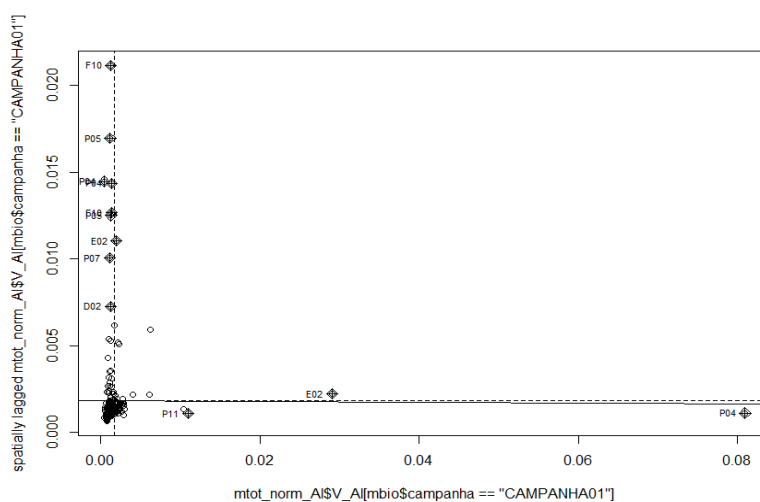


Figura XI-317: Autocorrelação espacial para vanádio total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

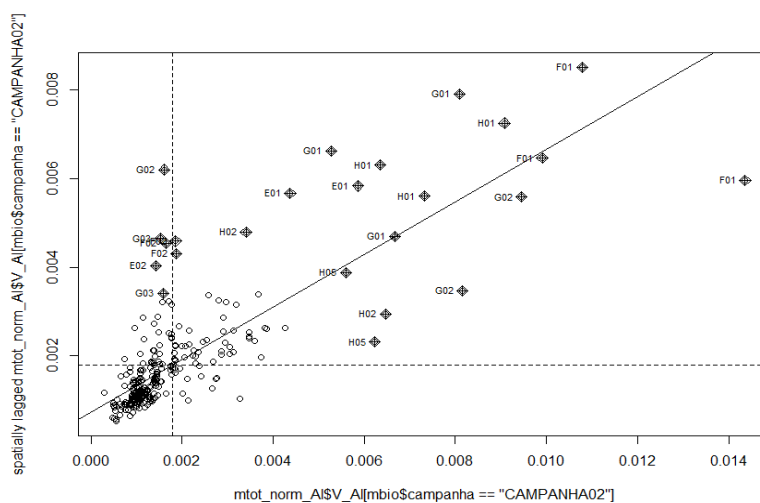


Figura XI-318: Autocorrelação espacial para vanádio total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

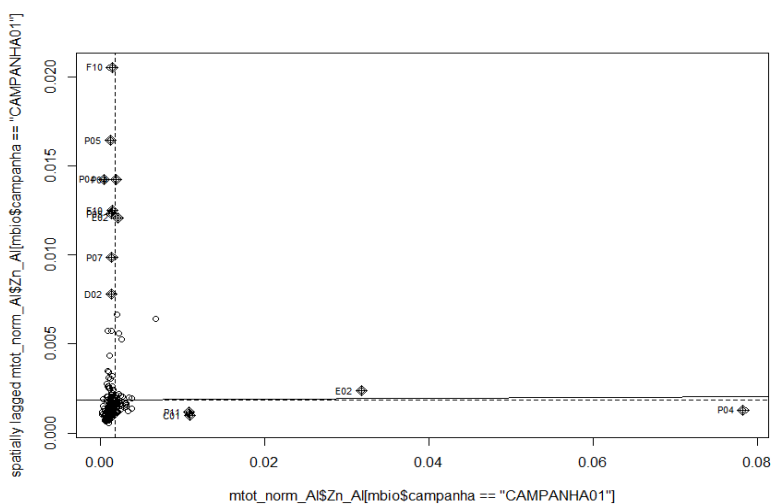


Figura XI-319: Autocorrelação espacial para zinco total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

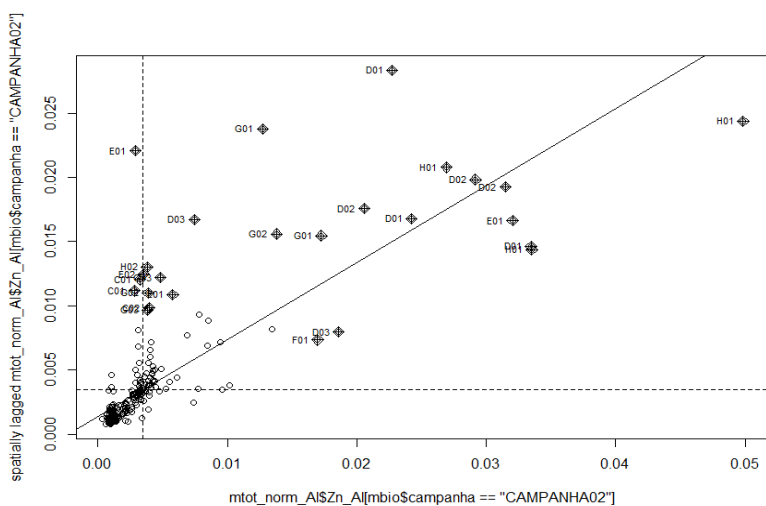


Figura XI-320: Autocorrelação espacial para zinco total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

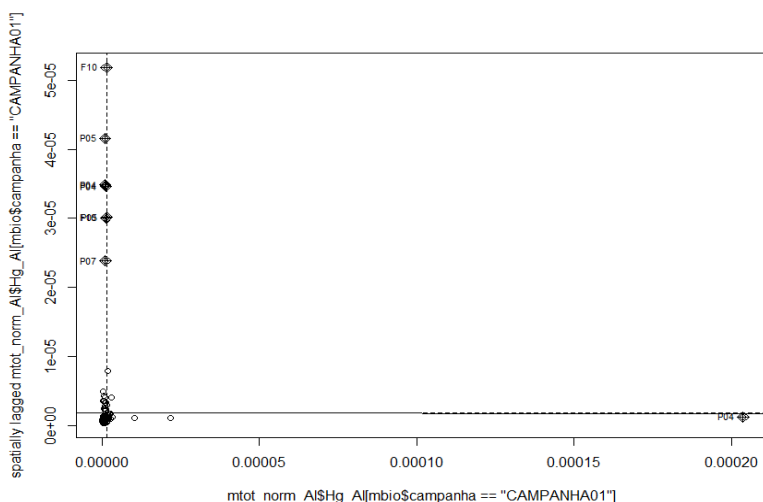


Figura XI-321: Autocorrelação espacial para mercúrio total normalizado pelo alumínio na primeira campanha

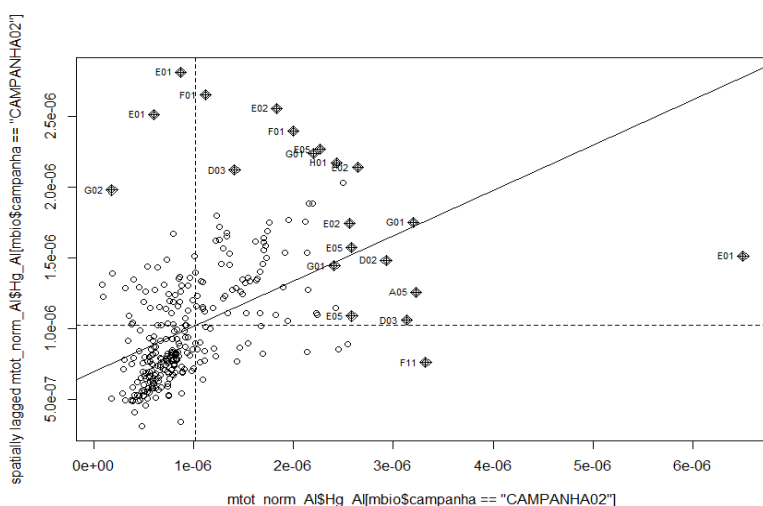


Figura XI-322: Autocorrelação espacial para mercúrio total normalizado pelo alumínio na segunda campanha

Observa-se, por fim, que os elementos estudados, na maioria dos casos, apresentam uma boa autocorrelação espacial, sendo um indicativo da formação de fronteiras entre os agrupamentos com concentrações similares entre si. As exceções foram para o chumbo em toda a segunda campanha, níquel biodisponível (normalizado ou não) também durante a segunda campanha e todos os metais estudados na fração total normalizada (exceto Bário) na primeira campanha.

Considerando que os dados, em sua maioria, possuem dependência

espacial, ou seja, o valor da concentração do elemento depende da posição geográfica da amostragem e elementos com concentração similares estão próximos entre si formando um grupo homogêneo, indica-se cautela ao se utilizar desses dados como referência em monitoramentos ambientais futuros ou até mesmo na comparação com outros dados obtidos de outros locais. Dependendo de como os resultados forem agrupados para uma comparação, com o resultado de um monitoramento ou de outra região, podemos estar juntando dois ou mais grupos aumentando a variância deste agrupamento. Assim sendo a maioria dos testes estatísticos paramétricos para comparação de populações perde poder de resposta pois são baseados na variância e podem não ser capazes de discernir dois conjuntos de dados distintos. A identificação das fronteiras desses grupos pode aprimorar todas as ações de monitoramento ambiental futuras na região.

XI.4.8 Self organizing maps (SOM)

Uma estratégia para se definir como esses dados estão agrupados espacialmente é através de técnicas de machine learning. Esta abordagem tem a capacidade de gerar resultados mais fidedignos com a realidade pois possui baixa ou nenhuma inserção de tendências por parte do analista. De forma simplificada a técnica tem como base que a partir da segregação dos dados em um grupo de treino e um de teste o programa irá propor, de forma orgânica, um preditor baseado nos dados de treino e validado pelos dados de teste.

A proposta foi utilizar a técnica de machine learning SOM para verificar como os dados de metais se organizam espacialmente e quais são as fronteiras dos grupos formados. Utilizou-se para isso apenas os dados de metais normalizados pelo alumínio, pois são menos influenciados pela granulometria, e utilizou-se os dados de ambas as companhias segregados apenas entre metais biodisponíveis e metais totais.

A **Figura XI-323** ilustra o resultado do SOM para os metais biodisponíveis. Podemos observar a formação de 8 grupos distintos (representados por cores), sendo os dois maiores representantes da diferença entre a plataforma e o talude. Os grupos menores representam alguns pontos particulares que são distintos dos grupos maiores e entre si. A posição geográfica desses grupos pode ser

observada na **Figura XI-324**. Ressalta-se que, para este conjunto de dados, o SOM não invalida nenhum teste apresentado previamente neste capítulo. É possível observar na **Figura XI-324** que existe diferença na distribuição dos dados entre as campanhas e que existe diferença espacial no eixo das isóbatas e dos transectos.

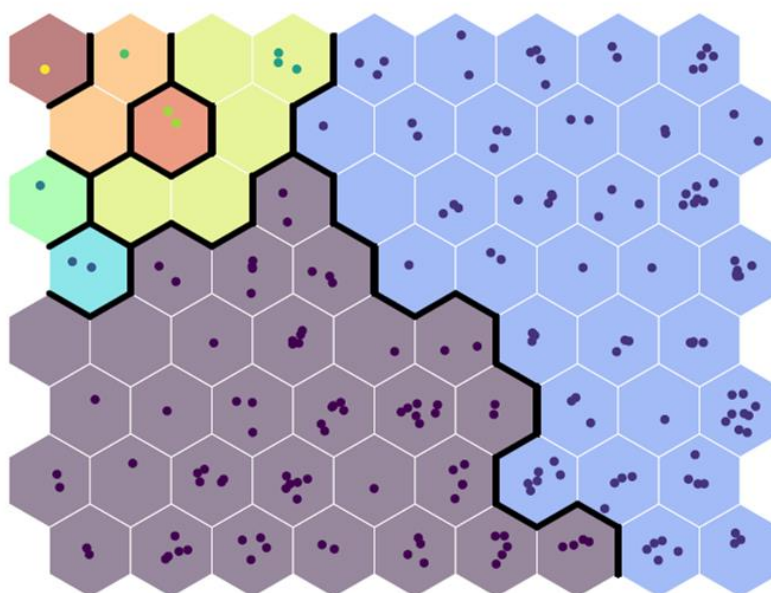


Figura XI-323: Resultado do SOM para metais biodisponíveis

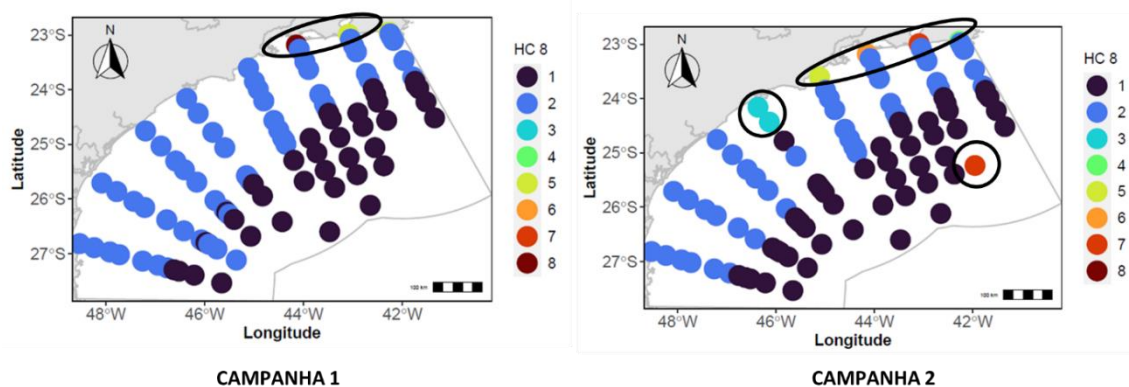


Figura XI-324: Indicação da localização espacial dos grupos identificados pelo SOM para metais biodisponíveis

A **Figura XI-325** ilustra o resultado do SOM para os metais totais. Podemos observar a formação de 8 grupos distintos (representados por cores), sendo um grande grupo representando quase toda a Bacia de Santos. Os grupos menores

representam alguns pontos particulares que são distintos dos grupos maiores e entre si. A posição geográfica desses grupos pode ser observada na **Figura XI-326**. Podemos ressaltar que a fração total dos elementos estudados, quando minimizamos os efeitos da granulometria, permanece praticamente constante por toda a plataforma. Esta observação explica a redução significativa do índice de Moran na primeira campanha já que praticamente não se pode observar as fronteiras entre os grupos nesta campanha. Já na segunda campanha o índice de Moran foi capaz de identificar um pouco melhor os padrões espaciais pois é possível identificar mais grupos nesta campanha. Ressalta-se que, para este conjunto de dados, o SOM não invalida nenhum teste apresentado previamente neste capítulo. É possível observar na **Figura XI-326** que existe diferença na distribuição dos dados entre as campanhas e que existe diferença espacial no eixo das isóbatas e dos transectos devido a presença dos grupos menores posicionados dentro da área do grupo maior.

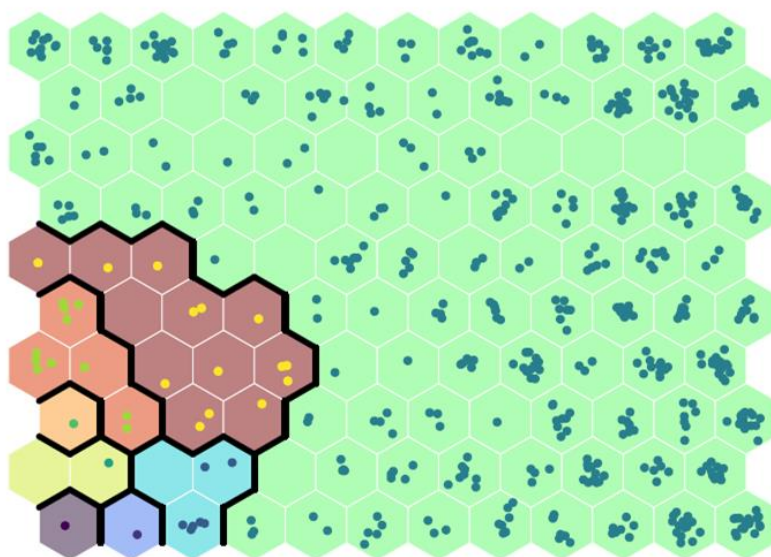


Figura XI-325: Resultado do SOM para metais totais

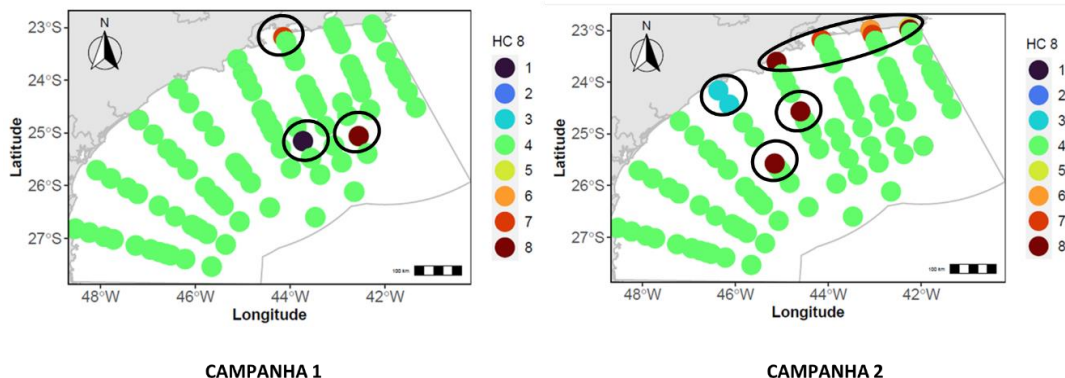


Figura XI-326: Indicação da localização espacial dos grupos identificados pelo SOM para metais totais

XI.4.9 Avaliação da possível toxicidade dos metais estudados

Por fim os dados de metais biodisponíveis foram comparados com os valores de TEL e PEL (NOAA, 2019) para verificar se foram identificados dados acima dos níveis onde existem efeitos tóxicos reconhecidos contra a vida marinha (PEL). A comparação é apresentada na forma de mapas () onde é possível observar que nenhum elemento ultrapassou o limite de PEL. Todas as concentrações medidas se encontram abaixo de TEL, por exceção de dois pontos amostrais na primeira campanha e um na segunda campanha onde a concentração de arsênio se encontra entre TEL e PEL.

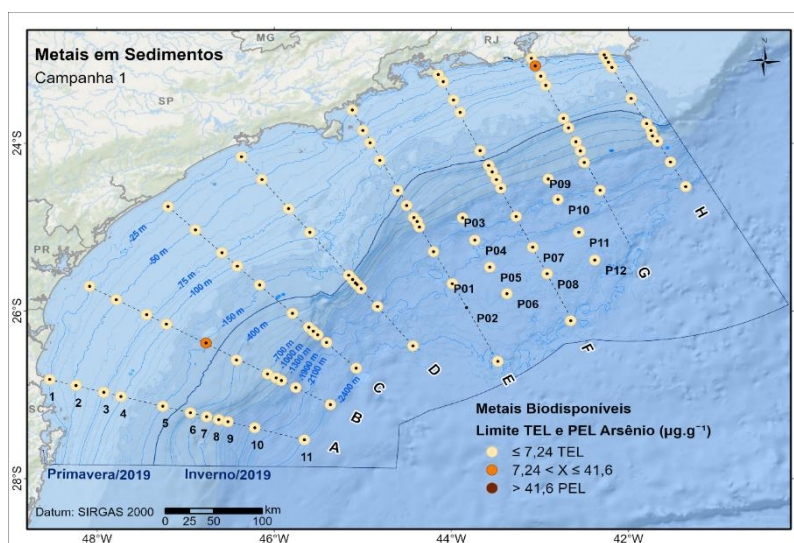


Figura XI-327: Comparação dos valores de concentração medidos para arsênio biodisponível na primeira campanha e os valores de TEL e PEL

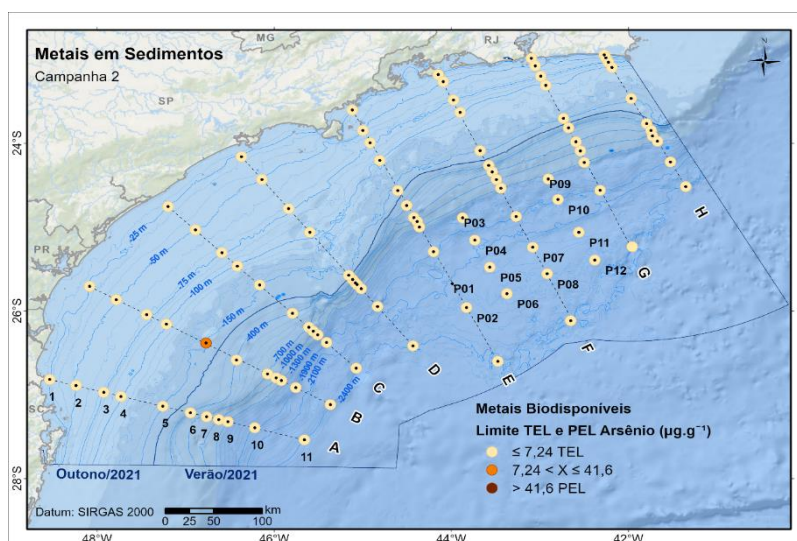


Figura XI-328: Comparação dos valores de concentração medidos para arsênio biodisponível na segunda campanha e os valores de TEL e PEL

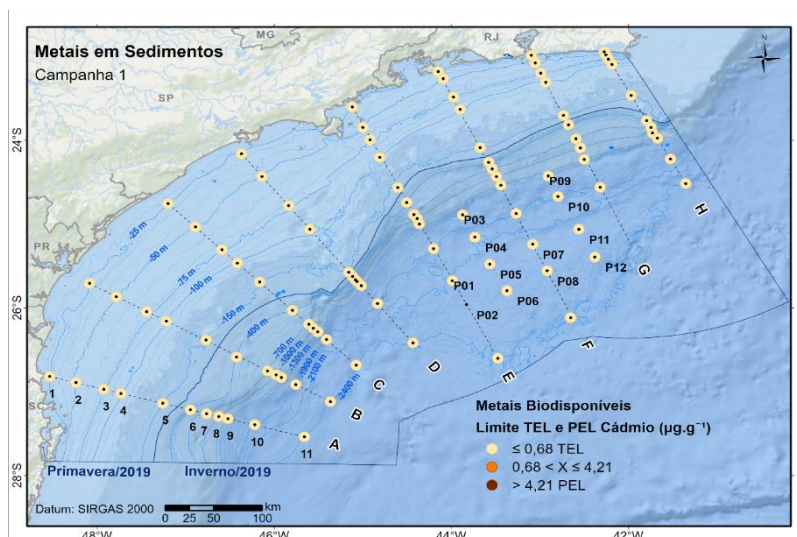


Figura XI-329: Comparação dos valores de concentração medidos para cádmio biodisponível na primeira campanha e os valores de TEL e PEL

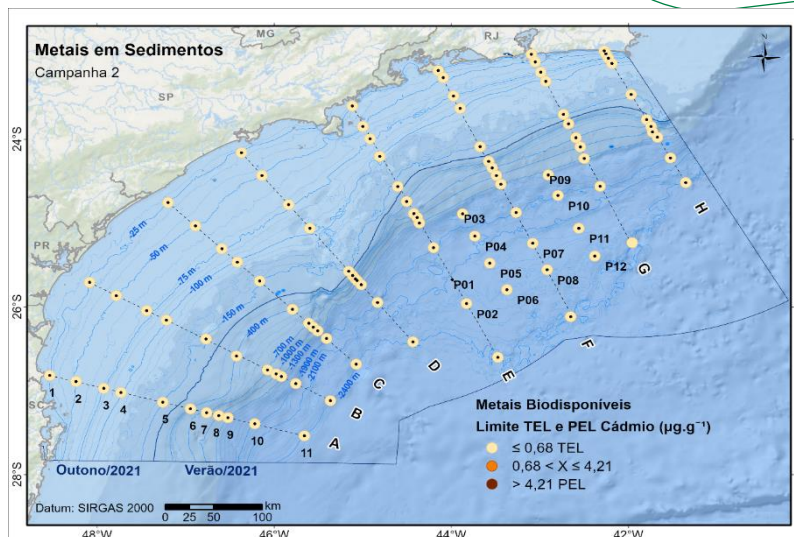


Figura XI-330: Comparação dos valores de concentração medidos para Cádmio biodisponível na segunda campanha e os valores de TEL e PEL

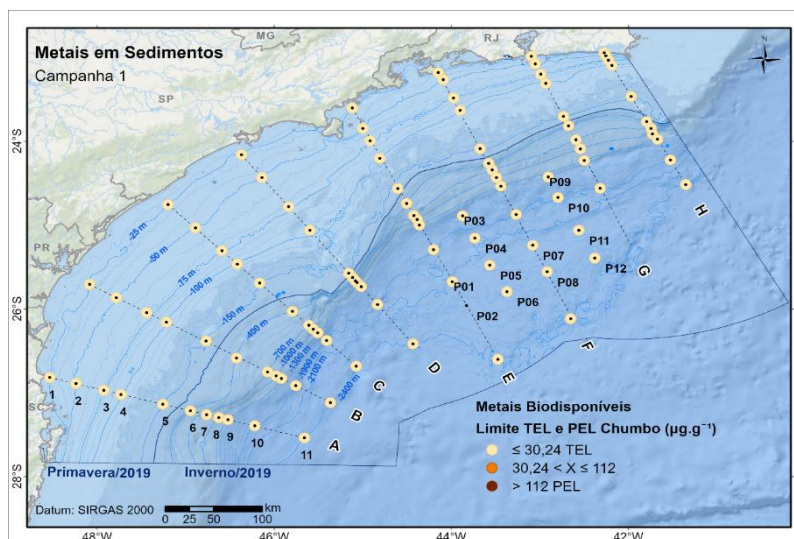


Figura XI-331: Comparação dos valores de concentração medidos para chumbo biodisponível na primeira campanha e os valores de TEL e PEL

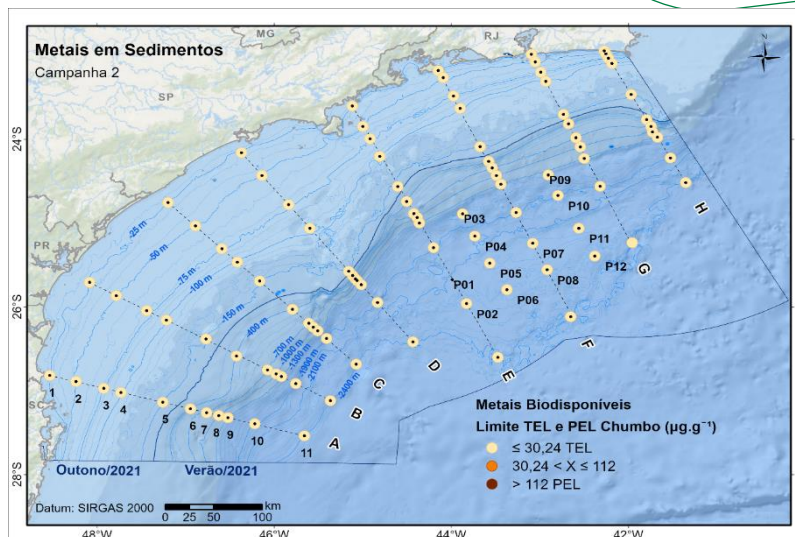


Figura XI-332: Comparação dos valores de concentração medidos para chumbo biodisponível na segunda campanha e os valores de TEL e PEL

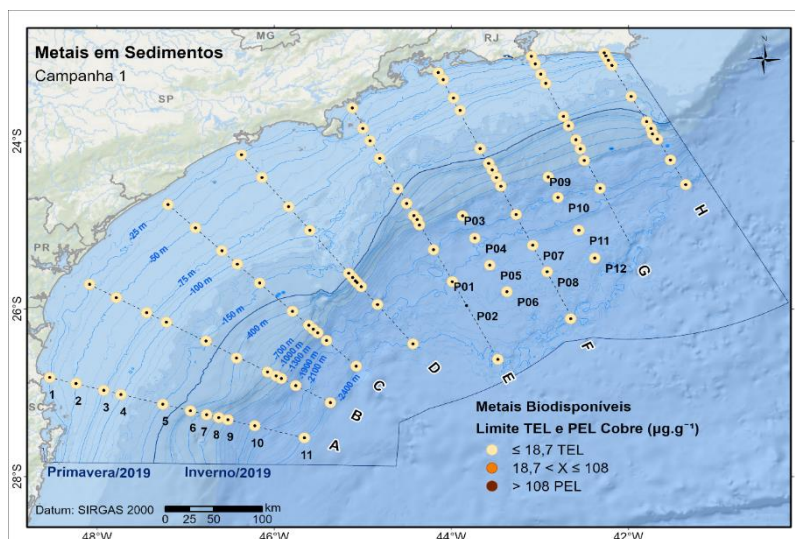


Figura XI-333: Comparação dos valores de concentração medidos para cobre biodisponível na primeira campanha e os valores de TEL e PEL

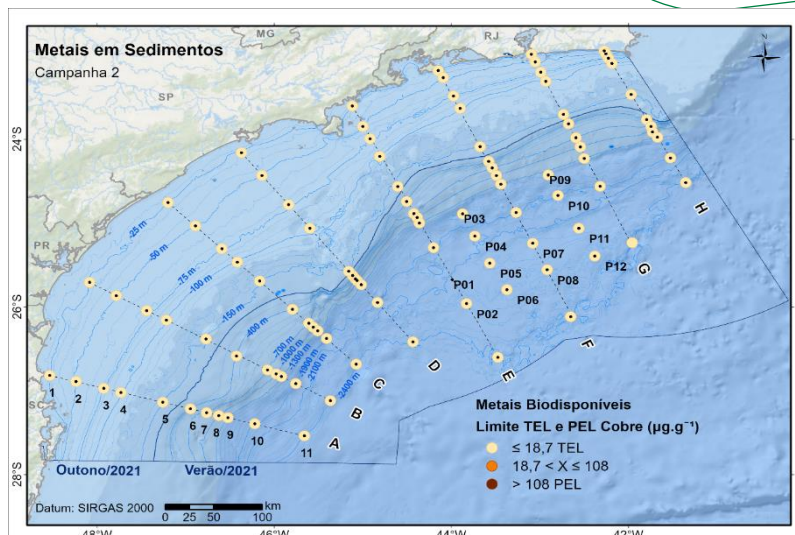


Figura XI-334: Comparação dos valores de concentração medidos para cobre biodisponível na segunda campanha e os valores de TEL e PEL

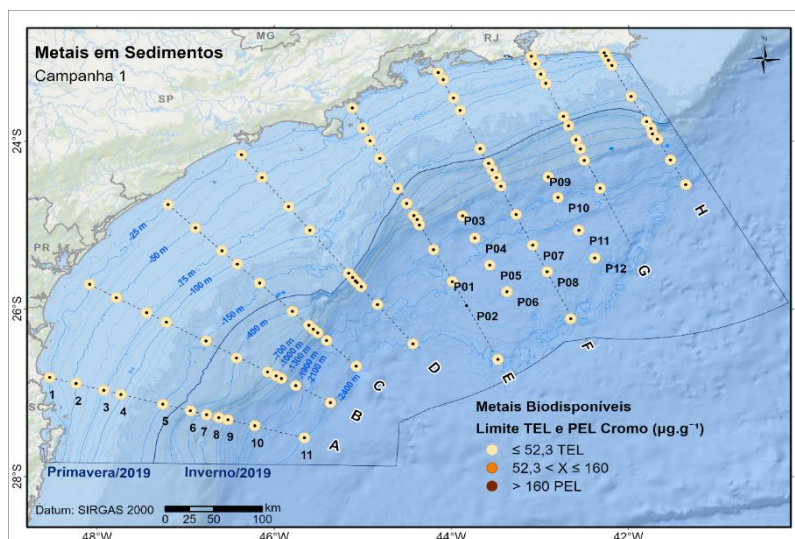


Figura XI-335: Comparação dos valores de concentração medidos para cromo biodisponível na primeira campanha e os valores de TEL e PEL

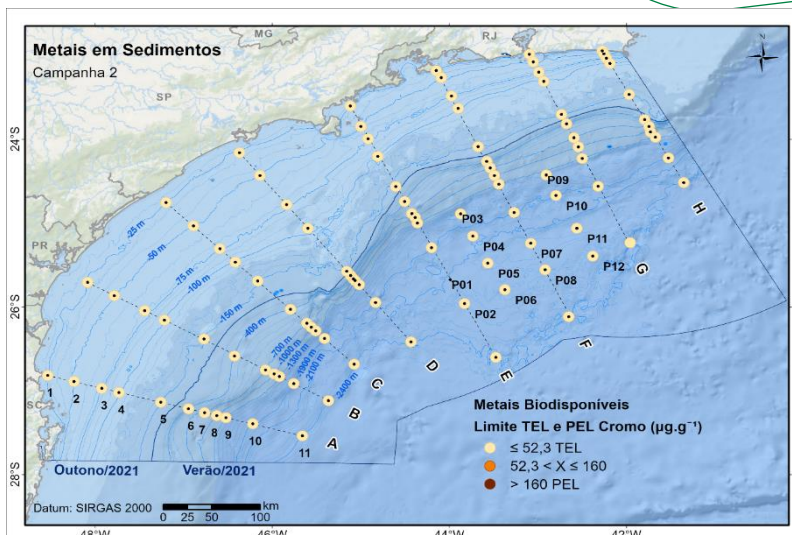


Figura XI-336: Comparação dos valores de concentração medidos para cromo biodisponível na segunda campanha e os valores de TEL e PEL

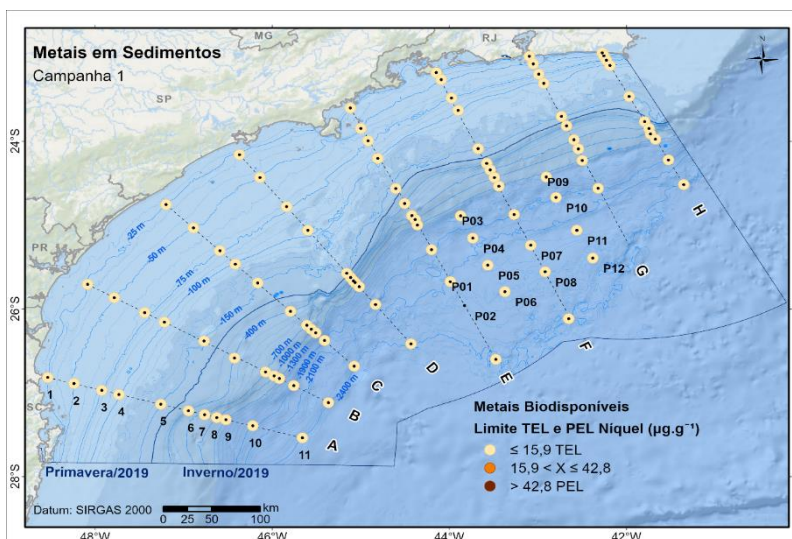


Figura XI-337: Comparação dos valores de concentração medidos para níquel biodisponível na primeira campanha e os valores de TEL e PEL

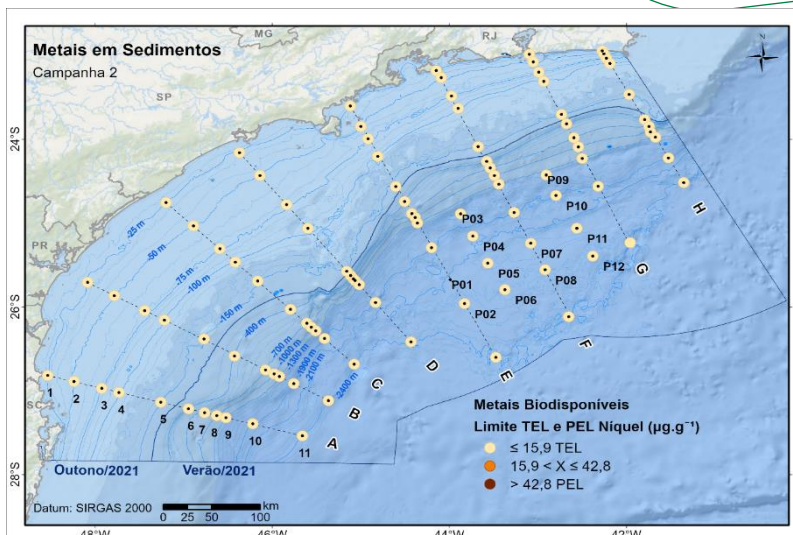


Figura XI-338: Comparação dos valores de concentração medidos para níquel biodisponível na segunda campanha e os valores de TEL e PEL

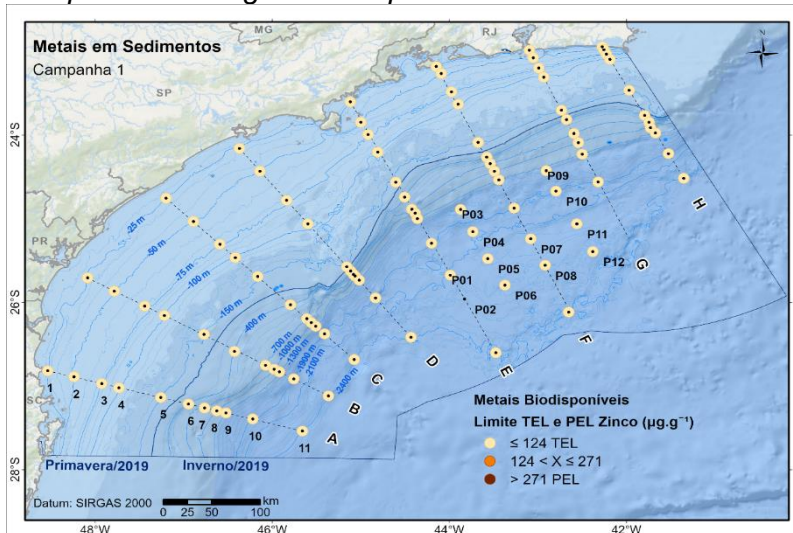


Figura XI-339: Comparação dos valores de concentração medidos para zinco biodisponível na primeira campanha e os valores de TEL e PEL

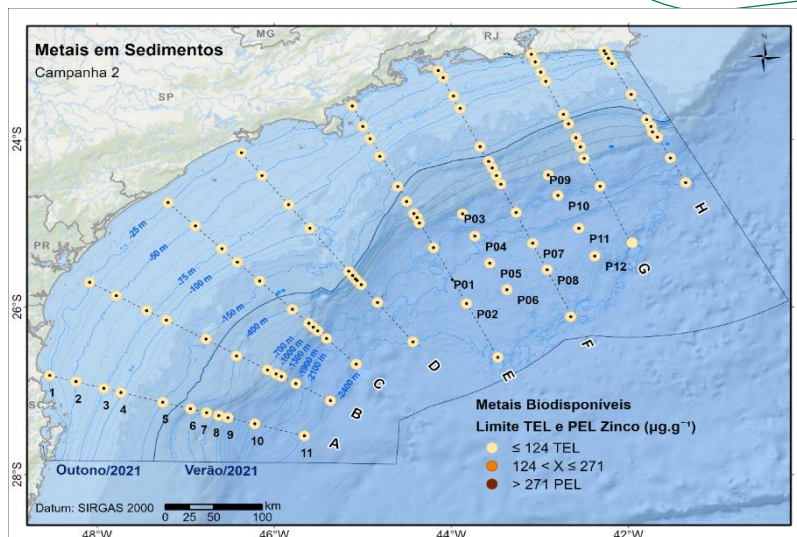


Figura XI-340: Comparação dos valores de concentração medidos para zinco biodisponível na segunda campanha e os valores de TEL e PEL

XI.5 Conclusões

Um perfil geral dos teores de metais na Bacia de Santos foi traçado tanto para fração total quanto para biodisponível. Como os dados não apresentaram distribuição normal recomenda-se que, da mesma forma que foi tratado neste documento, os dados sejam tratados com testes estatísticos não paramétricos em trabalhos futuros, principalmente durante atividades de monitoramento. Similarmente indica-se o uso da mediana e amplitude interquartilica como melhores descritores de tendência central e dispersão, respectivamente.

A normalização dos dados se mostrou uma estratégia interessante para o tratamento dos dados. Como este procedimento minimiza o efeito que a granulometria tem na adsorção desses metais no sedimento os dados puderam ser estudados com menos riscos de interpretações equivocadas devido a tendências provenientes do sedimento. Recomenda-se que este tratamento seja adotado sempre que ocorrer a possibilidade de variações de concentração provenientes de processos naturais como a granulometria do sedimento.

Foi possível identificar que de forma geral a concentração dos metais variou entre as campanhas e espacialmente. A fração biodisponível possui uma distribuição distinta entre o talude e a plataforma e, de forma geral, varia em termos de distribuição entre a porção norte e sul da Bacia de Santos. Esta

diferença no eixo dos transecto é devido a presença de pequenas regiões com a composição dos elementos estudadas diferenciada dos teores encontrados na plataforma e talude na porção norte da bacia, o que não ocorre na porção sul.

A formação dos agrupamentos foi percebida durante os testes comparativos dos eixos dos transectos e das isóbatas e confirmada pela autocorrelação espacial no cálculo do índice de Moran. A formação de oito agrupamentos de teores de metais foi determinada através da técnica de Self Organizing Maps.

O emprego da técnica de machine learning, SOM, foi muito bem-sucedido. A técnica além de determinar os agrupamentos de dados previamente confirmados quanto a existência aumentou a confiabilidade dos demais testes utilizados e das conclusões alcançadas com eles, já que duas metodologias independentes chegaram na mesma conclusão.

As técnicas de machine learning se mostraram tão confiáveis quanto os testes clássicos e menos laboriosos por não necessitar da interpretação cruzada de resultados ou execução de muitos testes repetitivos que, por muitas vezes, não são aproveitados por não agregar valor significativo na interpretação final. O aprofundamento dessas técnicas e a sua utilização na área de meio ambiente deve ser a meta para os próximos anos.

Por fim conclui-se que não é recomendado comparar uma mediana global da bacia com dados pontuais futuros durante a fase de monitoramento ou outros estudos na região. Como a dispersão fica muito grande a maioria dos testes não é capaz de distinguir os dois conjuntos de dados. Recomenda-se, para os resultados de elementos traço, que esses dados futuros sejam comparados com os oito agrupamentos identificados neste documento.

XI.6 Referências bibliográficas

Bícego, M. C., Figueira, R. C. L., Martins, C. de C., Cordeiro, R. C., Leonel, J., Colabuono, F. I., Salaroli, A. B. 2013 RT AMA nº15/2013 - Caracterização Ambiental da Bacia de Santos – Fase I – Síntese dos Dados Ambientais Pretéritos – Anexo I – Meio Físico, Capítulo 8 - Distribuição de

hidrocarbonetos e metais pesados na Bacia de Santos, CENPES/PDEDS/AMA, p. 325-371.

- Bryan, G. W. 1980. Recent trends in research on heavy-metal contamination in the sea. *Helgoland Marine Research*, v. 33, n. 1-4, p. 6-25.
- Clark, R.B. 1992. *Marine Pollution*, 3rd ed. Oxford: Clarendon Press, 172 p.
- FOSTER, I. D. L. & CHARLESWORTH, S.M. 1996. Heavy metals in the hydrological cycle: trends and explanation. *Hydrological Processes*, n. 10, p. 227-261.
- Haynes, D., Muller, J. & Carter, S. 2000. Pesticide and herbicide residues in sediments and seagrasses from the Great Barrier Reef World Heritage Area and Queensland coast. *Marine Pollution Bulletin*, n. 41, p. 279-287.
- Mcelroy, A. E.; Farrington, J. W. & Teal, J. M. 1989. Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. In: Varnasi, U. (ed.), *Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment*, p. 1-39. Boca Ranton: Crc Press.
- NRC (National Research Council). 1985. *Oil In The Sea: Inputs, Fates And Effects*. Washington. D.C., National Academy Press. 602p.
- UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME). 1992. DETERMINATIONS OF PETROLEUM HYDROCARBONS IN SEDIMENTS. REFERENCE METHODS FOR MARINE POLLUTION STUDIES. Nº 20. 97 P.
- Wang, Z.; Fingas, M. & Page, D. S. 1999. Oil spill identification. *J. Chromatogr. A*, v. 834, p. 369-411.
- Yabe, M. J. S. & Oliveira, E. 1998. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. *Química Nova*, v. 5, n. 21, p. 551-556

XI.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Marcus Antônio Gonçalves de Araújo Júnior	Químico Industrial	Coordenação técnica e análise de dados
Elton Murussi Canto	Químico	Supervisão do laboratório
Bruno Correa Pereira	Químico	Supervisão do laboratório
Marcielena Santos Nascimento	Bióloga	Coordenação técnica e análise de dados
Ruy Oliveira Meirelles Júnior	Químico Industrial	Análise de CHNS e revisão
Lígia Martins Vieira	Técnica em Química	Análise laboratorial de elementos traço
Letícia Oliveira da Silva	Química	Análise laboratorial de elementos traço e coleta
Adonai Ramos Pessoa	Técnico em Química	Análise laboratorial de elementos traço e coleta
Fábio Francisco de Oliveira	Químico	Análise de CHNS
Ana Luiza Almeida da Silva	Técnica em Química	Análise laboratorial de elementos traço
Beatriz da Silva Teixeira	Técnica em Química	Análise laboratorial de elementos traço

XII. Radioisótopos naturais em sedimentos superficiais da Bacia de Santos

*Capítulo XII
Revisão 01
Dezembro/2022*

XII.1 Introdução

Átomos radioativos possuem núcleos com instabilidades energéticas, perdidas no processo de decaimento radioativo através de emissões de partículas. Este processo resulta na transmutação do átomo original e na liberação de radiações ionizantes. Como os isótopos radioativos sofrem os mesmos processos naturais que suas versões energeticamente estáveis, seus comportamentos ambientais derivam das mesmas reações químicas, seguem as mesmas vias ambientais. Consequentemente, eles estão presentes nas mesmas matrizes ambientais que os isótopos estáveis. Dessa forma, a medida de radioisótopos, possível com o advento de técnicas espectrométricas que detectam as radiações resultantes dos decaimentos, permitiu seu uso como traçadores de processos ambientais.

A pesquisa de radioatividade natural dentro da indústria de petróleo e gás está direcionada a diversas etapas de seu ciclo de atividades. O estudo de radionuclídeos naturais participa, por exemplo, de avaliações acerca do potencial de áreas de exploração e da prospecção de depósitos em campos de petróleo (Salazar et al., 2018; Zhang et al., 2018; Skvortsov, 2020). Por outro lado, métodos de extração de hidrocarbonetos, como fraturamento hidráulico e recuperação avançada de petróleo, podem levar à concentração de radioelementos nos rejeitos gerados (Nabhani et al., 2017; Ali et al., 2019), em particular ^{226}Ra , ^{228}Ra e seus produtos de decaimento (Fisher, 1998).

Estes isótopos acima elencados são ferramentas cujo estudo é capaz de identificar com precisão problemas relacionados aos rejeitos desta atividade industrial (Dowdall & Lepland, 2012), situações de risco radiológico (Begun et al., 2022) e eventos de derramamento de óleo (Lauer & Vengosh, 2016). De acordo com Uddin & Behbehani (2018), levantamentos de ^{226}Ra e ^{228}Ra em matrizes ambientais de regiões com presença de instalações da indústria de óleo e gás possibilitam a criação de modelos de níveis basais, essenciais para futuros monitoramentos.

Há uma movimentação contínua das atividades de exploração de petróleo e gás ao longo da costa do Brasil. No caso da Bacia de Santos, a descoberta dos

primeiros campos de petróleo e gás natural na década de 1970 pela Petrobras e o investimento para viabilização da sua exploração e produção (Bruhn et al., 2017) tornou esta bacia sedimentar a região com os maiores campos produtores do Brasil (ANP, 2022). A Bacia de Santos é conhecida por sua margem continental passiva cujos processos hidrodinâmicos exercem forte controle sobre as propriedades sedimentológicas (Nagai et al., 2014). Dentre as propriedades sedimentológicas locais, são o retrabalhamento de sedimentos pela Corrente do Brasil e Corrente Costeira do Brasil e a entrada de materiais alóctones provenientes do Rio da Prata fatores que definem a distribuição de radionuclídeos naturais em sedimentos de plataforma (Ferreira et al., 2020).

Apesar da evolução recente do conhecimento dos níveis de radioatividade em sedimentos de plataforma, não há estudos recentes preocupados com a distribuição de radioelementos em sedimentos de talude e de oceano profundo, sendo este justamente o contexto no qual este estudo está inserido. Este capítulo tem como objetivo preencher esta lacuna de conhecimento com a medida dos níveis de radionuclídeos naturais das séries de decaimento do ^{238}U e do ^{232}Th em sedimentos da Bacia de Santos. O principal objetivo é estabelecer um modelo de distribuição espacial de ^{226}Ra e ^{228}Ra em sedimentos superficiais entre 400 e 2.400 m de profundidade. Esta prospecção radiométrica é de grande necessidade para o estudo de fontes naturais desses isótopos e para monitoramentos ambientais futuros na região.

XII.2 XIII.2 Material & métodos

As amostras de sedimento superficiais (0-2 cm) analisadas foram coletadas nas estações distribuídas nos transectos A a H a partir da isóbata de 400 m até as mais profundas, e as coletadas na área de concentração de atividades de E&P na Bacia de Santos, denominadas estações P (P1 a P12), em um total de 59 amostras. De cada ponto de coleta, apenas uma réplica foi analisada.

A preparação das amostras seguiu um protocolo único, válido também para o controle de qualidade analítico com materiais de referência internacionalmente certificados. Uma alíquota de 6 a 16 g de cada amostra, previamente seca, foi selada por 20 dias em um recipiente cilíndrico de polietileno, para permitir o

estabelecimento de equilíbrio radioativo entre os núclídeos das séries de decaimento. Após esta etapa de preparação, as amostras foram analisadas em um espectrômetro gama de germânio hiperpuro (ORTEC, modelo GMX25190P) de alta resolução (1,97 keV para o pico de 1332,35 keV de ^{60}Co), calibrado diariamente com fontes de ^{137}Cs e ^{60}Co .

Após a análise das amostras por 70.000 s, os espectros gerados foram estudados em relação às áreas dos sinais em 239 e 352 ke. Estas duas linhas de energia correspondem a emissões de dois radionuclídeos (^{212}Pb e ^{214}Pb , respectivamente). Se há estabelecimento de equilíbrio secular, que é quebrado com o escape de isótopos de Rn (um gás nobre, cujo escape é prevenido com a selagem das amostras), as atividades destes isótopos de Pb são equivalentes às de ^{226}Ra e ^{228}Ra .

O controle de qualidade analítico deste método espectrométrico consistiu do estudo de três parâmetros e da qualidade estatística das medidas ao longo de todo o período de análises: radiação de fundo (branco analítico, medido com um recipiente idêntico ao usado para a preparação das amostras), eficiência de contagem (medida com uma amostra de sedimento), e limite de detecção (medido como atividade mínima detectável – AMD, que é menor atividade mensurável com 95% de confiança estatística).

Finalmente, o controle de qualidade estatístico foi realizado com a determinação dos radioisótopos em dois materiais de referência certificados (IAEA327 – solo e IAEA385 – sedimento marinho), cuja análise seguiu o mesmo método descrito para as amostras. A **Tabela XIII.2-1** apresenta um resumo do controle de qualidade e mostra os baixos limites de detecção e altas precisões e exatidões (desvios padrões relativos–DPR e erros relativos–ER menores que 5%, respectivamente) para os radionuclídeos de interesse deste estudo.

Tabela XIII.2-1: Controle de qualidade do método espectrométrico.

Radioisótopo	Fotopico (keV)	Material de referência	Atividade certificada (Bq.kg ⁻¹)	Atividade medida (Bq.kg ⁻¹)	Precisão (DPR) (%)	Exatidão (ER) (%)	AMD (Bq.kg ⁻¹)
²²⁸ Ra	238,63	IAEA-327	38,70	38,19 ± 1,32	3,44	1,35	9,67
		IAEA-385	33,80	35,19 ± 1,11	3,16	4,13	
²²⁶ Ra	351,92	IAEA-327	32,80	33,95 ± 0,81	2,39	3,39	5,02
		IAEA-385	29,40	30,97 ± 0,54	1,75	5,33	

XII.3 XIII.3 Resultados e Discussão

A análise radiométrica das amostras de sedimento (**Tabela XIII.3-1**) superficiais mostrou que os níveis de ²²⁶Ra e ²²⁸Ra variaram entre 5,58 – 65,87 Bq.kg⁻¹ e 7,74 – 41,28 Bq.kg⁻¹, respectivamente. Apenas uma amostra (P1) apresentou atividade de ²²⁶Ra abaixo da AMD. O teste de normalidade de resíduos de Anderson-Darling mostrou que as distribuições de ambos os radionuclídeos (S = 0,40 – ²²⁶Ra; S = 0,24 – ²²⁸Ra) são estatisticamente normais (α = 5%).

Tabela XIII.3-1: Atividades de radioisótopos naturais (em Bq.kg⁻¹).

Amostra	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra
A6	7,92	17,30
A7	8,82	14,72
A8	28,75	24,20
A9	26,54	24,74
A10	15,35	23,73

Tabela XIII.3-1: Atividades de radioisótopos naturais (em Bq.kg⁻¹).

Amostra	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra
A11	8,47	11,96
B6	15,71	35,81
B7	14,70	30,57
B8	21,02	37,77
B9	34,63	30,69
B10	12,86	26,94
B11	16,32	21,63
C6	5,58	38,31
C7	16,54	27,11
C8	24,77	41,28
C9	20,20	26,96
C10	65,87	27,75
C11	52,75	15,58
D6	8,30	31,42
D7	35,02	39,28
D8	31,30	35,01
D9	28,09	29,32
D10	39,52	17,06
D11	44,01	15,07
E6	41,59	28,36
E7	19,13	23,46
E8	18,75	27,99
E9	35,37	31,62

Tabela XIII.3-1: Atividades de radioisótopos naturais (em Bq.kg⁻¹).

Amostra	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra
E10	15,74	15,42
E11	28,76	7,74
F6	15,14	39,55
F7	13,84	26,64
F8	21,07	20,63
F9	18,89	20,25
F10	14,37	16,48
F11	11,16	13,48
G6	12,26	28,07
G7	21,15	19,76
G8	14,35	24,49
G9	19,12	21,46
G10	17,97	21,93
H6	12,46	28,71
H7	8,15	29,55
H8	17,97	32,30
H9	18,91	26,52
H10	16,44	28,63
H11	15,09	22,42
P1	< AMD	29,83
P2	13,68	19,74
P3	40,53	22,15
P4	29,42	25,96

Tabela XIII.3-1: Atividades de radioisótopos naturais (em Bq.kg⁻¹).

Amostra	²²⁶ Ra	²²⁸ Ra
P5	28,89	24,04
P6	14,15	18,66
P7	18,97	15,27
P8	15,10	16,88
P9	32,82	23,64
P10	18,25	23,72
P11	8,81	17,15
P12	18,37	17,31

Pela distribuição espacial das atividades (**Figura XIII.3-1** e **Figura XIII.3-2**), pode-se inferir que a região sudoeste do talude continental concentrou os níveis mais elevados de ²²⁶Ra. Já as maiores atividades de ²²⁸Ra foram encontradas ao longo das isóbatas mais rasas. O teste de correlação linear de Pearson mostrou que há correlação estatisticamente significativa ($\alpha = 5\%$) entre os níveis de radionuclídeos e propriedades sedimentológicas. Estas correlações significativas foram positivas com o teor de sedimentos finos ($r = 0,27 - ^{226}\text{Ra}$, $r = 0,55 - ^{228}\text{Ra}$) e de carbono orgânico ($r = 0,33 - ^{226}\text{Ra}$, $r = 0,50 - ^{228}\text{Ra}$) e negativa com o teor de carbonato ($r = -0,64 - ^{228}\text{Ra}$).

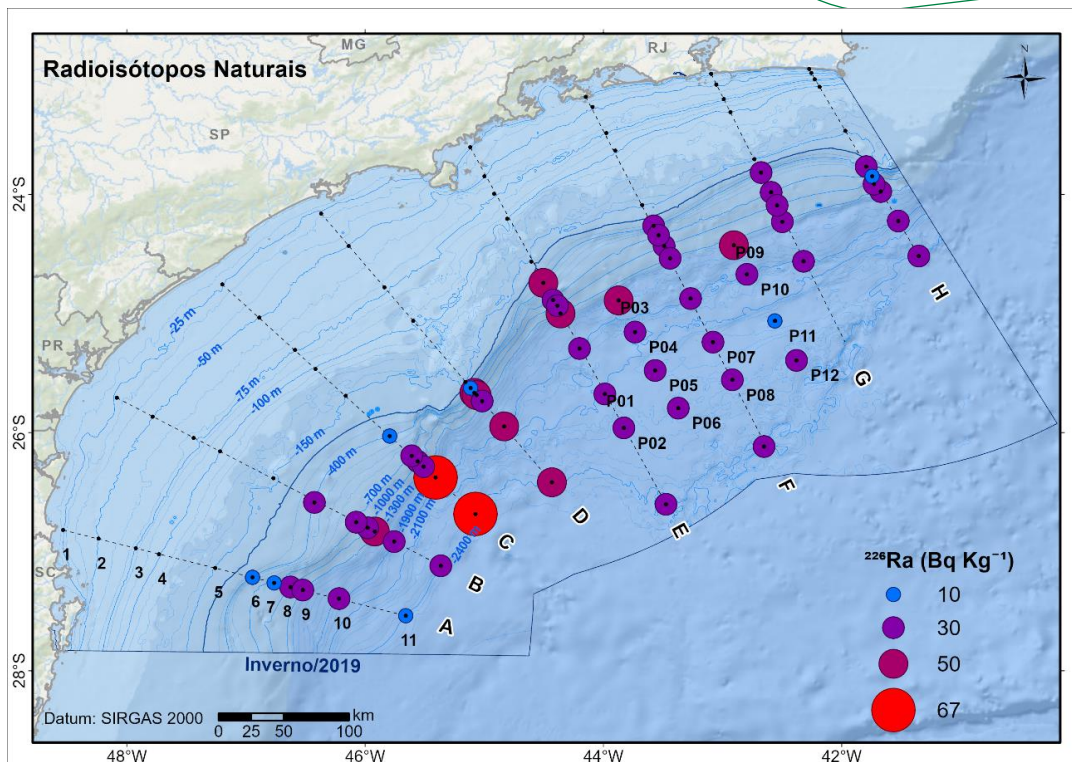


Figura XIII.3-1: Distribuição espacial de ²²⁶Ra (em Bq.kg⁻¹).

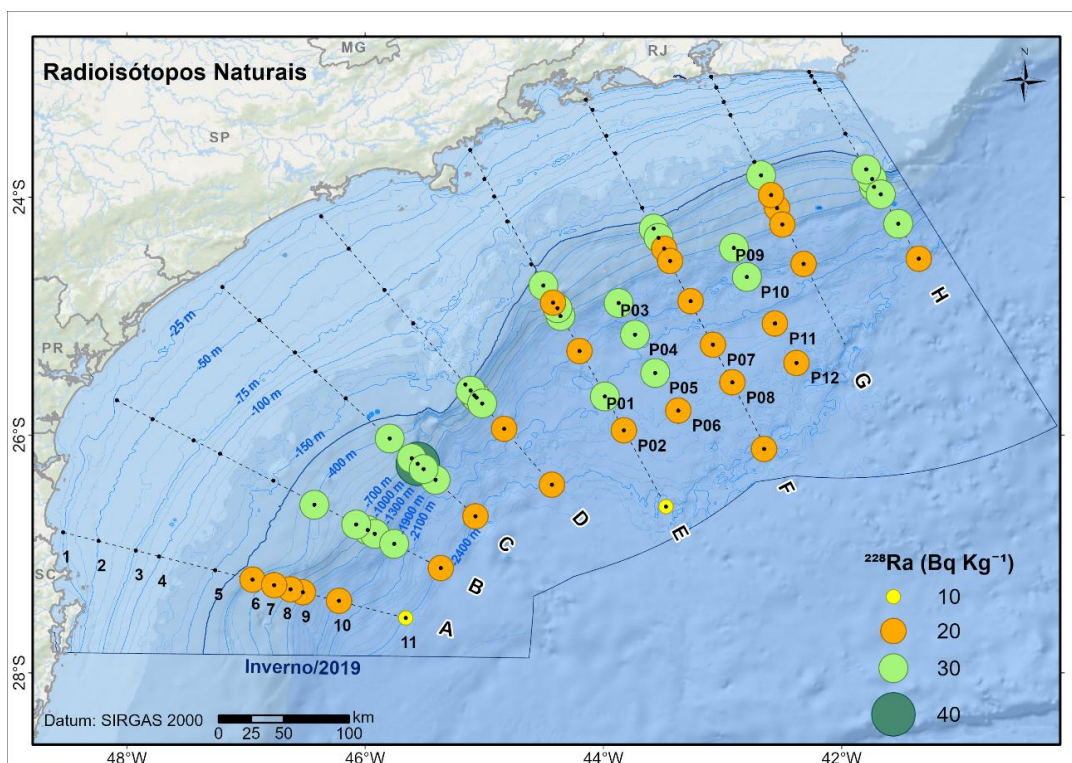


Figura XIII.3-2: Distribuição espacial de ²²⁸Ra (em Bq.kg⁻¹).

A afinidade de radionuclídeos por sedimentos siliciclásticos, de granulometria fina e com elevado conteúdo de carbono orgânico é explicado pela maior disponibilidade de sítios de adsorção em sedimentos mais finos, ligação e fixação de elementos metálicos na matéria orgânica e material em suspensão e efeitos de diluição de elementos alcalinos-terrosos causado pela presença de carbonatos (Ligero et al., 2001). Essas foram as tendências observadas nos sedimentos superficiais da região entre 400 e 2.400 m da Bacia de Santos, e também foram verificadas em avaliações pretéritas em sedimentos superficiais (Nagai et al., 2014) e em testemunhos sedimentares (Ferreira et al., 2020).

Em termos comparativos, os níveis de ^{226}Ra aqui determinados foram mais elevados que os da plataforma continental adjacente (**Tabela XIII.3-2**), o que dá mais suporte à hipótese de maiores níveis em compartimentos mais profundos. Além disso, os níveis encontrados estão na mesma ordem de grandeza de outras regiões do mundo, como o Golfo Pérsico e o Mar de Barents e são inferiores aos de áreas contaminadas por rejeitos da indústria de óleo e gás, conforme os dados compilados na **Tabela XIII.3-2**.

Tabela XIII.3-2: Comparação de níveis de ^{226}Ra e ^{228}Ra com outras localidades.

Região	Referência	Contexto	Atividade (Bq kg ⁻¹)	
			^{226}Ra	^{228}Ra
Bacia de Santos	Este estudo	Sedimentos de talude e oceano profundo sem influência da indústria	5,45 – 65,87	7,74 – 41,28
	Cordero (2010)	Sedimentos de plataforma e de talude	1,48 – 52,76	10,63 – 49,45
	Ferreira et al. (2020)	Sedimentos de plataforma	4,16 – 44,63	ND ¹
Mar do Norte	Dowdall & Lepland (2012)	Sedimentos de oceano profundo	1,7 – 252,0	3,1 – 110,0

Tabela XIII.3-2: Comparação de níveis de ^{226}Ra e ^{228}Ra com outras localidades.

Região	Referência	Contexto	Atividade (Bq kg^{-1})	
			^{226}Ra	^{228}Ra
	Ahmad et al. (2021)	Sedimentos de plataforma com rejeitos TENORM	40 – 3200	ND ¹
Mar de Barents	Yakovlev & Puchlov (2020)	Sedimentos de plataforma próximos a instalações da indústria de petróleo	0,50 – 48,30	3,60 – 54,00
Golfo Pérsico	Patiris et al. (2016)	Sedimentos de plataforma	3,9 – 20,5	4,3 – 21,2
	Alzahrani et al. (2022)	Sedimentos de plataforma próximos a usinas nucleares	3,7 – 7,4	2,6 – 4,2

¹ Não determinado nesta referência.

Além da tendência de aumento nos níveis de ^{226}Ra em direção aos transectos mais ao sul, pode-se também maiores atividades de ^{228}Ra em amostras de sedimentos mais rasos (**Figura XIII.3-3**). Esta disposição na distribuição destes radionuclídeos pode estar associada às possíveis fontes desses isótopos: os materiais terrígenos provenientes de descargas de águas continentais das bacias hidrográficas da região sul-sudeste do Brasil, do Rio da Prata, transportados pela Corrente Costeira do Brasil, e também do decaimento de ^{230}Th e posterior difusão dos sedimentos profundos.

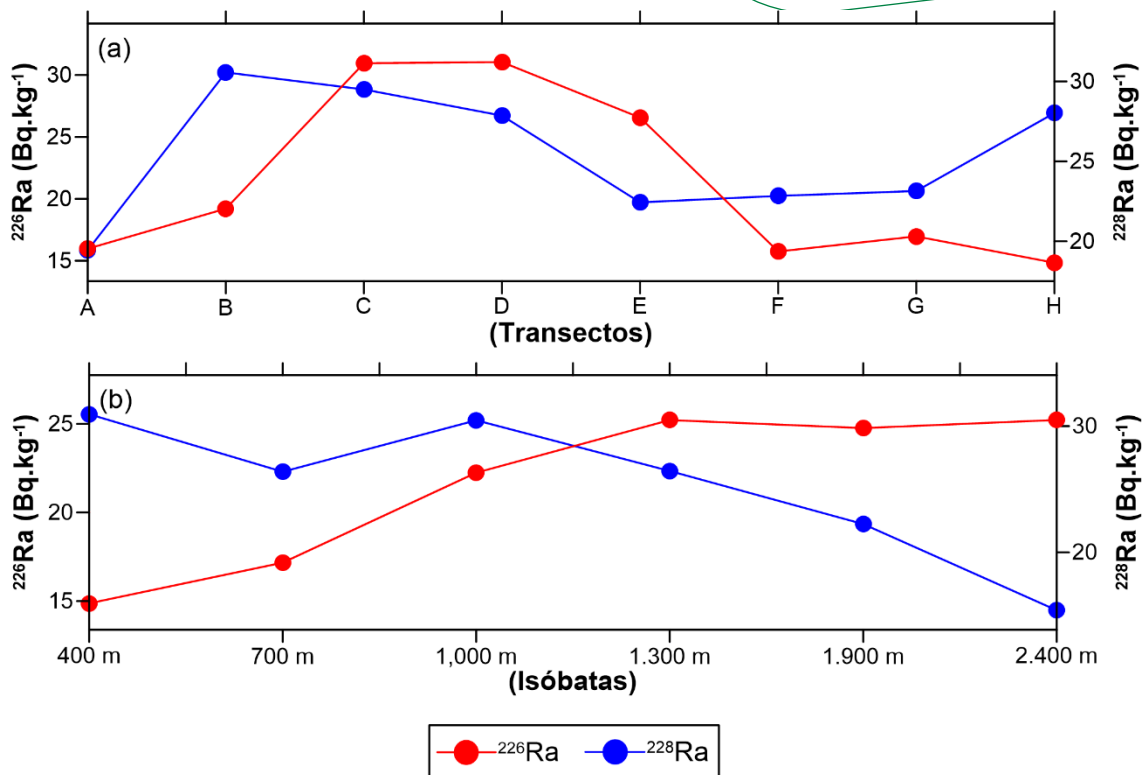


Figura XIII.3-3: Comparação das médias das atividades de radioisótopos naturais (em Bq.kg $^{-1}$) entre os transectos e as isóbatas.

Estas explicações, tanto em termos sedimentológicos quanto geográficos, reforçam o cenário de que a distribuição destes isótopos é fundamentalmente natural. As prováveis fontes e as forças hidrodinâmicas que definem os padrões de distribuição dos sedimentos da região são responsáveis pela distribuição destes radionuclídeos na região analisada da Bacia de Santos.

XII.4 Conclusões

Este estudo realizou uma investigação da distribuição de radionuclídeos naturais nos sedimentos de fundo da Bacia de Santos. Foi confeccionado um modelo de distribuição espacial para ^{226}Ra e ^{228}Ra , através do qual foram observadas tendências espaciais em suas distribuições. Percebeu-se que a região possui diferenças batimétricas e latitudinais, que podem ser derivadas as fontes naturais distintas destes nuclídeos. ^{226}Ra se origina do decaimento de ^{230}Th no oceano profundo e circula das águas de fundo para o restante do

oceano via circulação de correntes e massas de água, enquanto que ^{228}Ra é suprido principalmente via materiais terrígenos pelas correntes costeiras.

XII.5 Referências bibliográficas

- Ahmad, F., Morris, K., Law, G.T.W., Taylor, K.G., Shaw, S. 2021. Fate of radium on the discharge of oil and gas produced water to the marine environment. **Chemosphere**, 273, 129550.
- Ali, M.M.M., Zhao, H., Li, Z., Maglas, N.N.M. 2019. Concentrations of TENORMs in the petroleum industry and their environmental and health effects. **Royal Society of Chemistry Advances**, 9, 39201–39229.
- Alzahrani, J.S., Almuqrin, A., Alghamdi, H., Albarzan, B., Khandaker, M.U., Sayyed, M.I. 2022. Radiological monitoring in some coastal regions of the Saudi Arabian Gulf close to the Iranian Bushehr nuclear plant. **Marine Pollution Bulletin**, 175, 113146.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). 2022. **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**. Superintendência de Desenvolvimento e Produção (editor), 34 p.
- Begum, M., Khan, R., Hossain, S.M., Al Mamun, S.M.M. 2022. Redistributions of NORMs in and around a gas-field (Shabazpur, Bangladesh): radiological risks assessment. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, 331, 317–330.
- Bruhn, C.H.L., Pinto, A.C.C., Johann, P.R.S., Branco, C.C.M., Salomão, M.C., Freire, E.B. 2017. **Campos and Santos Basins: 40 years of reservoir characterization and management of shallow- to ultra-deep water, post- and pre-salt reservoirs - historical overview and future challenges**. In: Proceedings of the Offshore Technology Conference 2017. Rio de Janeiro, RJ: Brasil.
- Cordero, L.M. 2010. **Estudo dos processos sedimentológicos na Margem Continental Sudeste do Brasil pelo uso de radionuclídeos naturais**. Dissertação de mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 100 p.
- Dowdall, M., Lepland, A. 2012. Elevated levels of radium-226 and radium-228 in marine sediments of the Norwegian Trench (“Norskrenna”) and Skagerrak. **Marine Pollution Bulletin**, 64(10), 2069–2076.
- Ferreira, P.A.L., Figueira, R.C.L., Cazzoli y Goya, S., Mahiques, M.M. 2020. Insights on the marine sedimentation of the continental shelf and upper slope off SE Brazil during the 20th century with natural radionuclides. **Regional Studies in Marine Sciences**, 39, 101466.

- Fisher, R.S. 1998. Geologic and geochemical controls on naturally occurring radioactive materials (NORM) in produced water from oil, gas, and geothermal operations. **AAPG Division of Environmental Geosciences Journal**, 5(3), 139–150.
- Lauer, N., Vengosh, A. 2016. Age dating oil and gas wastewater spills using radium isotopes and their decay products in impacted soil and sediment. **Environmental Science & Technology Letters**, 3(5), 205–209.
- Ligero, R.A., Ramos-Lerate, I., Barrera, M., Casas-Ruiz, M. 2001. Relationships between sea-bed radionuclide activities and some sedimentological variables. **Journal of Environmental Radioactivity**, 57, 7–19.
- Nabhani, K.A.L., Khan, F., Yang, M. 2017. Dynamic modeling of TENORM exposure risk during drilling and production. **Journal of Petroleum Exploration and Production Technology**, 8, 175–188.
- Nagai, R.H., Ferreira, P.A.L., Mulkherjee, S., Martins, M.V., Figueira, R.C.L., Sousa, S.H.M., Mahiques, M.M. 2014. Hydrodynamic controls on the distribution of surface sediments from the southeast South American continental shelf between 23°S and 38°S. **Continental Shelf Research**, 89, 51–60.
- Patiris, D.L., Tsabaris, C., Anagnostou, C.L., Androulakaki, E.G., Pappa, F.K., Eleftheriou, G., Sgouros, G. 2016. Activity concentration and spatial distribution of radionuclides in marine sediments close to the estuary of Shatt al-Arab/Arvand Rud River, the Gulf. **Journal of Environmental Radioactivity**, 157, 1-15.
- Salazar, S., Castillo, L., Montes, L., Martínez, F. 2018. Utilizing the radiometric and seismic methods for hydrocarbons prospecting in the Rancheria sub-basin in Colombia. **Applied Radiation and Isotopes**, 140, 238–246.
- Skvortsov, V.A. 2020. Assessment of the oil and gas potential of the basement of the southern part of the Siberian Platform and deep-seated oil exploration. **Doklady Earth Sciences**, 492, 302–305.
- Uddin, S., Behbehani, M. 2018. Concentrations of selected radionuclides and their spatial distribution in marine sediments from the northwestern Gulf, Kuwait. **Marine Pollution Bulletin**, 127, 73–81.
- Yakovlev, E., Puchkov, A. 2020. Assessment of current natural and anthropogenic radionuclide activity concentrations in the bottom sediments from the Barents Sea. **Marine Pollution Bulletin**, 160, 111571.
- Zhang, S., Zou, C., Peng, C., Zhao, J., Li, N., Zhang, X., Ma, H., Niu, Y. 2018. Abnormally high natural radioactivity zones in the main borehole of the Continental Scientific Drilling Project of Cretaceous Songliao Basin: geophysical log responses and genesis analysis. **Chinese Journal of Geophysics**, 61(11), 4712–4728.

XII.6 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Rubens Cesar Lopes Figueira	Químico, Dr.	Coordenação
Paulo Alves de Lima Ferreira	Oceanógrafo, Dr.	Pesquisador de Pós- doutorado

XIII. Hidrocarbonetos em sedimentos superficiais da Bacia de Santos

*Capítulo XII
Revisão 01
Dezembro/2022*

XIII.1 Introdução

A poluição por hidrocarbonetos de petróleo é uma preocupação crescente nas últimas décadas devido, principalmente, ao amplo uso de combustíveis fósseis como fonte de energia e ao fato de que os hidrocarbonetos são os constituintes primários do petróleo bruto e refinado, geralmente compreendendo mais de 75% de sua composição (Neff, 1979; Speight, 2014). Os hidrocarbonetos de petróleo são misturas complexas tanto na composição quanto na estrutura molecular e podem ser gerados a partir de processos industriais e/ou atividades humanas. Esses compostos são amplamente distribuídos na biosfera e podem causar efeitos adversos ao meio ambiente devido às propriedades tóxicas, mutagênicas e carcinogênicas, de persistência e de bioacumulação de alguns compostos (Neff, 1985; Sakari et al. 2008; Beyer et al., 2010; Alzahrani e Rajendran, 2019).

Os hidrocarbonetos apresentam baixa solubilidade em água, favorecendo sua sorção no material em suspensão e subsequente deposição por meio de floculação e precipitação de sólidos (Lipiatou et al., 1997; Dachs et al., 1999), apresentando como destino final o compartimento sedimentar e podendo fornecer uma assinatura geoquímica importante para o conhecimento da qualidade ambiental da região (Mille et al., 2007). A sorção dos hidrocarbonetos em sólidos em suspensão e sedimentos é um processo determinante para identificar sua forma de transporte e risco ecotoxicológico desses compostos no ambiente marinho (Schwartzbach et al., 2003; Ashayeri et al., 2018; Andrade et al., 2019). Uma vez nos sedimentos, o destino desses compostos depende de mecanismos de ressuspensão, degradação e reciclagem bêntica.

Os hidrocarbonetos são compostos ubíquos em sedimentos marinhos e costeiros como consequência de suas inúmeras fontes, tais como as antrópicas: descargas industriais, derrames acidentais, atividades de transporte marítimo, escoamento urbano, exploração de gás e óleo, emissões atmosféricas de produtos de combustão incompleta a partir de fontes móveis ou fixas (incluindo biomassa); e as naturais como exsudações naturais e decomposição de plantas superiores e biossíntese natural por alguns organismos (Saliot, 1981; Bianchi e

Canuel, 2011; Santos et al., 2019; Neves et al., 2022). A exploração *offshore* e o transporte do óleo constituem os principais mecanismos de introdução de hidrocarbonetos provenientes de atividades antrópicas em áreas oceânicas (GESAMP, 1993; Bouloubassi et al., 2001; Readman et al., 2002; Sojini et al., 2010).

As classes de hidrocarbonetos comumente avaliadas incluem os hidrocarbonetos alifáticos (HA), especificamente alcanos resolvidos, mistura complexa não resolvida (MCNR), e os biomarcadores terpanos e esteranos; e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA).

Os hidrocarbonetos alifáticos associados a fontes petrogênicas apresentam sequências completas de n-alcenos com cadeias carbônicas ímpares e pares de cadeia curta e/ou longa (UNEP, 1991; Volkman et al., 1992; Li et al., 2015), enquanto fontes naturais de plantas vasculares são caracterizados por cadeias moleculares longas com número ímpar de carbonos (n-C23 a n-C35; predominantemente n-C27, n-C29 e n-C31) (Eglinton e Hamilton, 1967; Volkman et al., 1992; Bianchi e Canuel, 2011). n-Alcanos com predominância ímpar em suas cadeias carbônicas também podem ser sintetizados pela biota marinha, entretanto neste caso com cadeias menores (n-C15 a n-C21), com máximo em n-C15, n-C17, n-C19 indicando o aporte de algas, plâncton ou bactérias (Commendatore e Esteves, 2004; Gao e Chen, 2008; Eglinton e Eglinton, 2008). A Mistura Complexa Não Resolvida (MCNR ou UCM - “*Unresolved Complex Mixture*”) é considerada um conjunto de hidrocarbonetos diversos que não são rotineiramente separados por técnicas cromatográficas, impossibilitando a identificação e quantificação individualizada destes compostos e podendo ser composta por isômeros e homólogos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos (Volkman et al., 1992; Farrington e Quinn, 2015). A presença de MCNR é um indicativo de presença de óleo. Os biomarcadores terpanos e esteranos são derivados de precursores de membranas de células bacterianas e membranas de células eucarióticas, respectivamente, pertencem a classe dos alifáticos e têm sido muito abordados em estudos forenses na área de geoquímica do petróleo por fazerem parte da composição do petróleo e de seus produtos refinados (Wang et al., 2006; Stout e Wang, 2016) e por fornecerem informações mais específicas sobre fontes e maturidade de hidrocarbonetos (Peters e Moldowan,

1993).

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) estão intimamente associados a fontes antrópicas, como derramamentos acidentais de óleo, escoamento urbano e industrial e produtos de combustão incompleta de biomassa ou de combustíveis fósseis (óleo, querosene, diesel, gasolina) (Colombo et al., 1989; Tobiszewski e Namieśnik, 2012; Wang et al., 2015). Como fontes naturais destes compostos podem-se destacar as erupções vulcânicas, os processos diagenéticos e a biossíntese por organismos (Laflame & Hites, 1978; Mille et al., 2007; Neves et al., 2022). Os HPA de fontes antrópicas podem ser divididos em dois grupos principais: (a) pirogênicos, que resultam da combustão incompleta da matéria orgânica em altas temperaturas em curto tempo de duração, normalmente associados à fuligem formada durante o processo de combustão e são caracterizados pela predominância de compostos não-substituídos em relação aos seus homólogos alquilados, assim como pela predominância dos compostos de maior peso molecular (4-6 anéis) (Burgess et al., 2003; Stogiannidis e Lane, 2015); (b) petrogênicos, formados através da maturação lenta da matéria orgânica, com predominância de compostos de baixo peso molecular (2-3 anéis) e de seus homólogos alquilados (Yunker et al., 2002; Santos et al., 2019).

Os HPA representam uma classe especial de poluentes por apresentarem características hidrofóbicas que podem levar à sua bioacumulação em organismos marinhos e porque alguns desses compostos são considerados mutagênicos e/ou cancerígenos, representando assim um risco aos organismos e ao meio ambiente (Cavalieri e Rogan, 1992; Douben, 2003).

Hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) também podem ser utilizados para avaliar o grau de impacto das atividades antrópicas no meio ambiente, dentre elas, a produção de petróleo *offshore*. No entanto, mesmo sendo considerados de grande importância na caracterização de ambientes susceptíveis a contaminação por óleo e derivados, os HTP são um resultado pouco reportado para ambientes costeiros e oceânicos (Agard, 1985; Moreira et al., 2011).

A exploração de óleo e gás na Bacia de Santos iniciou-se na década 70, quando ocorreram as primeiras incursões exploratórias que apontaram para a potencial presença de reservas de petróleo e gás natural. O primeiro poço foi

perfurado em 1972 e a primeira descoberta na bacia ocorreu em 1983 (Ridelensky e Santos, 2022). Embora os volumes das reservas de petróleo e gás natural na Bacia de Santos não estejam quantificados em sua totalidade, Sauer e Rodrigues (2016) estimaram a existência de reservas recuperáveis variando de 42 a 83,8 bilhões de barris de óleo equivalente (boe) de uma reserva total de 167 bilhões barris. Em 2021, o boletim mensal de produção de petróleo e gás natural da Agência Nacional de Petróleo, no período de março, reportou que a produção da Bacia de Santos ultrapassou 70% da produção nacional, registrando sua maior participação relativa na série histórica e a sexta maior, até hoje, sendo produzidos 2,56 MMboe/d (milhões de barris de óleo equivalente por dia), sendo aproximadamente 1,993 MMbbl/d (milhão de barris por dia) de petróleo e 90 MMm³/d (milhões de metros cúbicos por dia) de gás natural (ANP, 2021; Ridelensky e Santos, 2022). Com isso, entendendo a importância da descoberta e exploração dos campos de petróleo e gás da Bacia de Santos, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os níveis e a distribuição espacial de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos em sedimentos superficiais da região da Bacia de Santos e avaliar a origem destes compostos em duas campanhas de amostragem realizadas em 2019 e 2021. Para tal foram determinados n-alcanos, mistura complexa não-resolvida (MCNR), hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (16 HPA prioritários e as cinco séries alquiladas) e terpanos e esteranos. Esses compostos são marcadores moleculares e suas concentrações estão na ordem de ng g⁻¹ a µg g⁻¹

XIII.2 Material & métodos

XIII.2.1 Amostragem

Foram realizadas 2 campanhas amostrais de coleta de sedimento superficial (0 a 2 cm) ao longo de 8 transectos, cada um orientado transversalmente à margem continental e com estações distribuídas por 11 isóbatas, sendo cinco estações na plataforma continental (25, 50, 75, 100 e 150 m), cinco no talude (400, 700, 1.000, 1.300 e 1.900) e uma a 2400 m, somadas a 12 estações (P)

distribuídas no talude e Platô de São Paulo. Em cada ponto de amostragem os sedimentos foram coletados em triplicata, com auxílio de amostradores box-corer (talude) e van Veen modificado (plataforma). As amostras foram armazenadas em latas de alumínio, previamente descontaminadas, e mantidas congeladas até o envio ao Laboratório de Química Ambiental Orgânica (LQAO) do CENPES.

Todas as determinações foram realizadas considerando-se uma amostra composta por estação, preparada a partir de uma mistura de massas iguais de cada uma das três réplicas coletadas.

XIII.2.2 Preparação das amostras compostas

As amostras de sedimento coletadas na Bacia de Santos foram congeladas em ultrafreezer a temperatura de - 80 °C imediatamente ao chegarem ao Laboratório de Química Orgânica Ambiental (LQAO) do CENPES e mantidas assim até o seu processamento, que se iniciou com a etapa de liofilização.

Para a liofilização, as amostras foram separadas por batelada, sendo cada batelada composta por todas as amostras de uma isóbata. As latas de alumínio contendo as amostras congeladas foram dispostas no liofilizador, sem as tampas, e liofilizadas durante 7 dias. Ao término deste processo, com as amostras completamente secas, foi obtida a amostra composta referente a cada estação de coleta, através da junção de 10 g de cada uma das três réplicas coletadas naquele ponto. Esta amostra composta foi utilizada para a análise dos hidrocarbonetos saturados e dos policíclicos aromáticos.

XIII.2.3 Extração das amostras de sedimento

O protocolo analítico utilizado para a extração dos hidrocarbonetos das amostras compostas foi baseado no método USEPA 3540C.

Aproximadamente 10 g da amostra composta de sedimento seco foram macerados em gral e pistilo até obtenção de uma mistura homogênea finamente dividida. Para acompanhamento da eficiência de todo o processo analítico, foram adicionados os padrões sub-rogados p-terfenil-d14 com concentração final no

extrato de 100 ng mL^{-1} , para a análise de HPA, e parafinas per-deuteradas n-C12d, n-C20d, n-C24d, e n-C30d, com concentração final no extrato de $10 \mu\text{g mL}^{-1}$, para a análise dos saturados. A seguir, foi realizada a extração desta amostra em soxhlet, com 200 mL de diclorometano grau resíduo, por um período de 24 horas.

Ao final da extração, o extrato foi concentrado a 1 mL em evaporador Turbovap 500[®], efetuando-se a troca de solvente para n-hexano, antes do fracionamento por cromatografia líquida.

XIII.2.4 Fracionamento dos extratos

As frações alifática (F1) e aromática (F2) foram obtidas por cromatografia líquida em coluna aberta de sílica e alumina preparada com 1,8 g de alumina desativada a 5 % e 3,2 g de sílica desativada a 5%, em coluna de vidro de 39 cm de comprimento com 0,7cm de diâmetro interno.

Inicialmente a coluna foi eluída com 10 mL de hexano para a retirada da fração contendo os hidrocarbonetos saturados. A fração contendo os HPA foi eluída em seguida com a adição de 15 mL de mistura hexano:diclorometano (7:3).

Ambas as frações, F1 e F2, foram concentradas em evaporador Turbovap 500[®] e avolumadas a 1 mL. À F1 foram adicionados os padrões internos n-C16d (para quantificação de n-alcanos, HRP, MCNR, HTP) e colano (para quantificação dos terpanos e esteranos), com concentração constante final no extrato de $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ e 100 ng mL^{-1} , respectivamente. À F2 foi adicionada a mistura de padrões internos de HPA deuterados (naftaleno-d8, acenafteno-d10, fenantreno-d10, criseno-d12 e perileno-d12) na concentração de 100 ng mL^{-1} .

Para a quantificação de HTP foi feita uma fração combinada contendo 500 μL de cada extrato (F1 e F2).

XIII.2.5 Determinação dos n alcanos e MCNR

A determinação dos n-alcanos e MCNR foi realizada utilizando-se a técnica de cromatografia gasosa com detector de ionização em chama, baseada no

método USEPA 8015C, utilizando-se as condições descritas na **Tabela XIII.2.5-1**. O equipamento foi calibrado utilizando-se sete soluções (1, 5, 10, 25, 50, 75, 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$) contendo alcanos lineares de n-C10 a n-C40, além dos isoprenóides pristano e fitano e dos padrões de recuperação deuterados (*surrogates*) n-C12d, n-C20d, n-C24d, n-C30d. Como padrão interno, utilizou-se deuterado n-C16d na concentração de 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$. A identificação dos n-alcanos individuais baseou-se no tempo de retenção de cada composto, que por sua vez foi verificado pela injeção de mistura-padrão contendo todos os n-alcanos e isoprenóides contemplados. A concentração de MCNR foi determinada com base no fator de resposta médio dos n-alcanos. Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ), para cada composto contemplado pelo método, considerando-se a massa extraída (cerca de 10 g) e a concentração final do extrato (1 mL) foram de 0,02 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 0,10 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente.

Tabela XIII.2.5-1: Condições cromatográficas das análises de n-alcanos, MCNR e HTP.

Equipamento	Cromatógrafo Agilent 7890, com detector DIC Estação de dados: Chemstation
Coluna	HP-5 (30 m x 0,32 mm x 0,25 μm) – Hewlett Packard
Gases	
Carreador	Hélio: 2,5 mL min^{-1} (pressão: 11 psi a 40 °C)
Make-up	Hélio: 20 mL min^{-1}
Detector	Ar: 360 mL min^{-1} Hidrogênio: 33 mL min^{-1}
Temperatura	300 °C
Injetor	315 °C
Detector	40 °C (1,5 min), taxa: 6 °C min^{-1} até 315 °C (57
Programação de temperatura do forno	min)

XIII.2.6 Determinação de HPA

A determinação dos HPA foi realizada utilizando-se a técnica de

cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas. O procedimento baseou-se no método USEPA 8270E, com algumas modificações, utilizando-se as condições descritas na **Tabela XIII.2.6-1**. O equipamento foi calibrado utilizando-se sete soluções (5, 10, 25, 50, 100, 250 e 500 ng mL⁻¹) contendo os seguintes HPA: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno e benzo(ghi)perileno, além do dibenzotiofeno, perileno e benzo(e)pireno e do padrão de recuperação deuterado (*surrogate*) p-terfenil d14. Foram utilizados os padrões internos deuterados: naftaleno-d8, acenafteno-d10, fenantreno-d10, criseno-d12 e perileno-d12 em concentração constante igual a 100 ng mL⁻¹.

Os HPA alquilados contemplados pelo método são: C1 a C4-naftalenos, C1 a C3-fluorenos, C1 a C4-fenantrenos, C1 a C3-dibenzotiofenos, C1 e C2-pirenos, C1 e C2-crisenos. Devido à dificuldade de obtenção de padrões de HPA alquilados, estes foram determinados utilizando-se a curva de calibração do homólogo não alquilado. Os limites de detecção e de quantificação, para o total dos 16 HPA prioritários, foram 0,221 ng g⁻¹ e 0,50 ng g⁻¹, respectivamente. Já para o total dos 37 HPA analisados, os limites de detecção e quantificação foram 0,325 ng g⁻¹ e 0,50 ng g⁻¹, respectivamente.

Tabela XIII.2.6-1: Condições cromatográficas das análises de HPA.

Equipamento	EM - Agilent modelo 5975C CG – Agilent modelo 7890
Coluna	J&W DB-5MS (30 m, 0,25 mm de di e 0,25 µm de filme)
Programação de temperatura do forno	40 °C durante 2 min 25 °C min ⁻¹ até 100 °C 5 °C min ⁻¹ até 230 °C 2 °C min ⁻¹ até 270 °C durante 5 min 5 °C min ⁻¹ até 320 °C
Gás de arraste	Hélio 1,0 mL min ⁻¹
Volume de injeção	1 µL

XIII.2.7 Determinação dos HTP

Para a determinação dos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), o extrato obtido na cromatografia em coluna (F1 + F2) foi injetado em GC/FID, segundo as condições já descritas para n-alcenos e MCNR. O HTP corresponde à soma de todos os picos dos compostos resolvidos mais a MCNR, caso esta esteja presente, e foi determinado com base no fator de resposta médio dos n-alcenos. Os limites de detecção e quantificação foram iguais aos de n-alcenos.

XIII.2.8 Determinação dos biomarcadores terpanos e esteranos

Para a determinação dos terpanos e esteranos, utilizou-se cromatografia a gás acoplada à espectrômetro de massas. O equipamento foi calibrado com soluções de diferentes concentrações dos padrões $17\alpha(H)\beta21R(H)C30$ hopano e $\alpha\alpha\alpha20S$ colestano (0,025, 0,050, 0,100, 0,250, 0,500 e 0,750 $\mu\text{g mL}^{-1}$), em hexano e, utilizando-se uma mistura de óleos brasileiros como padrão, para determinar o tempo de retenção e o espectro de massas dos principais homólogos da série dos hopanos, dos diterpanos tricíclicos e tetracíclicos e dos esteranos. Na **Tabela XIII.2.8-1**, são listadas as condições de análise. Os diterpanos e os hopanos, total de 32 compostos, foram todos determinados utilizando-se o mesmo fator de resposta do $17\alpha(H)\beta21R(H)C30$ hopano, enquanto os esteranos, 14 compostos, foram determinados pelo fator de resposta do $\alpha\alpha\alpha20S$ colestano. O LD e LQ foram, respectivamente, 0,83 e 2,50 ng g^{-1} . A lista completa dos compostos analisados consta no **Anexo XIII.-1**

Tabela XIII.2.6-1: Condições cromatográficas das análises de biomarcadores terpanos e esteranos.

Equipamento	EM - Agilent modelo 5975C CG – Agilent modelo 7890
Coluna	J&W DB-5MS (60 m, 0,25 mm de di e 0,25 µm de filme)
Programação de temperatura do forno	50 °C durante 5 min 20 °C min ⁻¹ até 150 °C 1,5 °C min ⁻¹ até 310 °C durante 15 min
Gás de arraste	Hélio 1,2 mL min ⁻¹
Temperatura do injetor	290 °C
Temperatura da linha de transferência	290 °C
Temperatura da fonte de íons	230 °C
Volume de injeção	2 µL

XIII.3 Resultados

As Tabelas **XIII.3-1** e **XIII.3-2** apresentam um resumo estatístico (medianas, mínimos e máximos) dos dados obtidos nas duas campanhas, por isóbata. Esses dados serão aprofundados nos subitens seguintes e na seção de discussão. A área de estudo é bastante extensa, abrangendo desde águas rasas na plataforma continental interna até águas profundas no final do talude continental e no Platô de São Paulo, e sedimentos de diferentes naturezas, o que refletiu nos níveis de hidrocarbonetos na Bacia de Santos. Como os sedimentos agem com um agente “fixador” dos hidrocarbonetos, sua constituição tem um papel de protagonismo nos resultados.

Tabela XIII.3-1: Estatística descritiva (medianas, mínimos e máximos) das concentrações de n-alcenos ($\mu\text{g g}^{-1}$), mistura complexa não resolvida (MCNR) ($\mu\text{g g}^{-1}$), hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) ($\mu\text{g g}^{-1}$), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (16 HPA e HPA totais) (ng g^{-1}) e biomarcadores terpanos e esteranos (ng g^{-1}), por isóbata, para a Campanha 1.

Parâmetro/Isobata	700	1000	1300	1900	2200	Platô
(m)						
Alifáticos						
HTP	6,81(3,49-9,57)	9,75(7,85-18,36)	11,84(9,18-15,48)	5,93(4,96-6,58)	5,94(5,21-23,35)	9,47(6,31-14,83)
n-alcenos totais	<0,1(<0,02-<0,1)	<0,1(<0,1-0,4)	0,44(<0,1-2,12)	<0,1(<0,1-0,12)	<0,1	<0,1(<0,1-0,23)
HRP	1,38(1,22-1,73)	2,34(2,11-2,64)	3,03(2,55-4,37)	1,47(1,33-1,85)	4,2(1,36-4,76)	2,32(2,07-2,47)
MCNR	5,48(2,27-8,17)	7,46(5,49-15,72)	9,16(6,64-12,05)	4,33(3,11-4,89)	1,4(0,52-22)	7,09(4,24-12,53)
HPA						
2-3 anéis	25,2(12,55-44,63)	22,89(13,44-194,31)	27,26(14,38-41,11)	26,9(20,47-47,41)	13,91(10,24-19,14)	15,24(4,83-21,44)
4-6 anéis	7,35(1,53-13,46)	10,56(5,8-27,15)	6,21(3,09-13,62)	8,38(3,97-107,03)	6,08(3,98-8,92)	6,17(3,34-11,43)
Alquilados	2,76(1,32-4,21)	3,5(3,14-4,22)	2,77(1,79-4,38)	2,92(2,59-4,34)	1,95(0,76-3,86)	2,05(0,75-3,05)
16 HPA	25,48(12,46-42,65)	23,16(14,74-174,83)	27,09(15,33-41,34)	27,5(21,59-47,98)	14,02(11,11-19,06)	16,18(4,91-20,83)
HPA Totais	33,6(15,4-61,69)	36,08(24,07-225,69)	36(19,78-59,12)	38,08(27,25-158,78)	20,62(17,5-29,59)	27,85(9,89-34,2)
Biomarcadores						
Σ Terpanos	16,5(<2,5-59,1)	26,16(8,85-60,82)	12,71(7,05-28,06)	44,74(11,74-53,23)	9,01(<2,5-23,82)	10,69(<2,5-31,35)
Σ Esteranos	3,04(<0,83-18,37)	<2,5(<0,83-6,11)	2,71(<2,5-11,14)	<2,5	<0,83(<0,83-<2,5)	<2,5
Σ Terpanos+Esteranos	19,54(<2,5-77,47)	26,35(8,85-63,47)	15,42(7,05-39,2)	46,07(11,74-55,85)	9,01(<0,83-23,82)	10,69(<2,5-31,35)
C30-Hop	8,6(7,32-19,1)	7,95(4,56-16,99)	6,91(4,09-11,78)	14(6,82-16,84)	5,06(2,68-11,99)	6,67(2,51-12,46)

Parâmetro/Isobata	700	1000	1300	1900	2200	Platô
(m)						
Alifáticos						
HTP	6,81(3,49-9,57)	9,75(7,85-18,36)	11,84(9,18-15,48)	5,93(4,96-6,58)	5,94(5,21-23,35)	9,47(6,31-14,83)
n-alcanos totais	<0,1(<0,02-<0,1)	<0,1(<0,1-0,4)	0,44(<0,1-2,12)	<0,1(<0,1-0,12)	<0,1	<0,1(<0,1-0,23)
HRP	1,38(1,22-1,73)	2,34(2,11-2,64)	3,03(2,55-4,37)	1,47(1,33-1,85)	4,2(1,36-4,76)	2,32(2,07-2,47)
MCNR	5,48(2,27-8,17)	7,46(5,49-15,72)	9,16(6,64-12,05)	4,33(3,11-4,89)	1,4(0,52-22)	7,09(4,24-12,53)
HPA						
2-3 anéis	25,2(12,55-44,63)	22,89(13,44-194,31)	27,26(14,38-41,11)	26,9(20,47-47,41)	13,91(10,24-19,14)	15,24(4,83-21,44)
4-6 anéis	7,35(1,53-13,46)	10,56(5,8-27,15)	6,21(3,09-13,62)	8,38(3,97-107,03)	6,08(3,98-8,92)	6,17(3,34-11,43)
Alquilados	2,76(1,32-4,21)	3,5(3,14-4,22)	2,77(1,79-4,38)	2,92(2,59-4,34)	1,95(0,76-3,86)	2,05(0,75-3,05)
16 HPA	25,48(12,46-42,65)	23,16(14,74-174,83)	27,09(15,33-41,34)	27,5(21,59-47,98)	14,02(11,11-19,06)	16,18(4,91-20,83)
HPA Totais	33,6(15,4-61,69)	36,08(24,07-225,69)	36(19,78-59,12)	38,08(27,25-158,78)	20,62(17,5-29,59)	27,85(9,89-34,2)
Biomarcadores						
∑Terpanos	16,5(<2,5-59,1)	26,16(8,85-60,82)	12,71(7,05-28,06)	44,74(11,74-53,23)	9,01(<2,5-23,82)	10,69(<2,5-31,35)
∑Esteranos	3,04(<0,83-18,37)	<2,5(<0,83-6,11)	2,71(<2,5-11,14)	<2,5	<0,83(<0,83-<2,5)	<2,5
∑Terpanos+Esteranos	19,54(<2,5-77,47)	26,35(8,85-63,47)	15,42(7,05-39,2)	46,07(11,74-55,85)	9,01(<0,83-23,82)	10,69(<2,5-31,35)
C30-Hop	8,6(7,32-19,1)	7,95(4,56-16,99)	6,91(4,09-11,78)	14(6,82-16,84)	5,06(2,68-11,99)	6,67(2,51-12,46)

Tabela XIII.3-2: Estatística descritiva (medianas, mínimos e máximos) das concentrações de n-alcenos ($\mu\text{g g}^{-1}$), mistura complexa não resolvida (MCNR) ($\mu\text{g g}^{-1}$), hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) ($\mu\text{g g}^{-1}$), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (16 HPA e HPA totais) (ng g^{-1}) e biomarcadores terpanos e esteranos (ng g^{-1}), por isóbata, para a 2ª campanha.

Parâmetro/Isobata (m)	25	50	75	100	150	400
Alifáticos						
HTP	8,79(5,04-11,56)	8,8(6,03-13,83)	11,02(6,06-15,99)	13,81(10,27-18,76)	11,26(8,21-13,85)	11,79(9,94-16,39)
n-alcenos totais	<0,1(<0,1-2,59)	<0,1(<0,1-1,01)	0,34(<0,1-1,2)	<0,1(<0,02-1,64)	<0,1(<0,1-0,12)	<0,1(<0,02-<0,1)
HRP	1,77(1,03-6,9)	2,1(1,81-3,28)	3,23(2,41-4)	1,64(1,16-6,23)	2,78(2,33-3,12)	1,21(1,11-1,45)
MCNR	7,18(3,17-9,03)	6,76(3,98-10,82)	8,04(3,35-12,26)	12,2(9,11-14,14)	8,53(5,44-10,73)	10,42(8,83-15,16)
HPA						
2-3 anéis	1,74(0,73-2,96)	1,95(0,73-6,27)	3,3(2,03-7,25)	3,91(2,75-5,84)	2,36(0,68-3,16)	2,12(0,76-3,15)
4-6 anéis	2,1(0,86-15,7)	8,54(6,79-41,25)	27,39(12,15-52,82)	27,07(10,3-52,69)	11,3(7,83-22,3)	18,66(12,33-21,36)
Alquilados	2,16(0,59-8,6)	5,17(0,6-53,57)	16,67(8,96-66,84)	26,04(10,22-51,82)	4,23(2,59-10,28)	5,95(3,77-9,04)
16 HPA	2,76(1,59-16,11)	8,74(7,02-32,36)	23,42(11,43-39,26)	25,33(11,26-39,7)	11,53(7,87-21,08)	18,12(12,76-20,3)
HPA Totais	6,13(2,24-26,32)	16,04(9,89-101,1)	47,36(23,14-126,92)	57,94(24,01-110,35)	17,16(12,33-35,75)	26,9(19,05-32,19)
Biomarcadores						
Σ Terpanos	<0,83(<0,83-5,29)	<2,5(<0,83-36,87)	32,26(<0,83-60,5)	15,76(<2,5-104,42)	1,35(<2,5-9,27)	11,66(6,84-61,53)
Σ Esteranos	<0,83(<0,83-<2,5)	<0,83(<0,83-<2,5)	<2,5(<0,83-2,92)	<2,5(<0,83-17,62)	<2,5(<0,83-<2,5)	<2,5(<0,83-<2,5)
Σ Terpanos+Esteranos	<0,83(<0,83-5,29)	<2,5(<0,83-36,87)	33,65(<0,83-63,42)	15,76(<2,5-122,04)	1,35(<2,5-9,27)	11,66(6,84-61,53)
C30-Hop	<0,83	6,35(5,59-7,11)	9,15(5,17-11,89)	5,35(3,13-21,3)	3,83(2,6-4,01)	5,87(3,91-17,67)

Parâmetro/Isobata	700	000	1300	1900	2200	Platô
(m)						
Alifáticos						
HTP	11,87(7,6-13,5)	12,21(7,96-15,87)	13,79(9,48-20,45)	9,35(7,41-13,19)	9,62(7,15-11,76)	12,84(8,98-16,83)
n-alcanos totais	<0,1(<0,1-0,43)	<0,1(<0,1-0,89)	0,41(<0,1-1,25)	<0,1(<0,1-0,14)	<0,1(<0,1-1,21)	<0,1(<0,02-<0,1)
HRP	3,7(2,8-4,25)	3,51(1,32-6,04)	4,21(2,67-5,65)	1,55(1,18-6,2)	4,94(3,32-7,21)	3,2(<0,1-8,8)
MCNR	8,54(3,35-9,81)	9,39(4,09-11,92)	9,36(6,81-16,08)	7,26(1,21-12,01)	4,18(2,39-8,44)	9,33(5,69-14,03)
HPA						
2-3 anéis	2,08(0-2,66)	2,56(0,8-3,4)	1,77(1,09-3,83)	2,89(1,64-3,29)	1,98(0,7-3,67)	2,76(2,01-3,05)
4-6 anéis	19,1(0-29,86)	22,11(17,92-30,29)	26,5(15,01-64,51)	21,12(15,26-26,37)	14,47(10,76-22,37)	13,38(12,08-20,81)
Alquilados	9,2(0-15,97)	8,89(4,85-15,85)	10,84(5-31,35)	7,99(4,79-18,32)	7,52(3,19-18,95)	8,73(2,37-14,17)
16 HPA	19,56(13,01- 27,08)	21,48(17,87-29,52)	24,89(15,99-63,98)	20,93(16,11-26,33)	14,48(10,69-23,7)	13,91(12,98-21,71)
HPA Totais	32,23(21,37-48,5)	33,35(23,57-49,22)	35,82(22,89-99,68)	31,5(21,69-47,76)	23,68(17,46-44,99)	24,77(17,47-36,36)
Biomarcadores						
∑Terpanos	32,43(6,28-69,44)	31,01(10,55-133,67)	49,31(26,32-84,4)	24,2(5,79-28,95)	11,48(3,51-24,89)	15,91(<0,83-85,72)
∑Esteranos	<2,5(<2,5-5,77)	<2,5(<2,5-14,21)	<2,5(<2,5-6,22)	<2,5(<2,5-2,5)	<2,5(<0,83-<2,5)	<2,5(<0,83-6,28)
∑Terpanos+Esteranos	32,43(6,28-75,21)	31,01(10,55-147,87)	49,31(26,32-87,26)	24,2(5,79-31,46)	11,48(3,51-24,89)	15,91(<0,83-92)
C30-Hop	11,81(3,53-18,61)	11,51(6,18-34,87)	13,74(9,71-20,04)	7,74(3,04-10,81)	3,59(2,63-8,68)	5,71(2,53-18,14)

XIII.3.1 N-alcenos, MCNR e HTP

Na primeira campanha, os valores da concentração de Σ n-alcenos variaram entre $<0,02$ e $4,04 \mu\text{g g}^{-1}$ apresentando valor médio de $0,7 \pm 3,81 \mu\text{g g}^{-1}$, enquanto na segunda campanha os valores variaram entre $<0,02$ e $2,59 \mu\text{g g}^{-1}$ apresentando valor médio de $0,61 \pm 0,55 \mu\text{g g}^{-1}$ (Tabelas XIII.3-1 e XIII.3-2). É importante ressaltar que, na primeira e na segunda campanha, 71% e 61% das estações, respectivamente, apresentaram valores $<0,10$ (LQ). Na **Figura XIII.3.1-1**, nota-se a maior frequência desses valores inferiores ao limite de quantificação, que estão compreendidos na primeira faixa de concentração dos marcadores (menor círculo).

Na primeira campanha os valores da concentração de mistura complexa não-resolvida (MCNR) variaram entre $<0,1$ e $22,00 \mu\text{g g}^{-1}$ apresentando valor médio de $5,88 \pm 3,60 \mu\text{g g}^{-1}$, enquanto na segunda campanha os valores variaram entre $1,21$ e $16,08 \mu\text{g g}^{-1}$ apresentando valor médio de $8,50 \pm 3,09 \mu\text{g g}^{-1}$. Nota-se que as maiores medianas estão nas isóbatas de 75, 100, 1000, 1300 m junto com as amostras do tipo Px na 1ª campanha (**Tabela XIII.3-1**). Na segunda campanha, as medianas são mais próximas entre as isóbatas (**Tabela XIII.3-2**) e as maiores concentrações não estão particularmente limitadas a uma região específica da Bacia (**Figura XIII.3.1-2**). Dessa forma, além dos valores de MCNR das amostras da segunda campanha apresentaram valor médio superior ao das amostras da primeira campanha, os valores encontrados entre as duas campanhas apresentam diferença significativa (teste U Mann-Whitney, $p < 0,05$ [$p = 2,87 \times 10^{-09}$]; teste Kruskal Wallis, $p < 0,05$ [$p = 5,93 \times 10^{-09}$]). A presença de MCNR em concentrações consideráveis na maioria das estações da Bacia de Santos, nas duas campanhas realizadas, sugerem presença de traços de petróleo proveniente de fontes petrogênicas nessa região.

Na primeira campanha os valores da concentração de HTP variaram entre $2,31$ e $23,35 \mu\text{g g}^{-1}$, apresentando valor médio de $7,89 \pm 3,75 \mu\text{g g}^{-1}$, enquanto na segunda os valores variaram entre $5,04$ e $20,45 \mu\text{g g}^{-1}$, apresentando valor médio de $11,52 \pm 3,03 \mu\text{g g}^{-1}$. Os valores de HTP apresentaram distribuição similar à MCNR, uma vez que a MCNR corresponde à maior porção dos HTP, já que os compostos resolvidos estão em concentrações muito baixas (**Tabelas**

XIII.3-1 e XIII.3-2). Dessa forma, além do valor médio de HTP da primeira campanha ser relativamente menor, também se observou diferença significativa entre as duas campanhas (teste U Mann-Whitney, $p < 0,05$ [$p = 1,33 \times 10^{-13}$]; teste Kruskal Wallis, $p < 0,05$ [$p = 4,33 \times 10^{-13}$]). A Figura XIII.3.1-3 ilustra a distribuição espacial dos resultados e a diferença entre os valores das duas campanhas

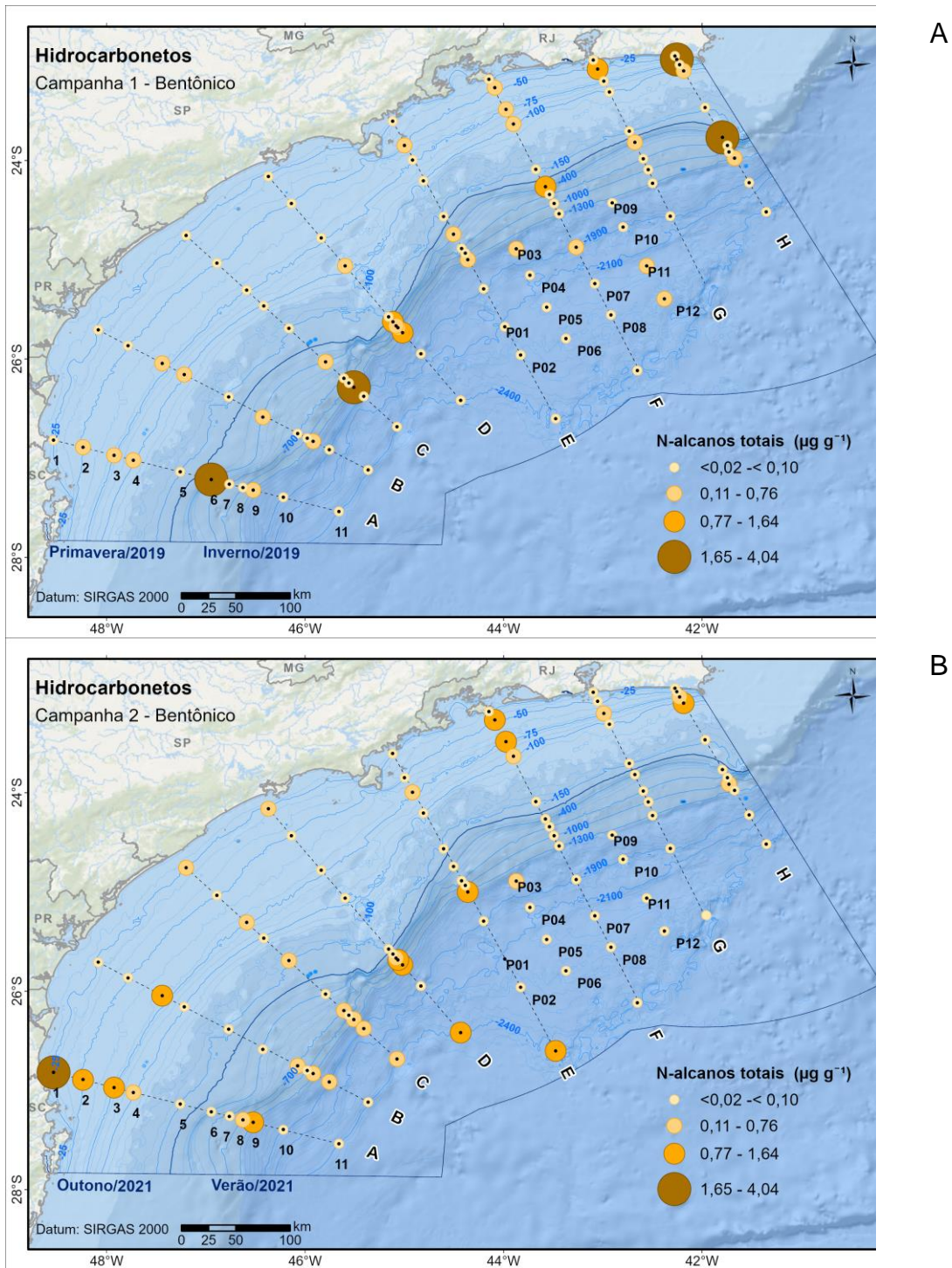
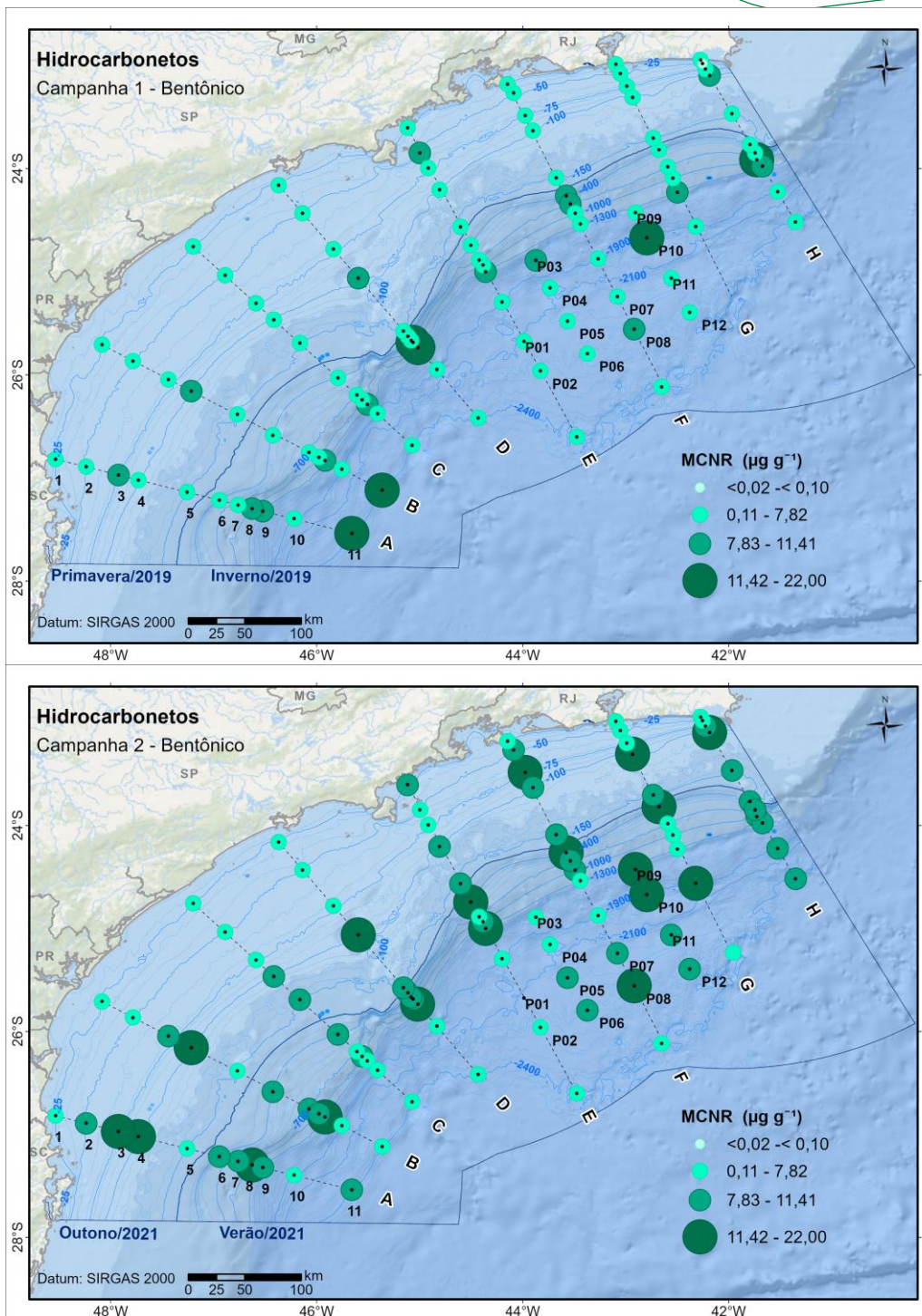


Figura XIII.3.1-1: Distribuição das concentrações do somatório de *n*-alcanos, expressas em $\mu\text{g g}^{-1}$, nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.



A

B

Figura XIII.3.1-2: Distribuição das concentrações da MCNR, expressas em $\mu\text{g g}^{-1}$, nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.

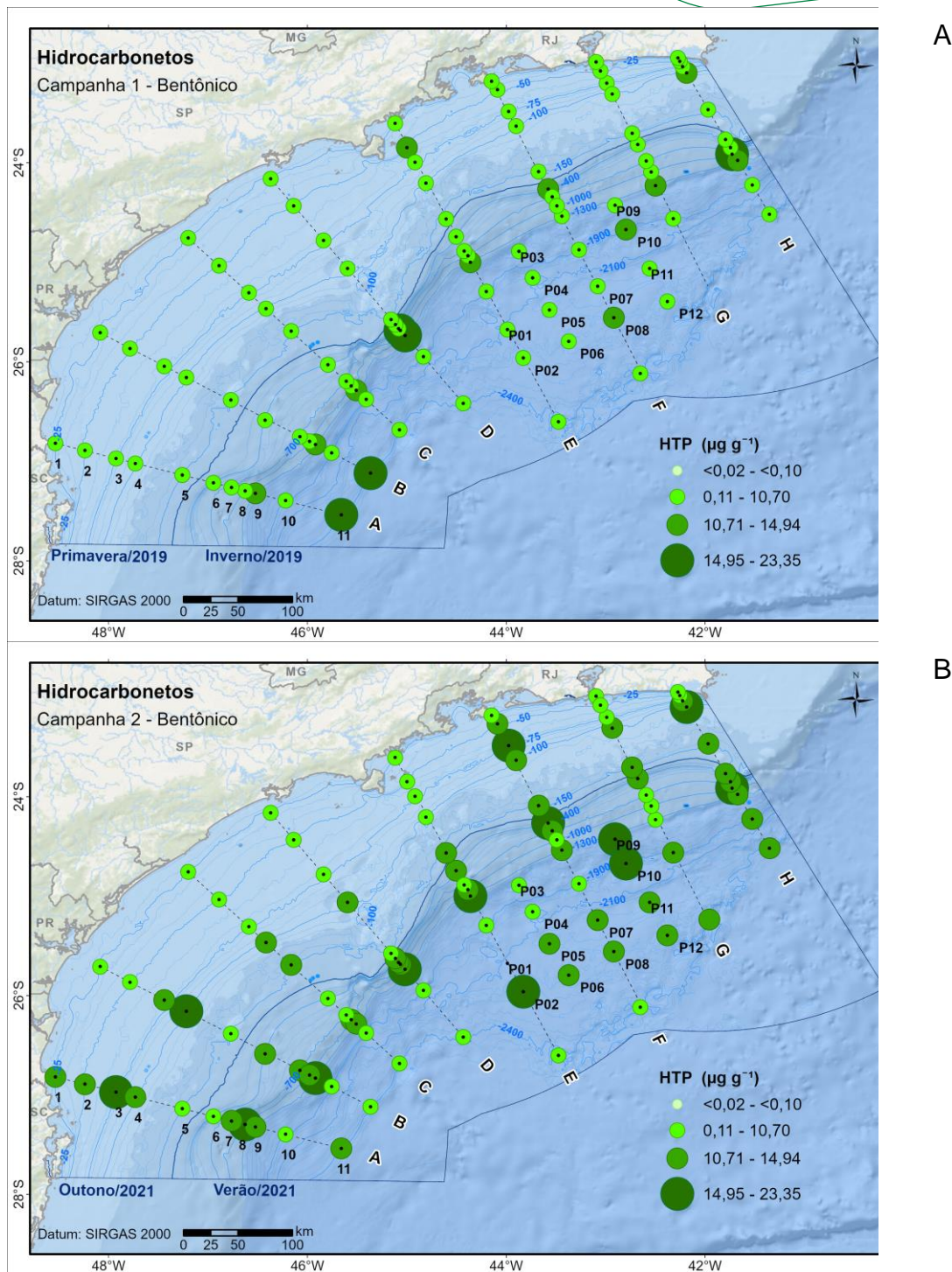


Figura XIII.3.1-3: Distribuição das concentrações da HTP, expressas em $\mu\text{g g}^{-1}$, nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.

XIII.3.2 HPA

Os valores de concentração dos 16 HPA prioritários (naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno[1,2,3-c,d]pireno, dibenzo[a,h]antraceno e benzo(g,h,i)perileno – US EPA, 1987) e dos HPA totais (37 HPA) variaram entre 0,76 e 174,83 ng g⁻¹ e 0,76 e 225,69 ng g⁻¹, respectivamente na 1ª campanha, e entre 1,59 e 63,98 ng g⁻¹ e 2,24 e 126,92 ng g⁻¹ respectivamente na 2ª campanha. Esses resultados indicam concentrações relativamente maiores de 16 HPA e de HPA totais na 1ª campanha. No entanto, quando se avalia estatisticamente, não há diferença significativa entre os valores encontrados para as duas campanhas nem para os 16 HPA nem para os HPA totais (teste U Mann-Whitney, $p > 0,05$ [$p = 0,15$ 16 HPA] [$p = 0,81$ HPA totais]).

Nas duas campanhas foram observadas concentrações relativamente mais elevadas de HPA nas isóbatas de 50 m, 75 m e 100, em particular na porção sul da Bacia (Figuras XII.3.2-1 e XII.3.2-2). No entanto, é necessário enfatizar que nessas isóbatas registrou-se uma maior variabilidade das concentrações de 16 HPA e de HPA totais entre as estações nas duas campanhas. Esses resultados podem ser explicados pela presença de um bolsão de lama na porção sul da bacia, que se destaca na região das isóbatas de 75 e 100 m, enquanto na porção norte, predominam sedimentos de maior diâmetro médio. A presença de maior concentração de HPA em sedimentos finos, com maior teor de matéria orgânica, é amplamente relatada na literatura.

Na 1ª e 2ª campanhas, os maiores valores de mediana foram encontrados na isóbata de 100 m e os menores na isóbata de 25 m. Na 1ª campanha a estação com maior concentração de 16 HPA foi a H08, enquanto na 2ª campanha foi a estação C09. Já para os HPA totais a estação com maior concentração na 1ª campanha foi a H08 e para a 2ª campanha foi a A03. Contudo, os níveis de concentração máximos encontrados estão bem abaixo dos níveis de TEL (*Threshold Effect Level*) determinado pelo NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), e que representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos deletérios a biota, cujo valor é

de 1684 ng g⁻¹ de HPA totais (total de 13 HPA) (Buchman, 2008).

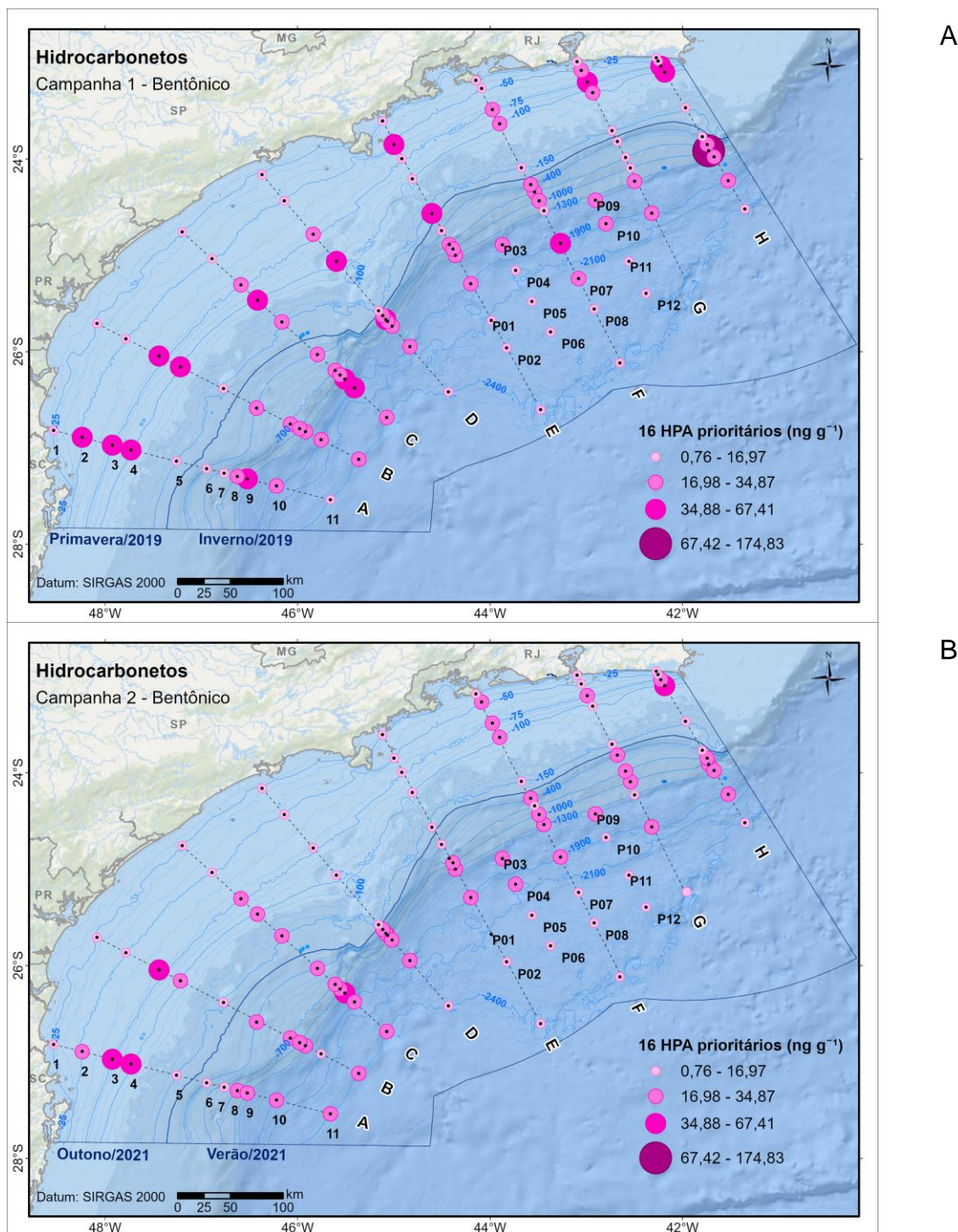


Figura XIII.3.2-1: Distribuição das concentrações do somatório de 16 HPA prioritários, expressas em ng g⁻¹, nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.

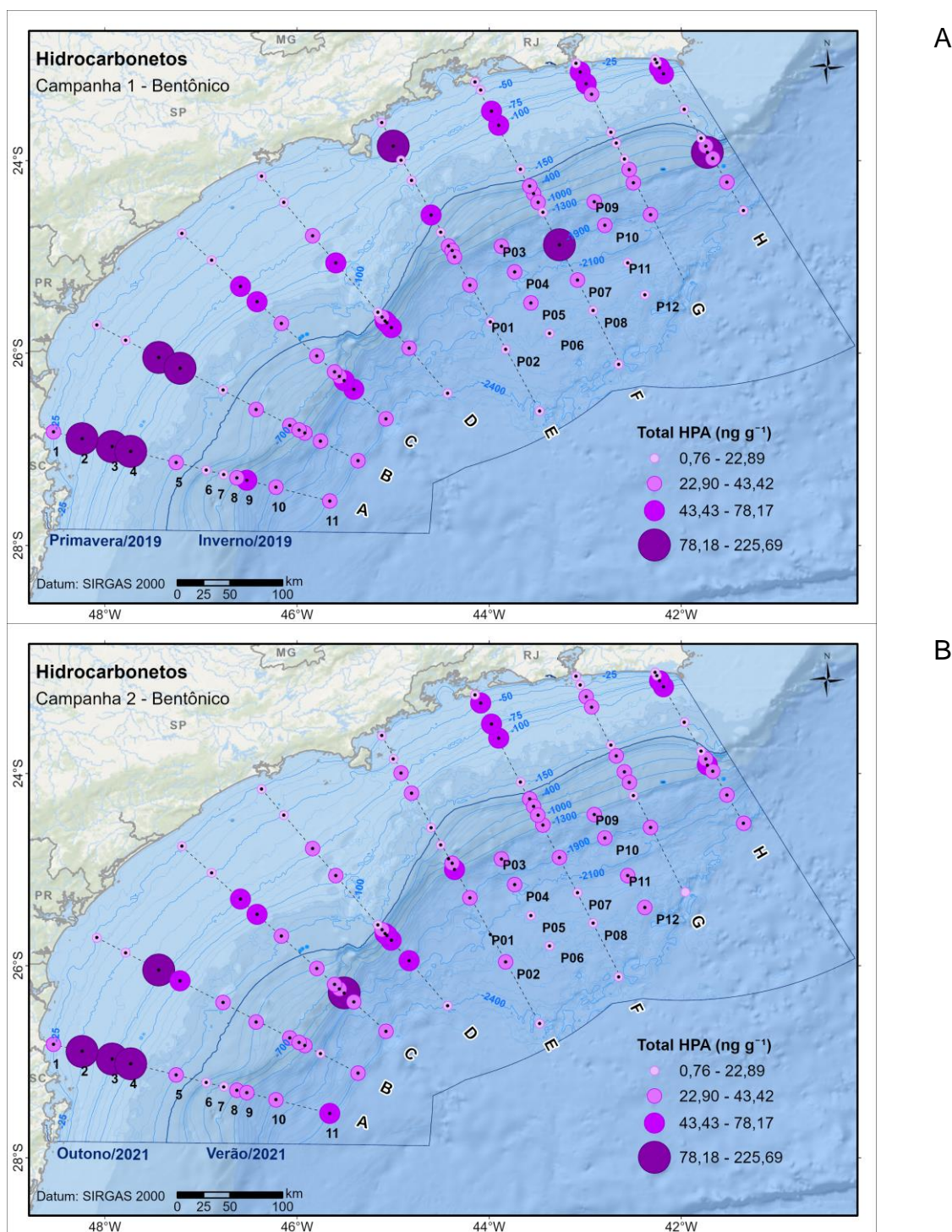


Figura XIII.3.2-2: Distribuição das concentrações do somatório do total de HPA, expressas em ng g^{-1} , nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.

XIII.3.3 Biomarcadores terpanos e esteranos

Nas Tabelas XIII.3-1 e XIII.3-2 estão apresentados os resultados da faixa de concentração de mediana dos Σ terpanos, Σ esteranos e Σ terpanos+esteranos e $17\alpha(H)\beta21R(H)C30$ hopano (C30-Hop) em cada isóбата. As Figuras XIII.3.3-1 e XIII.3.3-2 apresentam os mapas de distribuição espacial do Σ terpanos e de Σ esteranos, respectivamente. As maiores concentrações desses compostos foram observadas na porção norte da bacia, entre os transectos E e H. Os valores de concentração do Σ terpanos e de Σ esteranos variaram na 1ª Campanha entre <LD e 87,59 ng g⁻¹ e entre <LD e 25,43 ng g⁻¹, respectivamente. Na segunda campanha os valores de Σ terpanos e Σ esteranos variaram entre <LD e 133,67 ng g⁻¹ e <LD e 17,62 ng g⁻¹, respectivamente. Os valores medianos de concentração para o Σ terpanos foram de 13,10 ng g⁻¹ e 16,71 ng g⁻¹ na 1ª e na 2ª campanha, respectivamente. É importante ressaltar que mais de 80% das estações da 1ª e da 2ª campanhas apresentaram valores <0,83 (<LD) ou <2,50 (<LQ) para o Σ esteranos. Em todas as estações o Σ terpanos foi maior que o Σ esteranos, algo esperado considerando que os esteranos são mais suscetíveis à degradação que os hopanos (Peter e Moldowan, 1993) e ocorrem em concentrações mais baixas no petróleo. As baixas concentrações dos biomarcadores hopanos e esteranos são um indicativo de valores linha de base (i.e., *background*), no entanto, também indicam que traços de petróleo são ubíquos nos sedimentos superficiais da Bacia de Santos.

O Σ terpanos apresentou os maiores valores de mediana nas isóbatas de 1300 m e 1900 m na 1ª e 2ª campanhas, respectivamente. Para o Σ esteranos, devido a maior parte das estações apresentarem concentrações inferiores ao LQ, a avaliação dos valores de mediana das isóbatas não se mostrou adequada, no entanto, podemos observar na Figura XIII.3.3-2 que as estações com concentrações acima do limite de quantificação para esteranos encontram-se predominantemente entre as isóbatas de 150 m e 1300 m na 1ª campanha, e entre 1000 m e 1900 m na 2ª campanha.

De todos os terpanos e esteranos analisados (**Anexo XIII-1**), apenas o C30-Hop ($17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -30 hopano) e o C29-Hop ($17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ -30 norhopano) apresentaram valores superiores ao limite de quantificação em mais de 50% das

estações nas duas campanhas, apresentando valores de mediana de 6,16 ng g⁻¹ e 4,44 ng g⁻¹, respectivamente na 1ª campanha e de 5,70 ng g⁻¹ e 4,36 ng g⁻¹, respectivamente, na 2ª campanha. Ambos os hopanos são caracteristicamente provenientes de petróleo, com a configuração termodinamicamente estável 17 α (H), 21 β (H) (Peters et al., 2007).

A procedência dos óleos fonte dos marcadores não pode ser determinada sem que se faça um estudo do padrão destes compostos em óleos da região. Esse estudo não pôde ser realizado no âmbito do projeto Santos, mas não está excluída a possibilidade de realizá-lo no futuro.

Como a maioria dos biomarcadores analisados apresentaram valores inferiores ao limite de quantificação, a utilização de um conjunto robusto de razões entre os compostos para avaliação de fontes ou de maturidade da matéria orgânica mostrou-se inviável.

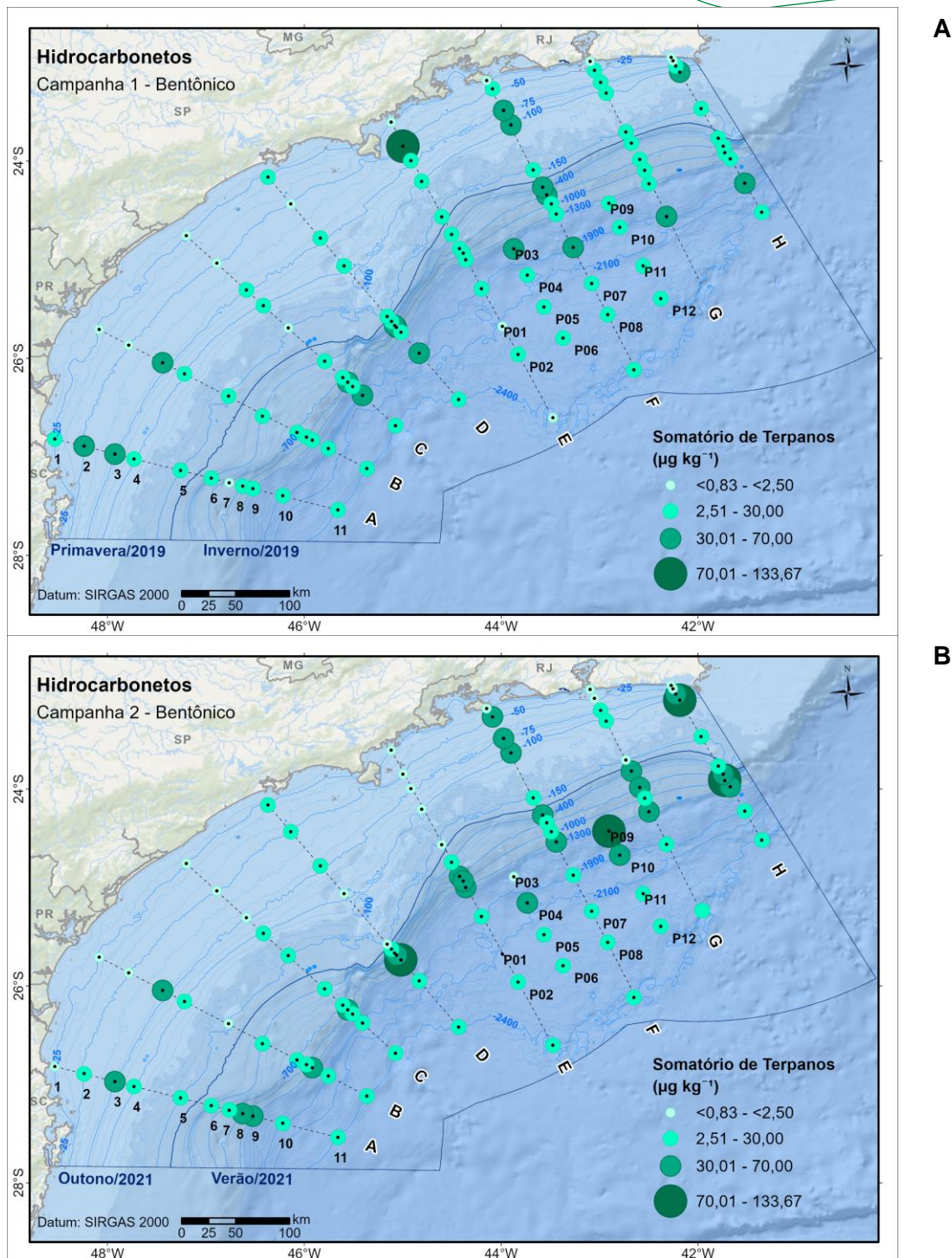


Figura XIII.3.3-1: Distribuição das concentrações do somatório de terpanos, expressas em ng g^{-1} , nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.

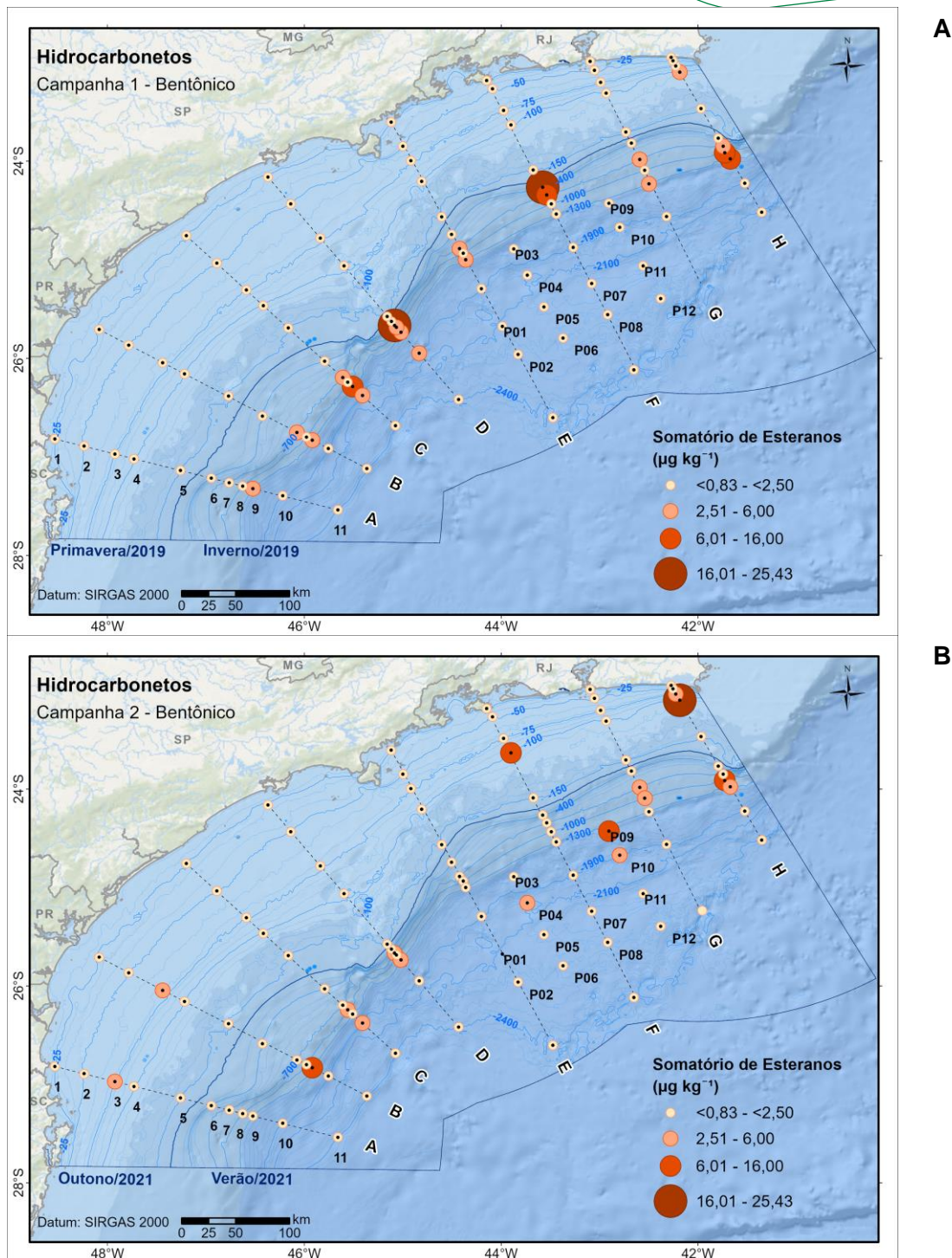


Figura XIII.3.3-2: Distribuição das concentrações do somatório de esteranos, expressas em ng g^{-1} , nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.

XIII.4 Discussão

Em função do grande número de n-alcenos abaixo do limite de detecção, o IPC (índice de preferência de carbono) não foi utilizado neste trabalho, uma vez que sua robustez resta comprometida. Na ausência de indicadores de origem baseados na concentração de n-alcenos, optou-se avaliar as amostras por inspeção avaliação visual dos cromatogramas e utilizar a razão MCNR/HRP.

Através da inspeção visual dos cromatogramas, obtidos por cromatografia gasosa e detecção por ionização de chama, foi possível observar, entre n-C14 e n-C17, evidências de traços de fluido de perfuração de base olefínica em algumas amostras, i.e. F10 e P10, na primeira campanha, e P10 e P02 na segunda campanha. A identidade das α -olefinas foi confirmada pela análise cromatográfica acoplada à espectromêtro de massas, funcionando em modo varredura, e comparação com a biblioteca de espectros da NIST. Essa avaliação foi realizada em adição ao escopo original do projeto. Embora a concentração das olefinas nessas estações não tenha sido determinada (pela ausência de padrões de calibração disponíveis), pode-se inferir não serem elevadas, uma vez que a área desses compostos é considerada na determinação de HTP e este parâmetro apresentou concentrações compatíveis com as das demais estações (estações com fluido não se destacaram na área de estudo).

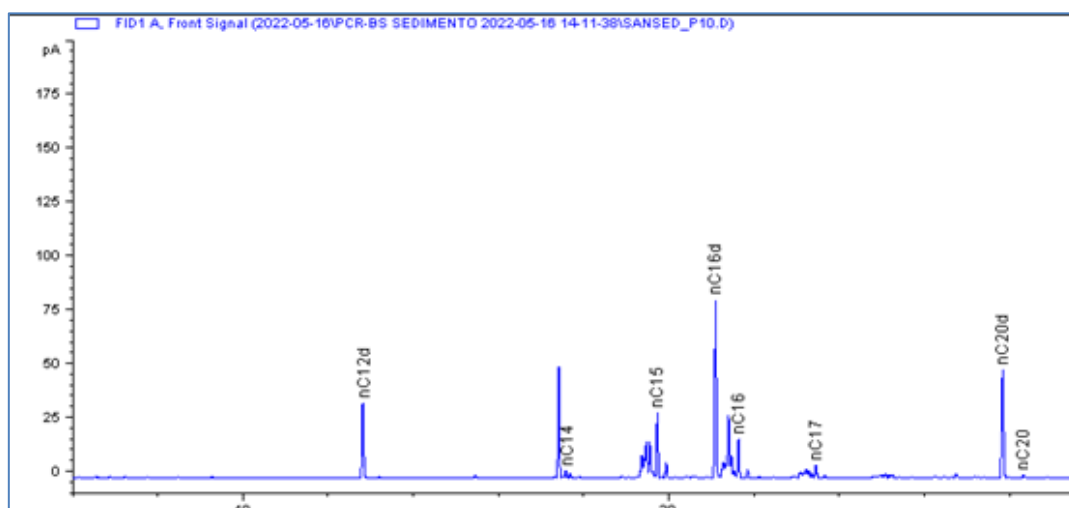


Figura XIII.4-1: Cromatograma da estação P10, 1ª campanha, com a área correspondente à base olefínica destacada.

A relação entre a MCNR e os HRP, que são todos os compostos que se encontram na fração alifática e são resolvidos pela coluna capilar cromatográfica, é utilizada por alguns autores para avaliação do diagnóstico de ambientes (Simoneit; Mazurek, 1982; Simoneit, 1984). Valores de MCNR/HRP maiores que 4 são indicativos de fonte petrogênica, por petróleo degradado. Na primeira campanha, a razão variou entre 0,11 e 16,23, apresentando uma mediana de 3,02. Pode-se observar a predominância de estações com valores de MCNR/HRP menor que 4 na primeira campanha, destacando-se a isóbata de 100 m que apresentou MCNR/HRP maior que 4 na maioria das estações, assim como as estações A11 e B11 com valores muito superiores a 4 (**Figura XIII.4-2**). Na segunda campanha o índice variou entre 0,2 e 12,31, apresentando uma mediana de 2,99, onde se destacaram as isóbatas de 100 m, 400 m e 1900 m, cuja maioria das estações teve valores de MCNR/HRP superiores a 4.

Finalmente, o valor máximo obtido para HTP (F1+F2) nas duas campanhas foi de 23,35 $\mu\text{g g}^{-1}$, muito inferior ao limite de concentração de 100 $\mu\text{g g}^{-1}$ para o total de alifáticos, sugerido por Readman et al. (2002), acima do qual há indicativo de contaminação ambiental.

Na **Figura XIII.4-3** estão apresentados os histogramas da distribuição de HPA de algumas amostras das duas campanhas realizadas. Esses resultados indicam que ao longo da área de estudo, assim como entre as campanhas, os HPA apresentam diferentes fontes predominantes. Por exemplo, na estação A01 da 1ª campanha observamos a presença do perileno majoritariamente em comparação com os demais HPA observados, indicando uma importante contribuição diagenética de HPA para essa estação, podendo ter sua origem relacionada ao aporte de material orgânico terrestre possivelmente devido à proximidade dessa estação (25 m de profundidade) com a desembocadura do rio Itajaí-Açu (Venkatesan et al., 1988; Bertrand et al., 2013; Hu et al., 2014). No cromatograma dessa estação destacam-se os n-alcenos com número ímpar de carbonos, ainda que em concentrações discretas, reforçando a tese do aporte terrestre (**Figura XIII.4-4**). Nas estações F10 e A03 na 1ª campanha e nas estações A02, A03 e A04 na 2ª campanha, a distribuição dos HPA nos sedimentos apontou para uma mistura de fontes petrogênicas e pirolíticas, indicada pela presença de HPA de dois e três anéis, homólogos alquilados C1-

a C4- e HPA de alto peso molecular (Stogiannidis and Lane, 2015). Nas estações A03 e A02 se observa uma contribuição importante do perileno, indicando uma provável influência do aporte de material terrígeno nessa região devido à proximidade com o continente (50 m e 75 m de profundidade, respectivamente). Já nas estações H08, na 1ª campanha, e C09, da 2ª campanha, a distribuição de HPA foi dominada pela presença de HPA parentais e de alto peso molecular indicando uma fonte predominantemente pirolítica de HPA nessas estações (Stogiannidis e Lane, 2015).

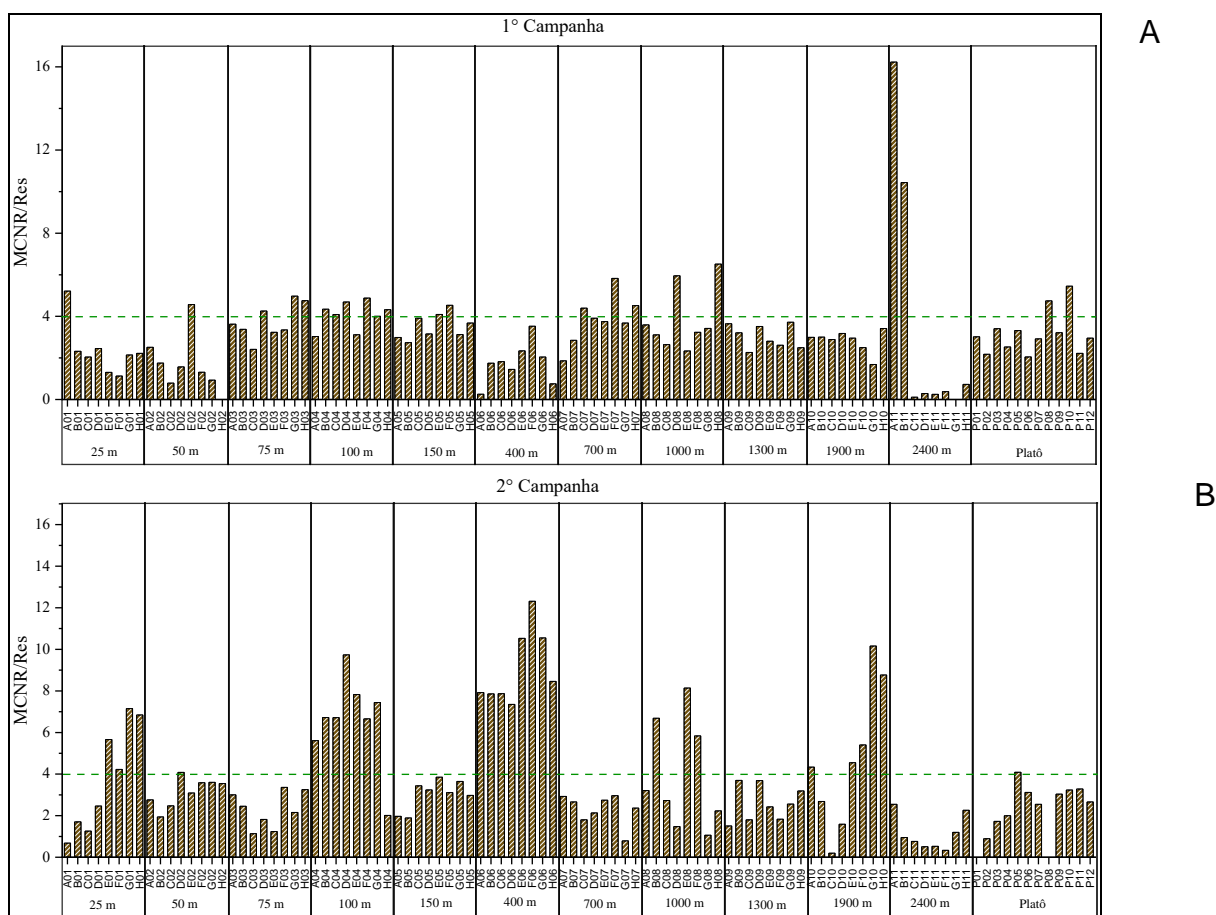


Figura XIII.4-2: Razão diagnóstica MCNR/HRP para todas as estações, nas amostras de sedimentos coletadas na 1ª (A) e na 2ª (B) campanhas.

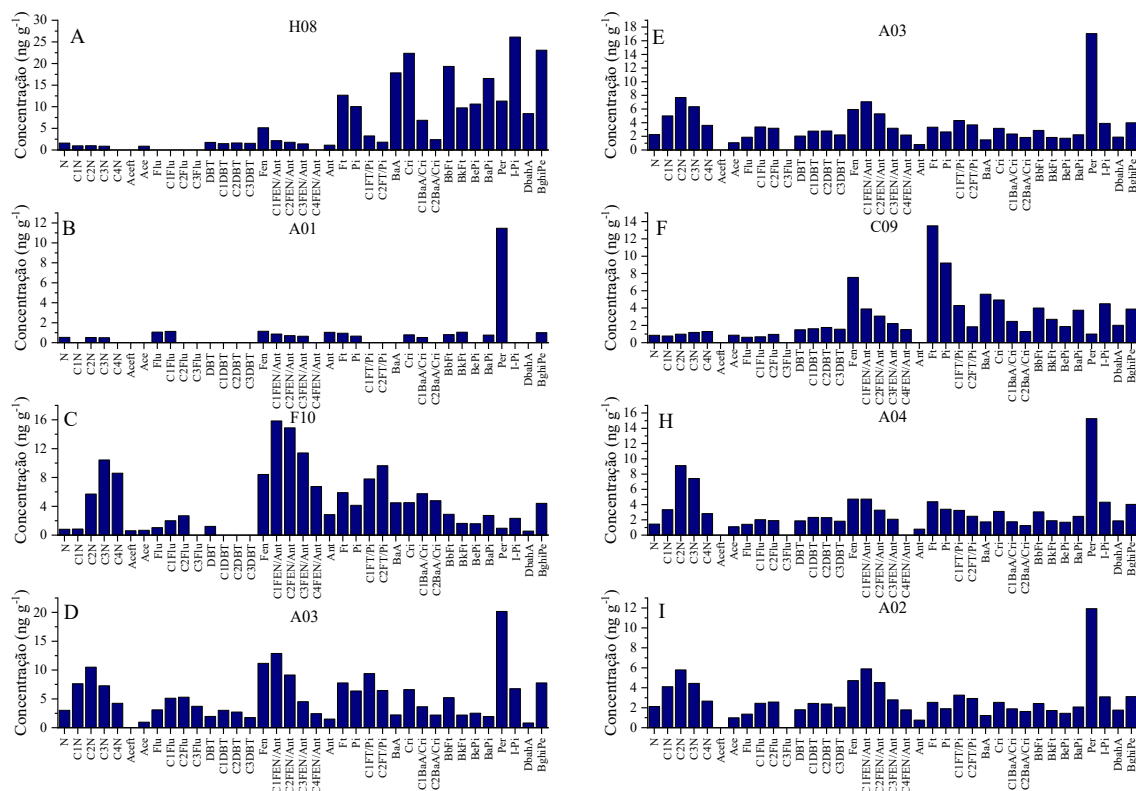


Figura XIII.4-3: Histogramas de distribuição de HPA nas estações da 1ª (A; B; C; D) e 2ª (E; F; H; I) campanhas de amostragem na Bacia de Santos.

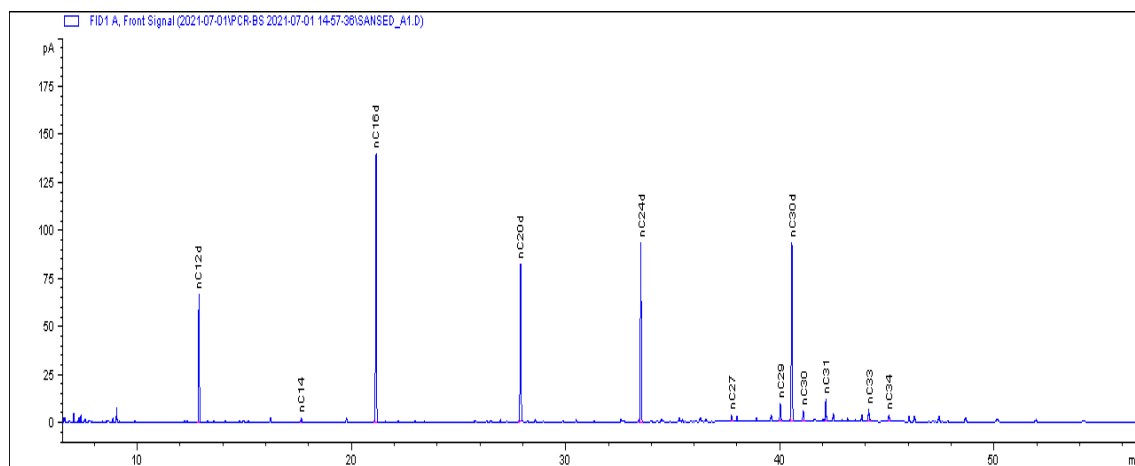


Figura XIII.4-4: Cromatograma da estação A01 na 1ª campanha.

As Figuras XIII.4-5 e XIII.4-6 apresentam os valores de somatório dos HPA de 2-3 anéis, de 4-6 anéis e os alquilados em cada estação na primeira e segunda campanhas, respectivamente. Na 1ª campanha os HPA de 2-3 anéis, 4-6 anéis e os alquilados variaram entre <LD a 9,02 ng g⁻¹, <LD e 194,31 ng g⁻¹

e <LD e $107,03 \text{ ng g}^{-1}$, apresentando as médias $2,68 \pm 1,64 \text{ ng g}^{-1}$, $25,74 \pm 24,23 \text{ ng g}^{-1}$ e $12,83 \pm 19,47 \text{ ng g}^{-1}$, respectivamente. Na 2ª campanha os HPA de 2-3 anéis, 4-6 anéis e os alquilados variaram entre $0,68$ e $7,25 \text{ ng g}^{-1}$, $0,86$ e $64,51 \text{ ng g}^{-1}$ e $0,59$ e $66,84 \text{ ng g}^{-1}$, apresentando as médias $2,49 \pm 1,47 \text{ ng g}^{-1}$, $19,37 \pm 10,81 \text{ ng g}^{-1}$ e $11,30 \pm 11,63 \text{ ng g}^{-1}$, respectivamente. Os resultados indicam a predominância dos HPA de 4-6 anéis, em função das maiores concentrações médias desses compostos nas duas campanhas na região da Bacia de Santos.

Considerando a distribuição dos HPA, as principais diferenças estão localizadas nas concentrações e na contribuição dos HPA de 2-3 anéis, 4-6 anéis e dos alquilados nas isóbatas de 25 m, 50 m, 75 m e 100 m nas duas campanhas. Essas diferenças podem ser explicadas pela heterogeneidade dos sedimentos ao longo das isóbatas na plataforma. Não foram observadas diferenças relevantes no padrão de distribuição de concentração de HPA nas estações entre as duas campanhas. É importante ressaltar os valores bastante acima da média de HPA de 4-6 anéis na estação H08, relacionados à fonte pirolítica, e dos HPA alquilados nas estações A03 e F10 na 1ª campanha, que indicam contribuição petrogênica importante.

Na **Figura XIII.4-7** estão apresentadas as contribuições percentuais dos HPA parentais e alquilados de dois a seis anéis nas duas campanhas. Os HPA de 4 anéis foram os que mais contribuíram percentualmente para a concentração dos HPA totais nas duas campanhas, apresentando contribuições médias de $43,96 \pm 8,05\%$ e $36,84 \pm 8,61\%$, respectivamente. Em ambas as campanhas, a distribuição da contribuição dos HPA ao longo das estações foi similar, com exceção das estações localizadas nas isóbatas de menor profundidade (25 m, 50 m e 75 m de profundidade). A principal diferença observada entre as duas campanhas foi a diminuição da contribuição dos HPA de 4 anéis e o aumento na contribuição de HPA de 2 anéis na segunda campanha, quando comparada à primeira.

A predominância de compostos de 4 a 6 anéis nas amostras de sedimentos da Bacia de Santos pode indicar a combustão de combustível fóssil e biomassa como a principal fonte dos HPA (Barhoumi et al., 2019). No entanto, as propriedades físico-químicas desses compostos os tornam persistentes por

períodos mais longos em condições ambientais, e relativamente mais facilmente adsorvidos na superfície de partículas finas, quando comparados aos HPA de 2 a 3 anéis (Lin et al., 2013).

Na **Figura XIII.4-8** estão apresentados gráficos *box-plot* das concentrações dos 16 HPA prioritários e HPA totais das estações por isóbata. Em ambas as campanhas, ocorre uma tendência de aumento das concentrações entre 25m e 100 m de profundidade, uma queda em 150 m, seguida de um novo aumento até 1900 m. Essa tendência está possivelmente relacionada à maior variação das características texturais desses sedimentos, assim como seus níveis de carbono orgânico total (COT) e de sedimentos finos (silte e argila), tendo em vista que as características composicionais do sedimento podem ser importantes fatores na dispersão de compostos orgânicos hidrofóbicos em ambientes aquáticos, sendo agentes decisivos nos processos de transporte e deposição (Masood et al., 2016). Após 400 m, a variabilidade dos resultados é menor, provavelmente refletindo uma maior homogeneidade do conteúdo de matéria orgânica e da granulometria dos sedimentos no talude.

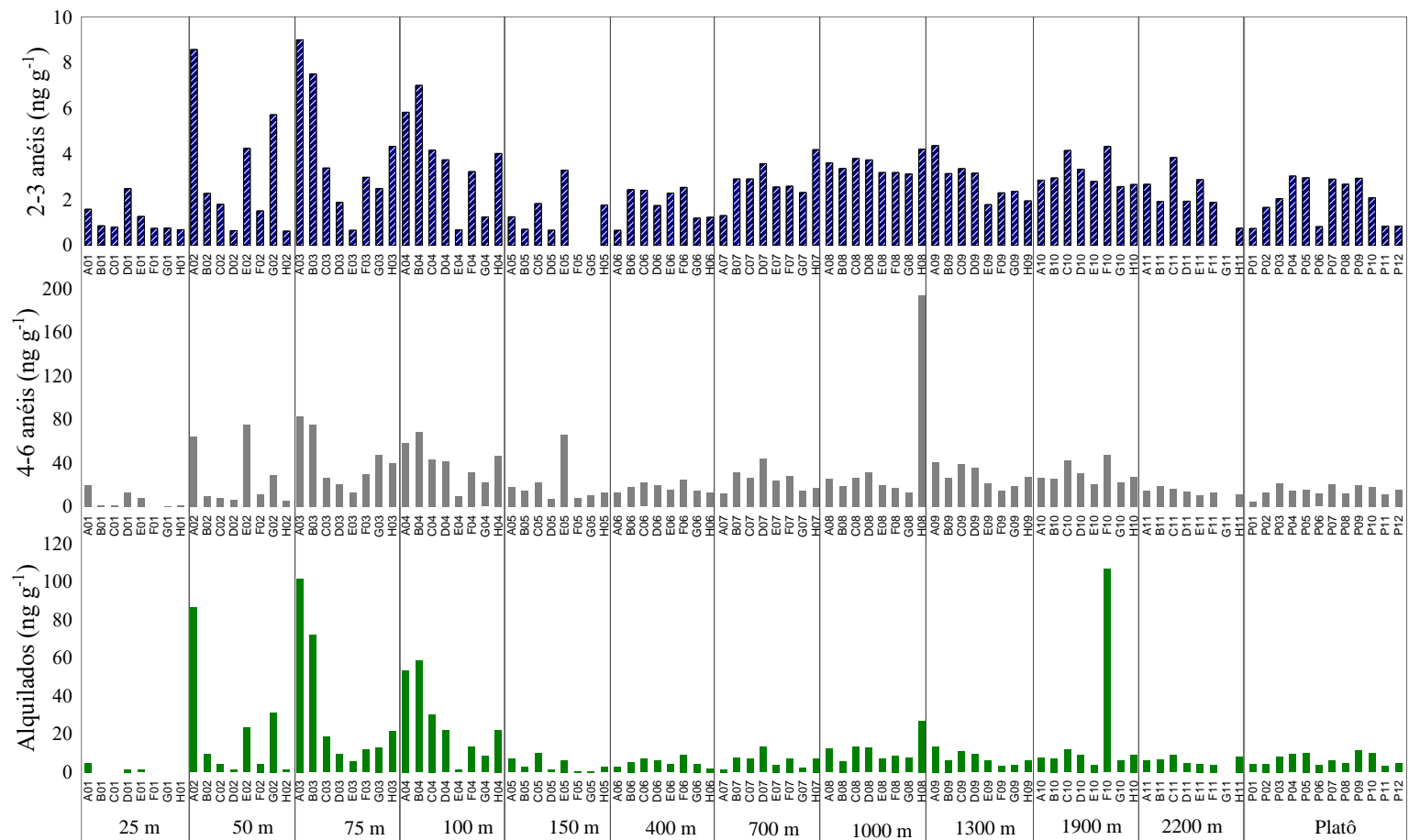


Figura XIII.4-5: Concentrações em ng g^{-1} de HPA de 2-3 anéis, 4-6 anéis e alquilados por estação na 1ª campanha.

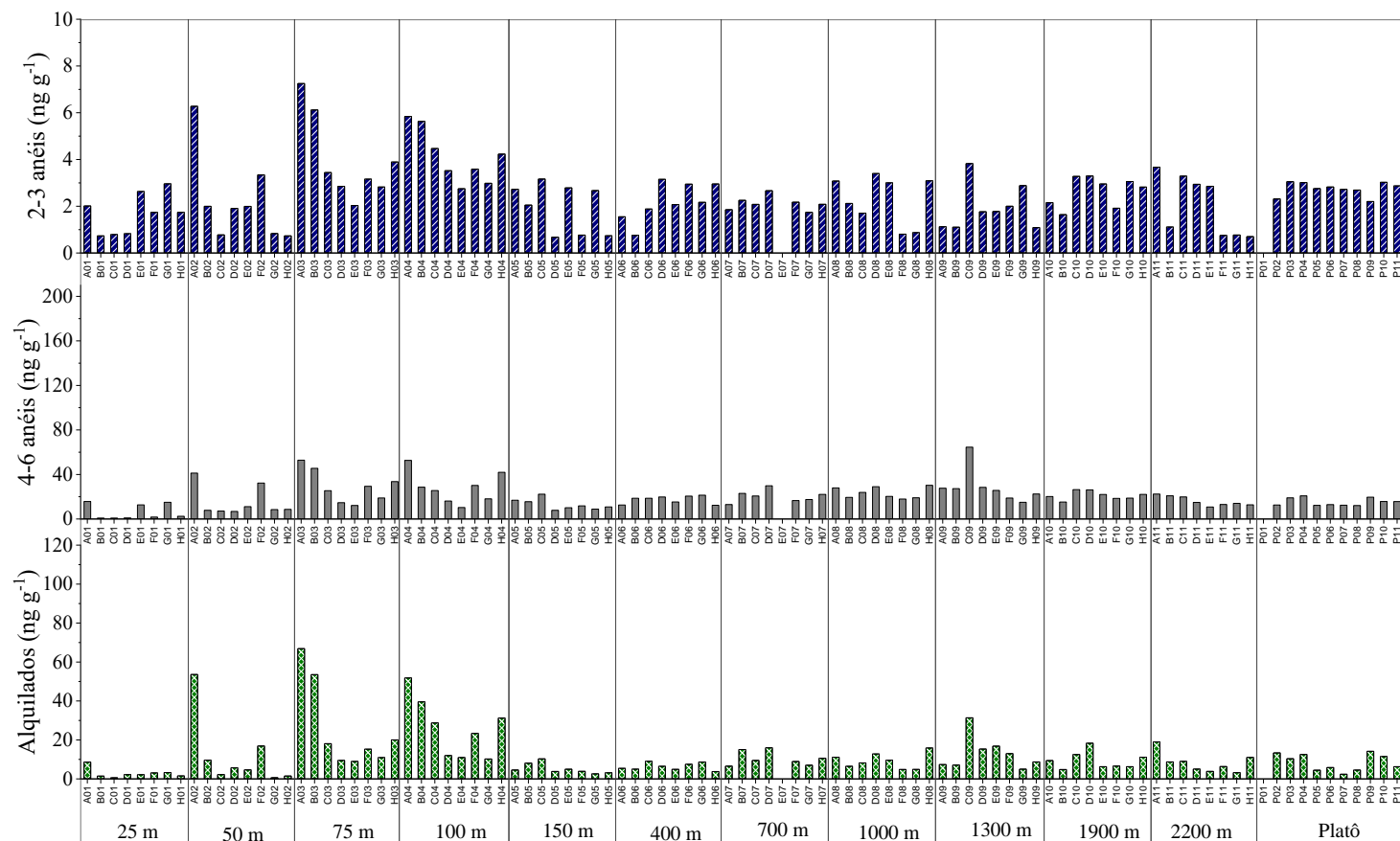


Figura XIII.4-6: Concentrações em ng g⁻¹ de HPA de 2-3 anéis, 4-6 anéis e alquilados por estação na 2^a campanha.

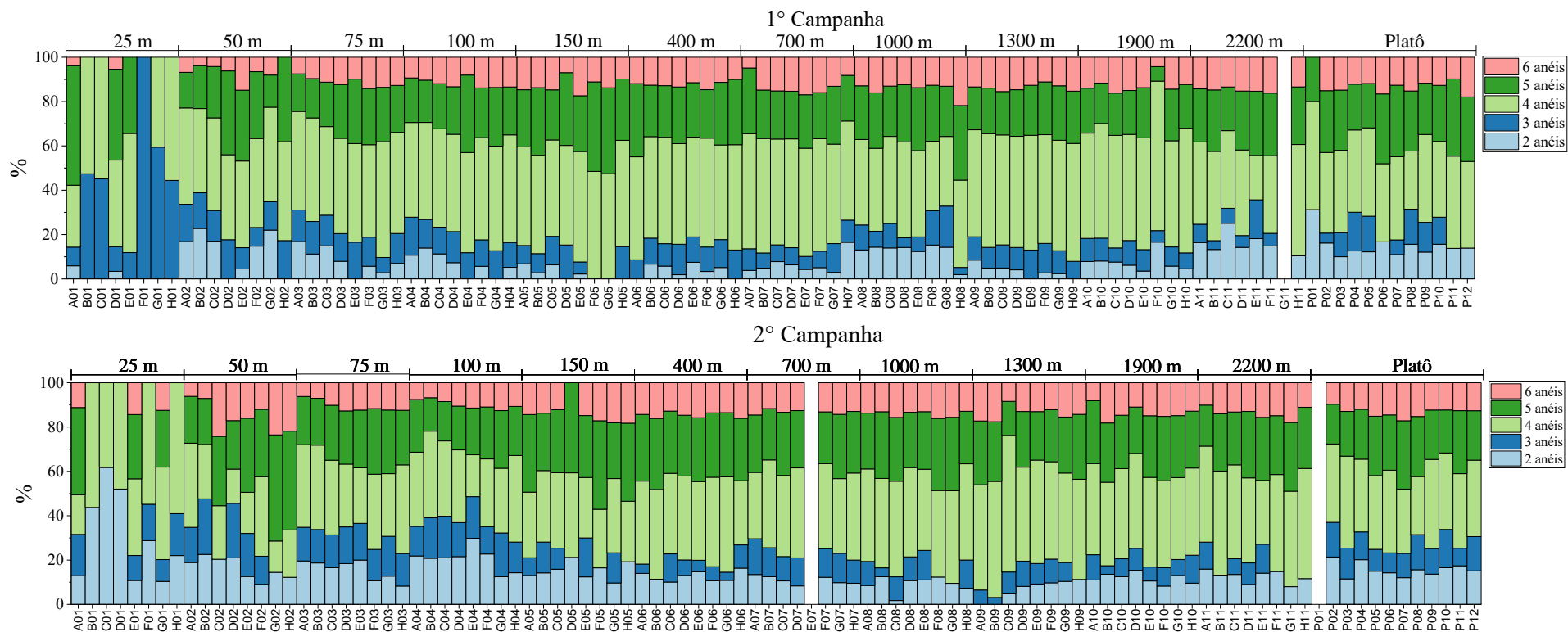


Figura XIII.4-7: Contribuições percentuais dos HPA parentais e alquilados de dois a seis anéis nas duas campanhas.

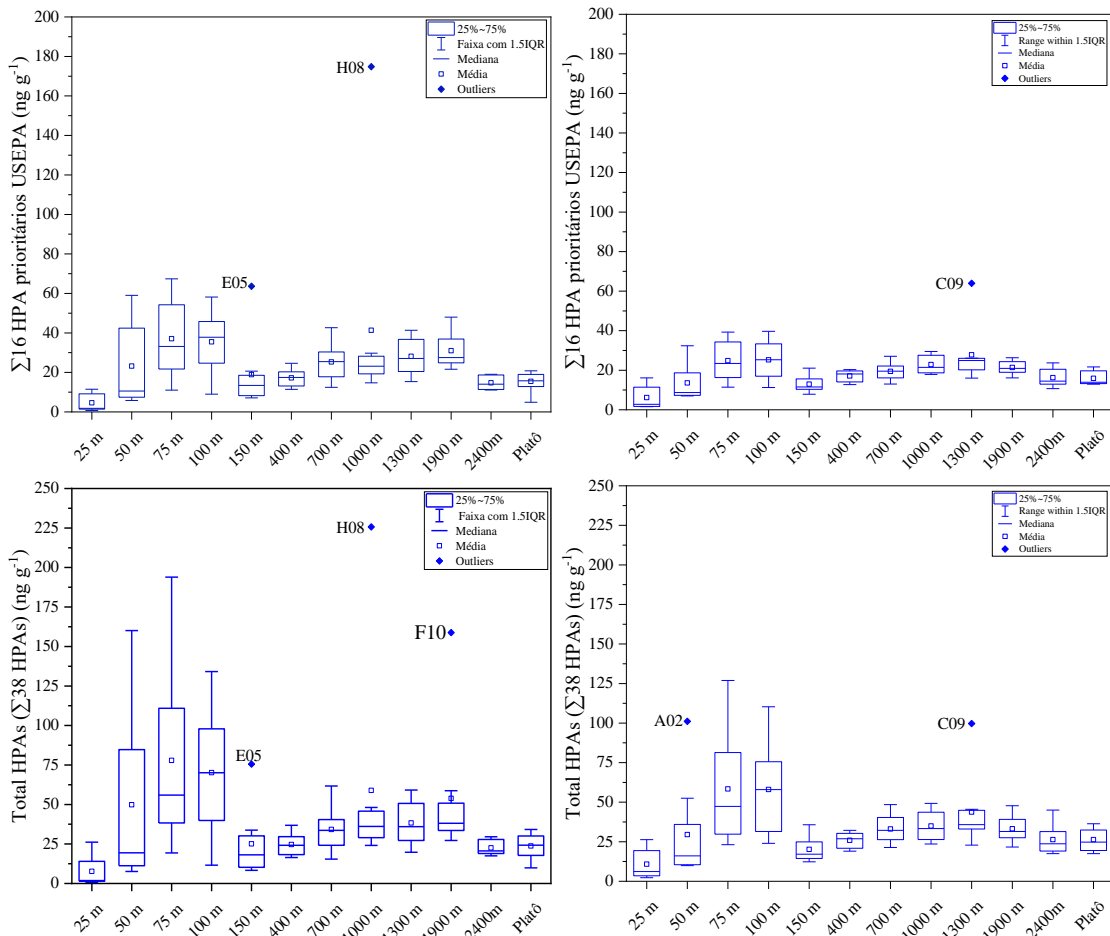


Figura XIII.4-8: Gráficos box-plot dos resultados de 16 HPA e HPA totais da 1ª (A; C) e da 2ª (B; D) campanhas.

Em estudo realizado na Bacia do Rio Fraser, Yunker et al. (2002) propuseram que as concentrações de certos HPA podem ser representadas como razões entre seus pares de isômeros para identificar suas possíveis fontes nos sedimentos. Essas razões isoméricas foram formuladas com base nas diferenças entre o calor de formação dos isômeros (Yunker et al., 2002; Tobiszewski e Namieśnik, 2012; He et al., 2014). Enquanto os HPA resultantes de processos de combustão incompleta (pirolíticos) geralmente apresentam uma maior proporção de isômeros menos estáveis termodinamicamente, os isômeros “cinéticos”, os HPA mais estáveis termodinamicamente originam-se em processos de baixa temperatura, controlados pelas propriedades termodinâmicas. Como o processo de geração do petróleo ocorre em temperaturas mais baixas, comparativamente à combustão, os compostos com maior estabilidade termodinâmica são preferencialmente formados (Yunker et al., 2002; Peters; Walters; Moldowan, 2007). Já as razões que incluem séries de

alquilados (Wang et al., 1999) são baseadas na predominância dos HPA alquilados gerados em condições brandas durante a formação do petróleo, em contraste com os processos de combustão a temperaturas relativamente altas que favorecem a formação de hidrocarbonetos policíclicos parentais não substituídos. O índice pirolítico definido por Wang et al. (1999) é definido como a razão entre os HPA parentais de 3 a 6 anéis aromáticos (excluindo os homólogos não alquilados das 5 séries de HPA alquilados) e as 5 séries de HPA alquilados (naftalenos, fluorenos, dibenzotiofenos, fenantrenos e crisenos) incluindo o homólogo parental ($(\sum \text{HPA parentais de 3-6 anéis}) / (\sum 5 \text{ séries de HPA alquilados})$).

As quatro razões diagnósticas utilizadas neste trabalho (Wang et al., 1999; Yunker et al., 2002) foram calculadas quando os compostos envolvidos se encontraram em concentrações acima do limite de quantificação para a maior parte das amostras, a saber: $\text{Flt}/(\text{Flt}+\text{Pir})$; $\text{Ipi}/(\text{Bpe}+\text{Ipi})$; $\sum(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\sum(5 \text{ séries HPA alquilados})$ e $\% \text{Pe}/(\sum \text{HPA com 5 anéis})$. As razões $\text{Flt}/(\text{Flt}+\text{Pir})$ e $\text{Ipi}/(\text{Bpe}+\text{Ipi})$ foram plotadas contra a razão $\sum(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\sum(5 \text{ séries HPA alquilados})$, associadas às suas respectivas faixas de identificação de fontes, em diagramas cruzados (Figuras XIII.4-9 e XIII.4-10). Através desses diagramas, a classificação das estações quanto às fontes de HPA, se oriundos de processos de combustão ou de petróleo bruto, pode ser mais facilmente visualizada (Budzinski et. al., 1997).

O uso de razões diagnósticas em regiões tropicais, onde as temperaturas, a fotoquímica e atividade microbiológica são elevadas, deve ser realizado e interpretado com cautela, já que a degradação preferencial de compostos pode alterar as razões e, portanto, seu desempenho na indicação da fonte original dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (Wagener et al., 2010).

Valores da razão $\text{Flt}/(\text{Flt} + \text{Pir}) < 0,4$ são indicativos de fontes petrogênicas, valores entre 0,4 e 0,5 são característicos de combustão de combustíveis fósseis e valores $> 0,5$ são característicos de queima de biomassa (Yunker et al., 2002; Pies et al., 2008). A razão $\text{Flt}/(\text{Flt} + \text{Pir})$ variou entre 0,49 e 0,68, apresentando uma mediana de 0,59 na 1ª campanha, sugerindo que a principal fonte de HPA das amostras da Bacia de Santos como de combustão de biomassa. Na 2ª Campanha a razão variou entre 0,42 e 0,62, apresentando uma mediana de 0,53,

também indicando como fonte predominante de HPA a combustão de biomassa.

Para o índice $\ln(\text{cd})_{\text{pir}}/(\ln(\text{cd})_{\text{Pir}} + \text{B}(\text{ghi})_{\text{Pr}})$, valores $<0,2$ são indicativos de fontes petrogênicas, valores entre 0,2 e 0,5 sugerem a contribuição de combustão de petróleo e $> 0,5$ de combustão de biomassa (Yunker et al., 2002; Venturinni et al., 2015). A razão $\ln(\text{cd})_{\text{pir}}/(\ln(\text{cd})_{\text{Pir}} + \text{B}(\text{ghi})_{\text{Pr}})$ variou entre 0,33 e 0,54, apresentando uma mediana de 0,49 na 1ª campanha, caracterizando a fonte relativamente majoritária de HPA nas amostras de sedimentos da Bacia de Santos como de combustão de petróleo. Na 2ª campanha a razão variou entre 0,48 e 0,54, apresentando uma mediana de 0,51, também indicando uma fonte predominante de HPA provenientes de combustão de petróleo.

Para o índice $\sum(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\sum(5 \text{ séries HPA alquilados})$ valores $<0,05$, são indicativos de fontes petrogênicas, valores entre 0,05 e 0,8 sugerem a presença de fontes mistas e $> 0,8$ fontes pirolíticas. Os valores da razão $\sum(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\sum(5 \text{ séries HPA alquilados})$ variaram entre 0,34 e 3,66 apresentando uma mediana de 1,52 na 1ª campanha, indicando que diversas estações apresentam fontes pirolíticas, mas também fontes mistas de HPA. Na 2ª campanha a razão variou entre 0,09 e 3,26 apresentando mediana de 1,22, indicando características de fontes de HPA similares às da 1ª campanha. O índice pirolítico é reconhecido pela sua robustez, pois como estão incluídos todos os compostos analisados, problemas pontuais de integração são “diluídos”, minimizando a interferência do resultado de concentração incorreto de um composto no valor da razão. Nesse trabalho, foi a razão diagnóstica mais efetiva em detectar a introdução de contribuição petrogênica Bacia de Santos, resultando em classificação como fonte mista em algumas estações, em um ambiente em que a maioria das amostras de sedimentos é dominada por HPA de origem pirolítica.

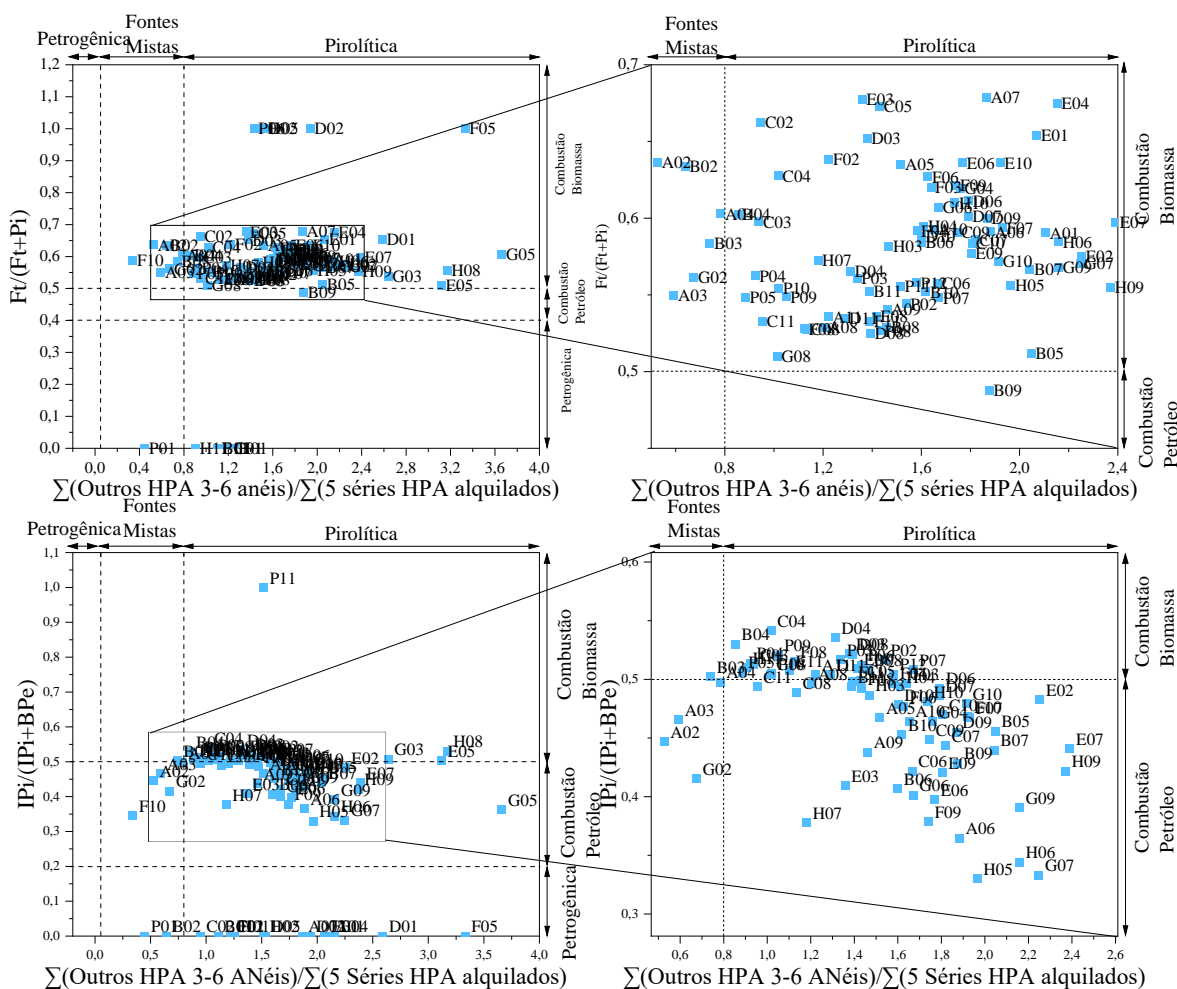


Figura XIII.4-9: Diagramas cruzados de razões de HPA 1ª campanha. À esquerda: (A) $Ft/(Ft + Pyr)$ vs. $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(5 \text{ séries HPA alquilados})$ e (B) $IcdP/(IcdP + BghiP)$ vs. $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(5 \text{ séries HPA alquilados})$; à direita ampliação dos gráficos do conjunto de estações aglomeradas para melhor visualização.

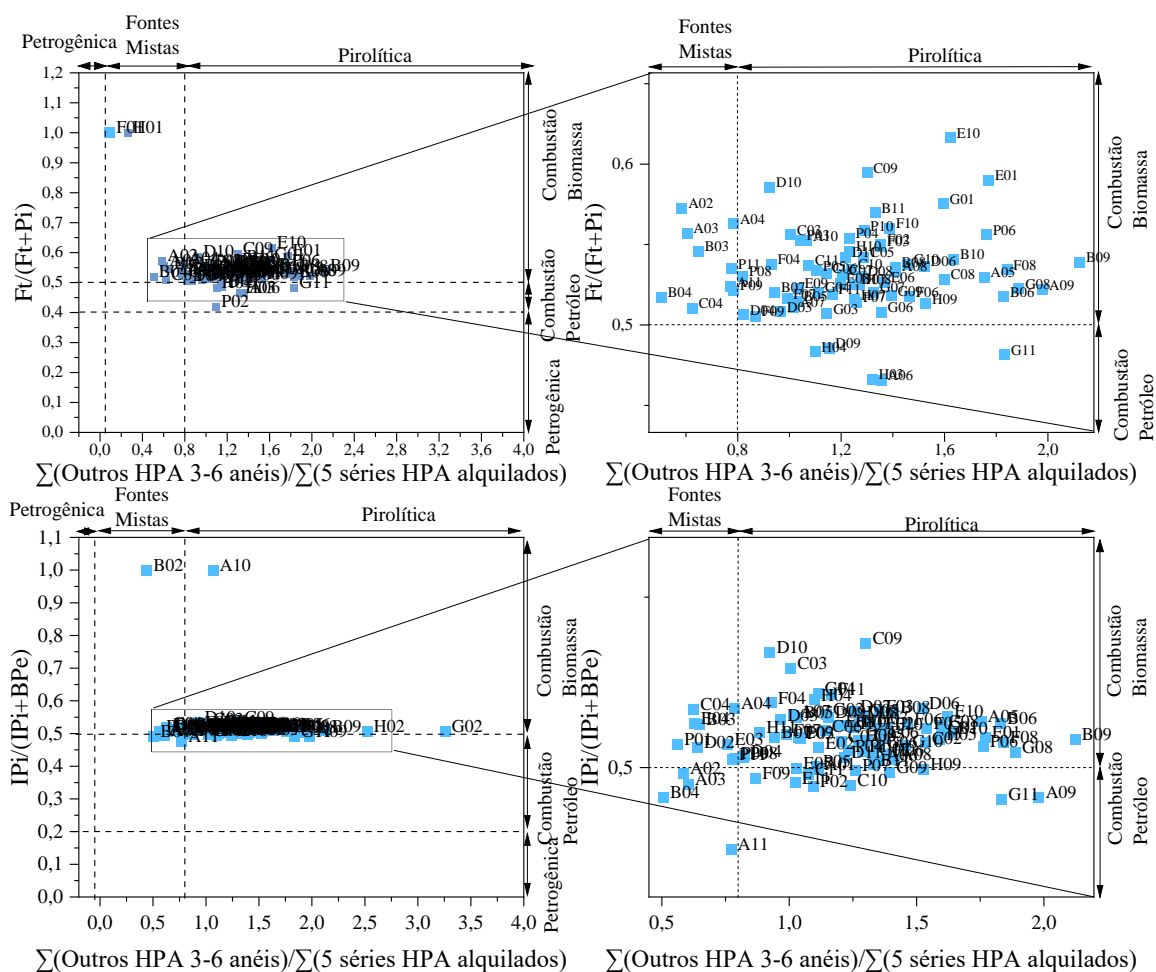


Figura XIII.4-10: Diagramas cruzados de razões de HPA 2ª campanha. À esquerda: (A) $Ft/(Ft + Pyr)$ vs. $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(5 \text{ séries HPA alquilados})$ e (B) $IcdP/(IcdP + BghiP)$ vs. $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(5 \text{ séries HPA alquilados})$; à direita ampliação dos gráficos do conjunto de estações aglomeradas para melhor visualização.

O perileno é um HPA com cinco anéis aromáticos e sua origem ainda é controversa (Venkatesan, 1988; Silliman et al., 1998, 2000, 2001). A formação de perileno no sedimento é controlada por vários processos biogênicos, bem como pela diagênese da matéria orgânica marinha e terrestre, e, portanto, sua presença é indicativa de ambientes presumivelmente não poluídos (Venkatesan, 1988; Silliman et al., 2001). Por outro lado, também há evidências de que a combustão de combustíveis fósseis e biomassa podem contribuir para sua formação (Reddy et al., 2002). A razão $\%Per/\Sigma HPA5$ representa a abundância relativa de perileno como uma porcentagem em relação aos outros HPA de 5

anéis e é usada para inferir entre fontes naturais e antrópicas pirolíticas (Bouloubassi and Saliot, 1993). Valores de $\%Per/\Sigma HPA5 > 10\%$ indicam fontes predominantemente naturais, enquanto valores $< 10\%$ são indicativos fontes antropogênicas (Venkatesan, 1988; Baumard et al., 1998; Hu et al., 2014). Os valores de $\%Per/\Sigma HPA5$ variaram de 9,86 a 62,69 com uma mediana de 22,0 na 1ª campanha, e entre 7,14 e 66,32 com uma mediana de 15,24 na 2ª campanha (**Figuras XIII.4-11 e XIII.4-12**). Esses valores indicam uma predominância de fontes naturais de perileno na Bacia de Santos. É importante ressaltar a tendência observada nas duas campanhas de aumento dos valores de $\%Per/\Sigma HPA5$ das estações de maior profundidade em direção às de menor profundidade, sugerindo que o perileno tem fonte predominantemente derivada de fonte natural, e possivelmente proveniente de material orgânico terrestre.

Dados de concentração de biomarcadores terpanos e esteranos são escassos na literatura, uma vez que esses compostos são utilizados para identificação de origem de petróleo, onde se aplicam razões diagnósticas entre alturas e áreas de sinais cromatográficos e não concentrações (Stout; Wang, 2016). Por esse motivo, os dados de somatório de biomarcadores foram comparados aos resultados previamente obtidos na Bacia de Campos (Wagener et al., 2017). A **Tabela XIII.4-1** mostra os dados das duas bacias até 1900 m (em maiores profundidades não há coincidência de isóbatas entre os estudos). Para Santos, as concentrações são quase sempre inferiores às de Campos, algumas vezes em até uma ordem de grandeza, o que pode ser explicado pela produção de Campos ter se iniciado na década de 70 e a de Santos ter se intensificado bem mais recentemente. Em 1900 m, as concentrações são similares.

Tabela XIII.4-1: Total de biomarcadores terpanos e esteranos nas Bacia de Santos e Campos, (ng g^{-1}), por isóbata.

Isóbata(m)	Bacia de Santos 1ª campanha	Bacia de Santos 2ª campanha	Bacia de Campos Chuvoso	Bacia de Campos Seco
25	<2,5 (<0,83-8,78)	<0,83 (<0,83-5,29)	22,70 (0,26-82,29)	16,86 (0,26-141,78)
50	2,86 (<2,5-87,59)	<2,5 (<0,83-36,87)	18,07 (0,26-46,16)	27,01 (4,63-66,58)
75	24,38 (6,51-39,57)	33,65 (<0,83-63,42)	47,51 (21,10-91,80)	51,58 (27,23-166,02)
100	25,14 (2,84-69,14)	15,76 (<2,5-122,04)	57,63 (0,26-110,56)	56,64 (17,49-105,97)
150	7,17 (<0,83-14,45)	1,35 (<2,5-9,27)	52,28 (0,26-96,42)	67,19 (1,92-142,82)
400	20,56 (6,61-68,6)	11,66 (6,84-61,53)	171,97 (84,26-250,07)	200,93 (123,18-310,27)
700	19,54 (<2,5-77,47)	32,43 (6,28-75,21)	102,48 (0,58-251,87)	219,57 (125,02-386,99)
1000	26,35 (8,85-63,47)	31,01 (10,55-147,87)	102,34 (9,06-340,98)	212,22 (111,14-320,30)
1300	15,42 (7,05-39,2)	49,31 (26,32-87,26)	75,47 (21,90-303,90)	150,34 (44,25-306,56)
1900	46,07 (11,74-55,85)	24,2 (5,79-31,46)	24,48 (0,26-82,48)	58,74 (31,07-96,51)

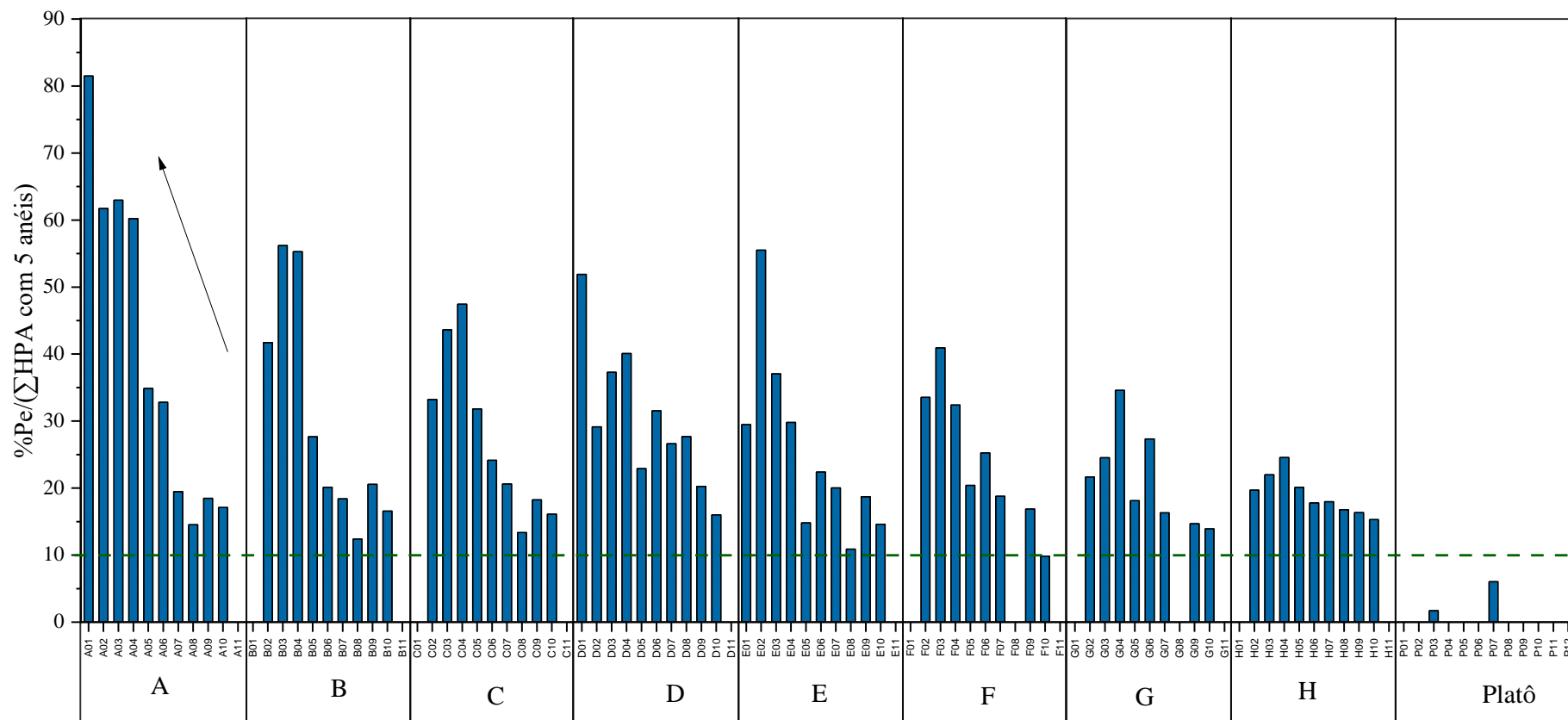


Figura XIII.4-11: Gráfico dos valores da razão $\%Per/\Sigma HPA5$ ao longo de Bacia de Santos da 1ª campanha. Cada conjunto de amostras está, da esquerda para a direita, representando as amostras de menor para maior profundidade (X01 para X11), com exceção das amostras do tipo Px.

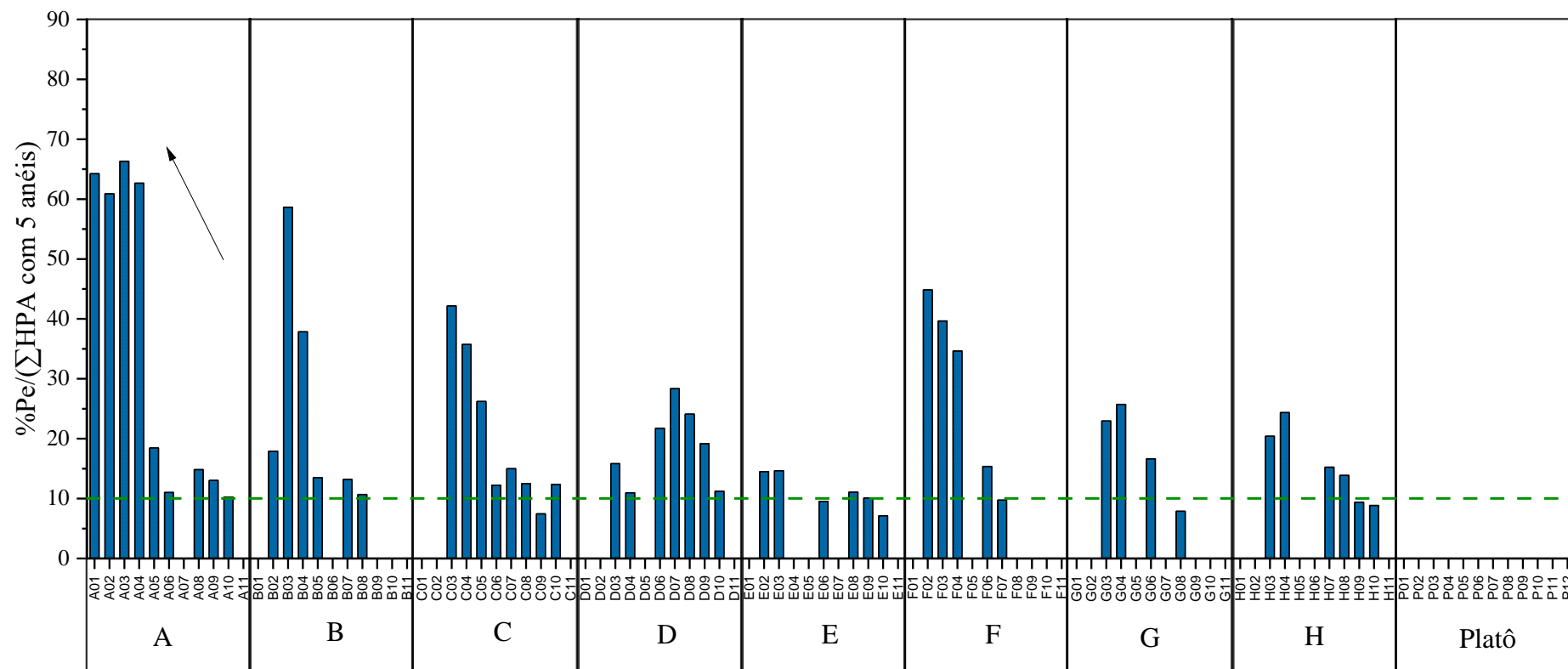


Figura XIII.4-12: Gráfico dos valores da razão %Per/ΣHPA5 ao longo de Bacia de Santos da 2ª campanha. Cada conjunto de amostras está, da esquerda para a direita, representando as amostras de menor para maior profundidade (X01 para X11), com exceção das amostras do tipo Px.

Tabela XIII.4-2: Hidrocarbonetos em sedimentos de áreas oceânicas no Brasil, na América do Norte e Central e no restante do mundo.

c	N	Nº alcanos	∑Alifáticos (µg g ⁻¹)	MCNR (µg g ⁻¹)	n-alcanos (µg g ⁻¹)	Nº HPA	16 HPA USEPA (ng g ⁻¹)	∑HPA (ng g ⁻¹)
Brasil								
Bacia de Santos 1ª Campanha	100	C10 - C40	0,05 (0,01 – 4,04)	5,50 (0,01 – 33,91)	0,05 (0,01 – 4,04)	38	19,61 (0,76 - 174,83)	29,43 (0,76 - 225,69)
Bacia de Santos 2ª Campanha	100	C10 - C40	0,05 (0,01 – 1,35)	28,10 (16,25 – 88,06)	0,05 (0,01 – 1,35)	38	17,91 (1,59 – 63,98)	28,15 (2,24 - 126,92)
Bacia Potiguar (RN)	410		0,55 (<0,01 – 11,8)	0,17	0,16 (<0,01 – 2,9)		0,1 (<0,5 – 474)	–
Bacia do Ceará	171		0,41 (<0,01 – 1,64)	0,21 (<0,01 – 20,6)	1,06 (<0,01 – 22,7)		1,5 (< 0,3 – 228)	1,5 (< 0,3 – 228)
Bacia de Campos (RJ): Plataforma de Pargo	11		–	0,028 (0,011 – 0,061)	1,34 (0,91 – 2,24)		–	493 (60 – 2.000)
Bacia de Campos (RJ): Plataforma de Pampo	11		–	0,028 (0,009 – 0,072)	1,51 (0,85 – 2,37)		–	102 (61 – 200)
Bacia de Campos (RJ): Projeto de Caracterização	118		–	–	(< 0,16 – 5,50)		–	–
Bacia de Campos (RJ): Projeto Água Profundas – Região Norte	43		2,46 5,63	1,15 3,46	0,82 1,10		8,5 14,5	10 63,2
Bacia de Campos (RJ): Projeto Águas Profundas – Região Sul			(0,85 – 14,1)	(0,01 – 11,7)	(0,38 – 1,78)		(<1 – 693)	(<1 – 947)
Bacia de Campos (RJ): Projeto Águas Profundas – Região Norte	44		2,89 5,24	1,80 3,71	0,74 0,87		8,3 13,0	27,9 39,3
Bacia de Campos (RJ): Projeto Habitats – Período Chuvoso	315	C12 - C40	(0,62 – 15,0)	(<LD – 12,0)	(0,39 – 1,75)		(2,7 – 99,4)	(13,5 – 298)
Bacia de Campos (RJ): Projeto Habitats – Período Seco	140	C12 - C40	2,33 (0,11-124)	1,99 (0,39-89)	0,2 (<0,007 – 11,3)		16,86 (0,13 – 155)	32,26(0,13 – 155)
Platafor Espírito Santo – Adjacente ao Rio Doce – Verão	20	C8 – C40	1,54 (0,02 – 35,3)	4,18 (0,39-42,5)	0,43 (0,01-12,7)		17,03 (0,13-382)	37,72(0,33-500)
Platafor Espírito Santo – Adjacente ao Rio Doce – Inverno	20	C8 – C40	2,39 (0,46 e 8,86)	<LD	1,39 (0,23 - 2,65)		33,73 (11,53 e 683,89)	-
Bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos – Verão – Plataforma Continental	28	C8 – C40	14,03 (5,55 e 85,12)	36,24 (3,62 e 65,22)	1,72 (0,83 - 8,65)		10,74 (9,08 e 27,69)	-
Bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos – Verão – Talude	40	C8 – C40	3,64 (2,52 – 13,57)	<LD	2,35 (0,45 – 6,86)		16,71 (10,85 – 508,59)	-
Bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos – Inverno – Plataforma Continental	24	C8 – C40	4,94 (2,05 – 10,46)	<LD	2,7 (1,29 – 5,12)		13,98 (0,50 – 82,77)	-
Bacia do Espírito Santo e porção norte da Bacia de Campos – Inverno – Talude	40	C8 – C40	8,8 (2,62 – 26,28)	3,38 (1,05 – 4,52)	3,66 (0,73 – 18,51)		10,79(9,03 – 509,34)	-
Plataforma Continental Sergipe - Alagoas, SE. Brasil	82	C8 - C40	14,43 (4,98 – 24,85)	3,14 (2,22 – 5,68)	8,57(1,03 – 18,06)		14,41 (9,43 – 147,96)	-
Bacia Potiguar (RN)	295	C14 -C34	(0,11 - 1,92)	nd	(0,11 - 1,92)		(<LD – 78)	(<LD – 95)
Bacia Sergipe- Alagoas	24	C10-C40	(0,01 – 33,4)	(0,01 - 28,4)	(0,01 - 7,97)	38	(0,1 – 798)	-
			(<LD - 13,34)	(<LD - 0,75)	(<LD - 1,6)		(<LD - 95,04)	(<LD – 127,3)

<LD = abaixo do limite de detecção. Nos resultados do Brasil medianas e faixas de concentração mínimas e máximas entre parênteses. No restante dos dados, apenas estão apresentados as faixas de concentração mínimas e máximas entre parênteses.

Tabela XIII.4-2: Hidrocarbonetos em sedimentos de áreas oceânicas no Brasil, na América do Norte e Central e no restante do mundo (CONTINUAÇÃO).

Localização	N	Nº alcanos	∑Alifáticos ($\mu\text{g g}^{-1}$)	MCNR ($\mu\text{g g}^{-1}$)	n-alcanos ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Nº HPA	16 HPA USEPA (ng g^{-1})	∑ (n)
Mundo								
Costa da Eslovênia (Golfo de Trieste, Norte Adriático)	7	C12 - C34	(13,5 - 78,1)	(11,1 - 75)	(0,676 - 3109)	23	-	(330
Margem Creta, leste do Mar Mediterrâneo	52	C17 - C41	-	(162 - 1744)	(0,326 - 3,758)	64	(6 - 41)	(9
Golfo Candarli	18	C8 - C40	-	(<LD - 15,2)	(3,8 - 24,6)	12	-	(<LC
Golfo de Oman	23	C14 - C34	-	(<LD - 670)	(0,011 - 4,3)	28	-	(17,0
Baía de Abu Qir (mar Mediterrâneo egípcio)	19	C10 - C34	-	-	(0,06 - 0,565)	11	-	(94,9 -
Khniss Tunisian-Costa, (Mar Mediterrâneo)	4	C10 - C34	(1020 - 2320)	-	-	17	-	(6,95
Norte do Mar Chukchi	52	C15 - C33	-	-	(1,8 - 17)	31	-	(149
Oeste Mar Egeu	14	C12 - C35	(0,79 - 2,54)	-	(0,57 - 2,37)	19	-	(73,5
Mar de Bohai	50	C15 - C35	-	<LD	(0,88 - 3,48)	-	(9,97 - 490,13)	
Potter Cove, Ilha Rei George, Antártida	16	C14 - C22	(1,10 - 3,23)	<LD	(0,01 - 0,41)	36	-	(12,05
América do Norte e Central								
Baía Cienfuegos, Cuba	17	C14 - C34	(2,25 - 7,25)	(45 - 590)	(2,25 - 7,25)	32	-	(450 -
Norte do Golfo do México	17	-	-	-	-	43	-	(68
Baía de Cispatá, Colômbia	6	-	-	-	-	-	(7,0-41,0)	
Costa da British Columbia, Canadá	10	C12 - C36	-	(0,116 - 71,300)	(0,409 - 9,720)	46	-	(4,1 -
Nordeste do Golfo do México	60	-	-	-	-	-	(10 - 70)	

<LD = abaixo do limite de detecção. Nos resultados do Brasil medianas e faixas de concentração mínimas e máximas entre parênteses. No restante dos dados, apenas estão apresentados as faixas de concentração mínimas e máximas entre parênteses.

Na **Tabela XIII.4-2** são apresentadas faixas de concentração de hidrocarbonetos em sedimentos de áreas oceânicas do Brasil, da América do Norte e Central e do mundo.

Para os resultados de total de n-alcanos, os resultados deste estudo foram relativamente menores que os encontrados na Bacia de Campos (Wagener et al., 2017) e na Bacia do Espírito Santo (Martins et al., 2015), e similares as regiões do Golfo de Oman (Tolosa et al., 2005) e do Mar de Bohai (Li et al., 2015). Quando comparados às regiões com presença intensa de atividade antrópica, como por exemplo à Costa da British Columbia (Harris et al., 2011) e à Margem de Creta (Mandalakis et al., 2014), os valores de total de n-alcanos deste estudo são consideravelmente menores. A concentração da MCNR em Santos foi relativamente menor que as encontradas na Bacia de Campos (Wagener et al., 2017), Espírito Santo, no verão (Martins et al., 2015), e na Bacia Sergipe- Alagoas (Lourenço et al., 2013). A comparação com regiões de intensa atividade antrópica, como por exemplo à Costa da British Columbia (Harris et al., 2011) e à Baía de Cienfuegos (Tolosa et al., 2009), também evidencia que as concentrações de MCNR são consideravelmente menores.

As concentrações de somatórios de HPA observadas nas amostras deste estudo estão na mesma ordem de grandeza que as reportadas para a Bacia de Campos (Wagener et al., 2017), Espírito Santo (Silva et al., 2015), e Sergipe-Alagoas (Lourenço et al., 2013). Assim como para os compostos saturados, os níveis de concentração de HPA encontrados para amostras de sedimento deste estudo são inferiores aos de áreas onde há diferentes impactos antrópicos, como a Costa da British Columbia, Canadá (Harris, 2011) e Norte do Mar Chukchi (Harvey et al., 2013).

XIII.5 Considerações Finais

Os níveis de concentração de hidrocarbonetos em sedimentos da Bacia de Santos são baixos, o que é esperado, pois as fontes são difusas, com contribuições relativamente pequenas.

Na plataforma, a distribuição dos HPA é mais heterogênea, influenciada pela variação da granulometria e do teor de carbono orgânico nos sedimentos. Em geral, os maiores valores foram observados nas estações da porção sul, isóbatas 75-100 m. A fonte principal dos HPA foi a pirolítica, com algumas amostras indicando fontes mistas. O índice pirolítico foi o que promoveu a maior discriminação de fontes entre as amostras. O perileno se destacou entre os demais HPA de 5 anéis, com maior participação em amostras mais próximas à costa, indicando uma possível origem no aporte terrestre de rios e estuários. Os resultados do transecto A sugerem uma contribuição importante da descarga do Itajaí-açu.

Considerando-se os biomarcadores de petróleo, os terpanos foram quantificados na maior parte das estações, enquanto os esteranos puderam ser detectados em apenas algumas delas. A presença desses compostos indica que traços de petróleo são ubíquos nos sedimentos superficiais da Bacia de Santos.

As concentrações de hidrocarbonetos em sedimentos na Bacia de Santos são similares às de outras bacias brasileiras.

Como esperado e amplamente reportado na literatura, os achados para hidrocarbonetos nos sedimentos contribuíram efetivamente para o conhecimento da Bacia de Santos, por ser esse o compartimento integrador dos aportes desses compostos, onde eles se concentram e são quantificados com maior robustez.

XIII.6 Referências bibliográficas

- Adhikari, Puspa L.; Maiti, K.; Overton, E. B.; Rosenheim, B. E.; Marx, B. D. Distributions and accumulation rates of polycyclic aromatic hydrocarbons in the northern Gulf of Mexico sediments. **Environmental pollution**, v. 212, p. 413-423, 2016.
- Agard, JB R. Total petroleum hydrocarbons in surficial sediments from Port-of-Spain Harbour, Trinidad. **Marine pollution bulletin**, v. 16, n. 8, p. 334-335, 1985.
- Alzahrani, Abdullah M.; Rajendran, Peramaiyan. Petroleum hydrocarbon and living organisms. In: Hydrocarbon Pollution and its Effect on the Environment. **IntechOpen**, 2019. p. 71-82.
- ANP (Agência Nacional do Petróleo). Produção na Bacia de Santos ultrapassa 70% do total nacional. **Boletim Mensal de Produção de Petróleo e Gás Natural da Agência Nacional de Petróleo, Agência Nacional do**

Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Maio, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/producao-na-bacia-de-santos-ultrapassa-70-do-total-nacional. Acesso em: 07 dez. 2022.

- Ashayeri, Nasrin Yavar; Keshavarzi, B.; Moore, F.; Kersten, M.; Yazdi, M.; Lahijanzadeh, A. R Presence of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and surface water from Shadegan wetland–Iran: a focus on source apportionment, human and ecological risk assessment and sediment-water exchange. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 148, p. 1054-1066, 2018.
- Bajt, Oliver. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the Slovenian coastal area (Gulf of Trieste, northern Adriatic). **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 12, p. 7439-7452, 2012.
- Barhoumi, Badreddine et al. Occurrence, distribution and ecological risk of trace metals and organic pollutants in surface sediments from a Southeastern European river (Someşu Mic River, Romania). **Science of the Total Environment**, v. 660, p. 660-676, 2019.
- Baumard, P.; Budzinski, H.; Michon, Q.; Garrigues, P.; Burgeot, T.; Bellocq, J. Origin and bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from mussel and sediment records. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 47, n. 1, p. 77-90, 1998.
- Beyer, Jonny; Jonsson, G.; Porte, C.; Krahn, M. M.; & Ariese, F. Analytical methods for determining metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) pollutants in fish bile: a review. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 30, n. 3, p. 224-244, 2010.
- Bianchi, Thomas S.; Canuel, Elizabeth A. Chemical biomarkers in aquatic ecosystems. In: **Chemical Biomarkers in Aquatic Ecosystems**. Princeton University Press, 2011.
- Botello, Alfonso V.; Soto, L. A., Ponce-Vélez, G., & Villanueva, S. Baseline for PAHs and metals in NW Gulf of Mexico related to the Deepwater Horizon oil spill. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 156, p. 124-133, 2011.
- Bouloubassi, Ioanna; Fillaux, Joëlle; Saliot, Alain. Hydrocarbons in surface sediments from the Changjiang (Yangtze river) estuary, East China Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, n. 12, p. 1335-1346, 2001.
- Buchman, M. F. **NOAA screening quick reference tables**, NOAA OR&R Report 08-1. Office of Response and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, v. 34, 2008.
- Budzinski, H.; Jones, I.; Bellocq, J.; Pierard, C.; Garrigues, P. H. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. **Marine chemistry**, v. 58, n. 1-2, p. 85-97, 1997.
- Burgess, R. M.; Ahrens, M. J.; Hickey, C. W.; den Besten, P. J.; ten Hulscher, D. E. M.; van Hattum, A. G. M.; Meador, J. P.; Douben, P. E. T. An overview of the partitioning and bioavailability of PAHs in sediments and soils. In P.

- Douben (Ed.), **PAHs: an ecological perspective**, pp. 99-126. John Wiley & Sons Ltd. 2003
- Burgos-Núñez, Saudith; Navarro-Frómata, A.; Marrugo-Negrete, J.; Enamorado-Montes, G.; Urango-Cárdenas, I. Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the Cispata Bay, Colombia: A marine tropical ecosystem. **Marine pollution bulletin**, v. 120, n. 1-2, p. 379-386, 2017.
- Carneiro, M. E. R.; Arguelho, M. L. P. M. **Plataforma Continental de Sergipe e sul de Alagoas: Geoquímica e Comunidade bêntica**. UFS, São Cristóvão, 2018.
- Cavalieri, Ercole L.; Rogan, Eleanor G. The approach to understanding aromatic hydrocarbon carcinogenesis. The central role of radical cations in metabolic activation. **Pharmacology & therapeutics**, v. 55, n. 2, p. 183-199, 1992.
- Colombo, Juan C., Pelletier, E., Brochu, C., Khalil, M., & Catoggio, J. A. Determination of hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. Case study: Rio de la Plata estuary, Argentina. **Environmental Science & Technology**, v. 23, n. 7, p. 888-894, 1989.
- Commendatore, Marta Graciela; Esteves, Jose Luis. Natural and anthropogenic hydrocarbons in sediments from the Chubut River (Patagonia, Argentina). **Marine Pollution Bulletin**, v. 48, n. 9-10, p. 910-918, 2004.
- Dachs, Jordi; Méjanelle, Laurence. Organic pollutants in coastal waters, sediments, and biota: a relevant driver for ecosystems during the anthropocene? **Estuaries and Coasts**, v. 33, n. 1, p. 1-14, 2010.
- Dauner, Ana Lúcia L.; Hernández, E. A.; McCormack, W. P.; Martins, C. C. Molecular characterisation of anthropogenic sources of sedimentary organic matter from Potter Cove, King George Island, Antarctica. **Science of the Total Environment**, v. 502, p. 408-416, 2015.
- Douben, Peter ET. In: **PAHs: An Ecotoxicological Perspective**. 1ª ed. Wiley, 2003. 404 p.
- Eglinton, Geoffrey; Hamilton, Richard J. Leaf Epicuticular Waxes: The waxy outer surfaces of most plants display a wide diversity of fine structure and chemical constituents. **Science**, v. 156, n. 3780, p. 1322-1335, 1967.
- Eglinton, Timothy I.; Eglinton, Geoffrey. Molecular proxies for paleoclimatology. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 275, n. 1-2, p. 1-16, 2008.
- El Deeb, Kamal Z.; Said, T. O.; El Naggat, M. H.; Shreadah, M. A. Distribution and sources of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments, fish and bivalves of Abu Qir Bay (Egyptian Mediterranean Sea). **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 78, n. 5, p. 373-379, 2007.
- Engel, M.H.; Macko, S.A. (eds). **Organic Geochemistry. Principles and Applications**. New York, London: Plenum Press, 1993. 861 p.

- Farrington, John W.; Quinn, James G. "Unresolved complex mixture" (UCM): a brief history of the term and moving beyond it. **Marine pollution bulletin**, v. 96, n. 1-2, p. 29-31, 2015.
- Gao, Xuelu; Chen, Shaoyong. Petroleum pollution in surface sediments of Daya Bay, South China, revealed by chemical fingerprinting of aliphatic and alicyclic hydrocarbons. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 80, n. 1, p. 95-102, 2008.
- GEOMAP. FUNDESPA. TOMMASI, Luiz Roberto. **Programa de monitoramento ambiental oceânico da Bacia de Campos, RJ**. Relatório final. 1994.
- GESAMP. **Review of potentially harmful substances: oil, and other hydrocarbons including used lubricating oils, oil spill dispersants, and chemicals used in offshore exploration and exploitation**. Impact of Oil and Related Chemicals and Wastes on the Marine Environment. XXII/4. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution. Reports and Studies, International Maritime Organization, London, UK. 1993.
- Gonul, L. Tolga; Kucuksezgin, Filiz. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in the surface sediments from the Eastern Aegean: assessment and source recognition of petroleum hydrocarbons. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 1, p. 31-41, 2012.
- Harris, Kate A; Yunker, M. B.; Dangerfield, N.; Ross, P. S. Sediment-associated aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal British Columbia, Canada: Concentrations, composition, and associated risks to protected sea otters. **Environmental Pollution**, v. 159, n. 10, p. 2665-2674, 2011.
- Harvey, H. Rodger; Taylor, K. A.; Pie, H. V.; Mitchelmore, C. L. Polycyclic aromatic and aliphatic hydrocarbons in Chukchi Sea biota and sediments and their toxicological response in the Arctic cod, *Boreogadus saida*. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 102, p. 32-55, 2014.
- He, Xinran; Pang, Y.; Song, X.; Chen, B.; Feng, Z.; Ma, Y. Distribution, sources and ecological risk assessment of PAHs in surface sediments from Guan River Estuary, China. **Marine pollution bulletin**, v. 80, n. 1-2, p. 52-58, 2014.
- Hu, Limin; Shi, X.; Lin, T.; Guo, Z.; Ma, D.; Yang, Z. Perylene in surface sediments from the estuarine-inner shelf of the East China Sea: a potential indicator to assess the sediment footprint of large river influence. **Continental Shelf Research**, v. 90, p. 142-150, 2014.
- Ines, Zrafi; Amina, B.; Mahmoud, R.; Dalila, S. M. Aliphatic and aromatic biomarkers for petroleum hydrocarbon monitoring in Khniss Tunisian-Coast (Mediterranean Sea). **Procedia Environmental Sciences**, v. 18, p. 211-220, 2013.
- Kucuksezgin, Filiz; Pazi, Idil; Gonul, L. Tolga. Marine organic pollutants of the

- Eastern Aegean: Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in Candarli Gulf surficial sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 11, p. 2569-2575, 2012.
- Laflamme, Raymond E.; Hites, Ronald A. The global distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments. **Geochimica et cosmochimica Acta**, v. 42, n. 3, p. 289-303, 1978.
- Li, Shuanglin; Zhang, S.; Dong, H.; Zhao, Q.; Cao, C. Presence of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in near-surface sediments of an oil spill area in Bohai Sea. **Marine pollution bulletin**, v. 100, n. 1, p. 169-175, 2015.
- Lin, Tian; Hu, L.; Guo, Z.; Zhang, G.; Yang, Z. Deposition fluxes and fate of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Yangtze River estuarine-inner shelf in the East China Sea. **Global biogeochemical cycles**, v. 27, n. 1, p. 77-87, 2013.
- Lipiatou, E. et al. Mass budget and dynamics of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Mediterranean Sea. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 44, n. 3-4, p. 881-905, 1997.
- Lourenço, Rafael A. et al. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements as indicators of contamination status near oil and gas platforms in the Sergipe–Alagoas Basin (Southwest Atlantic Ocean). **Continental Shelf Research**, v. 71, p. 37-44, 2013.
- Mandalakis, M.; Polymenakou, P. N.; Tselepides, A.; Lampadariou, N. Distribution of aliphatic hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorinated pollutants in deep-sea sediments of the southern Cretan margin, eastern Mediterranean Sea: a baseline assessment. **Chemosphere**, v. 106, p. 28-35, 2014.
- Martins, C. et al. Distribuição De Hidrocarbonetos Em Sedimentos Superficiais Da Região De Influência Da Foz Do Rio Doce, Es, Brasil. In: **Relatório Final do Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia do Espírito Santo e parte norte da Bacia de Campos (PCR-ES)**. 2015.
- Masood, N. et al. Anthropogenic waste indicators (AWIs), particularly PAHs and LABs, in Malaysian sediments: application of aquatic environment for identifying anthropogenic pollution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 102, n. 1, p. 160-175, 2016.
- Mille, Gilbert et al. Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean Sea (Gulf of Fos area, France). **Marine pollution bulletin**, v. 54, n. 5, p. 566-575, 2007.
- Moreira, I. T. A. et al. Phytoremediation in mangrove sediments impacted by persistent total petroleum hydrocarbons (TPH's) using *Avicennia schaueriana*. **Marine pollution bulletin**, v. 67, n. 1-2, p. 130-136, 2013.
- Neff, J. M. **Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment sources, fates and biological effects**. Barking, Exxes. England: Applied Science Publishers, 1979. 262 p.

- Neff, J.M. Polycyclic aromatic hydrocarbons. In: Rand GM and Petrocilli SR (eds), **Fundamentals of Aquatic Toxicology**. Hemisphere, New York, pp. 416–454. 1985.
- Neves, P. A. et al. Unusual natural polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment cores of an Amazon estuary. **Marine Pollution Bulletin**, v. 183, p. 114059, 2022.
- Peters, K. E.; Moldowan, J. M. **The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments**. 1993.
- Peters, K. E.; Walters, C. C.; Moldowan, J. M. **The biomarker guide: Volume 2**, Biomarkers and isotopes in petroleum systems and earth history. 2. ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. 1196 p.
- PETROBRAS. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Petrobras/CENPES). **Monitoramento ambiental da atividade de produção de petróleo na Bacia de Campos**. Etapa de pré-monitoramento: relatório final. Rio de Janeiro: Petrobras. 2001
- Pies, Carmen et al. Characterization and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in river bank soils. **Chemosphere**, v. 72, n. 10, p. 1594-1601, 2008.
- Readman, J. W.; Fillmann, G.; Tolosa, I.; Bartocci, J.; Villeneuve, J. P.; Catinni, C.; Mee, L. D. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. **Mar. Pollut. Bull.**, Oxford, v. 44, p. 48-62, 2002.
- Reddy, C. M. et al. Radiocarbon as a tool to apportion the sources of polycyclic aromatic hydrocarbons and black carbon in environmental samples. **Environmental Science & Technology**, v. 36, n. 8, p. 1774-1782, 2002.
- Ridelsky, M. C.; Dos Santos, A. R. Produção offshore recordista na Bacia de Santos: Cenário atual frente ao controle ambiental. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e20211425013-e20211425013, 2022.
- Sakari, M. et al. Spatial distribution of petroleum hydrocarbon in sediments of major rivers from east coast of peninsular Malaysia. **Coastal Marine Science**, v. 32, n. 1, p. 9-18, 2008.
- Saliot, A. Natural hydrocarbons in sea water Alain Saliot. In: **Elsevier Oceanography Series**. Elsevier, 1981. p. 327-374.
- Santos, F. R. et al. Influence of anthropogenic activities and risk assessment on protected mangrove forest using traditional and emerging molecular markers (Ceará coast, northeastern Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 656, p. 877-888, 2019.
- Sauer, I. L.; Rodrigues, L. A. Pré-sal e Petrobras além dos discursos e mitos: disputas, riscos e desafios. **Estudos avançados**, v. 30, p. 185-229, 2016.
- Silliman, J. E.; Meyers, P. A.; Eadie, B. J. Perylene: an indicator of alteration processes or precursor materials? **Organic Geochemistry**, v. 29, n. 5-7, p. 1737-1744, 1998.

- Silliman, J. E.; Meyers, P. A.; Eadie, B. J.; Klump, J. V. A hypothesis for the origin of perylene based on its low abundance in sediments of Green Bay, Wisconsin. **Chemical Geology**, v. 177, n. 3-4, p. 309-322, 2001.
- Silliman, J. E.; Meyers, P. A.; Ostrom, P. H.; Ostrom, N. E.; Eadie, B. J. Insights into the origin of perylene from isotopic analyses of sediments from Saanich Inlet, British Columbia. **Organic Geochemistry**, v. 31, n. 11, p. 1133-1142, 2000.
- Silva C. A. et al. Hidrocarbonetos nos Sedimentos Superficiais da Bacia do Espírito Santo e Porção Norte da Bacia de Campos. In: **Relatório Final do Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia do Espírito Santo e parte norte da Bacia de Campos (PCR-ES)**. 2015.
- Simoneit, B. R.T.; Mazurek, M. A. Organic matter of the troposphere—II. Natural background of biogenic lipid matter in aerosols over the rural western United States. **Atmospheric Environment**, v. 16, n. 9, p. 2139-2159, 1982.
- Sojini, O. S. S.; Wang, J. Z.; Sonibare, O. O.; Zeng, E. Y. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and soils from oil exploration areas of the Niger Delta, Nigeria. **Journal of Hazardous Materials**, v. 174, n. 1-3, p. 641-647, 2010.
- Speight, J. G. **The chemistry and technology of petroleum**. 4^a ed. Boca Raton: CRC press, 2006. 984 p.
- Stogiannidis, E.; Laane, R. Source characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons by using their molecular indices: an overview of possibilities. **Reviews of environmental contamination and toxicology**, p. 49-133, 2015.
- Stout, S. A.; Wang, Z. **Standard handbook oil spill environmental forensics: fingerprinting and source identification**. Academic press, 2016. 1107 p.
- Tobiszewski, M.; Namieśnik, J. PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources. **Environmental pollution**, v. 162, p. 110-119, 2012.
- Tolosa, I. et al. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in marine biota and coastal sediments from the Gulf and the Gulf of Oman. **Marine pollution bulletin**, v. 50, n. 12, p. 1619-1633, 2005.
- Tolosa, I.; Mesa-Albernas, M.; Alonso-Hernandez, C. M. Inputs and sources of hydrocarbons in sediments from Cienfuegos bay, Cuba. **Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 11, p. 1624-1634, 2009.
- UNEP. **Report on the UN inter-agency plan of action for the ROPME Region, Phase I**, initial survey and preliminary assessment. 1991.
- USEPA. **Quality criteria for water 1987. EPA 440/5-86-001**, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1986.
- Venkatesan, M. I. Organic geochemistry of marine sediments in Antarctic region: Marine lipids in McMurdo Sound. **Organic Geochemistry**, v. 12, n. 1, p. 13-27, 1988.

- Venturini, N.; Bicego, M. C.; Taniguchi, S.; Sasaki, S. T.; García-Rodríguez, F.; Brugnoli, E.; Muniz, P. A multi-molecular marker assessment of organic pollution in shore sediments from the Río de la Plata Estuary, SW Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 91, n. 2, p. 461-475, 2015.
- Volkman, J. K.; Holdsworth, D. G.; Neill, G. P.; Bavor Jr, H. J. Identification of natural, anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. **Science of the Total Environment**, v. 112, n. 2-3, p. 203-219, 1992.
- Wagener, A.; Hamacher, C.; Farias, C.; Godoy, J. M.; Scofield, A. Evaluation of tools to identify hydrocarbon sources in recent and historical sediments of a tropical bay. **Marine Chemistry**, v. 121, n. 1-4, p. 67-79, 2010.
- Wagener, A. L. R.; Carreira, R. S.; Hamacher, C.; Scofield, A. L.; Luz, L. G.; Pires, L. C. M. Avaliação das condições físico-químicas do sedimento – hidrocarbonetos. In: **Relatório Integrador do Projeto de Monitoramento da Bacia do Ceará**. Rio de Janeiro: Petrobras. 2005a.
- Wagener, A. L. R.; Carreira, R. S.; Hamacher, C.; Scofield, A. L.; Kalas, F. A.; Farias, C. O.; Pires, L. C. M.; Luz, L. G.; Cordeiro, L. M. S.; Costa, R. L.; Poletto, T. V.; Lopes, T. V.; Lopes, M. B.; Belligotti, F. M.; Jasmim, L. N. Hidrocarbonetos na água. In: **Relatório Integrado do Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2006.
- Wagener, A. L. R.; Carreira, R. S.; Hamacher, C.; Scofield, A. L.; Kalas, F. A.; Luz, L. G.; Costa, R. L.; Cordeiro, L. M. S.; Pires, L. C. M.; Severino, A. Avaliação das condições físico-químicas do sedimento – hidrocarbonetos. In: **Relatório Integrado do Projeto de Caracterização Ambiental das Águas Profundas na Bacia de Campos**. Rio de Janeiro: PUC-RJ; Uerj. 2005b.
- Wagener, A. L. R.; Farias, C. O.; Molina, F. F.; Mauad, C. R.; Scofield, A. L. Hidrocarbonetos em sedimentos da Bacia de Campos. In: Falcão, A. P. C.; Wagener, A. R.; Carreira, R. S. In: **Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 6. p. 277-312. 2017.
- Wagener, A. L. R.; Carreira, R. S.; Hamacher, C.; Scofield, A. L.; Farias, C. O.; Cordeiro, L. G. M. S.; Luz, L. G.; Baêta, A. P.; Kalas, F. A. Hydrocarbon composition and distribution in a coastal region under influence of oil production in northeast Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1877-1882, 2011.
- Wang, M.; Wang, C.; Hu, X.; Zhang, H.; He, S.; Lv, S. Distributions and sources of petroleum, aliphatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments from Bohai Bay and its adjacent river, China. **Marine pollution bulletin**, v. 90, n. 1-2, p. 88-94, 2015.
- Wang, Xu-Chen, Sun, S., Ma, H. Q., & Liu, Y. Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Jiaozhou Bay, Qingdao,

China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 52, n. 2, p. 129-138, 2006.

Wang, Z. et al. Quantitative characterization of PAHs in burn residue and soot samples and differentiation of pyrogenic PAHs from petrogenic PAHs– The 1994 mobile burn study. **Environmental science & technology**, v. 33, n. 18, p. 3100-3109, 1999.

Yunker, M. B.; Macdonald, R. W.; Brewer, R.; Vingarzan, R.; Mitchell, R. H.; Goyette, D.; Sylvestre, S. PAHs in the Fraser River Basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. **Org. Geochem.**, Oxford, v. 33, p. 489-515, 2002.

XIII.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Fabiana Dias Costa Gallotta	Engenheira Química DSc Geoquímica Ambiental	Coordenação, análise de dados e redação de capítulo
Cidelmara Helena Coelho	Química com atribuições tecnológicas MSc em Ciências	Análise de dados e redação de capítulo
Gilson Cruz da Silva	Químico MSc em Química Orgânica DSc em Química Analítica	Análise de dados e preparação de apresentações
Liliane Pequeno de Araújo Heckmann	Química MSc em Ciência e Tecnologia de Alimentos Doutoranda em Bioquímica	Análise de dados e aprovação de resultados
Felipe Rodrigues dos Santos	Oceanógrafo MSc em Oceanografia Química	Análise de dados e redação de capítulo
Leandro Franco Macena de Araújo	Técnico em Química	Atividades de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Viviane de Castro Salles	Técnica em Química Engenheira Química	Atividades de campo, análises laboratoriais e processamento de

Nomes	Formação	Situação
		dados
Dayane Pereira de Lima	Téc. Controle ambiental Bióloga com ênfase em Microbiologia e Imunologia	atividades de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Jéssica de Oliveira Costa	Téc. Serviços Tecnológicos Química com atribuições Tecnológicas MSc em Química	atividades de campo, análises laboratoriais e processamento de dados
Bruno Correa Pereira	Técnico em Química	supervisão das atividades laboratoriais
Elton Murussi Canto	Técnico em Química	supervisão das atividades laboratori

XIV. Integração do sistema bentônico

*Capítulo XIV
Revisão 01
Dezembro/2022*

XIV.1 Introdução

Atualmente a conservação, monitoramento e previsão das condições dos ecossistemas marinhos é um dos maiores desafios da humanidade. Os oceanos são os principais reguladores climáticos e contemplam a maior parte da biodiversidade do planeta. As pressões nos ecossistemas marinhos são inúmeras, como o aquecimento global, a sobrepesca, a poluição e a perda de habitats. A nossa habilidade para preservar as condições e os recursos marinhos depende das estratégias de manejo que por sua vez estão baseadas em programas de monitoramento eficiente (Danovaro et al., 2020). Recentemente o foco da discussão ficou em torno de quais indicadores da biodiversidade devem ser priorizadas (Danovaro et al., 2020; Ingels et al., 2020). Porém, de fato, um monitoramento efetivo requer uma abordagem integradora entre os componentes químicos, climáticos, geológicos e biológicos, para entender como os indicadores de biodiversidade responderão às mudanças. Além da integração, é fundamental que os programas de monitoramento sejam preditivos e que possam antever as mudanças ambientais indesejadas (Hino et al., 2018; Stupariu et al., 2021). Mais ainda, para evitar perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos, essa modelagem precisa estar baseada em uma coleta de dados contínua das variáveis ambientais essenciais ao sistema e não somente na variável resposta (Grehan et al., 2017; Dailianis et al., 2018).

Dentre as abordagens preditivas em oceanografia, a modelagem por aprendizado de máquinas (AM – *machine learning*) tem-se mostrado promissora, mesmo que ainda incipiente (Sonnewald et al., 2021; Fonseca and Vieira, 2022; Gallucci et al., 2022). Métodos de AM supervisionados consistem em abordagens onde um conjunto de variáveis preditoras são utilizados para modelar uma ou mais variável resposta, que pode ser tanto contínua quanto categórica (Ayodele, 2010; Bonaccorso, 2017; Mahesh, 2020). Há diversos algoritmos que podem ser aplicados, como K-vizinhos mais próximos, máquinas de vetores de suporte, *Random Forest* e gradiente descendente (Ayodele, 2010; Bonaccorso, 2017). Uma vez que as abordagens seguem princípios analíticos distintos, não existe uma abordagem que será sempre superior que as demais (Wolpert, 1996). Pelo contrário, o fato dos erros e acertos não serem correlatos entre elas possibilita a análise integrada dos resultados de cada modelo. O

princípio da análise integrada, conhecida como “*ensemble*”, é melhorar a performance preditiva de um único modelo. No contexto do monitoramento, o aumento da capacidade de predição implica tanto uma otimização na coleta de dados, quanto na capacidade de antecipar mudanças indesejáveis.

Neste sentido, os objetivos deste capítulo são três: **(1)** integrar os dados de composição taxonômica dos diferentes componentes do bentos (i.e., microbiota, meiofauna e macrofauna), testar o grau de congruência entre eles com a finalidade de obter um mapa de consenso das principais associações bentônicas na Bacia de Santos; **(2)** através da abordagem supervisionada, selecionar o conjunto de variáveis ambientais essenciais que melhor preveem as associações. Nesta etapa, tanto as variáveis abióticas quanto os índices biológicos de cada componente bentônico foram considerados. Partimos do pressuposto que tanto variáveis ambientais quanto da própria biota podem ser utilizadas no treinamento do modelo para prever as associações de grupo taxonômico com maior acurácia. Por fim, temos por objetivo **(3)** gerar um mapa das associações em função do mapa batimétrico de alta resolução.

XIV.2 Métodos

Para este capítulo usamos os dados da primeira campanha que compreendeu o período de coleta de amostras em 2019 (Capítulo II).

XIV.2.1 Plataforma sul

A plataforma sul, que no presente estudo se estende da ilha de São Sebastião até a região do cabo de Santa Marta, é caracterizada por duas associações distintas. Uma referente à região mais interna, até a isóbata de 50 m, e outra mais externa, até aproximadamente a isóbata de 150 m. A região interna se destaca pelas concentrações intermediárias de clorofila-*a*, porém com baixos teores de carbono biopolimétrico. Já na parte externa, o sedimento possui uma maior concentração de Nitrogênio, carbono biopolimétrico, ácidos e esteróis, sugerindo uma matéria orgânica de maior qualidade em comparação à área interna. Alguns indicadores da fauna, tanto da meio-, quanto da macro- e

microbiota também ocorrem em altas densidades como na região norte.

A região da plataforma sul está eventualmente sob influência das águas do Rio da Prata, as quais ocupam a plataforma interna e média na região sul da BS (Dottori et al., 2022). A intrusão de águas menos salinas, frias e ricas em nutrientes provenientes da plataforma continental subantártica argentina, da descarga do Rio da Prata e da Lagoa dos Patos, são transportadas para norte pela Corrente Costeira do Brasil (CCB) até atingirem da região sul da BS (Piola et al., 2000; de Souza and Robinson, 2004; Brandini et al., 2018). Como na região norte, a intrusão dessas águas mais ricas em nutrientes intensifica a produção primária (Brandini et al., 2018) que, por sua vez, contribui para a deposição de matéria orgânica pelágica no sedimento (de Mahiques et al., 2004). O alcance da pluma do Rio da Prata depende do regime de ventos e, portanto, varia sazonalmente e interanualmente. Durante o inverno, os ventos predominantes de sudoeste impulsionam a CCB para norte, podendo transportar águas com influência da pluma do Rio da Prata até 24°S, mesmo em períodos de baixa descarga fluvial (Möller et al., 2008; Piola et al., 2008). Apesar da integração dos dados, até este momento, ter sido feita apenas com os dados da primeira campanha, os dados da meiofauna mostram uma variação entre as campanhas nessa região relacionada à qualidade da matéria orgânica depositada. Maiores densidades foram associadas ao aumento da qualidade da matéria orgânica durante o inverno (**Capítulo VI**).

XIV.2.2 Base de dados

Foram realizadas 3 etapas analíticas para atingir os quatro objetivos propostos neste capítulo (definição das associações bentônicas, escolha do melhor modelo preditivo das associações, escolha das variáveis ambientais essenciais para monitoramento e previsão das associações para toda a Bacia). Essas etapas são semelhantes ao 'workflow' analítico já apresentado nos capítulos dos grupos bentônicos e discutidos em Fonseca e Vieira (2022). As etapas estabelecidas para cada um dos objetivos estão descritas abaixo:

XIV.2.2.1 Integração dos dados da fauna

XIV.2.2.1.1 Definição das associações dos componentes bentônicos da Bacia de Santos

A definição das associações bentônicas para cada um dos componentes do bentos seguiram as mesmas etapas. Para cada uma das estações de coleta utilizamos os valores médios entre as réplicas da meiofauna e da macrofauna e para microbiota foi considerado o dado da única réplica. Cada componente da fauna foi treinado separadamente em um mapa auto-organizável (*self-organizing maps*; SOM). A parametrização de aprendizado de cada SOM foi igual (**Tabela XIV.2-1**) como proposto por Fonseca e Vieira (2022), o “codebook” de cada componente foi agrupado pelo método de agrupamento hierárquico. Para manter o balanceamento entre os grupos bentônicos na integração, foram utilizados 8 grupos. Este número foi determinado pelo grupo da macrofauna que obteve a menor média de erro topográfico da rede de neurônios com o maior número de agrupamentos (**Anexo XIV-2**).

Tabela XIV.2-1: Parâmetros utilizados nos *self-organizing maps* (SOMs e SuperSOM).

Nº.obs: número de observações; xdim e ydim: número de neuronios nos eixos x e y, respectivamente.

	SOM (macrofauna)	SOM (meiofauna)	SOM (microbiota)	SuperSOM
nº.obs	99	99	94	99
nº.taxa	264	259	36370	102
nº. neurônios utilizados	34	39	29	38
xdim	7	7	7	7
ydim	7	7	7	7
topologia	hexagonal	hexagonal	hexagonal	hexagonal
fator de vizinhança	bubble	bubble	bubble	gaussian
Formato toroidal	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
alpha	0.05; 0.01	0.05; 0.01	0.05; 0.01	0.05; 0.01
Raio	4.359; 0	4.359; 0	4.359; 0	4.359; 0
Peso	1	1	1	1
max. fração de NA	0.001	0.001	0.001	0.001
distância	BrayCurtis	BrayCurtis	BrayCurtis	Euclidiana

XIV.2.2.1.2 Congruência e integração das associações bentônicas da Bacia de Santos

A congruência entre as associações dos diferentes compartimentos bentônicos foi feita através da correlação não paramétrica de Spearman. Já a integração dos três componentes do bentos foi realizada através da técnica SuperSOM (Furukawa, 2009). Esta técnica consiste em fazer um novo mapa auto-organizável com os resultados obtidos de cada um dos SOMs individuais (**Figura XIV.2.-1**). Cada SOM, gera valores de “melhor unidade correspondente” (*best-matching unit*, BMU). BMU corresponde ao neurônio vencedor para cada amostra apresentada a rede. Assim, a entrada do SuperSOM é a própria BMU dos SOMs. Depois de recuperada a BMU correspondente de cada componente bentônico para cada estação, elas são transformadas em variáveis binárias. O número de variáveis binárias para cada grupo foi: 34 - macrofauna, 39 - meiofauna e 29 - microbiota. Ao todo a matriz de entrada para o SuperSOM foi composta das 99 estações de coleta e por 102 variáveis binárias. A parametrização de aprendizado do SuperSOM foi a mesma dos SOMs individuais, exceto pelo cálculo da distância de similaridade entre estações de coleta (**Tabela XIV.2.-1**)

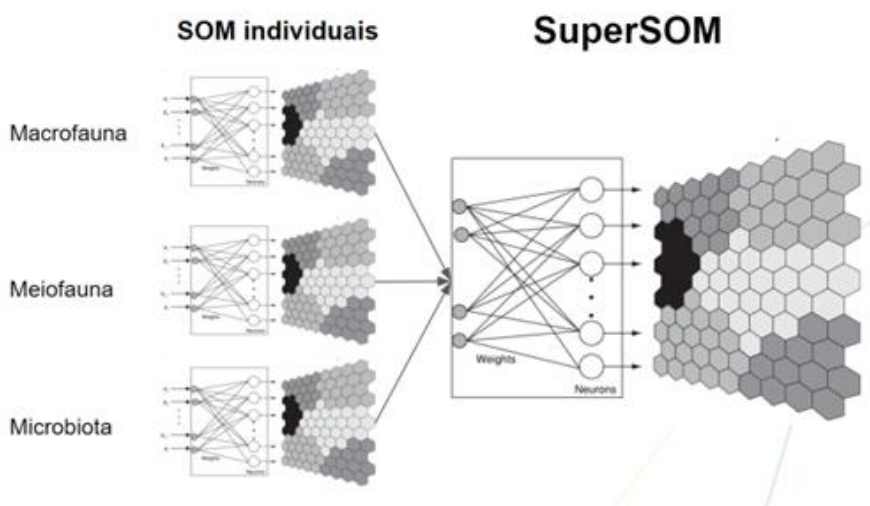


Figura XIV.2-1: Diagrama esquemático mostrando como cada self-organizing map (SOM) é utilizado em um segundo SOM. Este último referido como SuperSOM.

Calculado o SuperSOM, os “Super Neurônios” foram agrupados com a

técnica de aprendizado de máquina não-supervisionado de “*Hierarchical clustering*” utilizando o método Ward. O método Ward garante que a cada formação de um agrupamento maior há o aumento mínimo na variância total dentro do agrupamento (Xiaofeng Gong and Richman, 1995). O número de agrupamentos foi determinado em 8, com a finalidade de manter a coerência dos padrões dos SOMs individuais.

XIV.2.2.2 Modelo ambiental

XIV.2.2.2.1 Escolha do melhor modelo preditivo das associações

Foram avaliadas 5 metodologias analíticas, considerando as oito associações como variável-resposta e as 202 variáveis ambientais como preditoras: *Stochastic Gradient Boosting* (GB), *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), *K-Nearest Neighbour* (KNN) e *Naive Bayes* (NB). SVM e KNN foram feitos tanto com o método linear (L) quanto radial (R), totalizando 7 modelos. O RF foi feito com 500 árvores. Todos os modelos foram treinados utilizando 80% dos dados (dados de treinamento) com validação cruzada de 5 “*folds*” e repetidos 10 vezes. As medidas de acurácia e o índice Kappa foram comparados a partir de um Teste-t com correção de Bonferroni. As predições no conjunto de teste (20% dos dados remanescentes) foram feitas com base no modelo de maior acurácia.

XIV.2.2.2.2 Definição das variáveis essenciais para monitoramento das associações

As variáveis ambientais essenciais foram selecionadas a partir do modelo-base. Os fatores significativos com valores de $P < 0,05$ do modelo-base foram selecionados como preditores para o modelo reduzido. A significância dos preditores foi determinada utilizando-se aumento na pureza do nó e os valores de erro quadrático médio (pacote R *Random Forest Explainer*, Paluszynska e Biecek, 2017).

XIV.2.2.3 Meta modelo

Em cima das variáveis essenciais foi construído um meta-modelo das oito

associações, no qual os valores preditos foram modelados em função da batimetria juntamente com as coordenadas geográficas. Utilizamos a mesma metodologia realizada no capítulo da meiofauna (**Capítulo VII**). Por fim, foram realizadas as predições do meta-modelo para um grid batimétrico de alta-resolução (2 km) com 105.000 pontos

XIV.3 Resultados

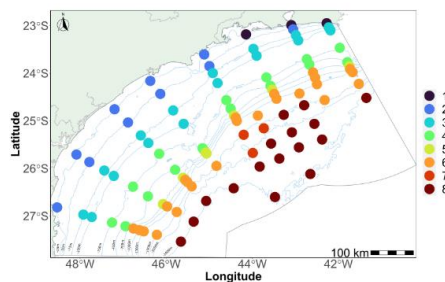
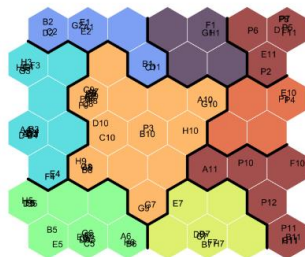
XIV.3.1 Integração dos dados da fauna

XIV.3.1.1 Associações do componente bentônico

Os mapas individuais de cada SOM georreferenciados na Bacia de Santos mostraram que, para todos os componentes bentônicos, os agrupamentos estão geograficamente organizados e fortemente estratificados com a batimetria (**Figura XIV-1**). Enquanto para Nematoda, todos os agrupamentos repetem-se entre as regiões norte e sul, para a Macrofauna e Microbiota, a plataforma ao norte e sul da Ilha de São Sebastião (SP) apresentam diferenças.

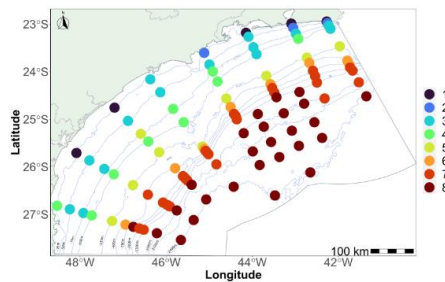
Microbiota

Err. Topo: 0,23



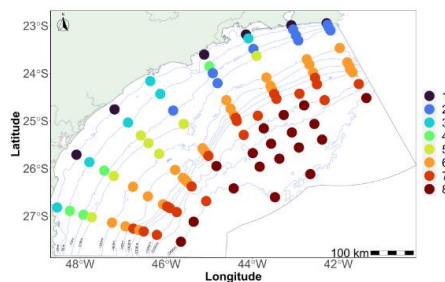
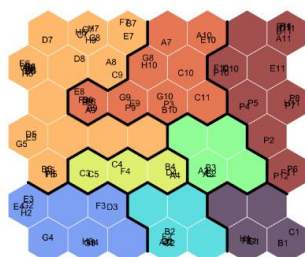
Nematoda

Err. Topo: 0,11



Macrofauna

Err. Topo: 0,12



Consenso

Err. Topo: 0,04

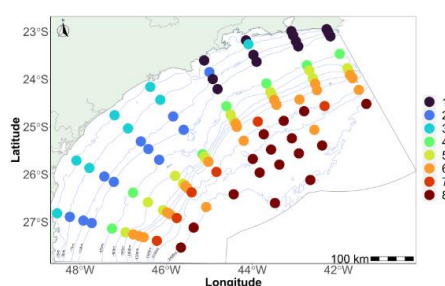
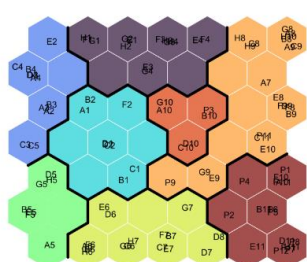


Figura XIV-1: Mapas de neurônios agrupados e especializações dos agrupamentos gerados pelo SOM na Bacia de Santos. Err. Topo: Erro topográfico.

XIV.3.1.1.2 Congruência e integração das associações

Para os três componentes, os agrupamentos das estações mais profundas (6, 7 e 8) abrangeram maior número de estações em comparação aos grupos

presentes na plataforma (1, 2 e 3; Figura XIV-1). A análise de correlação mostrou que os agrupamentos dos diferentes componentes bentônicos estão correlacionados entre si, com valores significativos acima de 0,94 (Figura XIV-2). A variação que ocorre na correlação entre os componentes é principalmente entre associações vizinhas. Por exemplo, o que foi classificado como 6 na microbiota, foi classificado como 7 e 8 em Nematoda e 6, 7 e 8 na Macrofauna.

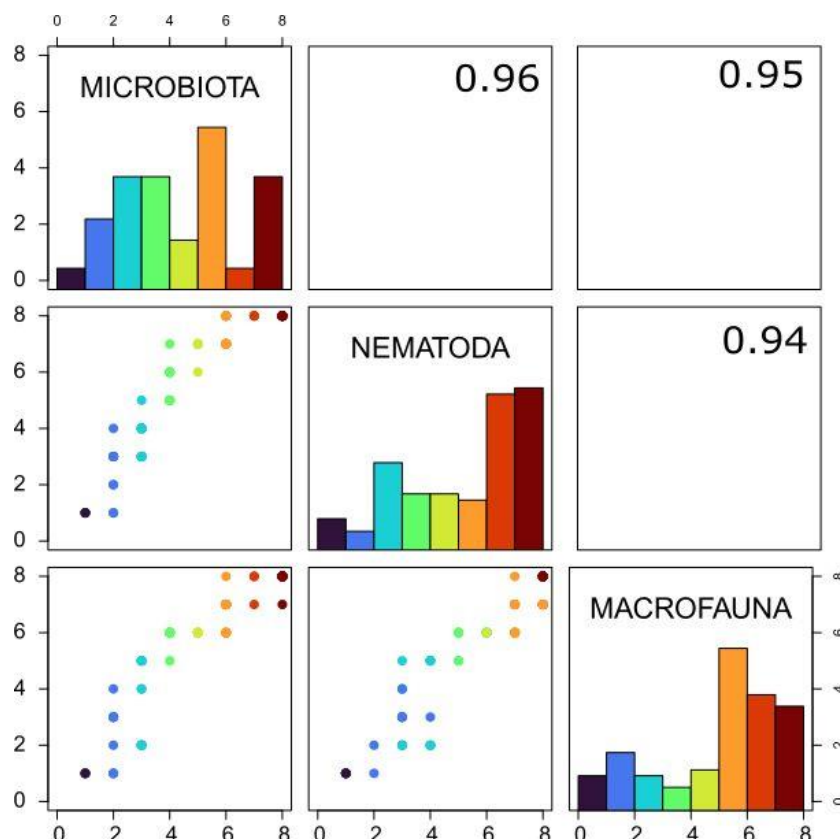


Figura XIV-3. Histogramas e os resultados das análises de correlação entre os três componentes bentônicos. Classes dos histogramas representam as diferentes associações. Valores de correlação: $p < 0.01$

Os resultados do SuperSOM mostraram uma rede de neurônios com um erro topográfico menor que os obtidos nos SOMs individuais (**Figura XIV-1 - Consenso**). O agrupamento hierárquico dos neurônios do SuperSOM mostrou que a associação 7 foi representada pelo menor número de neurônios e estações de coleta, ficando restrito a isóbata de 1900 m. Já a associação 6 foi a mais abrangente, tanto em número de neurônios quanto de estações. Esta associação contempla principalmente as isóbatas de 700 a 1300 m (**Figura XIV-3**). Assim como para os SOMs isolados, a espacialização dos dados confirma a agregação

geográfica das associações. Porém neste caso, o SuperSOM destaca a diferença entre as plataformas norte e sul e a separação da plataforma sul entre interna e externa. Da quebra de plataforma (isóbata 150 m) em direção ao fundo, cada associação acompanha a uma faixa batimétrica que percorre toda a Bacia de Santos.

XIV.3.2 Modelo ambiental

XIV.3.2.1 Escolha do melhor modelo preditivo

De todos os modelos de aprendizado de máquinas testados, o Random Forest (RF) foi significativamente melhor na predição das associações tanto ao considerar a acurácia quanto o índice Kappa (**Figura XIV-3**). Os valores de acurácia do RF no treinamento alcançaram uma média de 85%. Por outro lado, os modelos KNN tiveram valores de acurácia abaixo de 60%.

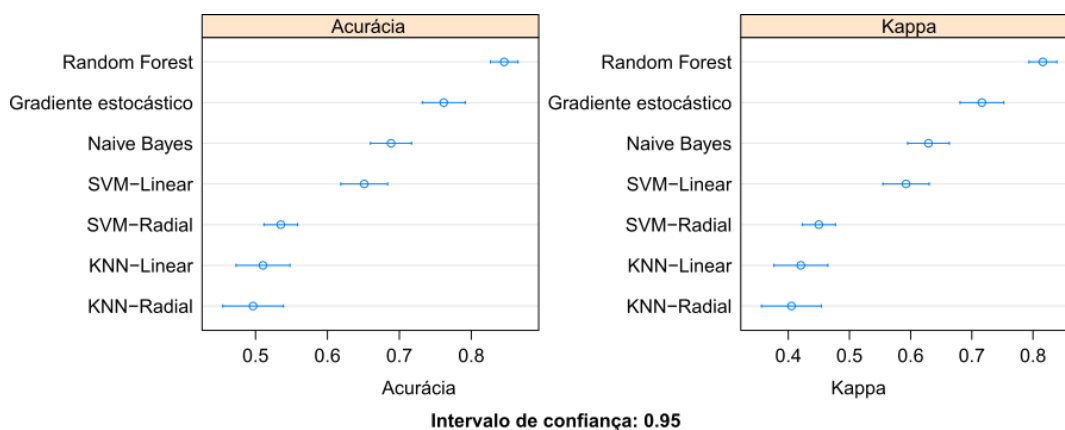


Figura XIV-4: Gráficos com os valores médios e os intervalos de confiança (95%) das acurácias e do índice Kappa entre os algoritmos Random Forest, Naive Bayes, gradiente estocástico, máquina de vetores de suporte linear e radial (SVM-Linear, SVM-Radial), k-vizinhos mais próximos linear e radial (KNN-Linear, KNN-Radial).

O modelo completo teve uma maior acurácia global na parte de teste do que no treino (**Figura XIV-4**). Ao analisar a acurácia por associação, tanto na parte de treinamento quanto de teste, as maiores incertezas estão em relação a associação 7. Neste caso o modelo classificou a associação 7 como 6. Todas as demais associações tiveram uma acurácia relativamente alta e os erros foram

sempre entre agrupamentos vizinhos geograficamente.

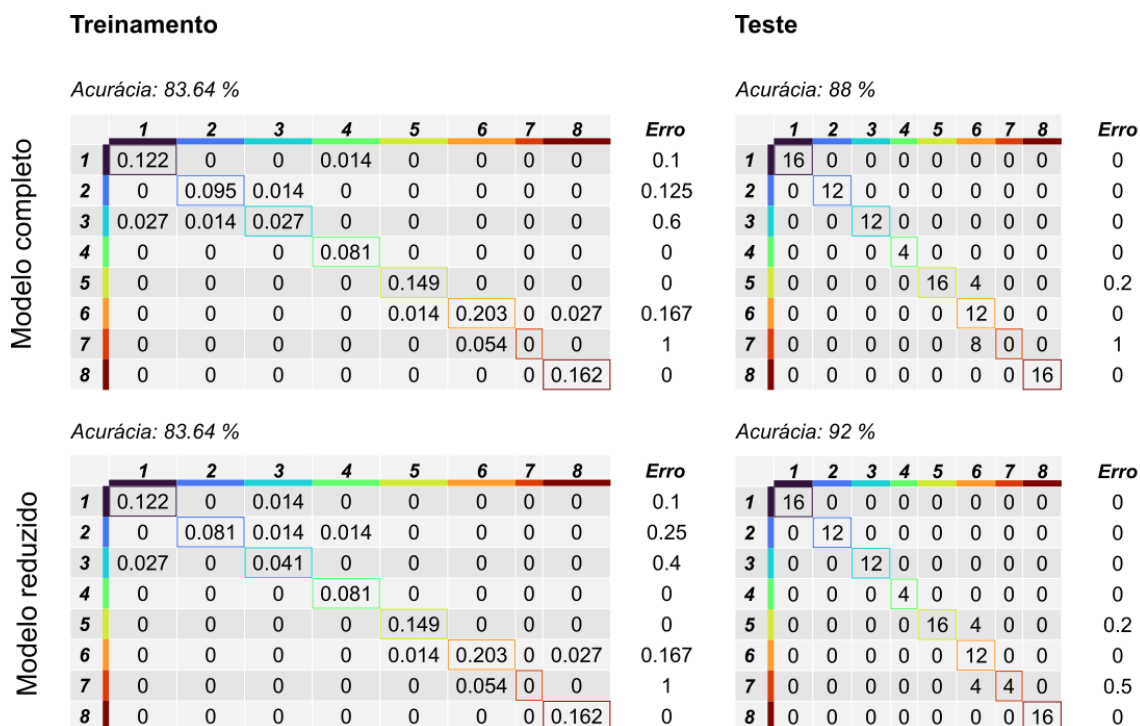


Figura XIV-4: Matrizes de confusão dos dados de treinamento e teste do modelo completo (202 preditores) e do modelo reduzido (29 preditores). Diagonal representa as acurácias do modelo por associação. Coluna de erro mostra os erros relativos por associação.

XIV.3.2.1.1 Variáveis essenciais para monitoramento

Das 202 variáveis ambientais utilizadas, somente 29 foram selecionadas como significativas pela análise de Random Forest (XXI.5). Dessas, a profundidade foi a de maior importância seguida pelos parâmetros da meiofauna, declividade geográfica e parâmetros da macrofauna.

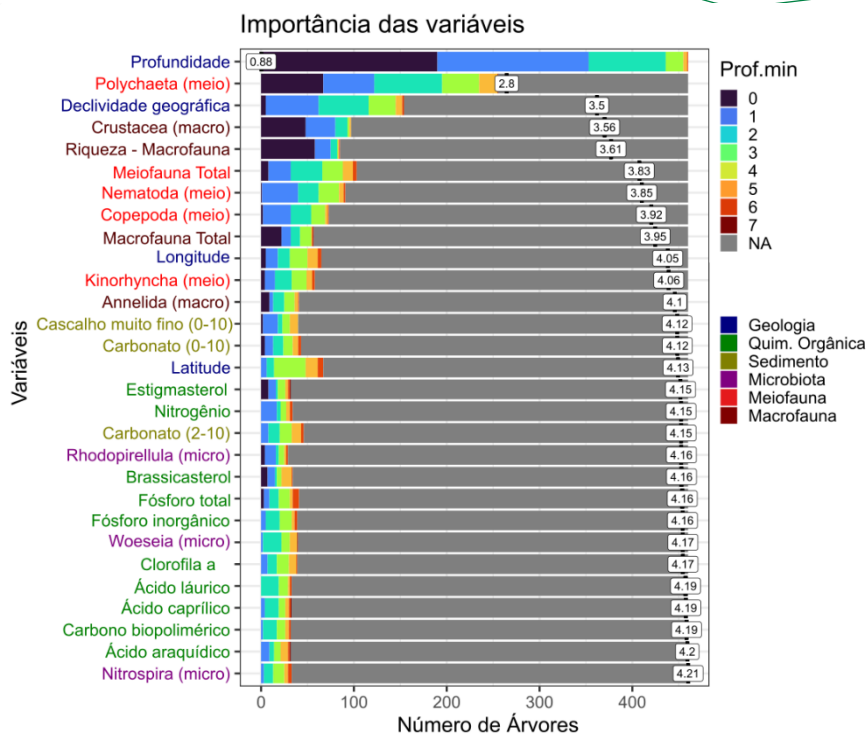


Figura XIV-5: Importância das variáveis significativas para o modelo completo de Random Forest.

XIV.3.3 Meta modelo

Os valores preditos do modelo-base em função da batimetria e coordenadas geográficas foram calculados para todo o *grid* (Meta-modelo). Os resultados do Meta-modelo mantêm uma alta acurácia do modelo (78%). Ao georreferenciar os valores preditos do *grid*, fica evidente a formação em mosaico das associações na Bacia (**Figura XIV-6**). Na porção norte da Bacia, a plataforma é principalmente caracterizada por uma única e exclusiva associação, enquanto a porção da Bacia ao sul da Ilha de São Sebastião é separada em duas, com limite entre elas localizado aproximadamente na isóbata de 75m. Do ponto de quebra de plataforma em direção ao Platô de São Paulo, as associações são principalmente estruturadas com a batimetria. A associação 4 percorre toda a Bacia acompanhando a isóbata de 150m e tem uma interrupção próximo ao cânion de Cananéia. Já as associações 5 e 6 correspondem à parte superior e inferior do talude e a associação 8 abrange toda a área do Platô da São Paulo e parte do sopé do talude. A associação 7 é a mais restrita de todas margeando parte da associação 6 e 8.

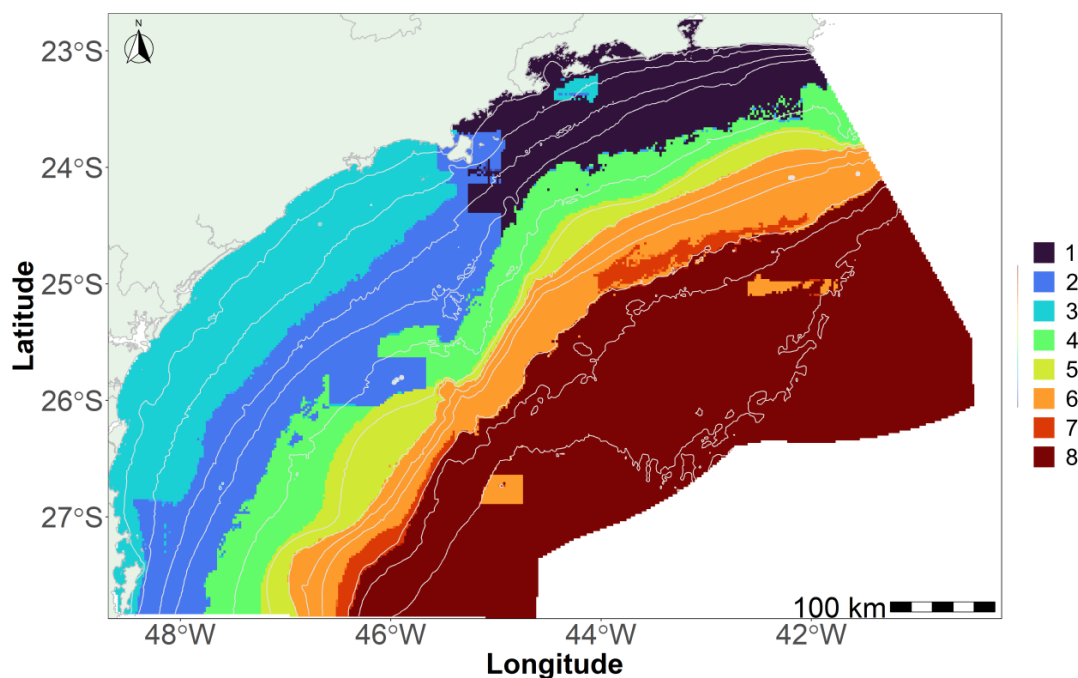


Figura XIV-6: Associações previstas do meta-modelo para o grid batimétrico de alta resolução

XIV.4 Discussão

A integração dos dados parte do princípio de que padrões congruentes entre os componentes bentônicos são valorizados em relação a padrões isolados de cada um. Neste aspecto, a análise demonstra que o sistema bentônico da Bacia de Santos é um mosaico de 8 associações que estão sob influência de diferentes processos oceanográficos. Abaixo caracterizamos os potenciais processos oceanográficos que estruturam cada uma dessas associações.

XIV.4.1 Plataforma norte

A plataforma Norte, até a isóbata de 150 m, abrange a região de Cabo Frio até a Ilha de São Sebastião. De acordo com as variáveis ambientais essenciais,

a região é caracterizada por maiores concentrações de clorofila-a e indicadores da meio- e macrofauna (**Anexo XIV-4**) Esta região bentônica está principalmente sob influência da Ressurgência de Cabo Frio (RCF). A ressurgência é resultante do afloramento da Água Central do Atlântico Sul (ACAS, Castro Filho et al., 1987), mais fria e rica em nutrientes. A intrusão da ACAS na plataforma continental promove a produtividade primária e subsequente deposição no sedimento de matéria orgânica fresca de alta qualidade (Arasaki et al., 2004; Carreira et al., 2012) que, por sua vez, propicia o aumento da densidade e biomassa da biota bentônica (Sumida et al., 2005; De Léo and Pires-Vanin, 2006).

Os eventos de ressurgência na região de Cabo Frio podem durar de dias a meses e ocorrem com frequência distinta ao longo do ano. As ressurgências são mais frequentes e intensas no verão, com a predominância de ventos de nordeste, e menos frequentes (ou até ausentes) no inverno, devido à predominância de ventos de sudoeste, que impedem a ascensão da ACAS (Castro Filho et al., 1987). O efeito de um evento de ressurgência no bentos pode durar meses (Sumida et al., 2005). Portanto há uma possibilidade que a abrangência desta associação seja relativamente constante ao longo do ano. Por outro lado, se os eventos passarem a ficar mais espaçados por motivos de mudanças climáticas, por exemplo, é muito provavelmente que a abrangência dessa associação também mude

XIV.4.2 Zona carbonática

Esta zona está associada ao agrupamento 4 e abrange toda a isóbata de 150 m de profundidade ao longo da Bacia de Santos, com uma interrupção próxima da longitude 46°W. Conforme demonstrado pelas análises, esta zona se destaca pelas altas percentagens de carbonato no sedimento, maiores concentrações de fósforo inorgânico e baixas densidades de Nematoda. A zona CB é um depósito de algas calcárias formado durante o Quaternário como consequência das oscilações do nível do mar (Dominguez et al., 2013; Santos Filho et al., 2022). A predominância de carbonatos na quebra da plataforma com baixa percentagem de sedimentos finos indica uma potencial área de alta

hidrodinâmica. Ao longo da quebra de plataforma o fluxo principal é da Corrente do Brasil que é predominante oligotrófica com baixas taxas de sedimentação (de Mahiques et al., 2004; Brandini et al., 2018). Todos os fatores em conjunto contribuem para as baixas densidades de organismos tanto da meiofauna, incluindo Nematoda, quanto da macrofauna (**Capítulos VII e VIII**).

Já a interrupção desta associação próximo à longitude 46°W está associada à presença do cânion de Cananéia. O cânion favorece o transporte de matéria orgânica e sedimentos finos da plataforma para o talude (Figueiredo Jr. et al., 2022). Mais ainda, é possível que o fluxo de sedimento terrígeno ao longo do cânion, durante o nível de mar mais baixo no último glacial máximo, tenha interrompido o desenvolvimento de algas calcárias (Santos Filho et al., 2022). De acordo com os resultados do modelo, a composição da fauna responderia a essas mudanças fazendo com que a associação típica da plataforma externa se estenda até o limite da quebra da plataforma (150 m).

XIV.4.3 Zona do talude superior (TS)

O TS refere-se à associação 5 e percorre toda a Bacia de Santos entre as isóbatas de 400 m e 700 m. Esta zona já apresenta características de ambientes profundos, como alta declividade de fundo, baixas concentrações de pigmentos fotossintéticos e maiores teores de sedimentos finos. Na Bacia de Santos o TS está cercado por regiões oligotróficas (CB e talude médio), porém difere das mesmas pelas maiores de concentrações de carboidratos e o teor de carbono biopolimérico, indicando alto valor nutricional da matéria orgânica disponível (Carreira et al., 2022). A qualidade dos compostos orgânicos é crítica para a fauna (Danovaro et al., 1999; Campanyà-Llovet et al., 2017) e pode explicar as maiores densidades da meiofauna e da macrofauna.

A origem dessa matéria orgânica com alta qualidade ainda é incerta. Ela pode ter sido transportada lateralmente ou produzida na zona fótica *offshore* e transportada verticalmente para o sedimento (Carreira et al., 2022). Os autores argumentam que a primeira hipótese seja mais plausível, visto a ausência de feopigmentos nesta região. No talude continental próximo à isóbata de 500 m, o

acúmulo de material particulado é favorecido pela transição entre a Corrente do Brasil, que flui acima em direção ao sul, e a Corrente de Contorno Oeste Intermediária, que flui abaixo em direção ao norte (Mahiques et al., 2021). A transição entre correntes opostas possibilita que a velocidade de corrente de fundo seja próxima a zero, favorecendo a deposição. Esse processo é muito mais provável de acontecer na porção Norte, visto que todo o fluxo geostrófico e termohalino é para o sul, portanto sem cisalhamento de correntes e sem favorecimento de sedimentação (**Volume III, Capítulo IV**; Rocha et al., 2014; Luko et al., 2021). A segunda hipótese não deve ser totalmente descartada, considerando que os pigmentos se degradam mais rapidamente que os biopolímeros durante o transporte de matéria orgânica na coluna d'água e na camada superior de sedimentos (Wakeham & Canuel, 2005).

XIV.4.4 Zona do talude médio (TM) e Platô de São Paulo

O talude médio, juntamente com o platô de São Paulo, forma um gradiente ambiental estruturado com a batimetria começando na isóbata de 1300 m estendendo-se até 2400 m. Essa região contempla 3 associações (6, 7 e 8). O gradiente ambiental entre elas ocorre em relação a um aumento com a profundidade nas concentrações de carbonatos no sedimento (Figueiredo Jr. et al., 2022), a diminuição na quantidade e qualidade da matéria orgânica e uma diminuição de todos os indicadores biológicos. Isso faz com que o sedimento predominante a região mais funda da Bacia é caracteriza por sedimentos finos com alto teor de carbonatos. Esse carbonato tem origem pelágica (**Capítulo 2, Volume 2**). O gradiente ambiental do TM para o Platô é constante ao longo de toda a Bacia de Santos, indicando a baixa influência dos processos que ocorrem na plataforma. Esse padrão batimétrico está em concordância com outras regiões do mundo (Soltwedel, 2000). As baixas densidades da biota estão relacionadas à baixa quantidade de biomassa planctônica primária que atinge o fundo (Suess, 1980). Além da pequena quantidade, a matéria orgânica que atinge o sedimento nessas profundidades é altamente refratária, uma vez que as bactérias se ligam e transformam partículas fitodetríticas à medida que estas

afundam, degradando os compostos orgânicos mais lábeis (Danovaro et al., 1999).

O fato de as baixas densidades diminuírem em direção ao fundo implica que pequenas variações nesses indicadores por eventuais perturbações, tanto para baixo quanto para cima, podem causar mudanças significativas nas comunidades bentônicas. Nesse sentido, um futuro programa de monitoramento nesta zona precisará ser acurado o suficiente capaz de prever essas mudanças.

XIV.4.5 Implicações para o monitoramento ambiental

O fato de as associações apresentarem padrões congruentes sugere que elas estão sob influência dos mesmos processos oceanográficos e muito provavelmente irão responder de maneira semelhante a eventuais mudanças ambientais. Além disso, através da análise integrada, é possível mapear as associações e inferir os prováveis processos estruturantes. Estudos que avaliaram mais de um componente bentônico simultaneamente observaram certa congruência entre eles (Corte et al., 2017).

Outro ponto importante é o reduzido número de variáveis ambientais, entre as variáveis da bióticas e abióticas, que são necessárias para prever as diferentes associações na Bacia. Dentre as 29 variáveis significativas, quatro são geográficas e 25 são ambientais. Destas 24, três são parâmetros granulométricos, 10 da química orgânica e inorgânica e 12 provenientes da fauna. A inclusão de indicadores da fauna como preditores das associações aumenta a acurácia do modelo e reduz drasticamente o custo do monitoramento, visto que é mais fácil processar dados da fauna em níveis taxonômicos superiores do que dados utilizando o nível taxonômico de espécie, o que demanda muito tempo e elevada especialização profissional.

XIV.5 Conclusão

A Bacia de Santos está organizada espacialmente em um mosaico de 8 zonas bentônicas. As zonas surgem de uma relação congruente entre os diferentes compartimentos bentônicos da fauna. Para fins de monitoramento, o estudo demonstrou que cada zona possui um conjunto específico de variáveis,

o que implica que múltiplos indicadores devem ser monitorados concomitantemente. Além disso, os resultados dos modelos de aprendizado de máquina mostraram que 25 variáveis ambientais, em conjunto com as 4 variáveis geográficas, foram suficientes para obter previsões precisas. Esses resultados podem auxiliar na otimização de futuros programas de monitoramento no que diz respeito à cobertura e frequência amostrais e variáveis ambientais necessárias para reduzir custos e aumentar nossa compreensão sobre o sistema. Preferencialmente, o programa de monitoramento a ser implementado deve ser adaptativo, baseado em algoritmos de aprendizado de longo prazo. Isso significa que dados provindos de um programa monitoramento podem ser continuamente testado contra o modelo predito. No caso desse novo dado estar fora do intervalo de valores esperados seria um indicativo que o modelo precisaria ser retreinado incorporando variáveis preditoras adicionais. Esse processo seria contínuo caracterizando o processo de aprendizado de longo-prazo.

XIV.6 Referências bibliográficas

- Arasaki, E., Muniz, P. & Pires-Vanin, A. M. S. 2004. A Functional Analysis of the Benthic Macrofauna of the Sao Sebastiao Channel (Southeastern Brazil). **Marine Ecology**, 25(4), 249–263. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2004.00032.x>
- Ayodele, T. O. 2010. Types of Machine Learning Algorithms. In: **New Advances in Machine Learning** (Vol. 3). InTech. DOI: <https://doi.org/10.5772/9385>
- Bonaccorso, G. 2017. Machine learning algorithms. Packt Publishing Ltd.
- Brandini, F. P., Tura, P. M. & Santos, P. P. G. M. 2018. Ecosystem responses to biogeochemical fronts in the South Brazil Bight. **Progress in Oceanography**, 164, 52–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.04.012>
- Campanyà-Llovet, N., Snelgrove, P. V. R. & Parrish, C. C. 2017. Rethinking the importance of food quality in marine benthic food webs. **Progress in Oceanography**, 156, 240–251. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2017.07.006>
- Carreira, R. da S., Canuel, E. A., Macko, S. A., Lopes, M. B., Luz, L. G. & Jasmim, L. N. 2012. On the accumulation of organic matter on the southeastern Brazilian continental shelf: a case study based on a sediment core from the shelf off Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Oceanography**, 60(1), 75–87. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-87592012000100008>
- Carreira, R. S., Lazzari, L., Rozo, L. & Ceccopieri, M. 2022. Bulk and isotopic characterization of organic matter in cross-margin transect sediments in the

Santos Basin, south-western Atlantic Ocean. **Ocean and Coastal Research**, submitted.

- Castro Filho, B. M. de, Miranda, L. B. de & Miyao, S. Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em média escala. **Boletim Do Instituto Oceanográfico**, 35(2), 135–151. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0373-55241987000200004>
- Corte, G. N., Checon, H. H., Fonseca, G., Vieira, D. C., Gallucci, F., Domenico, M. Di & Amaral, A. C. Z. 2017. Cross-taxon congruence in benthic communities: Searching for surrogates in marine sediments. *Ecological Indicators*, 78, 173–182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.031>
- Dailianis, T., Smith, C. J., Papadopoulou, N., Gerovasileiou, V., Sevastou, K., Bekkby, T., Bilan, M., Billett, D., Boström, C., Carreiro-Silva, M., Danovaro, R., Frascetti, S., Gagnon, K., Gambi, C., Grehan, A., Kipson, S., Kotta, J., McOwen, C. J., Morato, T., Ojaveer, H., Pham, C. K. & Scrimgeour, R. 2018. Human activities and resultant pressures on key European marine habitats: An analysis of mapped resources. *Marine Policy*, 98, 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.08.038>
- Danovaro, R., Dell'Anno, a., Martorano, D., Parodi, P., Marrale, N. D. & Fabiano, M. 1999. Seasonal variation in the biochemical composition of deep-sea nematodes: Bioenergetic and methodological considerations. *Marine Ecology Progress Series*, 179, 273–283.
- Danovaro, R., Fanelli, E., Aguzzi, J., Billett, D., Carugati, L., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A., Gjerde, K., Jamieson, A. J., Kark, S., McClain, C., Levin, L., Levin, N., Ramirez-Llodra, E., Ruhl, H., Smith, C. R., Snelgrove, P. V. R., Thomsen, L., Van Dover, C. L. & Yasuhara, M. 2020. Ecological variables for developing a global deep-ocean monitoring and conservation strategy. **Nature Ecology & Evolution**, 4(2), 181–192. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-019-1091-z>
- Dominguez, J. M. L., da Silva, R. P., Nunes, A. S. & Freire, A. F. M. 2013. The narrow, shallow, low-accommodation shelf of central Brazil: Sedimentology, evolution, and human uses. *Geomorphology*, 203, 46–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.07.004>
- Dottori, M., Sasaki, D. K., Silva, D. A., Giovannino, S. R., Pinto, A. P., Gnamah, M., Santos, A. D., Silveira, I. C. A., Belo, W. C., Martins, R. P. & Moreira, D. L. 2022. Hydrographic structure of the continental shelf in Santos Basin and its causes: The SANAGU and SANSED campaigns (2019). **Ocean and Coastal Research**, submitted.
- Figueiredo Jr., A. G., Carneiro, J. C., Santos Filho, J. R., Cecilio, A. B., Rocha, G. J., Santos, S. T. V., Oliveira, A. S., Ferreira, F. & Luz, M. R. 2022. Sedimentary processes as a set-up conditions for living benthic communities in Santos Basin, Brazil. *Ocean and Coastal Research*, submitted(This issue).
- Fonseca, G. & Vieira, D. C. 2022. Overcoming the challenges of data integration in ecosystem studies with machine learning workflows: an example from the

Santos project. **Ocean and Coastal Research.**

- Furukawa, T. 2009. SOM of SOMs. *Neural Networks*, 22(4), 463–478. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2009.01.012>
- Gallucci, F., Corbisier, T.N., Gheller, P., Brito, S., Vieira, D. C. & Fonseca, G. 2022. Spatial distribution of meiofauna communities at the Santos Basin. *Ocean and Coastal Research*.
- Grehan, A. J., Arnaud-Haond, S., D’Onghia, G., Savini, A. & Yesson, C. 2017. Towards ecosystem based management and monitoring of the deep Mediterranean, North-East Atlantic and Beyond. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 145, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.09.014>
- Hino, M., Benami, E. & Brooks, N. 2018. Machine learning for environmental monitoring. *Nature Sustainability*, 1(10), 583–588. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0142-9>
- Ingels, J., Vanreusel, A., Pape, E., Pasotti, F., Macheriotou, L., Arbizu, P. M., Sørensen, M. V., Edgcomb, V. P., Sharma, J., Sánchez, N., Homoky, W. B., Woulds, C., Leduc, D., Gooday, A. J., Pawlowski, J., Dolan, J. R., Schratzberger, M., Gollner, S., Schoenle, A., Arndt, H. & Zeppilli, D. 2020. Ecological variables for deep-ocean monitoring must include microbiota and meiofauna for effective conservation. *Nature Ecology & Evolution*, 5(1), 27–29. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-020-01335-6>
- De Léo, F. C. & Pires-Vanin, A. M. S. 2006. Benthic megafauna communities under the influence of the South Atlantic Central Water intrusion onto the Brazilian SE shelf: A comparison between an upwelling and a non-upwelling ecosystem. *Journal of Marine Systems*, 60(3–4), 268–284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2006.02.002>
- Luko, C. D., Silveira, I. C. A., Simoes-Sousa, I. T., Araujo, J. M. & Tandon, A. 2021. Revisiting the Atlantic South Equatorial Current. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 126(7). DOI: <https://doi.org/10.1029/2021JC017387>
- Mahesh, B. 2020. Machine Learning Algorithms - A Review. *International Journal of Science and Research (IJ)*, 9(1), 381-undefined. DOI: <https://doi.org/10.21275/ART20203995>
- de Mahiques, M. M., Tessler, M. G., Maria Ciotti, A., da Silveira, I. C. A., e Sousa, S. H. de M., Figueira, R. C. L., Tassinari, C. C. G., Furtado, V. V. & Passos, R. F. 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, 24(15), 1685–1697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2004.05.013>
- Mahiques, M. M. de, Violante, R., Franco-Fraguas, P., Burone, L., Rocha, C. B., Ortega, L., Santos, R. F. dos, Kim, B. S. M., Figueira, R. C. L. & Caruso Bicego, M. 2021. Control of oceanic circulation on sediment distribution in the southwestern Atlantic margin (23 to 55° S). *Ocean Science*, 17(5), 1213–1229. DOI: <https://doi.org/10.5194/os-17-1213-2021>

- Möller, O. O., Piola, A. R., Freitas, A. C. & Campos, E. J. D. 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**, 28(13), 1607–1624. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.03.012>
- Piola, A. R., Campos, E. J. D., Möller, O. O., Charo, M. & Martinez, C. 2000. Subtropical Shelf Front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 105(C3), 6565–6578. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999JC000300>
- Piola, A. R., Möller, O. O., Guerrero, R. A. & Campos, E. J. D. 2008. Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. **Continental Shelf Research**, 28(13), 1639–1648. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2008.03.013>
- Rocha, C. B., da Silveira, I. C. A., Castro, B. M. & Lima, J. A. M. 2014. Vertical structure, energetics, and dynamics of the Brazil Current System at 22°S–28°S. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(1), 52–69. DOI: <https://doi.org/10.1002/2013JC009143>
- Santos Filho, J. R. dos, Figueiredo, A. G., Carneiro, J. C., Dias, G. T. de M. & Ramalho, A. S. 2022. Mesophotic bioclastics and bioconstructions at the continental shelf of Santos Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, 442, 106294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2022.106294>
- Soltwedel, T. 2000. Metazoan meiobenthos along continental margins: a review. *Progress in Oceanography*, 46(1), 59–84. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(00\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(00)00030-6)
- Sonnewald, M., Lguensat, R., Jones, D. C., Dueben, P. D., Brajard, J. & Balaji, V. 2021. Bridging observations, theory and numerical simulation of the ocean using machine learning. **Environmental Research Letters**, 16(7), 073008. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac0eb0>
- de Souza, R. B. & Robinson, I. S. 2004. Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current. **Continental Shelf Research**, 24(2), 241–262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csr.2003.10.001>
- Stupariu, M.-S., Cushman, S. A., Pleşoianu, A.-I., Pătru-Stupariu, I. & Fürst, C. 2021. Machine learning in landscape ecological analysis: a review of recent approaches. *Landscape Ecology*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01366-9>
- Suess, E. 1980. Particulate organic carbon flux in the oceans—surface productivity and oxygen utilization. **Nature**, 288(5788), 260–263. DOI: <https://doi.org/10.1038/288260a0>
- Sumida, P., Yoshinaga, M., Ciotti, A. & Gaeta, S. 2005. Benthic response to upwelling events off the SE Brazilian coast. **Marine Ecology Progress Series**, 291, 35–42. DOI: <https://doi.org/10.3354/meps291035>
- Wakeham, S. G. & Canuel, E. A. 2005. Degradation and Preservation of Organic Matter in Marine Sediments. In: **Marine Organic Matter: Biomarkers, Isotopes and DNA** (pp. 295–321). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag. DOI:

https://doi.org/10.1007/698_2_009

Wolpert, D. H. 1996. The Lack of A Priori Distinctions Between Learning Algorithms. *Neural Computation*, 8(7), 1341–1390. DOI: <https://doi.org/10.1162/neco.1996.8.7.1341>

Xiaofeng Gong, Richman, M. B. 1995. On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in North America east of the Rockies. *Journal of Climate*, 8(4), 897–931. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1995\)008<0897:otaoca>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1995)008<0897:otaoca>2.0.co;2)

XIV.7 Equipe técnica

Nomes	Formação	Atuação
Gustavo Fonseca	Biólogo, Dr.	Coordenação do grupo de meiofauna
Danilo Cândido Vieira	Biólogo, Dr.	Grupo de meiofauna
Fabiane Gallucci	Bióloga, Dr ^a	Coordenação do grupo de meiofauna
Thais Navajas Corbisier	Bióloga, Dr ^a	Coordenação do grupo de meiofauna
Helena Passeri Lavrado	Bioóloga, Dr ^a	Coordenação do grupo de macrofauna
Adriana Galindo Dalto	Bioóloga, Dr ^a	Grupo de macrofauna
Rafael Benday de Moura	Biólogo, Dr.	Grupo de macrofauna
Vivian Helena Pellizari	Bioóloga, Dr ^a	Coordenação do grupo de microbiota
Daniel Leite Moreira	Oceanógrafo, Me	Coordenação geral
Fabiana da Silva Paula	Bióloga, Dr ^a	Grupo de microbiota
Diana Carolina Duque Castaño	Bióloga, Me.	Grupo de microbiota
Alberto Garcia de Figueredo Jr	Geólogo, Dr.	Coordenação do grupo de geologia
Renato da Silva Carreira	Oceanógrafo, Dr.	Coordenação do grupo de química orgânica
Silvia Helena de Mello e Sousa	Geóloga, Dr ^a .	Coordenação geral

XV. Anexos

*Capítulo XV
Revisão 01
Dezembro/2022*

Anexos do Capítulo II

Anexo II-1: Descrição das estações da malha amostral para as duas campanhas do Projeto Santos. Sd01, Sd 02 e Sd03 são as réplicas simples e SdRc é réplica composta.

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A06	Sd01	-46,9459	-27,2143	13/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A06	Sd02	-46,9459	-27,2139	13/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A06	Sd03	-46,9459	-27,2141	13/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A06	SdRC	-46,9459	-27,2143	13/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A07	Sd01	-46,7622	-27,2620	14/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A07	SdRC	-46,7622	-27,2620	14/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A08	Sd01	-46,6252	-27,2968	14/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A08	Sd02	-46,6248	-27,2970	14/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A08	Sd03	-46,6245	-27,2969	14/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A08	SdRC	-46,6252	-27,2968	14/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A09	Sd01	-46,5224	-27,3222	15/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A09	Sd02	-46,5218	-27,3233	15/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A09	Sd03	-46,5219	-27,3231	15/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A09	SdRC	-46,5224	-27,3222	15/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A10	Sd01	-46,2177	-27,3953	15/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A10	Sd02	-46,2173	-27,3952	15/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A10	Sd03	-46,2166	-27,3955	15/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A10	SdRC	-46,2177	-27,3953	15/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A11	Sd01	-45,6592	-27,5380	16/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A11	Sd02	-45,6594	-27,5383	16/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A11	Sd03	-45,6593	-27,5380	16/06/2019	2400

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	A	A11	SdRC	-45,6592	-27,5380	16/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B06	Sd01	-46,4256	-26,5853	19/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B06	Sd02	-46,4257	-26,5853	19/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B06	Sd03	-46,4257	-26,5852	19/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B06	SdRC	-46,4256	-26,5853	19/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B07	Sd01	-46,0743	-26,7508	18/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B07	Sd02	-46,0743	-26,7508	19/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B07	Sd03	-46,0743	-26,7508	19/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B07	SdRC	-46,0743	-26,7508	19/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B08	Sd01	-45,9782	-26,7997	18/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B08	Sd02	-45,9781	-26,7998	18/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B08	Sd03	-45,9781	-26,7999	18/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B08	SdRC	-45,9782	-26,7997	18/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B09	Sd01	-45,9183	-26,8300	18/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B09	Sd02	-45,9185	-26,8301	18/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B09	Sd03	-45,9185	-26,8301	18/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B09	SdRC	-45,9183	-26,8300	18/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B10	Sd01	-45,7560	-26,9159	17/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B10	Sd02	-45,7560	-26,9159	17/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B10	Sd03	-45,7561	-26,9158	17/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B10	SdRC	-45,7560	-26,9159	17/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B11	Sd01	-45,3635	-27,1179	16/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B11	Sd02	-45,3633	-27,1185	17/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B11	Sd03	-45,3639	-27,1190	17/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	B	B11	SdRC	-45,3635	-27,1179	17/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C06	Sd01	-45,7941	-26,0291	19/06/2019	400

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C06	Sd02	-45,7941	-26,0291	20/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C06	Sd03	-45,7941	-26,0291	20/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C06	SdRC	-45,7941	-26,0291	20/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C07	Sd01	-45,6098	-26,1961	20/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C07	Sd02	-45,6088	-26,1960	20/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C07	Sd03	-45,6088	-26,1958	20/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C07	SdRC	-45,6098	-26,1961	20/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C08	Sd01	-45,5576	-26,2425	20/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C08	Sd02	-45,5575	-26,2424	20/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C08	Sd03	-45,5576	-26,2424	20/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C08	SdRC	-45,5576	-26,2425	20/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C09	Sd01	-45,5100	-26,2857	21/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C09	Sd02	-45,5100	-26,2853	21/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C09	Sd03	-45,5100	-26,2852	21/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C09	SdRC	-45,5100	-26,2857	21/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C10	Sd01	-45,4088	-26,3775	21/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C10	Sd02	-45,4089	-26,3775	21/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C10	Sd03	-45,4089	-26,3776	21/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C10	SdRC	-45,4088	-26,3775	21/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C11	Sd01	-45,0725	-26,6841	22/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C11	Sd02	-45,0709	-26,6837	22/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C11	Sd03	-45,0710	-26,6832	22/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	C	C11	SdRC	-45,0725	-26,6841	22/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	D	D08	Sd01	-45,0630	-25,6855	23/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	D	D08	Sd02	-45,0629	-25,6853	23/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	D	D08	Sd03	-45,0632	-25,6855	23/06/2019	1000

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED01	Inverno	D	D08	SdRC	-45,0630	-25,6855	23/06/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D06	Sd01	-45,1140	-25,6266	26/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D06	Sd02	-45,1134	-25,6262	26/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D06	Sd03	-45,1141	-25,6265	27/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D06	SdRC	-45,1140	-25,6266	27/06/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D07	Sd01	-45,0838	-25,6665	27/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D07	Sd02	-45,0838	-25,6663	27/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D07	Sd03	-45,0838	-25,6662	27/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D07	SdRC	-45,0838	-25,6665	27/06/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D09	Sd01	-45,0188	-25,7347	28/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D09	Sd02	-45,0186	-25,7344	28/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D09	Sd03	-45,0183	-25,7345	28/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D09	SdRC	-45,0188	-25,7347	28/06/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D10	Sd01	-44,8343	-25,9473	28/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D10	Sd02	-44,8341	-25,9472	28/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D10	Sd03	-44,8342	-25,9473	29/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D10	SdRC	-44,8343	-25,9473	29/06/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D11	Sd01	-44,4332	-26,4175	30/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D11	Sd02	-44,4354	-26,4182	30/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D11	Sd03	-44,4349	-26,4175	30/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	D	D11	SdRC	-44,4332	-26,4175	30/06/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E06	Sd01	-44,5050	-24,7424	06/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E06	Sd02	-44,5039	-24,7413	07/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E06	Sd03	-44,5038	-24,7413	07/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E06	SdRC	-44,5050	-24,7424	07/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E07	Sd01	-44,4244	-24,8868	05/07/2019	700

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E07	Sd02	-44,4245	-24,8867	05/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E07	Sd03	-44,4243	-24,8868	05/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E07	SdRC	-44,4244	-24,8868	05/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E08	Sd01	-44,3848	-24,9352	04/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E08	Sd02	-44,3849	-24,9355	04/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E08	Sd03	-44,3847	-24,9354	04/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E08	SdRC	-44,3848	-24,9352	04/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E09	Sd01	-44,3609	-25,0011	04/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E09	Sd02	-44,3609	-25,0005	04/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E09	Sd03	-44,3609	-25,0006	04/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E09	SdRC	-44,3609	-25,0011	04/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E10	Sd01	-44,2001	-25,2935	03/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E10	Sd02	-44,1995	-25,2933	03/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E10	Sd03	-44,1995	-25,2933	03/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E10	SdRC	-44,2001	-25,2935	03/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E11	Sd01	-43,4742	-26,6015	01/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E11	Sd02	-43,4745	-26,6015	01/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E11	Sd03	-43,4732	-26,6013	01/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	E	E11	SdRC	-43,4742	-26,6015	01/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	P	P01	Sd01	-43,9891	-25,6753	02/07/2019	2170
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	P	P01	Sd02	-43,9895	-25,6763	03/07/2019	2170
CAMPANHA 1	SANSED02	Inverno	P	P01	SdRC	-43,9891	-25,6753	03/07/2019	2170
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F06	Sd01	-43,5795	-24,2646	09/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F06	Sd02	-43,5795	-24,2645	09/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F06	Sd03	-43,5795	-24,2647	10/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F06	SdRC	-43,5795	-24,2646	10/07/2019	400

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F07	Sd01	-43,5380	-24,3441	10/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F07	Sd02	-43,5373	-24,3440	10/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F07	Sd03	-43,5384	-24,3446	10/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F07	SdRC	-43,5380	-24,3441	10/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F08	Sd01	-43,4916	-24,4338	10/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F08	Sd02	-43,4918	-24,4339	10/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F08	Sd03	-43,4917	-24,4339	11/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F08	SdRC	-43,4916	-24,4338	11/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F09	Sd01	-43,4390	-24,5370	11/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F09	Sd02	-43,4393	-24,5371	11/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F09	Sd03	-43,4396	-24,5366	11/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F09	SdRC	-43,4390	-24,5370	11/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F10	Sd01	-43,2696	-24,8744	15/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F10	Sd02	-43,2688	-24,8745	15/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F10	Sd03	-43,2689	-24,8748	16/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F10	SdRC	-43,2696	-24,8744	16/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F11	Sd01	-42,6529	-26,1170	14/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F11	Sd02	-42,6526	-26,1167	14/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F11	Sd03	-42,6524	-26,1176	14/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	F	F11	SdRC	-42,6529	-26,1170	14/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P02	Sd01	-43,8288	-25,9619	02/07/2019	2247
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P02	Sd02	-43,8285	-25,9625	02/07/2019	2247
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P02	Sd03	-43,8282	-25,9618	02/07/2019	2247
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P02	SdRC	-43,8288	-25,9619	02/07/2019	2247
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P03	Sd01	-43,8721	-24,8904	11/07/2019	1720
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P03	Sd02	-43,8720	-24,8908	12/07/2019	1720

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P03	Sd03	-43,8724	-24,8907	12/07/2019	1720
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P03	SdRC	-43,8721	-24,8904	12/07/2019	1720
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P04	Sd01	-43,7337	-25,1563	12/07/2019	2106
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P04	Sd02	-43,7337	-25,1566	12/07/2019	2106
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P04	Sd03	-43,7334	-25,1567	12/07/2019	2106
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P04	SdRC	-43,7337	-25,1563	12/07/2019	2106
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P05	Sd01	-43,5641	-25,4783	13/07/2019	2185
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P05	Sd02	-43,5646	-25,4785	13/07/2019	2185
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P05	Sd03	-43,5645	-25,4789	13/07/2019	2185
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P05	SdRC	-43,5641	-25,4783	13/07/2019	2185
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P06	Sd01	-43,3720	-25,7938	13/07/2019	2135
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P06	Sd02	-43,3738	-25,7937	13/07/2019	2135
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P06	Sd03	-43,3721	-25,7930	13/07/2019	2135
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P06	SdRC	-43,3720	-25,7938	13/07/2019	2135
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P07	Sd01	-43,0811	-25,2413	15/07/2019	2217
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P07	Sd02	-43,0811	-25,2412	15/07/2019	2217
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P07	Sd03	-43,0812	-25,2404	15/07/2019	2217
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P07	SdRC	-43,0811	-25,2413	15/07/2019	2217
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P08	Sd01	-42,9183	-25,5584	14/07/2019	2140
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P08	Sd02	-42,9182	-25,5570	14/07/2019	2140
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P08	Sd03	-42,9182	-25,5572	14/07/2019	2140
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P08	SdRC	-42,9183	-25,5584	14/07/2019	2140
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P09	Sd01	-42,9047	-24,4270	17/07/2019	1435
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P09	Sd02	-42,9044	-24,4267	17/07/2019	1435
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P09	Sd03	-42,9051	-24,4275	17/07/2019	1435
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P09	SdRC	-42,9047	-24,4270	17/07/2019	1435

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P10	Sd01	-42,7970	-24,6723	18/07/2019	1973
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P10	Sd02	-42,7980	-24,6728	18/07/2019	1973
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P10	Sd03	-42,7978	-24,6729	18/07/2019	1973
CAMPANHA 1	SANSED03	Inverno	P	P10	SdRC	-42,7970	-24,6723	18/07/2019	1973
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G06	Sd01	-42,6755	-23,8161	28/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G06	Sd02	-42,6762	-23,8164	28/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G06	Sd03	-42,6757	-23,8158	02/08/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G06	SdRC	-42,6755	-23,8161	02/08/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G07	Sd01	-42,5918	-23,9820	28/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G07	Sd02	-42,5920	-23,9821	29/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G07	Sd03	-42,5920	-23,9821	29/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G07	SdRC	-42,5918	-23,9820	29/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G08	Sd01	-42,5412	-24,0935	29/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G08	Sd02	-42,5412	-24,0934	29/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G08	Sd03	-42,5411	-24,0933	29/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G08	SdRC	-42,5412	-24,0935	29/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G09	Sd01	-42,4991	-24,2296	02/08/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G09	SdRC	-42,4991	-24,2296	02/08/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G10	Sd01	-42,3210	-24,5632	30/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G10	Sd02	-42,3207	-24,5619	30/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G10	Sd03	-42,3206	-24,5630	30/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	G	G10	SdRC	-42,3210	-24,5632	30/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H06	Sd01	-41,7929	-23,7675	27/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H06	Sd02	-41,7930	-23,7675	27/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H06	Sd03	-41,7929	-23,7675	28/07/2019	400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H06	SdRC	-41,7929	-23,7675	28/07/2019	400

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H07	Sd01	-41,7451	-23,8497	27/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H07	Sd02	-41,7446	-23,8494	27/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H07	Sd03	-41,7453	-23,8497	27/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H07	SdRC	-41,7451	-23,8497	27/07/2019	700
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H08	Sd01	-41,7300	-23,9131	26/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H08	Sd02	-41,7297	-23,9129	26/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H08	Sd03	-41,7293	-23,9126	26/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H08	SdRC	-41,7300	-23,9131	26/07/2019	1000
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H09	Sd01	-41,6715	-23,9774	25/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H09	Sd02	-41,6713	-23,9771	25/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H09	Sd03	-41,6718	-23,9772	25/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H09	SdRC	-41,6715	-23,9774	25/07/2019	1300
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H10	Sd01	-41,5265	-24,2229	25/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H10	Sd02	-41,5251	-24,2221	25/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H10	Sd03	-41,5254	-24,2222	25/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H10	SdRC	-41,5265	-24,2229	25/07/2019	1900
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H11	Sd01	-41,3521	-24,5179	24/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H11	Sd02	-41,3516	-24,5181	24/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H11	Sd03	-41,3514	-24,5172	24/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	H	H11	SdRC	-41,3521	-24,5179	24/07/2019	2400
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P11	Sd01	-42,5595	-25,0629	01/08/2019	2260
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P11	Sd02	-42,5601	-25,0629	01/08/2019	2260
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P11	Sd03	-42,5586	-25,0609	01/08/2019	2260
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P11	SdRC	-42,5595	-25,0629	01/08/2019	2260
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P12	Sd01	-42,3786	-25,3927	31/07/2019	2198
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P12	Sd02	-42,3787	-25,3942	01/08/2019	2198

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P12	Sd03	-42,3788	-25,3944	01/08/2019	2198
CAMPANHA 1	SANSED04	Inverno	P	P12	SdRC	-42,3786	-25,3927	01/08/2019	2198
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	D	D05	Sd01	-45,1574	-25,5747	10/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	D	D05	Sd02	-45,1574	-25,5747	10/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	D	D05	Sd03	-45,1574	-25,5747	10/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	D	D05	SdRC	-45,1574	-25,5747	10/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E01	Sd01	-45,1169	-23,6054	08/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E01	Sd02	-45,1174	-23,6057	08/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E01	Sd03	-45,1172	-23,6059	08/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E01	SdRC	-45,1169	-23,6054	08/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E02	Sd01	-44,9972	-23,8495	08/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E02	Sd02	-44,9972	-23,8495	08/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E02	Sd03	-44,9971	-23,8494	08/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E02	SdRC	-44,9972	-23,8495	08/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E03	Sd01	-44,9180	-23,9964	08/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E03	Sd02	-44,9179	-23,9962	08/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E03	Sd03	-44,9179	-23,9961	08/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E03	SdRC	-44,9180	-23,9964	08/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E04	Sd01	-44,80768979	-24,2063	09/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E04	Sd02	-44,80802959	-24,2063	09/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E04	Sd03	-44,80802019	-24,2063	09/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E04	SdRC	-44,80768979	-24,2063	09/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E05	Sd01	-44,6037	-24,5649	09/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E05	Sd02	-44,6037	-24,5649	09/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E05	Sd03	-44,6037	-24,5649	09/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	E	E05	SdRC	-44,6037	-24,5649	09/11/2019	150

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F01	Sd01	-44,1474	-23,1825	03/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F01	Sd02	-44,1474	-23,1825	03/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F01	Sd03	-44,1474	-23,1825	03/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F01	SdRC	-44,1474	-23,1825	03/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F02	Sd01	-44,0897	-23,2652	03/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F02	Sd02	-44,0896	-23,2652	03/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F02	Sd03	-44,0896	-23,2652	03/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F02	SdRC	-44,0897	-23,2652	03/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F03	Sd01	-43,9755	-23,4867	03/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F03	Sd02	-43,9755	-23,4867	03/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F03	Sd03	-43,9755	-23,4867	03/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F03	SdRC	-43,9755	-23,4867	03/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F04	Sd01	-43,9014	-23,6323	04/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F04	Sd02	-43,9015	-23,6323	04/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F04	Sd03	-43,9015	-23,6323	04/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F04	SdRC	-43,9014	-23,6323	04/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F05	Sd01	-43,6736	-24,0881	04/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F05	Sd02	-43,6736	-24,0880	04/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F05	Sd03	-43,6741	-24,0882	04/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	F	F05	SdRC	-43,6736	-24,0881	04/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G01	Sd01	-43,0948	-22,9894	29/10/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G01	Sd02	-43,0946	-22,9890	29/10/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G01	Sd03	-43,0948	-22,9895	29/10/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G01	SdRC	-43,0948	-22,9894	29/10/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G02	Sd01	-43,0522	-23,0780	29/10/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G02	Sd02	-43,0528	-23,0774	29/10/2019	50

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G02	Sd03	-43,0527	-23,0768	29/10/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G02	SdRC	-43,0522	-23,0780	29/10/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G03	Sd01	-42,9891	-23,2004	29/10/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G03	Sd02	-42,9891	-23,2004	29/10/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G03	Sd03	-42,9891	-23,2004	29/10/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G03	SdRC	-42,9891	-23,2004	29/10/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G04	Sd01	-42,9331	-23,3090	30/10/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G04	Sd02	-42,9331	-23,3090	30/10/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G04	Sd03	-42,9327	-23,3099	30/10/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G04	SdRC	-42,9331	-23,3090	30/10/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G05	Sd01	-42,7342	-23,7040	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G05	Sd02	-42,7314	-23,7042	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G05	Sd03	-42,7314	-23,7041	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	G	G05	SdRC	-42,7342	-23,7040	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H01	Sd01	-42,2737	-22,9477	02/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H01	Sd02	-42,2733	-22,9478	02/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H01	Sd03	-42,2739	-22,9485	02/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H01	SdRC	-42,2737	-22,9477	02/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H02	Sd01	-42,2540	-22,9801	01/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H02	Sd02	-42,2545	-22,9801	01/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H02	Sd03	-42,2552	-22,9801	01/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H02	SdRC	-42,2540	-22,9801	01/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H03	Sd01	-42,2260	-23,0353	01/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H03	Sd02	-42,2260	-23,0353	01/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H03	Sd03	-42,2260	-23,0353	01/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H03	SdRC	-42,2260	-23,0353	01/11/2019	75

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H04	Sd01	-42,1855	-23,0982	01/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H04	SdRC	-42,1855	-23,0982	01/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H05	Sd01	-41,9702	-23,4669	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H05	Sd02	-41,9702	-23,4668	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H05	Sd03	-41,9704	-23,4668	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED05	Primavera	H	H05	SdRC	-41,9702	-23,4669	31/10/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A01	Sd01	-48,5338	-26,8185	22/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A01	Sd02	-48,5331	-26,8191	22/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A01	Sd03	-48,5332	-26,8190	22/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A01	SdRC	-48,5338	-26,8185	22/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A02	Sd01	-48,2386	-26,8915	22/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A02	Sd02	-48,2388	-26,8923	22/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A02	Sd03	-48,2391	-26,8926	22/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A02	SdRC	-48,2386	-26,8915	22/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A03	Sd01	-47,9241	-26,9708	22/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A03	Sd02	-47,9242	-26,9702	22/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A03	Sd03	-47,9238	-26,9710	22/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A03	SdRC	-47,9241	-26,9708	22/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A04	Sd01	-47,7295	-27,0220	22/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A04	Sd02	-47,7294	-27,0219	22/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A04	Sd03	-47,7287	-27,0219	22/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A04	SdRC	-47,7295	-27,0220	22/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A05	Sd01	-47,2580	-27,1379	21/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A05	Sd02	-47,2583	-27,1379	21/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A05	Sd03	-47,2582	-27,1378	21/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	A	A05	SdRC	-47,2580	-27,1379	21/11/2019	150

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B01	Sd01	-48,0845	-25,7084	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B01	Sd02	-48,0846	-25,7087	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B01	Sd03	-48,0850	-25,7090	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B01	SdRC	-48,0845	-25,7084	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B02	Sd01	-47,7842	-25,8653	19/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B02	Sd02	-47,7844	-25,8654	20/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B02	Sd03	-47,7844	-25,8654	20/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B02	SdRC	-47,7842	-25,8653	20/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B03	Sd01	-47,4382	-26,0441	20/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B03	Sd02	-47,4380	-26,0441	20/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B03	Sd03	-47,4378	-26,0444	20/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B03	SdRC	-47,4382	-26,0441	20/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B04	Sd01	-47,2173	-26,1574	20/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B04	Sd02	-47,2171	-26,1575	20/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B04	Sd03	-47,2174	-26,1574	20/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B04	SdRC	-47,2173	-26,1574	20/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B05	Sd01	-46,7708	-26,3832	21/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B05	Sd02	-46,7711	-26,3832	21/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	B	B05	SdRC	-46,7708	-26,3832	21/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C01	Sd01	-47,1999	-24,7565	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C01	Sd02	-47,1997	-24,7568	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C01	Sd03	-47,1997	-24,7569	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C01	SdRC	-47,1999	-24,7565	19/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C02	Sd01	-46,8874	-25,0337	18/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C02	Sd02	-46,8871	-25,0334	18/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C02	Sd03	-46,8869	-25,0332	18/11/2019	50

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C02	SdRC	-46,8874	-25,0337	18/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C03	Sd01	-46,5899	-25,3067	18/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C03	Sd02	-46,5900	-25,3067	18/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C03	Sd03	-46,5892	-25,3067	18/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C03	SdRC	-46,5899	-25,3067	18/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C04	Sd01	-46,4156	-25,4655	17/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C04	Sd02	-46,4156	-25,4657	17/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C04	Sd03	-46,4159	-25,4659	18/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C04	SdRC	-46,4156	-25,4655	18/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C05	Sd01	-46,1638	-25,6923	17/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C05	Sd02	-46,1640	-25,6923	17/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C05	Sd03	-46,1641	-25,6923	17/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	C	C05	SdRC	-46,1638	-25,6923	17/11/2019	150
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D01	Sd01	-46,3696	-24,1611	15/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D01	Sd02	-46,3695	-24,1611	15/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D01	Sd03	-46,3704	-24,1611	15/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D01	SdRC	-46,3696	-24,1611	15/11/2019	25
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D02	Sd01	-46,1369	-24,4330	16/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D02	Sd02	-46,1364	-24,4338	16/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D02	Sd03	-46,1369	-24,4337	16/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D02	SdRC	-46,1369	-24,4330	16/11/2019	50
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D03	Sd01	-45,8384	-24,7814	16/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D03	Sd02	-45,8387	-24,7818	16/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D03	Sd03	-45,8396	-24,7820	16/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D03	SdRC	-45,8384	-24,7814	16/11/2019	75
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D04	Sd01	-45,5962	-25,0628	16/11/2019	100

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D04	Sd02	-45,5963	-25,0627	17/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D04	Sd03	-45,5967	-25,0634	17/11/2019	100
CAMPANHA 1	SANSED06	Primavera	D	D04	SdRC	-45,5962	-25,0628	17/11/2019	100
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A06	Sd01	-46,94548789	-27,21415955	21/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A06	Sd02	-46,94616597	-27,2142467	21/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A06	Sd03	-46,94605921	-27,21431912	21/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A06	SdRC	-46,94548789	-27,21415955	21/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A07	Sd01	-46,76017893	-27,26018896	21/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A07	SdRC	-46,76017893	-27,26018896		700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A08	Sd01	-46,62507809	-27,29626439	20/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A08	Sd02	-46,62525929	-27,29672577	20/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A08	Sd03	-46,62523709	-27,29672738	20/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A08	SdRC	-46,62507809	-27,29626439	20/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A09	Sd01	-46,5222959	-27,32280162	19/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A09	Sd02	-46,52221167	-27,3226722	19/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A09	Sd03	-46,52226244	-27,32179474	19/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A09	SdRC	-46,5222959	-27,32280162	19/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A10	Sd01	-46,21843351	-27,39556004	18/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A10	Sd02	-46,21873882	-27,39520875	19/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A10	Sd03	-46,21802069	-27,3950353	19/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A10	SdRC	-46,21843351	-27,39556004		1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A11	Sd01	-45,65876637	-27,53822353	18/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A11	Sd02	-45,65897787	-27,5373984	18/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A11	Sd03	-45,65992388	-27,5372492	18/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	A	A11	SdRC	-45,65876637	-27,53822353	18/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B06	Sd01	-46,42558528	-26,58557394	22/02/2021	400

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B06	Sd02	-46,4252778	-26,58563552	22/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B06	Sd03	-46,42539619	-26,58562811	22/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B06	SdRC	-46,42558528	-26,58557394	22/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B07	Sd01	-46,07478829	-26,75087158	22/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B07	Sd02	-46,07463722	-26,75127456	22/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B07	Sd03	-46,07418656	-26,75110934	23/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B07	SdRC	-46,07478829	-26,75087158		700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B08	Sd01	-45,97826752	-26,79955073	23/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B08	Sd02	-45,97793028	-26,79944454	23/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B08	Sd03	-45,97774717	-26,79997043	23/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B08	SdRC	-45,97826752	-26,79955073	23/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B09	Sd01	-45,91874528	-26,83058861	23/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B09	Sd02	-45,91860477	-26,83011112	23/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B09	Sd03	-45,91887072	-26,82952184	23/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B09	SdRC	-45,91874528	-26,83058861	23/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B10	Sd01	-45,75610909	-26,91598513	24/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B10	Sd02	-45,75632365	-26,91564506	24/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B10	Sd03	-45,75641222	-26,91510804	24/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B10	SdRC	-45,75610909	-26,91598513	24/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B11	Sd01	-45,36391097	-27,11770668	24/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B11	Sd02	-45,36368959	-27,11757652	24/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B11	Sd03	-45,36397274	-27,1180542	25/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	B	B11	SdRC	-45,36391097	-27,11770668		2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C06	Sd01	-45,79434948	-26,02920883	28/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C06	Sd02	-45,79411112	-26,02928364	28/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C06	Sd03	-45,79411693	-26,02935954	28/02/2021	400

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C06	SdRC	-45,79434948	-26,02920883	28/02/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C07	Sd01	-45,60975943	-26,19601649	27/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C07	Sd02	-45,6098117	-26,19592525	27/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C07	Sd03	-45,61003281	-26,19612052	27/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C07	SdRC	-45,60975943	-26,19601649	27/02/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C08	Sd01	-45,55761695	-26,24216455	27/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C08	Sd02	-45,55746987	-26,24292123	27/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C08	Sd03	-45,55769486	-26,2421265	27/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C08	SdRC	-45,55761695	-26,24216455	27/02/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C09	Sd01	-45,50989165	-26,28447224	26/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C09	Sd02	-45,50981296	-26,2849164	26/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C09	Sd03	-45,50988739	-26,28546747	26/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C09	SdRC	-45,50989165	-26,28447224	26/02/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C10	Sd01	-45,40866038	-26,37696074	26/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C10	Sd02	-45,40866335	-26,37694908	26/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C10	Sd03	-45,40792316	-26,37683472	26/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C10	SdRC	-45,40866038	-26,37696074	26/02/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C11	Sd01	-45,07284993	-26,68358875	25/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C11	Sd02	-45,07292	-26,68377191	25/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C11	Sd03	-45,07249997	-26,68378161	25/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	C	C11	SdRC	-45,07284993	-26,68358875	25/02/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D06	Sd01	-45,1139925	-25,62703899	03/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D06	Sd02	-45,11431981	-25,62691782	03/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D06	Sd03	-45,11417772	-25,62707966	03/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D06	SdRC	-45,1139925	-25,62703899	03/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D07	Sd01	-45,08390225	-25,66635767	03/03/2021	700

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D07	Sd02	-45,08401542	-25,66632871	03/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D07	Sd03	-45,08405757	-25,66675672	03/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D07	SdRC	-45,08390225	-25,66635767	03/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D08	Sd01	-45,06291418	-25,68521961	03/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D08	Sd02	-45,06297074	-25,68532895	04/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D08	Sd03	-45,06311822	-25,68530233	04/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D08	SdRC	-45,06291418	-25,68521961		1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D09	Sd01	-45,01943213	-25,73469691	04/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D09	Sd02	-45,01859188	-25,73416704	04/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D09	Sd03	-45,01876168	-25,73425307	04/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D09	SdRC	-45,01943213	-25,73469691	04/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D10	Sd01	-44,8343624	-25,94743313	04/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D10	Sd02	-44,83450521	-25,94722867	05/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D10	Sd03	-44,83404282	-25,9472649	05/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D10	SdRC	-44,8343624	-25,94743313		1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D11	Sd01	-44,43250776	-26,41813406	05/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D11	Sd02	-44,43310956	-26,41728609	06/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D11	Sd03	-44,43262748	-26,41743902	06/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	D	D11	SdRC	-44,43250776	-26,41813406		2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E06	Sd01	-44,50516132	-24,74235306	10/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E06	Sd02	-44,50481194	-24,74240275	11/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E06	Sd03	-44,50467291	-24,74257515	11/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E06	SdRC	-44,50516132	-24,74235306		400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E07	Sd01	-44,42405035	-24,88657763	10/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E07	Sd02	-44,42413744	-24,8864985	10/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E07	Sd03	-44,4242138	-24,8865789	10/03/2021	700

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E07	SdRC	-44,42405035	-24,88657763	10/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E08	Sd01	-44,38454348	-24,93489744	10/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E08	Sd02	-44,38448358	-24,93495246	10/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E08	Sd03	-44,38446536	-24,93487274	10/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E08	SdRC	-44,38454348	-24,93489744	10/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E09	Sd01	-44,36060608	-25,00040673	09/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E09	Sd02	-44,36066304	-25,00040968	09/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E09	Sd03	-44,36065323	-25,00088944	09/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E09	SdRC	-44,36060608	-25,00040673	09/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E10	Sd01	-44,20039928	-25,29343387	09/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E10	Sd02	-44,20028359	-25,29324776	09/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E10	Sd03	-44,2006054	-25,29349251	09/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E10	SdRC	-44,20039928	-25,29343387	09/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E11	Sd01	-43,4735457	-26,60171193	06/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E11	Sd02	-43,47364115	-26,60198792	07/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E11	Sd03	-43,47365166	-26,60203606	07/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	E	E11	SdRC	-43,4735457	-26,60171193		2400
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P02	Sd01	-43,82908415	-25,96203036	07/03/2021	2247
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P02	Sd02	-43,8289287	-25,96192329	07/03/2021	2247
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P02	Sd03	-43,82862631	-25,96176843	08/03/2021	2247
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P02	SdRC	-43,82908415	-25,96203036		2247
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P03	Sd01	-43,87177905	-24,88928114	11/03/2021	1720
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P03	Sd02	-43,87205826	-24,89002859	11/03/2021	1720
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P03	Sd03	-43,87185193	-24,89005241	11/03/2021	1720
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P03	SdRC	-43,87177905	-24,88928114	11/03/2021	1720
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P04	Sd01	-43,73484045	-25,15663379	12/03/2021	2106

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P04	Sd02	-43,73393948	-25,15549524	12/03/2021	2106
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P04	Sd03	-43,73401246	-25,15546083	12/03/2021	2106
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P04	SdRC	-43,73484045	-25,15663379	12/03/2021	2106
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P05	Sd01	-43,56479942	-25,47802103	12/03/2021	2185
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P05	Sd02	-43,56417487	-25,47821283	12/03/2021	2185
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P05	Sd03	-43,56418565	-25,47788347	12/03/2021	2185
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P05	SdRC	-43,56479942	-25,47802103	12/03/2021	2185
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P06	Sd01	-43,37207448	-25,79327185	13/03/2021	2135
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P06	Sd02	-43,3718951	-25,79300785	13/03/2021	2135
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P06	Sd03	-43,37222607	-25,79324944	13/03/2021	2135
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P06	SdRC	-43,37207448	-25,79327185	13/03/2021	2135
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P08	Sd01	-42,91872861	-25,55782805	13/03/2021	2140
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P08	Sd02	-42,9186529	-25,55771757	13/03/2021	2140
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P08	Sd03	-42,91919782	-25,55855839	14/03/2021	2140
CAMPANHA 2	SANSED07	Verão	P	P08	SdRC	-42,91872861	-25,55782805		2140
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F06	Sd01	-43,57959546	-24,26493235	17/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F06	Sd02	-43,57988479	-24,26553231	17/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F06	Sd03	-43,57933452	-24,2651107	17/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F06	SdRC	-43,57959546	-24,26493235	17/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F07	Sd01	-43,53825191	-24,34375557	17/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F07	Sd02	-43,53878952	-24,34432539	18/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F07	Sd03	-43,53841797	-24,34351589	18/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F07	SdRC	-43,53825191	-24,34375557		700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F08	Sd01	-43,49270296	-24,43367838	18/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F08	Sd02	-43,49189824	-24,43346357	18/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F08	Sd03	-43,49199006	-24,43377917	18/03/2021	1000

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F08	SdRC	-43,49270296	-24,43367838	18/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F09	Sd01	-43,43935995	-24,5371129	19/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F09	Sd02	-43,43945407	-24,53682944	19/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F09	Sd03	-43,43973494	-24,53656986	19/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F09	SdRC	-43,43935995	-24,5371129	19/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F10	Sd01	-43,26973726	-24,87393486	19/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F10	Sd02	-43,26899388	-24,8745902	20/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F10	Sd03	-43,26919359	-24,87402995	20/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F10	SdRC	-43,26973726	-24,87393486		1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F11	Sd01	-42,65277778	-26,11750857	21/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F11	Sd02	-42,65361262	-26,11715403	21/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F11	Sd03	-42,65339753	-26,11630642	21/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	F	F11	SdRC	-42,65277778	-26,11750857	21/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G06	Sd01	-42,67596193	-23,81590951	28/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G06	Sd02	-42,67566271	-23,81644601	28/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G06	Sd03	-42,67629762	-23,81583179	28/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G06	SdRC	-42,67596193	-23,81590951	28/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G07	Sd01	-42,59200183	-23,98230367	27/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G07	Sd02	-42,59207479	-23,98120733	27/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G07	Sd03	-42,59198561	-23,98170728	28/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G07	SdRC	-42,59200183	-23,98230367		700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G08	Sd01	-42,54047566	-24,09358304	27/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G08	Sd02	-42,54079026	-24,09337959	27/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G08	Sd03	-42,54125354	-24,09331484	27/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G08	SdRC	-42,54047566	-24,09358304	27/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G09	Sd01	-42,49842726	-24,22857381	26/03/2021	1300

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G09	Sd02	-42,49954244	-24,23063569	26/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G10	Sd01	-42,32052438	-24,56288241	26/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G10	Sd02	-42,32079755	-24,56277482	26/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G10	Sd03	-42,32102126	-24,56302519	26/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G10	SdRC	-42,32052438	-24,56288241	26/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G11	Sd01	-41,95803785	-25,23383395	23/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	G	G11	Sd02	-41,95780604	-25,23341512	23/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H06	Sd01	-41,79342256	-23,76725926	29/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H06	Sd02	-41,79329192	-23,76737727	29/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H06	Sd03	-41,79301694	-23,76788415	29/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H06	SdRC	-41,79342256	-23,76725926	29/03/2021	400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H07	Sd01	-41,7449843	-23,84986116	29/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H07	Sd02	-41,74471047	-23,84961555	29/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H07	Sd03	-41,74481789	-23,84986261	29/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H07	SdRC	-41,7449843	-23,84986116	29/03/2021	700
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H08	Sd01	-41,72953239	-23,91251928	29/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H08	Sd02	-41,72955765	-23,91279446	29/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H08	Sd03	-41,7295525	-23,91301802	30/03/2021	1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H08	SdRC	-41,72953239	-23,91251928		1000
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H09	Sd01	-41,67110023	-23,97821316	30/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H09	Sd02	-41,67051592	-23,97803302	30/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H09	Sd03	-41,67105406	-23,97712211	30/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H09	SdRC	-41,67110023	-23,97821316	30/03/2021	1300
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H10	Sd01	-41,52395032	-24,22401624	30/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H10	Sd02	-41,52482874	-24,22251421	31/03/2021	1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H10	Sd03	-41,52472964	-24,22348946	31/03/2021	1900

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H10	SdRC	-41,52395032	-24,22401624		1900
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H11	Sd01	-41,35044477	-24,51849841	31/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H11	Sd02	-41,35158909	-24,51880032	31/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H11	Sd03	-41,35209902	-24,51794642	31/03/2021	2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	H	H11	SdRC	-41,35044477	-24,51849841		2400
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P07	Sd01	-43,08191072	-25,24185468	20/03/2021	2217
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P07	Sd02	-43,08194665	-25,24096394	20/03/2021	2217
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P07	Sd03	-43,08111697	-25,24107675	20/03/2021	2217
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P07	SdRC	-43,08191072	-25,24185468	20/03/2021	2217
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P09	Sd01	-42,90534644	-24,42660445	25/03/2021	1435
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P09	Sd02	-42,9044304	-24,42679705	25/03/2021	1435
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P09	Sd03	-42,90471984	-24,42663964	25/03/2021	1435
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P09	SdRC	-42,90534644	-24,42660445	25/03/2021	1435
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P10	Sd01	-42,79692664	-24,67181493	24/03/2021	1973
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P10	Sd02	-42,79692928	-24,67210889	25/03/2021	1973
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P10	Sd03	-42,79709997	-24,67212674	25/03/2021	1973
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P10	SdRC	-42,79692664	-24,67181493		1973
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P11	Sd01	-42,55870157	-25,06225511	24/03/2021	2260
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P11	Sd02	-42,55907895	-25,06253796	24/03/2021	2260
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P11	Sd03	-42,55883695	-25,06339846	24/03/2021	2260
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P11	SdRC	-42,55870157	-25,06225511	24/03/2021	2260
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P12	Sd01	-42,37870025	-25,39288987	22/03/2021	2198
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P12	Sd02	-42,37833292	-25,39288648	22/03/2021	2198
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P12	Sd03	-42,37876625	-25,3931135	22/03/2021	2198
CAMPANHA 2	SANSED08	Verão	P	P12	SdRC	-42,37870025	-25,39288987	22/03/2021	2198
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A01	Sd01	-48,53360005	-26,81859948	12/06/2021	25

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A01	Sd02	-48,53329368	-26,81832431	12/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A01	Sd03	-48,53337473	-26,8185942	12/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A01	SdRC	-48,53360005	-26,81859948	12/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A02	Sd01	-48,23833601	-26,89161059	13/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A02	Sd02	-48,23830803	-26,89148675	13/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A02	Sd03	-48,23817463	-26,89165218	13/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A02	SdRC	-48,23833601	-26,89161059	13/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A03	Sd01	-47,92466232	-26,97136229	13/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A03	Sd02	-47,92407083	-26,97061648	13/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A03	Sd03	-47,9241316	-26,97098845	13/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A03	SdRC	-47,92466232	-26,97136229	13/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A04	Sd01	-47,72940513	-27,02190804	13/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A04	Sd02	-47,72949352	-27,02196362	13/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A04	Sd03	-47,72932413	-27,02173268	14/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A04	SdRC	-47,72940513	-27,02190804		100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A05	Sd01	-47,25846958	-27,13769657	14/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A05	Sd02	-47,25808495	-27,13792151	14/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A05	Sd03	-47,25852156	-27,13791899	14/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	A	A05	SdRC	-47,25846958	-27,13769657	14/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B01	Sd01	-48,08442426	-25,70937955	17/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B01	Sd02	-48,08427779	-25,70928386	17/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B01	Sd03	-48,08497397	-25,70936754	17/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B01	SdRC	-48,08442426	-25,70937955	17/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B02	Sd01	-47,78379206	-25,86490565	17/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B02	Sd02	-47,78379695	-25,86522499	17/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B02	Sd03	-47,78394384	-25,86519004	17/06/2021	50

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B02	SdRC	-47,78379206	-25,86490565	17/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B03	Sd01	-47,43800257	-26,04412438	15/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B03	Sd02	-47,43835753	-26,04429834	15/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B03	Sd03	-47,43821883	-26,04389096	15/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B03	SdRC	-47,43800257	-26,04412438	15/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B04	Sd01	-47,21674168	-26,15658976	15/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B04	Sd02	-47,21678575	-26,15697917	15/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B04	Sd03	-47,2163985	-26,15688838	15/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B04	SdRC	-47,21674168	-26,15658976	15/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B05	Sd01	-46,77082108	-26,38328364	14/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B05	Sd02	-46,77061422	-26,38338874	15/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B05	Sd03	-46,77050501	-26,38329197	15/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	B	B05	SdRC	-46,77082108	-26,38328364		150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C01	Sd01	-47,19975898	-24,75565875	18/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C01	Sd02	-47,19965681	-24,7557006	18/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C01	Sd03	-47,2001348	-24,7566499	18/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C01	SdRC	-47,19975898	-24,75565875	18/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C02	Sd01	-46,8876336	-25,0344125	19/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C02	Sd02	-46,88776604	-25,03356806	19/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C02	Sd03	-46,88736985	-25,03366374	19/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C02	SdRC	-46,8876336	-25,0344125		50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C03	Sd01	-46,58976875	-25,30697731	20/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C03	Sd02	-46,58964851	-25,30656953	20/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C03	Sd03	-46,58957856	-25,30678074	20/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C03	SdRC	-46,58976875	-25,30697731	20/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C04	Sd01	-46,41587922	-25,46495436	20/06/2021	100

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C04	Sd02	-46,41599084	-25,46503328	20/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C04	Sd03	-46,41540098	-25,46595259	20/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C04	SdRC	-46,41587922	-25,46495436	20/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C05	Sd01	-46,16388956	-25,69214214	21/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C05	Sd02	-46,16367955	-25,69225966	21/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C05	Sd03	-46,16377108	-25,69214219	21/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	C	C05	SdRC	-46,16388956	-25,69214214	21/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D01	Sd01	-46,36986342	-24,16016082	23/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D01	Sd02	-46,36946829	-24,16125297	23/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D01	Sd03	-46,36913346	-24,16124361	23/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D01	SdRC	-46,36986342	-24,16016082	23/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D02	Sd01	-46,13665852	-24,43293813	22/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D02	Sd02	-46,13665067	-24,43282205	23/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D02	Sd03	-46,13697153	-24,43320633	23/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D02	SdRC	-46,13665852	-24,43293813		50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D03	Sd01	-45,83861204	-24,78099582	22/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D03	Sd02	-45,83876439	-24,78141047	22/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D03	Sd03	-45,83834159	-24,78128875	22/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D03	SdRC	-45,83861204	-24,78099582	22/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D04	Sd01	-45,59609036	-25,06221602	22/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D04	Sd02	-45,59585761	-25,06292288	22/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D04	Sd03	-45,59630211	-25,06262119	22/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D04	SdRC	-45,59609036	-25,06221602	22/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D05	Sd01	-45,15738047	-25,57463946	21/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D05	Sd02	-45,15739849	-25,57441576	21/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D05	Sd03	-45,1575195	-25,57466749	21/06/2021	150

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	D	D05	SdRC	-45,15738047	-25,57463946	21/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E01	Sd01	-45,11729326	-23,60598188	07/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E01	Sd02	-45,11753987	-23,60586668	07/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E01	Sd03	-45,11762535	-23,60597449	07/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E01	SdRC	-45,11729326	-23,60598188	07/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E02	Sd01	-44,99707028	-23,84953224	06/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E02	Sd02	-44,99706155	-23,84934527	07/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E02	Sd03	-44,99719078	-23,84949042	07/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E02	SdRC	-44,99707028	-23,84953224		50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E03	Sd01	-44,91760872	-23,99625676	06/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E03	Sd02	-44,91801941	-23,99605068	06/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E03	Sd03	-44,91776055	-23,99605072	06/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E03	SdRC	-44,91760872	-23,99625676	06/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E04	Sd01	-44,80796284	-24,20621106	06/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E04	Sd02	-44,80718007	-24,20666483	06/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E04	Sd03	-44,80744917	-24,20596772	06/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E04	SdRC	-44,80796284	-24,20621106		100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E05	Sd01	-44,60349573	-24,56569546	04/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E05	Sd02	-44,6036304	-24,56545224	05/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E05	Sd03	-44,60393828	-24,56495849	05/06/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	E	E05	SdRC	-44,60349573	-24,56569546		150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F01	Sd01	-44,14733266	-23,18256504	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F01	Sd02	-44,14730315	-23,1826431	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F01	Sd03	-44,1470455	-23,18279779	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F01	SdRC	-44,14733266	-23,18256504	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F02	Sd01	-44,0891558	-23,26495662	03/06/2021	50

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F02	Sd02	-44,08953476	-23,26472118	03/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F02	Sd03	-44,08955348	-23,26501574	03/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F02	SdRC	-44,0891558	-23,26495662	03/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F03	Sd01	-43,97524785	-23,48692604	03/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F03	Sd02	-43,9751058	-23,48665532	03/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F03	Sd03	-43,97509439	-23,48652356	03/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F03	SdRC	-43,97524785	-23,48692604	03/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F04	Sd01	-43,90077389	-23,63289589	03/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F04	Sd02	-43,90139428	-23,63231251	03/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F04	Sd03	-43,90170879	-23,6323562	03/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F04	SdRC	-43,90077389	-23,63289589	03/06/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F05	Sd01	-43,67317728	-24,08887164	04/03/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F05	Sd02	-43,67386526	-24,08884375	04/03/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F05	Sd03	-43,67308577	-24,08800509	04/03/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	F	F05	SdRC	-43,67317728	-24,08887164	04/03/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G01	Sd01	-43,09496204	-22,98932064	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G01	Sd02	-43,09472474	-22,98961262	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G01	Sd03	-43,0950256	-22,98943437	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G01	SdRC	-43,09496204	-22,98932064	02/06/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G02	Sd01	-43,05203668	-23,07810868	01/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G02	Sd02	-43,05210173	-23,07816619	01/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G02	Sd03	-43,05174038	-23,07900231	01/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G02	SdRC	-43,05203668	-23,07810868	01/06/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G03	Sd01	-42,98923744	-23,20043479	01/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G03	Sd02	-42,98910756	-23,20000748	01/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G03	Sd03	-42,98889262	-23,2004804	01/06/2021	75

Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G03	SdRC	-42,98923744	-23,20043479	01/06/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G04	Sd01	-42,93246428	-23,30834653	31/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G04	Sd02	-42,9324564	-23,30829975	31/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G04	Sd03	-42,93307754	-23,30893943	31/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G04	SdRC	-42,93246428	-23,30834653	31/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G05	Sd01	-42,73169589	-23,70442126	31/05/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G05	Sd02	-42,73122686	-23,70348579	31/05/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G05	Sd03	-42,73109196	-23,70335489	31/05/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	G	G05	SdRC	-42,73169589	-23,70442126	31/05/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H01	Sd01	-42,27402078	-22,94781195	26/05/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H01	Sd02	-42,2734673	-22,94752921	26/05/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H01	Sd03	-42,27371193	-22,94763659	27/05/2021	25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H01	SdRC	-42,27402078	-22,94781195		25
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H02	Sd01	-42,2542275	-22,98010591	27/05/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H02	Sd02	-42,25350901	-22,97996266	27/05/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H02	Sd03	-42,25318242	-22,97983785	27/05/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H02	SdRC	-42,2542275	-22,98010591	27/05/2021	50
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H03	Sd01	-42,22647074	-23,03514993	27/05/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H03	Sd02	-42,22536114	-23,03552923	27/05/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H03	Sd03	-42,22558472	-23,03522184	27/05/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H03	SdRC	-42,22647074	-23,03514993	27/05/2021	75
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H04	Sd01	-42,1854483	-23,09808625	28/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H04	Sd02	-42,18562705	-23,0980065	28/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H04	Sd03	-42,18592152	-23,09808071	28/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H04	SdRC	-42,1854483	-23,09808625	28/05/2021	100
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H05	Sd01	-41,96749035	-23,46764812	29/05/2021	150



Campanha	Pernada	Estação do ano	Transecto	Estação	Réplica	Longitude	Latitude	Data de coleta	Isóbata
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H05	Sd02	-41,96771707	-23,46853519	29/05/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H05	Sd03	-41,96805895	-23,46851025	30/05/2021	150
CAMPANHA 2	SANSED09	Outono	H	H05	SdRC	-41,96749035	-23,46764812		150

Anexos do Capítulo III

Anexo III-1. Número de seqüências obtidas para as amostras de sedimento a partir do sequenciamento metagenômico.

ID da amostra	Identificação	Descrição (transecto /isóbata)	Número bruto de fragmentos sequenciados (reads) (R1 +R2)	Número bruto de fragmentos (reads) após o controle de qualidade (R1 +R2)	Reads após controle de qualidade %
S02	SANSED06#A01Sd01	A1_25m	39144434	36479344	93,19
S04	SANSED06#D01Sd01	D01_25m	13182954	12557240	95,25
S05	SANSED04#H06Sd01	H6_400m	42168092	39018534	92,53
S06	SANSED06#D04Sd01	D4_100m	14767860	14003900	94,83
S11	SANSED05#H01Sd01	H1_25m	16701420	15877880	95,07
S12	SANSED04#P11Sd01	P11_2300m	17789780	15062826	84,67
S13	SANSED06#A04Sd01	A4_100m	37965010	36262778	95,52
S15	SANSED06#C04Sd02	C4_100m	14994446	14271710	95,18
S19	SANSED06#B05Sd01	B5_150m	44753944	42579074	95,14
S20	SANSED06#C01Sd02	C1_25m	25013882	23769216	95,02
S29	SANSED04#H09Sd01	H9_1300m	33192570	31620976	95,27
S35	SANSED01#A09Sd01	A9_1300m	13144448	12537456	95,38
S40	SANSED02#E09Sd01	E9_1300m	25560664	24348278	95,26
S42	SANSED05#H05Sd03	H5_150m	27310910	23766994	87,02
S44	SANSED05#G05Sd01	G5_150m	6055546	5490164	90,66
S45	SANSED04#G07Sd01	G7_700m	64147986	58661504	91,45
S46	SANSED02#D06Sd02	D6_400m	12366330	11747430	95
S50	SANSED01#B07Sd01	B7_700m	62851326	59955898	95,39
S56	SANSED05#E04Sd01	E4_100m	13814838	13180268	95,41
S61	SANSED01#A11Sd01	A11_2400m	89830240	78198160	87,05
S62	SANSED01#C10Sd01	C10_1900m	43070858	39447230	91,59
S67	SANSED05#G01Sd01	G1_25m	21835510	20766680	95,11

ID da amostra	Identificação	Descrição (transecto /isóbata)	Número bruto de fragmentos sequenciados (reads) (R1 +R2)	Número bruto de fragmentos (reads) após o controle de qualidade (R1 +R2)	Reads após controle de qualidade %
S78	SANSED03#F09Sd01	F9_1300m	16276752	14900128	91,54
S79	SANSED02#E06Sd01	E6_400m	9786588	9320382	95,24
S85	SANSED01#C06Sd02	C6_400m	36710192	34922700	95,13
S89	SANSED02#D10Sd01	D10_1900m	26602572	23977542	90,13

Anexo III-2. Porcentagem de atribuição taxonômica para os diferentes domínios (Bacteria, Archaea, Eucariota e Vírus) utilizando a base de dados do Kraken para os fragmentos metagenômicos de amostras de sedimento da BS.

ID da amostra	Descrição (transecto_isóbata)	Reads classificados %	Reads não classificados %	Archaea %	Eucariota %	Bacteria %	Vírus %	Táxon não definido (ancestral) %
S02	A1_25m	12	88	0,2	0,47	11,18	0,01	0,130
S04	D01_25m	14,4	85,6	1,21	0,59	12,44	0,02	0,183
S05	H6_400m	13,87	86,13	0,68	0,51	12,52	0,01	0,150
S06	D4_100m	12,2	87,8	0,51	0,45	11,06	0,01	0,168
S11	H1_25m	14,4	85,6	0,71	0,67	12,86	0,01	0,192
S12	P11_2300m	10,88	89,12	0,82	0,8	9,16	0,01	0,090
S13	A4_100m	13,0	87,0	0,8	0,51	11,52	0,02	0,174
S15	C4_100m	13,5	86,5	0,75	0,53	12,05	0,01	0,171
S19	B5_150m	13,9	86,1	0,67	0,43	12,63	0,01	0,178
S20	C1_25m	14,3	85,7	0,64	0,63	12,81	0,01	0,192
S29	H9_1300m	13,2	86,8	0,74	0,53	11,74	0,01	0,151
S35	A9_1300m	13,7	86,3	1,07	0,51	11,98	0,01	0,169
S40	E9_1300m	13,6	86,4	0,75	0,46	12,2	0,01	0,161
S42	H5_150m	10,44	89,56	0,43	0,8	9,1	0,01	0,090
S44	G5_150m	13,61	86,39	0,71	0,82	11,95	0,01	0,110
S45	G7_700m	13,31	86,69	0,66	0,56	11,94	0,01	0,140
S46	D6_400m	14,0	86,0	0,8	0,52	12,47	0,01	0,178
S50	B7_700m	13,8	86,2	0,83	0,48	12,36	0,01	0,165
S56	E4_100m	13,9	86,1	0,79	0,55	12,38	0,01	0,175
S61	A11_2400m	12,09	87,91	0,95	0,94	10,08	0,01	0,110
S62	C10_1900m	13,04	86,96	0,78	0,63	11,48	0,01	0,130
S67	G1_25m	14,4	85,6	0,41	0,49	13,29	0,01	0,175

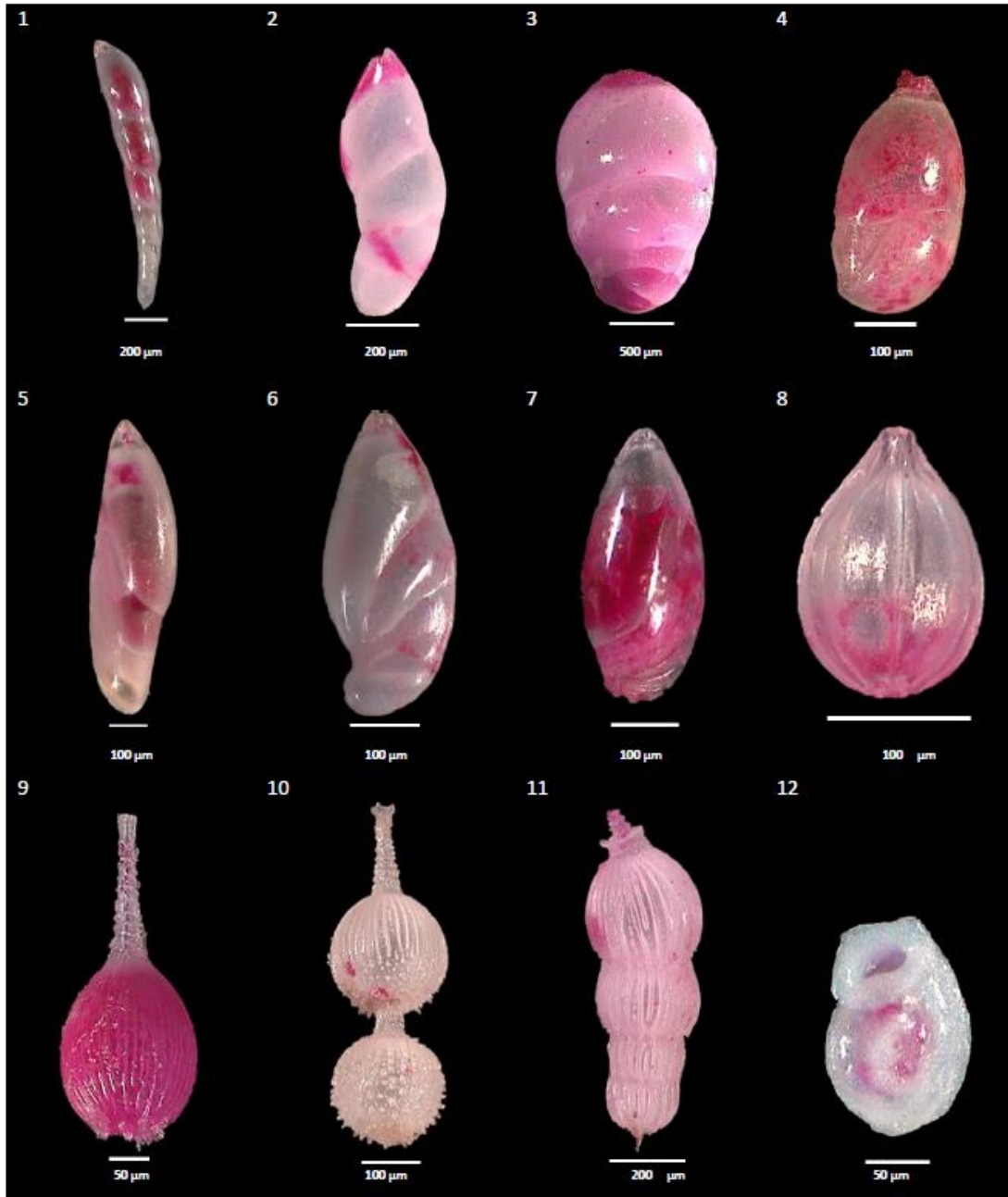
ID da amostra	Descrição (transecto_isóbata)	Reads classificados %	Reads não classificados %	Archaea %	Eucariota %	Bacteria %	Vírus %	Táxon não definido (ancestral) %
S78	F9_1300m	13,02	86,98	1,04	0,72	11,11	0,01	0,140
S79	E6_400m	14,1	85,9	0,61	0,41	12,87	0,01	0,175
S85	C6_400m	14,0	86,0	1	0,50	12,28	0,01	0,184
S89	D10_1900m	12,29	87,71	0,74	0,7	10,73	0,01	0,110

Anexos do Capítulo IV

Prancha 1

- 1- *Laevidentalina communis* (d'Orbigny, 1826)
- 2- *Hemirobulina* sp.
- 3- *Spiroilingulina polymorpha* (O. G. Costa, 1861)
- 4- Siphomarginulina? Sp.1
- 5- *Astacolus vaginulinaeformis* (Cushman & Hanzawa, 1936)
- 6- *Astacolus* sp.1
- 7- *Astacolus crepidula* (Fichtel & Moll, 1798)
- 8- *Oolina tasmanica* Parr, 1950
- 9- *Lagena sulcata* (Walker & Jacob, 1798)
- 10- *Amphicoryna sublineata* (Brady, 1884)
- 11- *Amphicoryna separans* (Brady, 1884)
- 12- *Wiesnerella auriculata* (Egger, 1893)

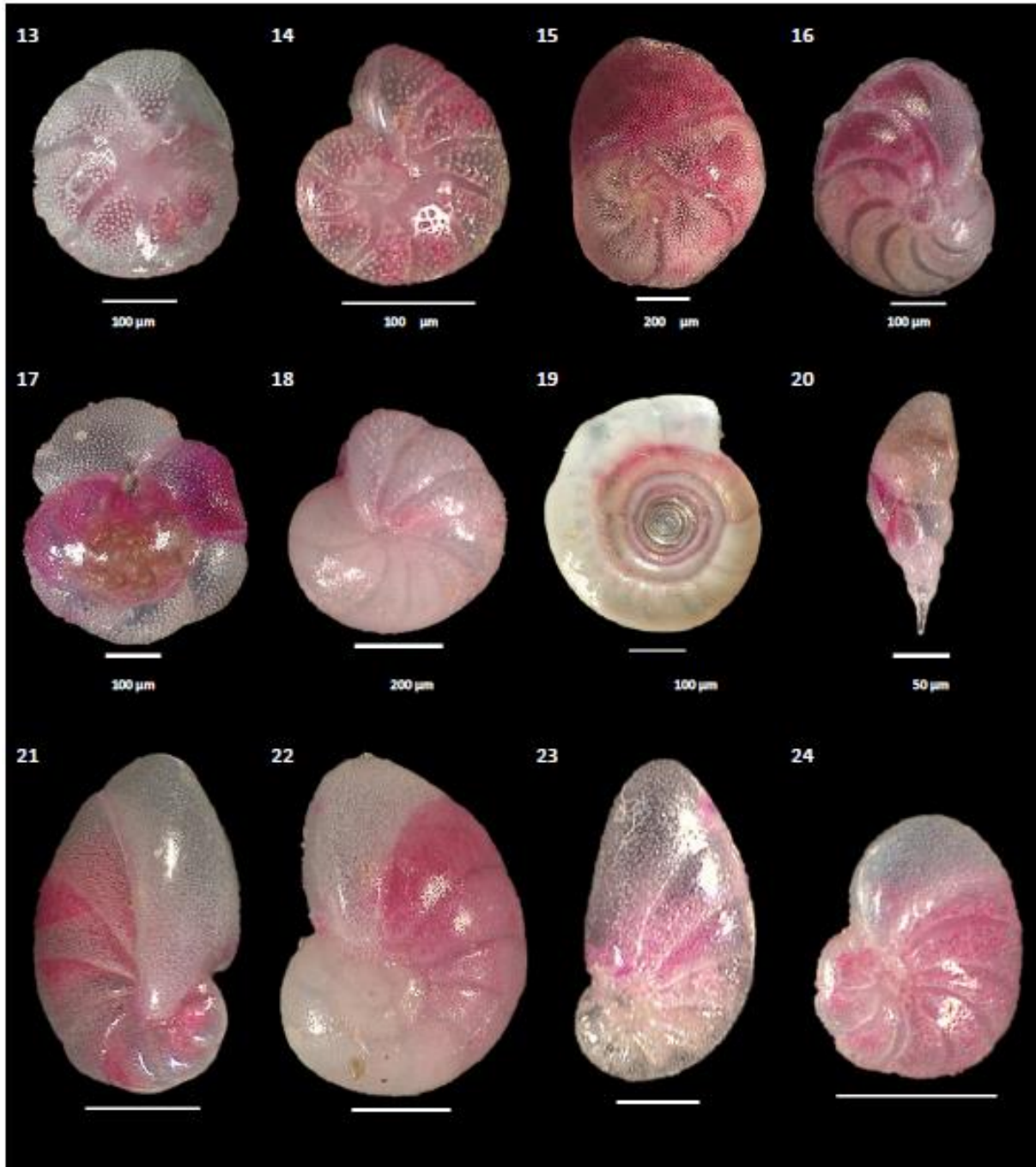
PRANCHA 1



Prancha 2

- 1- *Neoeponides antillarum* (d'Orbigny, 1839)
- 2- *Melonis affinis* (Reuss, 1851)
- 3- *Rosalina floridana* (Cushman, 1922)
- 4- *Hanzawaia concentrica* (Cushman, 1918)
- 5- *Discorbis* sp.A
- 6- *Cibicoides pseudoungerianus* (Cushman, 1922)
- 7- *Cornuspira involvens* (Reuss, 1850)
- 8- *Stainforthia fusiformis* (Williamson, 1858)
- 9- *Nonionella auris* (d'Orbigny, 1839)
- 10- *Nonionella* sp.A
- 11- *Nonionoides grateloupii* (d'Orbigny, 1839)
- 12- *Nonion* sp.

PRANCHA 2



Prancha 3

- 1- *Globocassidulina crassa* s.l. (d'Orbigny, 1839)
- 2- *Globocassidulina rossensis* Kennett, 1967
- 3- *Paracassidulina nipponensis* (Eade, 1969)
- 4- *Islandiella australis* (Phleger & Parker, 1951)
- 5- *Epistominella* sp.1
- 6- *Siphonina reticulata* (Czjžek, 1848)
- 7- *Pullenia* aff. *salisburyi* Stewart & Stewart, 1930
- 8- *Pullenia quadriloba* Reuss, 1867
- 9- *Bolivina striatula* s. l. Cushman, 1922
- 10- *Bolivina brevior* Cushman, 1925
- 11- *Bolivina fragilis* Phleger & Parker, 1951
- 12- *Bolivina barbata* Phleger & Parker, 1951

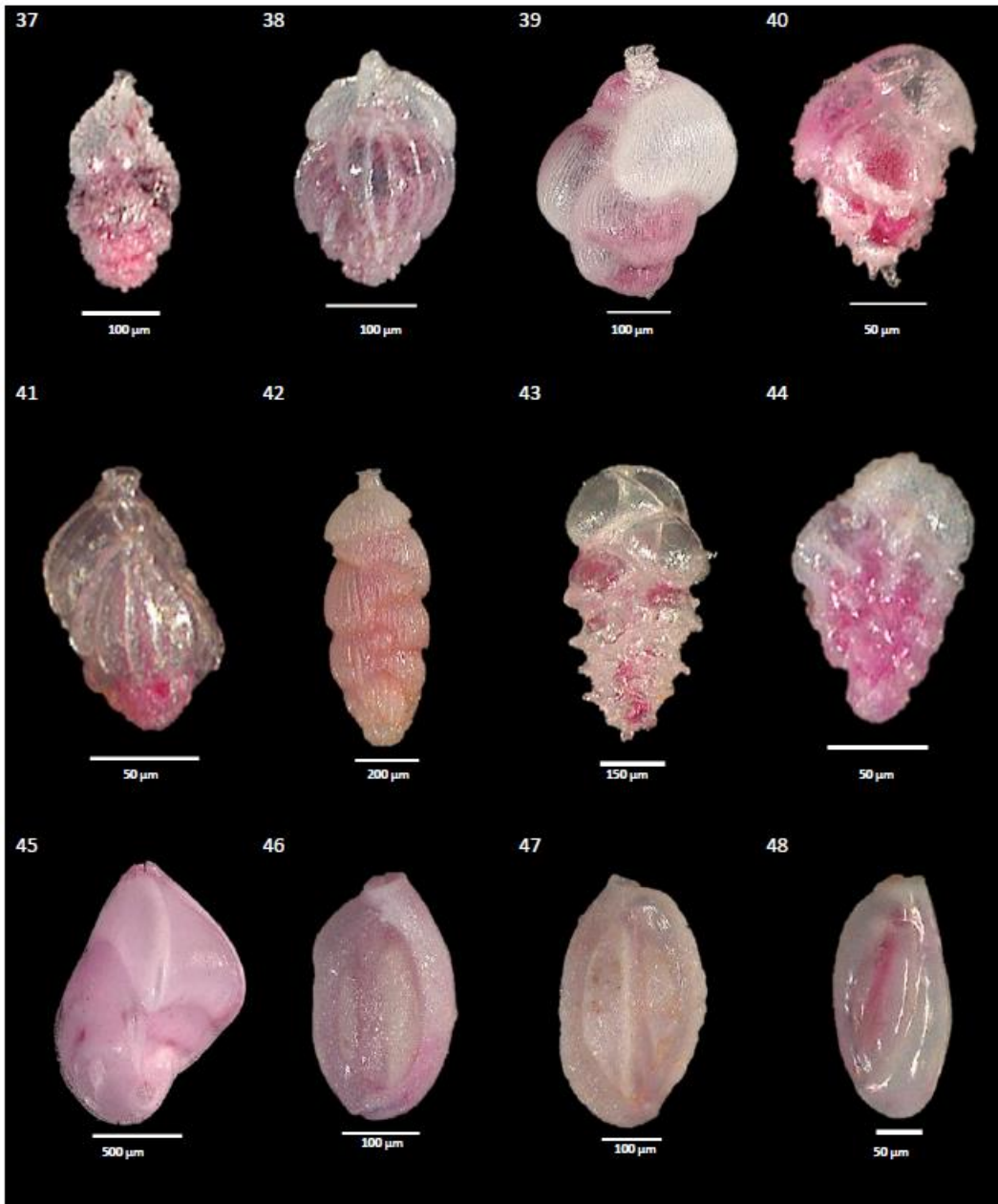
PRANCHA 3



Prancha 4

- 13- *Uvigerina auberiana* d'Orbigny, 1839
- 14- *Uvigerina hispidocostata* Cushman & Todd, 1945
- 15- *Uvigerina flintii* Cushman, 1923
- 16- *Bulimina elegans subsp. Marginata* Fornasini, 1902
- 17- *Angulogerina angulosa* s.l. (Williamson, 1858)
- 18- *Pappina compressa* (Cushman 1025)
- 19- *Sagrinella* sp.2
- 20- *Sigmavirgulina?* sp.A
- 21- *Saracenaria 798atlantica* DeFrance, 1824
- 22- *Quinqueloculina* cf. *goesi* (Wiesner, 1923)
- 23- *Quinqueloculina* cf. *compta* Cushman, 1947
- 24- *Quinqueloculina bosciana* d'Orbigny, 1839

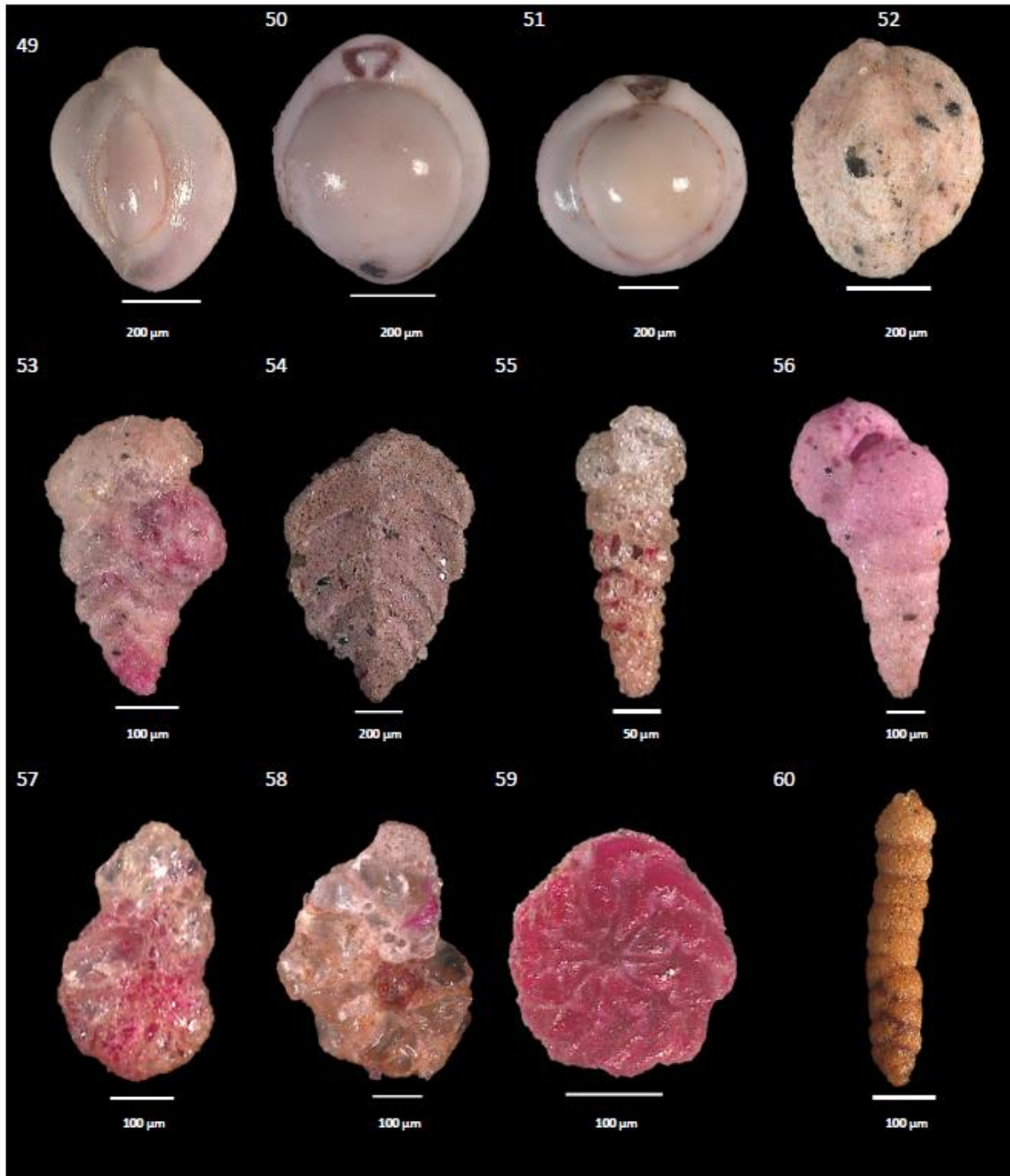
PRANCHA 4



Prancha 5

- 25- *Quinqueloculina lamarckiana* s.l. d'Orbigny, 1839
- 26- *Pyrgo subphaerica* (d'Orbigny, 1839)
- 27- *Pyrgo* cf. *pseudoinornata* Cushman & Stainforth, 1951
- 28- *Quinqueloculina agglutinans* d'Orbigny, 1839
- 29- *Siphoscutula miocenica* (Cushman & Todd, 1945) (Cushman & Todd, 1945)
- 30- *Textularia mexicana* var. *cubana* Palmer & Bermúdez, 1936
- 31- *Textularia earlandi* Parker, 1952
- 32- *Textularia agglutinans* d'Orbigny, 1839
- 33- *Ammobaculoides troelseni* Brönnimann & Dias-Brito, 1982
- 34- *Ammoscalaria pseudospiralis* (Williamson, 1858)
- 35- *Asterotrochammina camposi* Brönnimann, 1978
- 36- *Bigenerina* aff. *nodosaria* D'Orbigny, 1826

PRANCHA 5

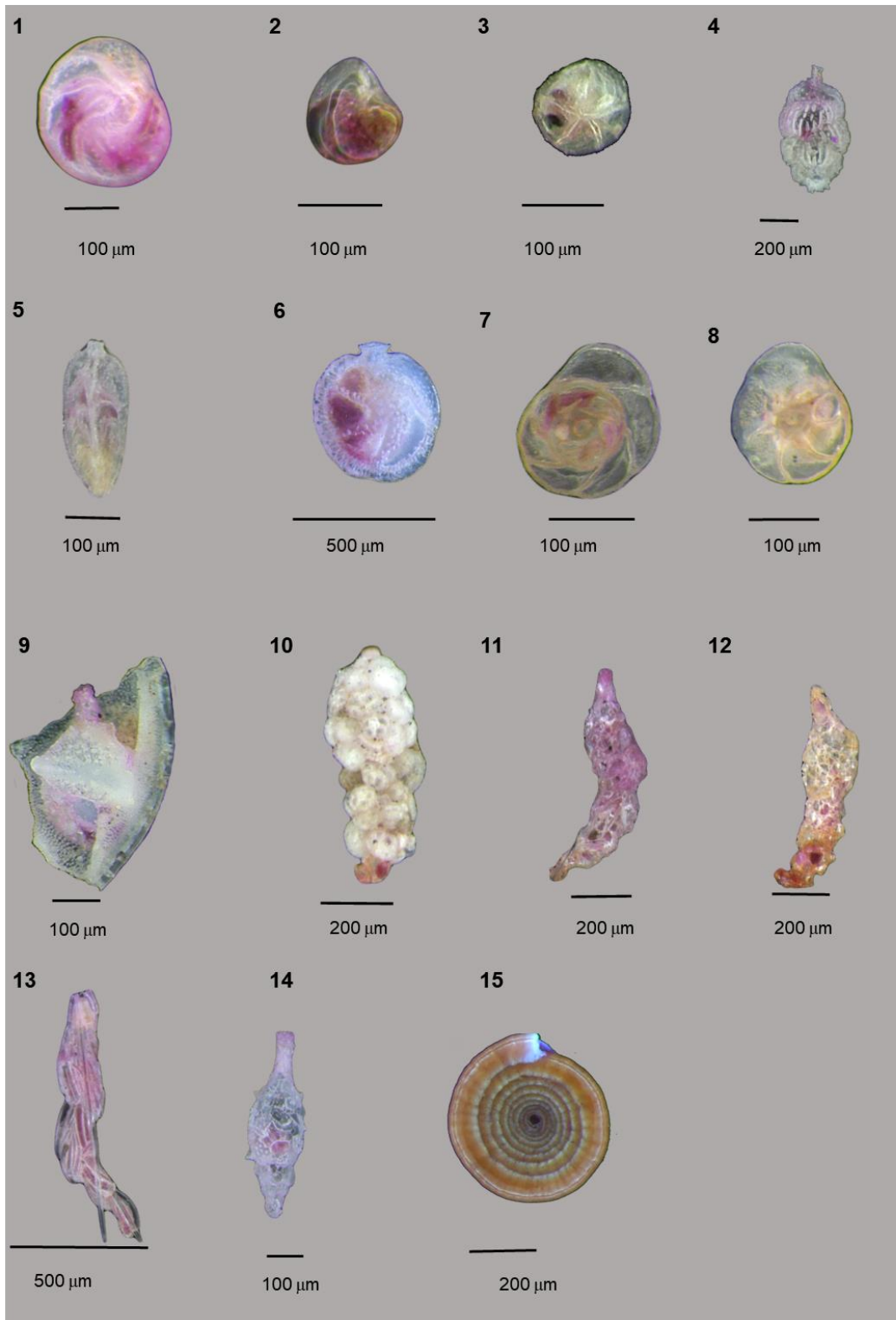


Anexos do Capítulo V

Prancha 1

Fotomicrografias de foraminíferos bentônicos no talude continental e Platô de São Paulo da Bacia de Santos (Campanha 1 e 2).

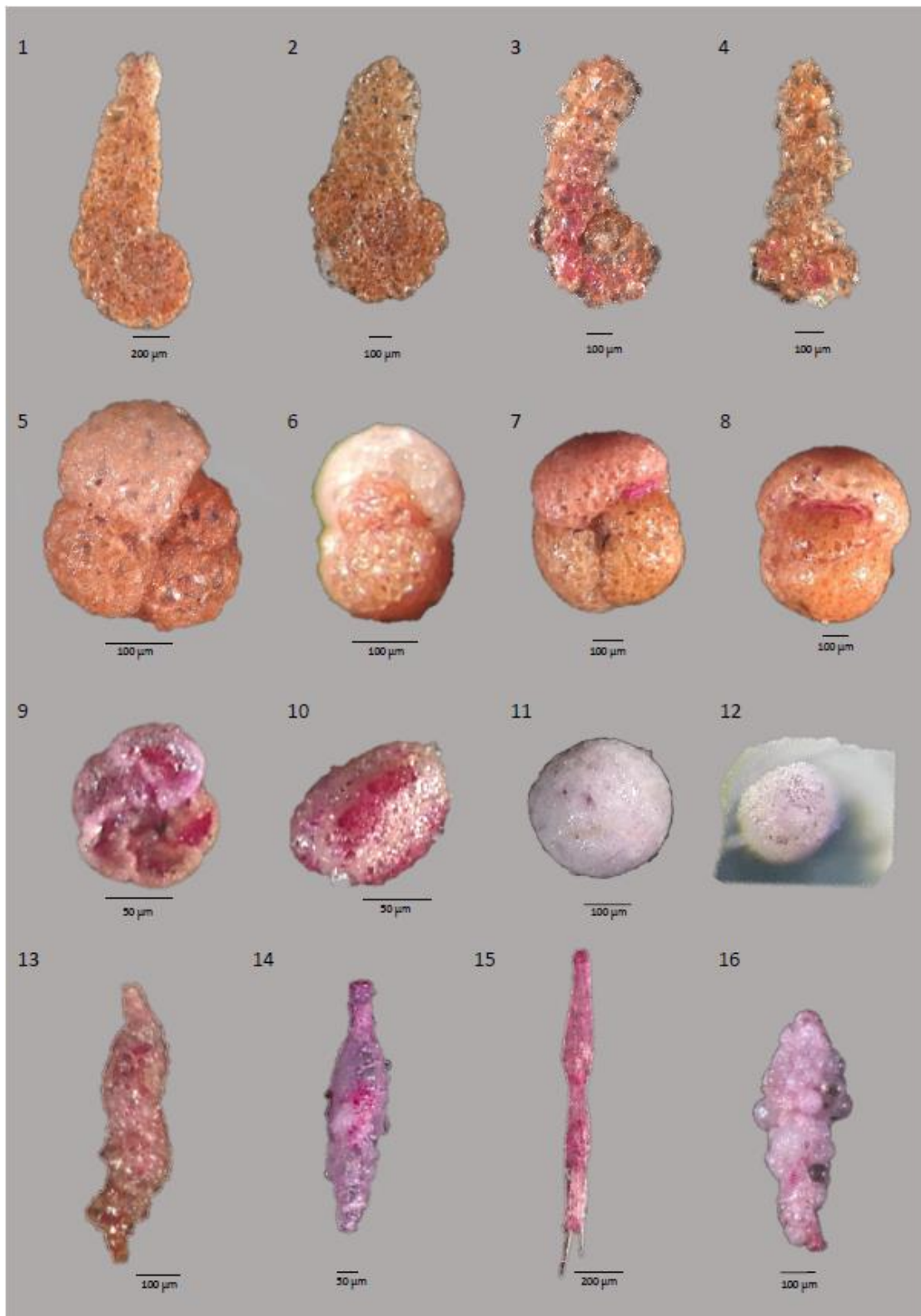
1. *Cassidulina curvata* Phleger & Parker, 1951
2. *Epistominella exigua* (Brady, 1884)
3. *Alabaminella weddellensis* (Earland, 1936)
4. *Uvigerina peregrina* Cushman, 1923
5. *Trifarina bradyi* Cushman, 1923
6. *Siphonina bradyana* Cushman, 1927
7. *Gavelinopsis translucens* (Phleger & Parker, 1951)
8. *Gavelinopsis translucens* (Phleger & Parker, 1951)
9. *Lagenammia* sp. 1
10. *Reophaxopsis* cf. *elegans* Folin, 1887
11. *Reophax* sp. 1
12. *Reophax tortilis* Zheng & Fu, 2001
13. *Reophax spiculotestus* Cushman, 1910
15. *Reophax longicollaris* Zheng, 1988
16. *Ammodiscus anulatus* Fiorini, 2009



Prancha 2

Imagens de foraminíferos bentônicos do Platô de São Paulo (Bacia de Santos) realizadas sob microscopia óptica.

1. *Eratidus foliaceus* (Brady, 1881)
2. *Eratidus foliaceus* (Brady, 1881)
3. *Ammomarginulina* cf. *antarcticus* (Saidova, 1975)
4. *Ammomarginulina* cf. *antarcticus* (Saidova, 1975)
5. *Haplophragmoides quadratus* Earland, 1934
6. *Haplophragmoides quadratus* Earland, 1934
7. *Cribrostomoides nitidus* (Goës, 1896)
8. *Cribrostomoides nitidus* (Goës, 1896)
9. *Asterotrochammina triloba* Brönnimann & Zaninetti, 1984
10. *Adercotryma wrighti* Brönnimann & Whittaker, 1987
11. *Thurammina albicans* Brady, 1879
12. *Hemisphaerammina bradyi* Loeblich & Tappan, 1957
13. *Reophax tortilis* Zheng & Fu, 2001
14. *Reophax longicollaris* Zheng, 1988
15. *Reophax spiculifer* Brady, 1879
16. *Reophax agglutinatus* Cushman, 1913



Prancha 3

1. *Valvulineria minuta* (Schubert, 1904)
2. *Ceratobulimina arctica* (Cushman, 1925)
3. *Cibicidoides wuellerstorfi* (Schwager, 1866)
4. *Cibicides refulgens* Montfort, 1808
5. *Hoeglundina elegans* (d'Orbigny, 1826)
6. *Sphaeroidina bulloides* d'Orbigny in Deshayes, 1832
7. *Pyrgoella sphaera* (d'Orbigny, 1839)
8. *Globocassidulina subglobosa* (Brady, 1881)



Anexo V-1: Lista das espécies de foraminíferos bentônicos presentes no talude continental e Platô de São Paulo da Bacia de Santos.

Abditodentrix pseudothalmanni (Boltovskoy & Guissani de Kahn, 1981)

Acostata mariae (Acosta, 1940)

Adelosina milletti Wiesner, 1923

Adercotryma glomerata subsp. *antarctica* Saidova, 1975

Adercotryma glomeratum (Brady, 1878)

Adercotryma wrighti Brönnimann & Whittaker, 1987

Aggerostramen rustica (Heron-Allen & Earland, 1912)

Alabaminella weddellensis (Earland, 1936)

Allomorphina pacifica Cushman & Todd, 1949

Ammobaculites agglutinans (d'Orbigny, 1846)

Ammobaculites baculusalsus Schiebel & Timm, 1996

Ammobaculites cylindricus Cushman, 1910

Ammobaculites elenae Dain, 1958

Ammobaculites filiformis Earland, 1934

Ammobaculites josephi Acosta, 1940

Ammobaculites lituolinoideum (Goës, 1896)

Ammobaculites schwageri Said & Kenawy, 1956

Ammobaculites sp. 1

Ammobaculites sp. 2

Ammobaculites sp. 3

Ammodiscoides turbinatus Cushman, 1909

Ammodiscus anguillae Höglund, 1947

Ammodiscus anulatus Fiorini, 2009

Ammodiscus archimedis (Stache, 1864)

Ammodiscus glabratus Cushman & Jarvis, 1928

Ammodiscus gullmarensis Höglund, 1948

Ammodiscus incertus d'Orbigny, 1839

Ammodiscus incertus subsp. *discoideus* Cushman, 1917

Ammodiscus intermedius Höglund, 1947

Ammodiscus latus Grzybowski, 1898

Ammodiscus pennyi Cushman & Jarvis, 1928

Ammodiscus planorbis Höglund, 1947

Ammodiscus sp. 1

Ammodiscus tenuis (Brady, 1884)

Ammodiscus umbonatus Grzybowski, 1898

Ammoglobigerina globigeriniformis (Parker & Jones, 1865)

Ammoglobigerina globulosa (Cushman, 1920)

Ammoglobigerina sp. 1

Ammoglobigerina pygmaea (Höglund, 1947)

Ammoglobigerina shannoni (Brönnimann & Whittaker, 1988)
Ammoglobigerina sp. 1
Ammolagena clavata (Jones & Parker, 1860)
Ammoscalaria pseudospiralis (Williamson, 1858)
Ammoscalaria runiana (Heron-Allen & Earland, 1916)
Ammoscalaria sp. 2
Ammoscalaria sp. 3
Ammoscalaria sp. 4
Ammoscalaria sp. 5
Ammoscalaria sp. 6
Ammosphaeroidina grandis Cushman, 1910
Ammosphaeroidina sphaeroidiniformis (Brady, 1884)
Amphicoryna hirsuta (d'Orbigny, 1826)
Amphicoryna scalaris (Batsch, 1791)
Angulogerina multicosata Bergquist, 1942
Anomalinoides globulosus (Chapman & Parr, 1937)
Anomalinoides incrassatus (Fichtel & Moll, 1798)
Arenogaudryina arenata (Cushman, 1936)
Arenoparrella mexicana (Kornfeld, 1931)
Arenoparrella oceanica Uchio, 1960
Arenoturrspirillina catinus (Höglund, 1947)
Aschemonella catenata (Norman, 1877)
Aschemonella delicata Saidova, 1975
Aschemonella scabra Brady, 1879
Placopsilinella sp. 1
Placopsilinella sp. 2
Placopsilinella sp. 3
Placopsilinella sp. 4
Astacolus crepidulus (Fichtel & Moll, 1798)
Asterotrochammina aspera Brönnimann & Zaninetti, 1984
Astrammia rara Rhumbler, 1931
Astrononion bikiniensis McCulloch, 1977
Astrononion echolsi Kennett, 1967
Astrononion sidebottomi Cushman & Edwards, 1937
Atlantiella atlantica (Parker, 1952)
Baggina robusta var. *globosa* Kleinpell, 1938
Bigenerina (Bigenerina) nodosaria d'Orbigny, 1826
Bigenerina sp. 1
Biloculinella globulus (Bornemann, 1855)
Biloculinella sp. 1
Biloculinella sp. 2
Bolivina aenariensis (Costa, 1856)

Bolivina albatrossi Cushman, 1922
Bolivina compacta Sidebottom, 1905
Bolivina currai Sellier de Civrieux, 1976
Bolivina danvillensis var. *subtilissima* Myatlyuk, 1950
Bolivina densipunctata Sellier de Civrieux, 1976
Bolivina difformis (Williamson, 1858)
Bolivina dilatata Reuss, 1850
Bolivina doniezi Cushman & Wickenden, 1929
Bolivina earlandi Parr, 1950
Bolivina fragilis (Phleger & Parker, 1951)
Bolivina lowmani subsp. *densipunctata* Sellier de Civrieux, 1976
Bolivina minima Phleger & Parker, 1951
Bolivina ordinaria Phleger & Parker, 1952
Bolivina pacifica Cushman & McCulloch, 1942
Bolivina pygmaea (Brady, 1881)
Bolivina spathulata (Williamson, 1858)
Bolivina spinata Cushman, 1936
Bolivina striatula Cushman, 1922
Bolivina subspinescens Cushman, 1922
Bolivinella pacifica (Cushman & McCulloch, 1942)
Bolivinella seminuda (Cushman, 1911)
Bolivinellina pescicula Saidova, 1975
Bolivinellina pseudopunctata (Höglund, 1947)
Bolivinellina translucens (Phleger & Parker, 1951)
Bolivinita suturornata Zhang, 1988
Brizalina subspinescens (Cushman, 1922)
Bulimina aculeata d'Orbigny 1826
Bulimina elongata d'Orbigny, 1846
Bulimina gibba Fornasini, 1902
Bulimina gibba var. *marginata* Fornasini, 1902
Bulimina inflata Seguenza, 1862
Bulimina marginata d'Orbigny, 1826
Bulimina rostratiformis McCulloch, 1977
Bulimina sp. 1
Bulimina striata d'Orbigny in Guérin-Méneville, 1832
Buliminella elegantissima (d'Orbigny, 1839)
Burseolina marshallana (Todd, 1954)
Buzasina pacifica (Krashennikov, 1973)
Buzasina quadriloba Zheng & Fu, 2001
Capsammia bowmanni (Heron-Allen & Earland, 1912)
Cassidulina angulosa subsp. *pescicula* Saidova, 1975
Cassidulina braziliensis Cushman, 1922

Cassidulina carinata Silvestri, 1896
Cassidulina curvata Phleger & Parker, 1951
Cassidulina laevigata d'Orbigny, 1826
Cassidulina quadrata Cushman & Hughes, 1925
Cassidulina reniforme Nørvang, 1945
Cassidulina teretis Tappan, 1951
Ceratobulimina arctica Green, 1959
Chitinosiphon rufescens Thalmann & Bermúdez, 1954
Cibicides haidingeri (d'Orbigny, 1846)
Cibicides kullenbergi Parker, 1953
Cibicides molestus Hornibrook, 1961
Cibicides refulgens Montfort, 1808
Cibicides ungerianus (d'Orbigny, 1846)
Cibicides williamsoni Garrett, 1941
Cibicidoides cicatricosus (Schwager, 1866)
Cibicidoides compressus (Cushman & Renz, 1941)
Cibicidoides globulosus Chapman & Parr, 1937
Cibicidoides hyphalus (Fisher, 1969)
Cibicidoides incrassatus (Fichtel & Moll, 1798)
Cibicidoides lobatulus (Walker & Jacob, 1798)
Cibicidoides mckannai (Galloway & Wissler, 1927)
Cibicidoides mundulus (Brady, Parker & Jones, 1888)
Cibicidoides pachyderma (Rzehak, 1886)
Cibicidoides pseudoungerianus (Cushman, 1922)
Cibicidoides robertsonianus (Brady, 1881)
Cibicidoides sp. 1
Cibicidoides sp. 2
Cibicidoides subhaidingerii (Parr, 1950)
Cibicidoides wuellerstorfi (Schwager, 1866)
Circinatiella pyriformis (Tappan, 1940)
Clavulina arenata Cushman, 1933
Clavulina primaeva Cushman, 1913
Clavulina sp. 1
Conglophragmium coronatum (Brady, 1879)
Conotrochammina kennetti Echols 1971
Conotrochammina voeringensis Gradstein & Kaminski, 1997
Conotrochammina whangaia Finlay, 1940
Cornuloculina inconstans (Brady, 1879)
Cornuloculina pazdroe Rek, 1981
Cornuloculina sp. 1
Cornuspira involvens (Reuss, 1850)
Cornuspira involvens var. *substriatula* Cushman, 1921

Cornuspira planorbis Schultze, 1854
Cornuspira sp. 1
Cornuspira sp. 2
Cribrononion gnythosuturatum He, Hu & Wang, 1965
Cribrostomoides jeffreysii (Williamson, 1858)
Cribrostomoides nitidus (Goës, 1896)
Cribrostomoides pseudocanariensis Zheng, 1988
Cribrostomoides quadrata (Uchio, 1960)
Cribrostomoides sp. 1
Cribrostomoides sp. 2
Cribrostomoides sp. 3
Cribrostomoides sp. 4
Cribrostomoides sp. 5
Cribrostomoides sp. 6
Cribrostomoides sp. 7
Cribrostomoides sphaerilocula (Cushman, 1910)
Cribrostomoides spiculolega (Parr, 1950)
Cribrostomoides subglobosus (Cushman, 1910)
Cribrostomoides subturbinata (Cushman, 1920)
Cribrostomoides trinitatensis Cushman & Jarvis, 1928
Cribrostomoides wiesneri (Parr, 1950)
Crithionina granum Goës, 1894
Crithionina hispida Flint, 1899
Crithionina mamilla Goës, 1894
Crithionina pisum Goës, 1896
Crithionina rugosa Goës, 1896
Cuneata arctica (Brady, 1881)
Cushmanina feildeniana (Brady, 1878)
Cushmanina quadralata (Brady, 1881)
Cyclammia bradyi Cushman, 1910
Cyclammia cancellata Brady, 1879
Cyclammia pusilla Brady, 1881
Cyclammia trullissata (Brady, 1879)
Cylindroclavulina bradyi (Cushman, 1911)
Cystammia pauciloculata (Brady, 1879)
Dentalina albatrossi (Cushman, 1923)
Dentalina decepta (Bagg, 1912)
Dentalina globifera Reuss, 1856
Deuterammia (Deuterammia) grahami Brönnimann & Whittaker, 1988
Deuterammia (Deuterammia) montagui Brönnimann & Whittaker, 1988
Deuterammia grisea (Earland, 1934)
Deuterammia rotaliformis (Heron-Allen & Earland, 1911)

Discammina compressa (Goës, 1882)
Discorbinella bertheloti (d'Orbigny, 1839)
Discorbis parkeri Natland, 1950
Discorbis squamata Parker, 1952
Discorbis vilardeboanus (d'Orbigny, 1839)
Dorothia bradyana Cushman, 1936
Dorothia goesi (Cushman, 1911)
Dorothia pseudofiliformis (Cushman, 1911)
Dorothia scabra (Brady, 1884)
Earlandamina bullata (Höglund, 1947)
Eggerella bradyi (Cushman) subsp. *antartica* Saidova, 1975
Eggerella bradyi (Cushman, 1911)
Eggerellina brevis (d'Orbigny, 1840)
Eggerelloides advenus (Cushman, 1922)
Eggerelloides scaber (Williamson, 1858)
Eilohedra levicula (Resig, 1958)
Eilohedra vitrea (Parker, 1953)
Epistominella exigua (Brady, 1884)
Epistominella exigua subsp. *multiloculata* Kaiho, 1984
Epistominella sp. 1
Eratidus foliaceus (Brady, 1881)
Eratidus sp. 1
Eratidus sp. 2
Evolutinella rotulata (Brady, 1881)
Evolutinella sp. 1
Favulina hexagona (Williamson, 1848)
Favulina squamosa (Montagu, 1803)
Fissurina annectens (Burrows & Holl&, 1895)
Fissurina densifasciata McCulloch, 1977
Fissurina laevigata Reuss, 1850
Fissurina longispina (Brady, 1881)
Fissurina marginata (Montagu, 1803)
Fissurina orbignyana Seguenza 1962
Fissurina semimarginata (Reuss, 1870)
Fissurina staphyllearia Schwager, 1866
Flexamina islandica Voltski & Pawlowski, 2015
Fursenkoina bradyi (Cushman, 1922)
Fursenkoina complanata (Egger, 1893)
Fursenkoina pauciloculata (Brady, 1884)
Fursenkoina pontoni (Cushman, 1932)
Fursenkoina texturata (Brady, 1884)
Gaudryina pauperata Earland, 1934

Gaudryina rugosa d'Orbigny, 1840
Gaudryina sp. 1
Gaudryina subglabrata Cushman & McCulloch, 1939
Gavelinopsis lobatula (Parr, 1950)
Gavelinopsis praegeri (Heron-Allen & Earland, 1913)
Gavelinopsis sp. 1
Gavelinopsis translucens (Phleger & Parker, 1951)
Glabratella compressa Buzas, Smith & Beem, 1977
Glabratella sp. 1
Glandulina ovula d'Orbigny, 1846
Glaphyrammina americana (Cushman, 1910)
Glaucoammia trilateralis (Cushman, 1935)
Globobulimina pacifica Cushman, 1927
Globocassidulina biora (Crespin, 1960)
Globocassidulina crassa (d'Orbigny, 1839)
Globocassidulina gemma (Todd, 1954)
Globocassidulina rossensis (Kennett, 1967)
Globocassidulina sp. 1
Globocassidulina subglobosa (Brady, 1881)
Globotextularia anceps (Brady, 1884)
Globulina gibba (d'Orbigny in Deshayes, 1832)
Globulina minuta (Roemer, 1838)
Glomospira charoides (Jones & Parker, 1860)
Glomospira fijiensis Brönnimann, Whittaker & Zaninetti, 1992
Glomospira glomerata Höglund, 1947
Glomospira gordialis (Jones & Parker, 1860)
Glomospira irregularis (Grzybowski, 1896)
Glomospira serpens (Grzybowski, 1898)
Goesella cylindrica (Cushman, 1922)
Guttulina pacifica McCulloch, 1977
Gyroidella planata Saidova, 1975
Gyroidina altiformis Stewart & Stewart, 1930
Gyroidina laevigata d'Orbigny, 1826
Gyroidina nana Subbotina In Myatlyuk, 1953
Gyroidina orbicularis d'Orbigny, 1826
Gyroidina umbonata (Silvestri, 1898)
Gyroidinoides nitida (Reuss, 1844)
Gyroidinoides parvus (Cushman & Renz, 1941)
Hansenisca soldanii (d'Orbigny, 1826)
Hansenisca sp. 1
Hanzawaia concentrica (Cushman, 1918)
Hanzawaia sp. 1

Haplophragmium latidorsatum (Bornemann, 1855)
Haplophragmoides applanata (Wang, 1978)
Haplophragmoides bradyi (Robertson, 1891)
Haplophragmoides bradyi subsp. *nigataensis* Uchio, 1962
Haplophragmoides bulloides (Beissel, 1886)
Haplophragmoides canariensis (d'Orbigny, 1839)
Haplophragmoides emaciatia (Brady, 1884)
Haplophragmoides fragile Höglund, 1947
Haplophragmoides globigerinoides (Haeusler) em. Oesterle, 1968
Haplophragmoides grandiformis Cushman, 1910
Haplophragmoides kirki Wickenden, 1932
Haplophragmoides neobradyi Uchio, 1960
Haplophragmoides porrectus Maslakova, 1955
Haplophragmoides quadratus Earland, 1934
Haplophragmoides rugosus Cushman & Waters, 1927
Haplophragmoides sp. 1
Haplophragmoides sp. 2
Haplophragmoides sp. 8
Haplophragmoides symmetricus Zheng, 2001
Haplophragmoides tenuis Cushman, 1927
Haplophragmoides bonplandi Todd & Bronnimann 1957
Hemisphaerammina bradyi Loeblich & Tappan, 1957
Heterolepa bradyi (Trauth, 1918)
Heterostomella austinana Cushman, 1933
Hoeglundina elegans (d'Orbigny, 1826)
Hoeglundina guadalupensis McCulloch, 1977
Homotrema rubrum (Lamarck, 1816)
Hormosina globulifera Brady, 1879
Hormosina lapidigera Rhumbler, 1905
Hormosina monile Cushman, 1912
Hormosina ovaliformis Cushman, 1910
Hormosina robusta (Pearcey, 1914)
Hormosina sp. 1
Hormosina spiculifera Hofker, 1972
Hormosinella carpenteri (Brady, 1881)
Hormosinella distans (Brady, 1881)
Hormosinella gracilis (Earland, 1933)
Hormosinella mexicana (Cushman, 1920)
Hormosinella ovicula (Brady, 1879)
Hormosinelloides guttifer (Brady, 1881)
Hormosinelloides hispidula (Cushman, 1920)
Hormosinelloides sp. 1

Hormosinelloides sp. 2
Hormosinoides sp. 1
Hyalinea balthica (Schröter, 1783)
Hyalinonettrion elongatum (Ehrenberg, 1844)
Involutina pacifica (Cushman & Valentine, 1930)
Ioanella tumidula (Brady, 1884)
Islandiella australis (Phleger & Parker, 1951)
Islandiella curvata (Phleger & Parker 1951)
Islandiella norcrossi (Cushman, 1933)
Karrerella bradyi (Cushman, 1911)
Karrerotextularia crassisepta (Cushman, 1911)
Karrerotextularia curta (Cushman, 1922)
Karrerotextularia flintii (Cushman, 1911)
Karrerotextularia pulchra (Zheng, 1988)
Karrerulina conversa (Grzybowski, 1901)
Karrerulina horrida (Mjatlyuk, 1970)
Karrerulina sp. 1
Labrospira columbiensis (Cushman, 1925)
Labrospira crassimargo (Norman, 1892)
Labrospira pseudocanariensis (Zheng, 1988)
Labrospira quadrilocula Zheng & Fu, 2001
Labrospira turgimenta (Zheng, 1988)
Laevidentalina advena (Cushman, 1923)
Laevidentalina ariena (Patterson & Pettis, 1986)
Laevidentalina communis (d'Orbigny, 1826)
Laevidentalina curta (Ujjié, 1990)
Laevidentalina elegans (d'Orbigny, 1846)
Laevidentalina guttifera (d'Orbigny, 1846)
Laevidentalina haueri (Neugeboren, 1856)
Laevidentalina subsoluta (Cushman, 1923)
Lagena aspera Reuss, 1862
Lagena flatulenta Loeblich & Tappan, 1953
Lagena hispida Reuss, 1863
Lagena hispidula Cushman, 1913
Lagena nebulosa Cushman, 1923
Lagena perlucida (Montagu, 1803)
Lagena sequenzae Buchner, 1940
Lagena sp. 1
Lagena striata (d'Orbigny, 1839)
Lagena sulcata (Walker & Jacob, 1798)
Lagenamma alta (Saidova, 1975)
Lagenamma ampullacea (Brady, 1881)

Lagenammia arenulata (Skinner, 1961)
Lagenammia atlantica (Cushman, 1944)
Lagenammia cushmani (Collins, 1958)
Lagenammia difflugiformis (Brady, 1879)
Lagenammia laguncula Rhumbler, 1911
Lagenammia micacea (Cushman, 1918)
Lagenammia pacifica Hofker, 1978
Lagenammia pseudodifflugiformis Nogan, 1964
Lagenammia sp. 1
Lagenammia sp. 2
Lagenammia sp. 3
Lagenammia sp. 4
Lagenammia sphaerica Moreman, 1930
Lagenammia spiculata (Skinner, 1961)
Lagenammia tubulata (Rhumbler, 1931)
Lagenosolenia bradyiformata McCulloch, 1977
Lagenosolenia incomposita Patterson & Pettis, 1986
Lagenosolenia radiata (Rhumbler, 1949)
Lagnea tenuistriatiformis (McCulloch, 1977)
Laticarinina pauperata (Parker & Jones, 1865)
Lenticulina calcar (Linnaeus, 1758)
Lenticulina formosa (Cushman, 1923)
Lenticulina gibba (d'Orbigny, 1839)
Lenticulina iota (Cushman, 1923)
Lenticulina limbosa (Reuss, 1863)
Lenticulina orbicularis (d'Orbigny, 1826)
Lenticulina ordinaria Schijfsma 1946
Lenticulina rotulata (Lamarck, 1804)
Lenticulina thalmani (Hessland, 1943)
Lenticulina torrida (Cushman, 1923)
Lenticulina variabilis Romanova, 1960
Lepidodeuterammia plymouthensis (Brönnimann & Whittaker, 1990)
Lepidodeuterammia sinuosa (Brönnimann, 1978)
Lingulina seminuda Hantken, 1875
Lituola lituolinoidea (Goës, 1896)
Lituotuba lituiformis (Brady, 1879)
Lotostomoides calomorpha (Reuss, 1866)
Loxostomum truncatum Phleger & Parker, 1951
Marginulina obesa Cushman, 1923
Marginulina similis d'Orbigny, 1846
Marginulinopsis costata (Batsch, 1791)
Marginulinopsis tenuis (Bornemann, 1855)

Martinottiella antarctica (Parr, 1950)
Martinottiella communis (d'Orbigny, 1846)
Martinottiella primaeva (Cushman, 1913)
Melonis affinis (Reuss, 1851)
Miliolinella circularis (Bornemann, 1855)
Miliolinella lutea (d'Orbigny, 1839)
Miliolinella microstoma Warren, 1957
Miliolinella sp. 1
Miliolinella subrotunda (Montagu, 1803)
Miliolinella vigilax Vella, 1957
Morulaepecta bulbosa Höglund, 1947
Multifidella sp. 1
Neoconorbina terquemi (Rzehak, 1888)
Neolenticulina chathamensis McCulloch, 1977
Neolenticulina variabilis (Reuss, 1850)
Neouvigerina sp. 1
Neouvigerina sp. 2
Nodellum membranaceum (Brady, 1879)
Nodellum sp. 1
Nodulina dentaliniformis (Brady, 1881)
Nonion pacificum (Cushman, 1924)
Nonionella auricula Heron-Allen & Earland, 1930
Nonionella auris (d'Orbigny, 1839)
Nonionella bradii (Chapman, 1916)
Nonionella chiliensis Cushman & Kellett, 1929
Nonionella cf. *clavata* Cushman, 1931
Nonionella iridea Heron-Allen & Earland, 1932
Nonionella opima Cushman, 1947
Nonionella pulchella Hada, 1931
Nonionella reussana Cushman, 1939
Nonionella stella Cushman & Moyer, 1930
Nonionella translucens Cushman, 1933
Nonionoides grateloupii (d'Orbigny, 1839)
Nonionoides turgidus (Williamson, 1858)
Nouria atlantica (Cushman, 1947)
Nouria gracilenta Zheng, 1988
Nouria johnsoni Cushman, 1935
Nouria polymorphinoides Heron-Allen & Earland, 1914
Nubeculina divaricata (Brady, 1879)
Nummulopyrgo globulus (Hofker, 1976)
Nuttallides decorata (Phleger & Parker, 1951)
Nuttallides umbonifer (Cushman, 1933)

Oolina apiopleura (Loeblich & Tappan, 1953)
Oolina globosa (Montagu, 1803)
Oolina globosa subsp. *prolixa* McCulloch, 1977
Ophthalmidium balkwilli Macfadyen, 1939
Oridorsalis umbonatus (Reuss, 1851)
Oridorsalis variapertura Belford, 1966
Osangularielloides rugosus (Phleger & Parker, 1951)
Ovammia opaca Dahlgren, 1962
Palliolatella bradii (Silvestri, 1902)
Parabrizalina porrecta (Brady, 1881)
Paracassidulina angulosa (Cushman, 1933)
Paracassidulina minuta (Cushman, 1933)
Paracassidulina neocarinata (Thalmann, 1950)
Parafissurina felsina (Fornasini, 1891)
Parafissurina fusiformis (Wiesner, 1931)
Parafissurina himatiostoma Loeblich & Tappan, 1953
Parafissurina lata (Wiesner, 1931)
Parafissurina lateralis (Cushman, 1913)
Parafissurina laticarinata McCulloch, 1977
Paratrochammina (Paratrochammina) earlandi Brönnimann & Whittaker, 1988
Paratrochammina (Paratrochammina) pseudotricamerata Brönnimann & Whittaker, 1988
Paratrochammina (Paratrochammina) scotiaensis Brönnimann & Whittaker, 1988
Paratrochammina (Paratrochammina) tricamerata (Earland, 1934)
Paratrochammina (Paratrochammina) wrighti Brönnimann & Whittaker, 1983
Paratrochammina challengerii Brönnimann & Whittaker, 1988
Paratrochammina clossi Brönnimann, 1979
Paratrochammina globorotaliformis (Zheng, 1988)
Paratrochammina madeirae Brönniman, 1979
Paratrochammina simplissima (Cushman & McCulloch, 1948)
Paratrochammina tricamerata (Earland, 1934)
Paratrochammina zhongshaensis Zheng & Fu, 2001
Paratrochamminoides gorayskii (Grzybowski, 1898), emend. Kaminski & Geroch, 1993
Paratrochamminoides olszewskii (Grzybowski, 1898)
Patellina sp. 1
Paumotua terebra (Cushman, 1930)
Picouella corpulentus (Phleger & Parker, 1952)
Pilulina jeffreysii Carpenter, 1875
Placentamina placenta (Grzybowski, 1898)
Placopsilina bradyi Cushman & McCulloch, 1939
Placopsilinella aurantiaca Earland, 1934
Planispirinella tenuis Collins, 1953
Planoespiral sp. 1

Planulina ariminensis d'Orbigny, 1826
Planulina foveolata (Brady, 1884)
Planulina umbilicata Ehrenberg, 1854
Pleurostomella acuta Hantken, 1875
Pleurostomella alternans Schwages, 1866
Polystommamina nitida (Brady, 1881)
Portatrochammina antarctica subsp. *antarctica* (Parr, 1950)
Portatrochammina eltaninae Echols, 1971
Portatrochammina karica (Shchedrina, 1946)
Portatrochammina murrayi Brönnimann & Zaninetti, 1984
Portatrochammina pacifica (Cushman, 1925)
Praeophthalmidium orbiculare (Burbach, 1886)
Procerolagena gracilis (Williamson, 1848)
Procerolagena multilatera (McCulloch, 1977)
Proteonella sp. 1
Proteonina difflugiformis var. *calcareo* Cushman, 1947
Proteonina reinholdi Ten Dam, 1947
Proteonina sp. 1
Proteonina sp. 2
Psammosphaera alba Hada, 1957
Psammosphaera cava Moreman, 1930
Psammosphaera fusca Schulze, 1875
Psammosphaera fusca subsp. *adhaerescens* Rhumbler, 1935
Psammosphaera fusca subsp. *asperrima* Rhumbler, 1935
Psammosphaera fusca var. *testacea* Flint, 1899
Psammosphaera gigantea Dunn, 1942
Psammosphaera irregularis Wiesner, 1931
Psammosphaera laevigata White, 1928
Psammosphaera parva Flint, 1899
Psammosphaera subsphaerica Stewart & Priddy 1941
Psammosphaera testacea Flint, 1899
Pseudobolivina antarctica Wiesner, 1931
Pseudobolivina aff. *laxa* Hedinger, 1993
Pseudobrivalina lobata (Brady, 1881)
Pseudoclavulina humilis (Brady, 1884)
Pseudoclavulina mexicana Cushman, 1922
Pseudofavulina catenulata (Jeffreys in Williamson, 1848)
Pseudogaudryina atlantica (Bailey, 1851)
Pseudogaudryina triangulata Lei & Li, 2016
Pseudolachlanella slitella Langer, 1992
Pseudonodosinella nodulosa Brady, 1879
Pseudononion granuloumbilicatum Zheng, 1979

Pseudononion japonicum Asano, 1936
Pseudotrochammia triloba Frerichs, 1969
Pseudowebbinella goesi (Höglund, 1947)
Pullenia bulloides (d'Orbigny, 1826)
Pullenia osloensis Feyling-Hanssen, 1954
Pullenia quadriloba Reuss, 1867
Pullenia quinqueloba (Reuss, 1851)
Pullenia salisburyi Stewart & Stewart, 1930
Pullenia subcarinata (d'Orbigny, 1839)
Pygmaeosestron nebulosum (Cushman, 1913)
Pyrgo sp. 6
Pyrgo comata (Brady, 1881)
Pyrgo depressa (d'Orbigny, 1826)
Pyrgo elongata (d'Orbigny, 1826)
Pyrgo inornata (d'Orbigny, 1846)
Pyrgo insularis McCulloch, 1977
Pyrgo lucernula (Schwager, 1866)
Pyrgo murrhina (Schwager, 1866)
Pyrgo nasuta Cushman, 1935
Pyrgo oblonga (d'Orbigny, 1839)
Pyrgo ringens (Lamarck, 1804)
Pyrgo simplex (d'Orbigny, 1846)
Pyrgo subsphaerica (d'Orbigny, 1839)
Pyrgo williamsoni (Silvestri, 1923)
Pyrgoella irregularis (d'Orbigny, 1839)
Pyrgoella sp. 1
Pyrgoella sp. 2
Pyrgoella sphaera (d'Orbigny, 1839)
Pyrgoella sphaeroidina Saidova, 1975
Pyrulinoidea hollandica Fuchs, 1967
Quinqueloculina agglutinans Orbigny 1839
Quinqueloculina akneriana d'Orbigny, 1846
Quinqueloculina amygdaloides (Brady, 1884)
Quinqueloculina auberiana d'Orbigny, 1839
Quinqueloculina boschiana d'Orbigny, 1839
Quinqueloculina imperialis Hanna & Hanna, 1924
Quinqueloculina imperialis var. *porterensis* Rau, 1948
Quinqueloculina laevigata d'Orbigny, 1839
Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny, 1839
Quinqueloculina milletti (Wiesner, 1912)
Quinqueloculina seminula (Linnaeus, 1758)
Quinqueloculina seminulum var. *rotunda* Serova, 1960

Quinqueloculina sp. 1
Quinqueloculina suborbicularis d'Orbigny in Fornasini, 1905
Quinqueloculina subungeriana Serova, 1960
Quinqueloculina venusta Karrer, 1868
Quinqueloculina vulgaris d'Orbigny, 1826
Recurvoidella bradyi (Robertson, 1891)
Recurvoides aff. *clenchi* Bermúdez, 1939
Recurvoides contortus Earland, 1934
Recurvoides gigas Zheng, 1988
Recurvoides laevigatum Höglund, 1947
Recurvoides sp. 1
Recurvoides triangulus Hedinger, 1993
Recurvoides trochamminiformis Höglund, 1947
Recurvoides turbinatus (Brady, 1881)
Remaneica helgolandica Rhumbler, 1938
Remaneicella gonzalezi (Seiglie, 1964)
Reophanus sp. 1
Reophax acosta Bermúdez, 1949
Reophax advena Cushman, 1919
Reophax agglutinatus Cushman, 1913
Reophax angoti Cuvillier & Szakall, 1949
Reophax arayaensis Bermúdez & Seiglie, 1963
Reophax barwonensis Collins, 1974
Reophax beaurecarsoni Smith, 1948
Reophax bilocularis Flint, 1899
Reophax bradyi Brönnimann & Whittaker, 1980
Reophax brevis Parr, 1950
Reophax calcareus (Cushman, 1947)
Reophax capitatus Zheng, 1988
Reophax caribensis Seiglie & Bermúdez, 1969
Reophax catenulatus Cushman, 1910
Reophax curtus Cushman, 1920
Reophax cushmani Heron-Allen & Earland, 1932
Reophax delicatus Hada, 1957
Reophax diffflugiformis var. *testacea* Flint, 1899
Reophax duplex Grzybowski, 1896
Reophax excentricus Cushman, 1910
Reophax finleyi Schroeder, 1968
Reophax fusiformis (Williamson, 1858)
Reophax gibberus Zheng & Fu, 2001
Reophax guttiforma var. *spiculilega* Rhumbler, 1913
Reophax guttiformis Podobina, 1975

Reophax helenae Rhumbler, 1931
Reophax hispidulus Cushman, 1920
Reophax littoralis Lacroix, 1930
Reophax longicollaris Zheng, 1988
Reophax magnicapitatus Zheng & Fu, 2001
Reophax micaceus Earland, 1934
Reophax minimus Zheng, 1988
Reophax nodulosus var. *minor* Hada, 1957
Reophax pacificus Hada, 1957
Reophax pauciloculatus Rhumbler, 1931
Reophax pesciculus Saidova, 1970
Reophax pilulifer Brady, 1884
Reophax pseudopaucus Zheng & Fu, 2001
Reophax pyriformis Yamashita et al., 2019
Reophax regularis Höglund, 1947
Reophax rhombiformis Zheng, 1988
Reophax robustus Pearcey 1914
Reophax robustus var. *septentrionalis* Cushman, 1920
Reophax rostrata Höglund, 1947
Reophax scorpiurus Monfort, 1808
Reophax sp. 1
Reophax sp. 2
Reophax sp. 3
Reophax sp. 4
Reophax sp. 5
Reophax sp. 6
Reophax sp. 7
Reophax sp. 8
Reophax sp. 9
Reophax sp. 10
Reophax spiculifer Brady, 1879
Reophax spiculotestus Cushman, 1910
Reophax subcapitatus Zheng & Fu, 2001
Reophax subdentaliniformis Parr, 1950
Reophax subfusiformis Earland, 1933
Reophax testaceus Wiesner, 1931
Reophax tortilis Zheng, 2001
Reophax tumidus Saidova, 1970
Reophaxopsis cf. *elegans* Folin, 1887
Resigella moniliformis (Resig, 1982)
Resigella sp. 1
Resigella sp. 2

Resigella sp. 3
Resigella sp. 4
Resigella sp. 5
Resigella sp. 6
Resigella sp. 7
Resigella sp. 8
Reticulophragmium acutidorsatum (Hantken, 1868)
Reussoolina apiculata (Reuss, 1851)
Reussoolina laevis (Montagu, 1803)
Rhumblerella humboldti (Todd & Brönniman, 1957)
Robertina subcylindrica (Brady, 1881)
Robertina tasmanica Parr, 1950
Robertinoides bradyi (Cushman & Parker, 1936)
Robertinoides charlottensis (Cushman, 1925)
Rosalina bradyi (Cushman, 1915)
Rosalina globuliniformis Akimoto, 2002
Rotaliammina concava (Seiglie, 1964)
Rotaliammina petaloidea Brönnimann, Zaninetti & Whittaker, 1983
Saccammina alba Hedley, 1962
Saccammina ampullacea Shleyfer, 1961
Saccammina aspera Stewart & Priddy, 1941
Saccammina edita (Saidova, 1975)
Saccammina fragilis Le Calvez, 1935
Saccammina hadai (Saidova, 1975)
Saccammina helenae (Rhumbler, 1913)
Saccammina huanghaiensis Zheng & Fu, 2001
Saccammina sp. 1
Saccammina sp. 2
Saccammina sp. 3
Saccammina sphaerica Brady, 1871
Saccammina testacea (Flint, 1899)
Saccammina tubulata Rhumbler, 1931
Saccammina virgata Saidova, 1975
Sagrina pulchella d'Orbigny, 1839
Sahulia conica (d'Orbigny, 1839)
Sahulia kerimbaensis (Said, 1949)
Salpingothurammina triradiata (Gutschick & Treckman, 1959)
Saracenaria altifrons (Parr, 1950)
Sculptobaculites rotunotus (Brady, 1881)
Sculptobaculites sp. 1
Seabrookia curta McCulloch, 1977
Sigmoilina distorta Phleger & Parker, 1951

Sigmoilina obesa Heron-Allen & Earland, 1932
Sigmoilina sigmoidea (Brady, 1884)
Sigmoilopsis compressa Hornibrook, 1958
Sigmoilopsis schlumbergeri (Silvestri, 1904)
Sigmopyrgo vespertilio (Schlumberger, 1891)
Siphomarginulina sp. 1
Siphonaperta horrida (Cushman, 1947)
Siphonina bradyana Cushman, 1927
Siphonina reticulata (Czjžek, 1848)
Siphonina tubulosa Cushman, 1924
Siphoscutula foliosa (Zheng, 1988)
Siphotextularia arubaensis McCulloch, 1981
Siphotextularia concava (Karrer, 1868)
Siphotextularia fretensis Vella 1957
Siphotextularia mestayerae Vella, 1957
Siphotextularia sp. 1
Siphouvigerina ampullacea (Brady, 1884)
Siphouvigerina porrecta (Brady, 1879)
Siphouvigerina proboscidea (Schwager, 1866)
Sorosphaera confusa Brady, 1879
Sorosphaera papilla Gutschick & Treckman, 1959
Sphaeroidina bulloides d'Orbigny, 1826
Sphaeroidina bulloides subsp. *profunda* Saidova, 1975
Sphaeroidina bulloides subsp. *quinqueloba* Saidova, 1975
Sphaeroidina bulloides var. *chilostomata* Galloway & Morrey, 1929
Sphaeroidina compacta Cushman & Todd, 1949
Sphaeroidina variabilis Reuss, 1851
Spirillina decorata Brady, 1884
Spirillina denticulata Brady, 1884
Spirillina helenae Chapman and Parr, 1937
Spirillina vivipara Ehrenberg, 1843
Spirobolivina curta (Cushman, 1923)
Spiroloculina canaliculata d'Orbigny, 1846
Spiroloculina excavata d'Orbigny, 1846
Spirophthalmidium acutimargo (Brady, 1884)
Spirophthalmidium tenuiseptatum (Brady, 1884)
Spiroplectammia biformis (Parker & Jones, 1865)
Spiroplectammia carteri Hayward, 2010
Spiroplectella cylindroides Earland, 1934
Spirorutilus carinatus (d'Orbigny, 1846)
Spirorutilus collinsi Clark, 1993
Spirosigmoilina pusilla (Earland, 1934)

Spirosigmoilina tenuis (Czjzek, 1848)
Spirosigmoilinella compressa Matsunaga, 1955
Stetsonia horvathi Green 1959
Stetsonia minuta Parker, 1954
Stilostomella fistuca (Schwager, 1866)
Storthosphaera albida Schulze, 1875
Subreophax aduncus (Brady, 1882)
Subreophax monile (Brady, 1881)
Subreophax sp. 1
Subreophax sp. 2
Technitella harrisii (Heron-Allen & Earland, 1914)
Technitella legumen Norman, 1878
Technitella melo Norman, 1878
Tetragonostomina rhombiformis Mikhalevich, 1975
Textularia aciculata d'Orbigny, 1826
Textularia agglutinans d'Orbigny, 1839
Textularia candeiana d'Orbigny, 1839
Textularia earlandi (Parker, 1952)
Textularia hystrix Jones, 1994
Textularia inflata Gauger, 1953
Textularia pseudogramen Chapman & Parr, 1937
Textularia rugulosa (Cushman, 1932)
Textularia sagittula (Defrance, 1824)
Textularia skagerakensis Höglund, 1947
Textularia sp. 1
Textularia sp. 2
Textularia torquata Parker, 1952
Textularia truncata Höglund, 1947
Tholosina bulla (Brady, 1881)
Tholosina confusa (Cushman, 1920)
Tholosina protea Heron-Allen & Earland, 1932
Tholosina sp. 1
Thurammia albicans Brady, 1879
Thurammia irregularis Wiesner, 1931
Thurammia ovalis Subbotina, 1936
Thurammia papillata Brady, 1879
Thurammia papillata var. *hispidata* Heron-Allen & Earland, 1917
Thurammia papyracea Cushman, 1913
Thurammia sp. 1
Thurammia sp. 2
Thurammia sp. 3
Thurammia sp. 4

Trifarina advena var. *californica* Mallory, 1959
Trifarina angulosa (Williamson, 1858)
Trifarina bradyi Cushman 1923
Trifarina lepida (Brady, 1881)
Triloculina elongata d'Orbigny in Fornasini, 1905
Triloculina oblonga (Montagu, 1803)
Triloculina sommeri Tinoco, 1955
Triloculina sp. 1
Triloculina tricarinata D'Orbigny, 1826
Triloculina trigonula (Lamarck, 1804)
Triloculinella obliquinodus Riccio, 1950
Triloculinella pseudooblonga (Zheng, 1980)
Triloculinella sublineata (Brady, 1884)
Tritaxis australis Brönnimann & Whittaker, 1984
Tritaxis britannica Brönnimann & Whittaker, 1990
Tritaxis challengerii (Hedley, Hurdle & Burdett, 1964)
Tritaxis conica (Parker & Jones, 1865)
Tritaxis fusca (Williamson, 1858)
Tritaxis primitiva Brönnimann & Whittaker, 1988
Trochammina alta Saidova, 1975
Trochammina concava Seibold & Seibold 1960
Trochammina conica Earland, 1934
Trochammina globosa Bolin, 1956
Trochammina hadai Uchio, 1962
Trochammina inflata (Montagu, 1808)
Trochammina laevigata Cushman & Brönnimann, 1948
Trochammina olszewskii Grzybowski, 1898
Trochammina quadricamerata Echols, 1971
Trochammina sp. 1
Trochammina squamata Jones & Parker, 1860
Trochammina squamataformis Kaptarenko-Chernousova, 1959
Trochammina triloba Zheng & Fu, 2001
Trochamminoides grzybowskii Kaminski & Geroch, 1992
Trochamminopsis altiformis (Cushman & Renz, 1946)
Trochamminopsis pusilla (Höglund, 1947)
Trochamminula fissuraperta Shchedrina, 1955
Uvigerina aculeata d'Orbigny, 1846
Uvigerina asperrima (Reuss, 1850)
Uvigerina asperula Čížek, 1848
Uvigerina auberiana d'Orbigny, 1839
Uvigerina azuana Bermúdez, 1949
Uvigerina bradyana Fornasini, 1900

Uvigerina canariensis d'Orbigny, 1839
Uvigerina dirupta (Todd, 1948)
Uvigerina excellens Todd, 1948
Uvigerina hispidocostata Cushman & Todd, 1945
Uvigerina mediterranea Hofker, 1932
Uvigerina parvula Cushman, 1923
Uvigerina peregrina Cushman, 1923
Uvigerina pygmaea d'Orbigny, 1826
Vaginulina bradyi Cushman, 1917
Vaginulina legumen (Linnaeus, 1758)
Valvulineria danvillensis (Howe & Wallace, 1932)
Valvulineria glabra Cushman, 1927
Valvulineria minuta (Schubert, 1904)
Valvulineria rugosa (d'Orbigny, 1839)
Vanhoeffenella gaussi Rhumbler, 1905
Veleroninoides scitulus (Brady, 1881)
Veleroninoides sp. 1
Veleroninoides sp. 2
Verneuilina cretacea Karrer, 1870
Verneuilina muensteri Reuss, 1854
Verneuilina sp. 1
Verneuilinulla affixa (Cushman, 1911)
Verneuilinulla conica (Zheng, 1988)
Verneuilinulla propinqua (Brady, 1884)
Verneuilinulla scrippsi (Uchio, 1960)
Verneuilinulla sp. 1

Anexo V-2: Médias dos dados de declividade do relevo (graus), porcentagem de carbonato de cálcio (%), porcentagem de lama (%), diâmetro médio (μm), concentração de clorofila-a, feopigmentos, carboidrato, proteína, lipídios, e carbono biopolimérico, razão proteína e carboidrato e razão Cu/Zn da Campanha 1

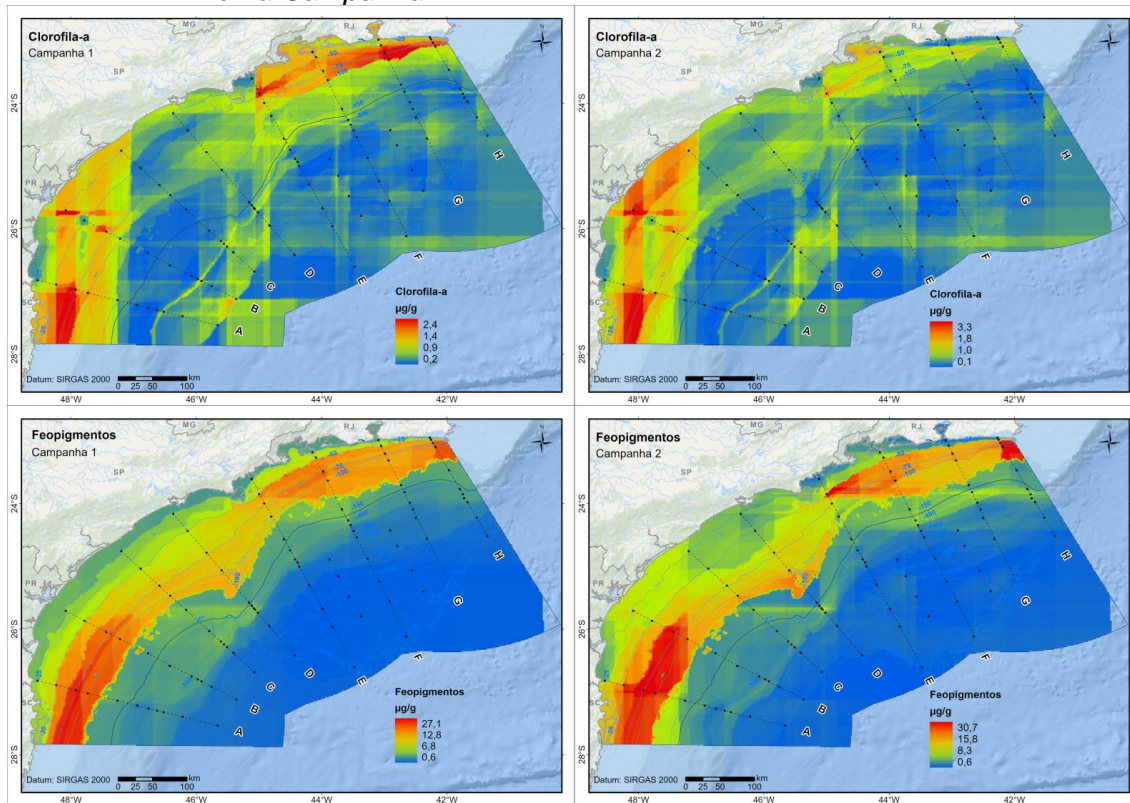
Estações	Declividade (graus)	Diâmetro médio (μm)	Lama (%)	CaCO ₃	Clorofila-a	Feopigmento	CHO	PRT	Lipídeos	Carbono Biopolimérico	PRT/CHO	Cu/Zn
A06-Campanha 1	4,06	49,33	0,48	0,28	0,26	1,76	0,46	1,02	0,17	1,65	2,73	0,17
A07-Campanha 1	2,12	100,54	0,38	0,69	0,09	1,18	1,49	1,89	0,15	3,53	1,27	0,25
A08-Campanha 1	1,61	10,25	0,91	0,22	0,38	3,55	2,21	1,98	0,30	4,49	0,94	0,31
A09-Campanha 1	1,61	8,62	0,94	0,23	0,50	3,28	1,94	1,67	0,42	4,03	0,87	0,33
A10-Campanha 1	1,08	18,01	0,75	0,48	0,61	1,96	2,46	1,46	0,21	4,12	0,71	0,39
B06-Campanha 1	0,37	20,76	0,80	0,30	0,41	3,62	1,32	1,98	0,37	3,68	1,59	0,24
B07-Campanha 1	1,37	12,82	0,86	0,37	0,24	2,81	1,98	1,32	0,45	3,75	0,79	0,28
B08-Campanha 1	3,30	11,75	0,89	0,27	0,34	2,88	2,28	1,34	0,46	4,09	0,62	0,31
B09-Campanha 1	2,44	15,11	0,85	0,32	0,78	4,40	2,79	1,37	0,53	4,69	0,55	0,39
B10-Campanha 1	2,66	23,34	0,79	0,39	0,35	1,48	0,78	0,91	0,30	1,99	1,18	0,50
C06-Campanha 1	0,46	15,43	0,83	0,27	0,39	3,47	0,53	1,18	0,28	1,98	2,41	0,27
C07-Campanha 1	1,60	7,74	0,97	0,35	0,69	5,11	1,57	1,55	0,32	3,44	0,98	0,25
C08-Campanha 1	2,95	12,07	0,90	0,38	0,73	5,03	2,74	1,52	0,49	4,75	0,61	0,29
C09-Campanha 1	2,86	9,30	0,92	0,41	0,29	3,48	2,65	1,42	0,48	4,56	0,53	0,31
C10-Campanha 1	2,16	9,31	0,91	0,44	0,54	4,17	1,64	1,28	0,30	3,22	0,79	0,34
D06-Campanha 1	2,82	14,40	0,82	0,28	0,54	3,44	0,78	0,94	0,27	2,00	1,46	0,25
D07-Campanha 1	4,95	9,20	0,95	0,21	0,68	7,30	1,93	1,22	0,60	3,76	0,64	0,21
D08-Campanha 1	4,12	8,54	0,94	0,29	0,91	6,83	1,87	1,73	0,67	4,27	0,90	0,24
D09-Campanha 1	2,13	10,02	0,88	0,32	0,40	2,35	1,37	1,22	0,36	2,95	0,99	0,28
D10-Campanha 1	1,53	26,30	0,71	0,45	0,34	1,34	1,59	1,12	0,30	3,02	0,76	0,36
E06-Campanha 1	0,91	7,39	0,99	0,29	0,37	1,94	0,85	0,76	0,24	1,85	0,90	0,21
E07-Campanha 1	1,10	12,90	0,87	0,41	0,64	3,73	2,43	1,08	0,37	3,89	0,44	0,26
E08-Campanha 1	2,58	17,39	0,77	0,34	0,56	2,47	1,57	1,11	0,24	2,92	0,75	0,26
E09-Campanha 1	1,88	18,58	0,78	0,38	0,33	1,76	1,76	1,06	0,40	3,21	0,61	0,28
E10-Campanha 1	4,45	50,52	0,53	0,61	0,31	1,01	1,67	0,74	0,36	2,77	0,53	0,38
F06-Campanha 1	2,73	19,76	0,82	0,39	0,71	7,76	1,58	1,08	0,55	3,21	0,70	0,20
F07-Campanha 1	1,00	13,54	0,83	0,33	0,55	2,85	1,76	1,25	0,45	3,46	0,70	0,26
F08-Campanha 1	1,47	14,75	0,80	0,41	0,31	1,22	1,29	1,10	0,40	2,80	0,83	0,31
F09-Campanha 1	1,73	67,95	0,54	0,46	0,35	1,87	1,29	1,24	0,20	2,74	1,03	0,35
F10-Campanha 1	0,98	28,25	0,73	0,55	0,35	1,24	1,68	0,77	0,25	2,70	0,46	0,45
G06-Campanha 1	1,88	32,66	0,63	0,35	0,35	1,72	0,68	0,92	0,25	1,85	1,85	0,19
G07-Campanha 1	1,72	86,88	0,35	0,46	0,40	1,78	1,36	0,77	0,23	2,37	0,74	0,27
G08-Campanha 1	1,20	127,25	0,28	0,56	0,45	1,64	1,07	0,69	0,21	1,97	0,64	0,31
G09-Campanha 1	1,29	65,47	0,42	0,51	0,41	1,80	1,88	1,00	0,13	3,01	0,53	0,36
G10-Campanha 1	1,63	49,39	0,52	0,59	0,74	2,58	1,58	0,83	0,31	2,73	0,50	0,37
H06-Campanha 1	2,75	133,92	0,19	0,44	0,16	2,57	0,83	0,68	0,17	1,68	0,85	0,18
H07-Campanha 1	2,69	41,53	0,47	0,38	0,52	4,10	1,11	0,65	0,42	2,19	0,61	0,25
H08-Campanha 1	2,64	35,11	0,60	0,51	0,37	3,82	1,45	1,39	0,78	3,63	0,92	0,28
H09-Campanha 1	6,45	41,37	0,58	0,47	0,34	3,80	1,32	0,91	0,35	2,57	0,69	0,31
H10-Campanha 1	1,38	26,76	0,68	0,49	0,37	2,17	2,15	0,83	0,24	3,22	0,42	0,36

AnexoV-3: Médias dos dados de declividade do relevo (graus), porcentagem de carbonato de cálcio (%), porcentagem de lama (%), diâmetro médio (μm), concentração de clorofila-a, feopigmentos, carboidrato, proteína, lipídios, e carbono biopolimérico, razão proteína e carboidrato e razão Cu/Zn da Campanha 2.

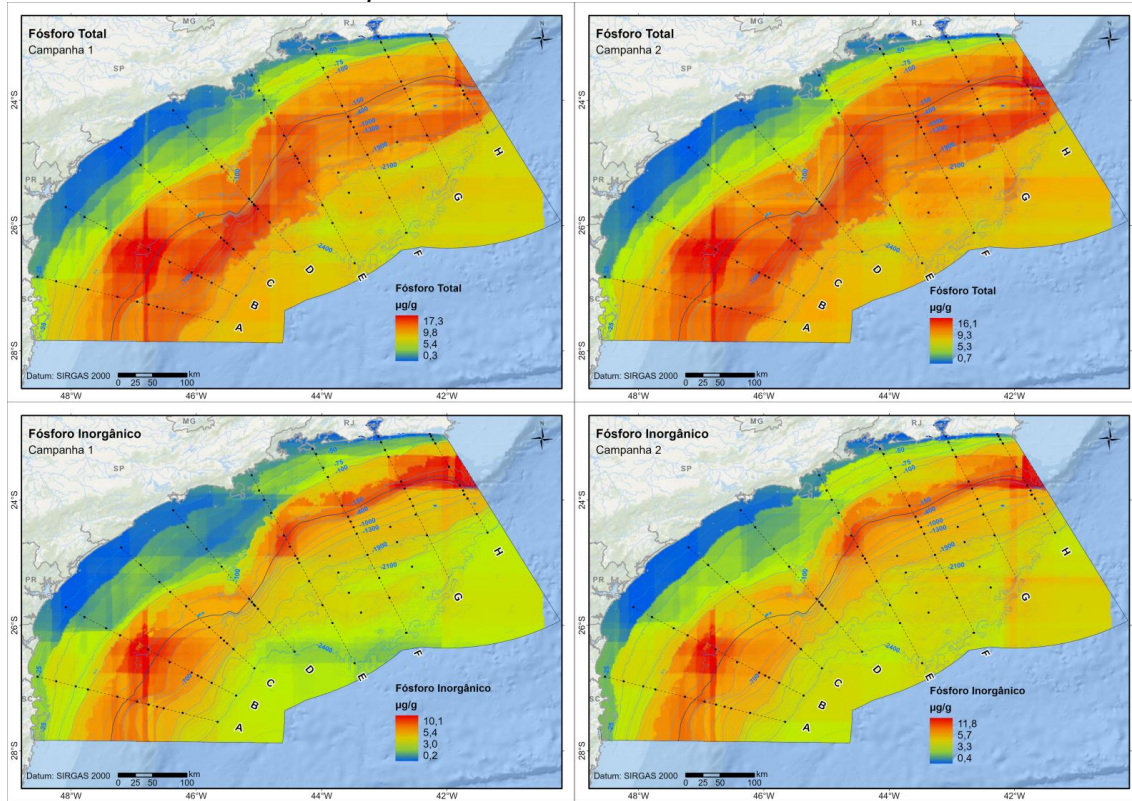
Estações	Declividade (graus)	Diâmetro médio (μm)	Lama (%)	CaCO ₃	Clorofila-a	Feopigmento	CHO	PRT	Lipídeos	Carbono Biopolimérico	PRT/CHO	Cu/Zn
A06-Campanha 2	4,06	64,22	0,31	0,36	0,36	5,53	1,05	2,47	0,34	3,86	3,10	0,18
A07-Campanha 2	2,12	15,96	0,68	0,47	0,08	0,67	0,99	1,93	0,12	3,04	1,94	0,29
A08-Campanha 2	1,61	9,00	0,94	0,33	0,25	2,92	1,74	1,61	0,43	3,79	1,07	0,31
A09-Campanha 2	1,61	13,93	0,73	0,30	0,48	4,63	2,10	1,79	0,48	4,37	1,25	0,33
A10-Campanha 2	1,08	44,69	0,60	0,40	0,14	1,69	1,98	2,04	0,20	4,22	1,39	0,36
B06-Campanha 2	0,37	15,05	0,81	0,31	0,29	2,79	1,43	1,82	0,42	3,67	2,34	0,24
B07-Campanha 2	1,37	9,61	0,95	0,34	0,22	2,88	1,67	2,46	0,43	4,56	3,71	0,24
B08-Campanha 2	3,30	11,82	0,83	0,32	0,30	3,39	1,48	1,88	0,52	3,89	1,24	0,15
B09-Campanha 2	2,44	9,51	0,92	0,31	1,28	3,82	1,55	1,64	0,45	3,64	1,33	0,16
B10-Campanha 2	2,66	11,53	0,85	0,29	0,14	1,09	1,04	1,34	0,40	2,78	1,48	0,16
C06-Campanha 2	0,46	22,55	0,84	0,22	0,27	2,99	0,75	1,75	0,48	2,97	2,68	0,25
C07-Campanha 2	1,60	10,16	0,87	0,31	0,22	4,23	1,87	2,07	0,47	4,41	1,19	0,26
C08-Campanha 2	2,95	8,57	0,93	0,28	0,66	4,22	1,66	1,25	0,36	3,27	0,89	0,30
C09-Campanha 2	2,86	9,76	0,91	0,27	1,41	3,57	1,89	1,36	0,53	3,78	0,69	0,32
C10-Campanha 2	2,16	16,89	0,93	0,38	1,42	3,98	1,51	2,80	0,40	4,71	1,47	0,34
D06-Campanha 2	2,82	23,28	0,74	0,26	0,09	3,96	1,34	1,96	0,29	3,59	1,67	0,21
D07-Campanha 2	4,95	11,07	0,89	0,29	0,59	9,49	2,04	2,44	0,31	4,79	0,85	0,25
D08-Campanha 2	4,12	8,98	0,94	0,28	0,49	10,39	2,20	3,92	0,41	6,54	1,05	0,26
D09-Campanha 2	2,13	128,57	0,86	0,28	0,45	5,97	2,35	2,97	0,40	5,72	1,29	0,30
D10-Campanha 2	1,53	10,09	0,84	0,37	0,82	2,45	2,22	2,09	0,23	4,53	0,50	0,39
E06-Campanha 2	0,91	21,33	0,72	0,32	0,35	2,40	1,08	1,99	0,13	3,19	2,17	0,24
E07-Campanha 2	1,10	11,27	0,91	0,34	0,22	3,16	2,01	1,46	0,25	3,72	0,48	0,29
E08-Campanha 2	2,58	11,44	0,84	0,40	0,17	2,17	1,63	1,05	0,34	3,02	0,73	0,30
E09-Campanha 2	1,88	14,29	0,83	0,34	0,25	2,05	1,51	1,43	0,25	3,20	1,61	0,32
E10-Campanha 2	4,45	35,30	0,72	0,56	0,29	0,90	1,19	1,26	0,28	2,74	0,92	0,42
F06-Campanha 2	2,73	50,25	0,83	0,38	0,45	8,14	1,61	1,17	0,91	3,68	0,59	0,24
F07-Campanha 2	1,00	75,95	0,78	0,33	0,89	5,03	2,42	4,28	0,72	7,41	1,74	0,29
F08-Campanha 2	1,47	43,27	0,44	0,44	0,24	2,39	1,67	1,54	0,72	3,93	1,19	0,33
F09-Campanha 2	1,73	18,48	0,59	0,41	0,15	1,75	1,38	2,62	0,34	4,34	1,50	0,35
F10-Campanha 2	0,98	12,62	0,95	0,58	0,09	1,07	1,97	1,58	0,33	3,88	0,62	0,44
G06-Campanha 2	1,88	53,21	0,90	0,33	0,60	10,29	1,29	1,77	0,47	3,52	0,52	0,23
G07-Campanha 2	1,72	12,94	0,72	0,39	0,20	2,31	1,51	1,16	0,51	3,18	0,63	0,35
G08-Campanha 2	1,20	9,95	0,86	0,50	0,14	2,12	1,05	1,19	0,63	2,87	1,39	0,39
G09-Campanha 2	1,29	10,10	0,94	0,49	0,12	2,84	1,87	1,25	0,61	3,74	0,60	0,35
G10-Campanha 2	1,63	9,62	0,89	0,56	0,49	2,58	1,73	2,66	0,33	4,73	1,51	0,39
H06-Campanha 2	2,75	27,20	0,94	0,30	0,09	5,62	0,80	1,47	0,54	2,82	3,88	0,17
H07-Campanha 2	2,69	60,48	0,44	0,34	0,47	6,84	1,70	0,85	0,32	2,87	0,84	0,24
H08-Campanha 2	2,64	19,10	0,77	0,41	0,13	6,15	2,28	1,46	0,61	4,34	0,89	0,27
H09-Campanha 2	6,45	33,51	0,66	0,44	0,29	4,48	1,80	0,96	0,34	3,10	0,69	0,30
H10-Campanha 2	1,38	8,79	0,91	0,52	0,74	2,45	2,04	1,02	0,45	3,51	0,36	0,34

Anexos do Capítulo VI

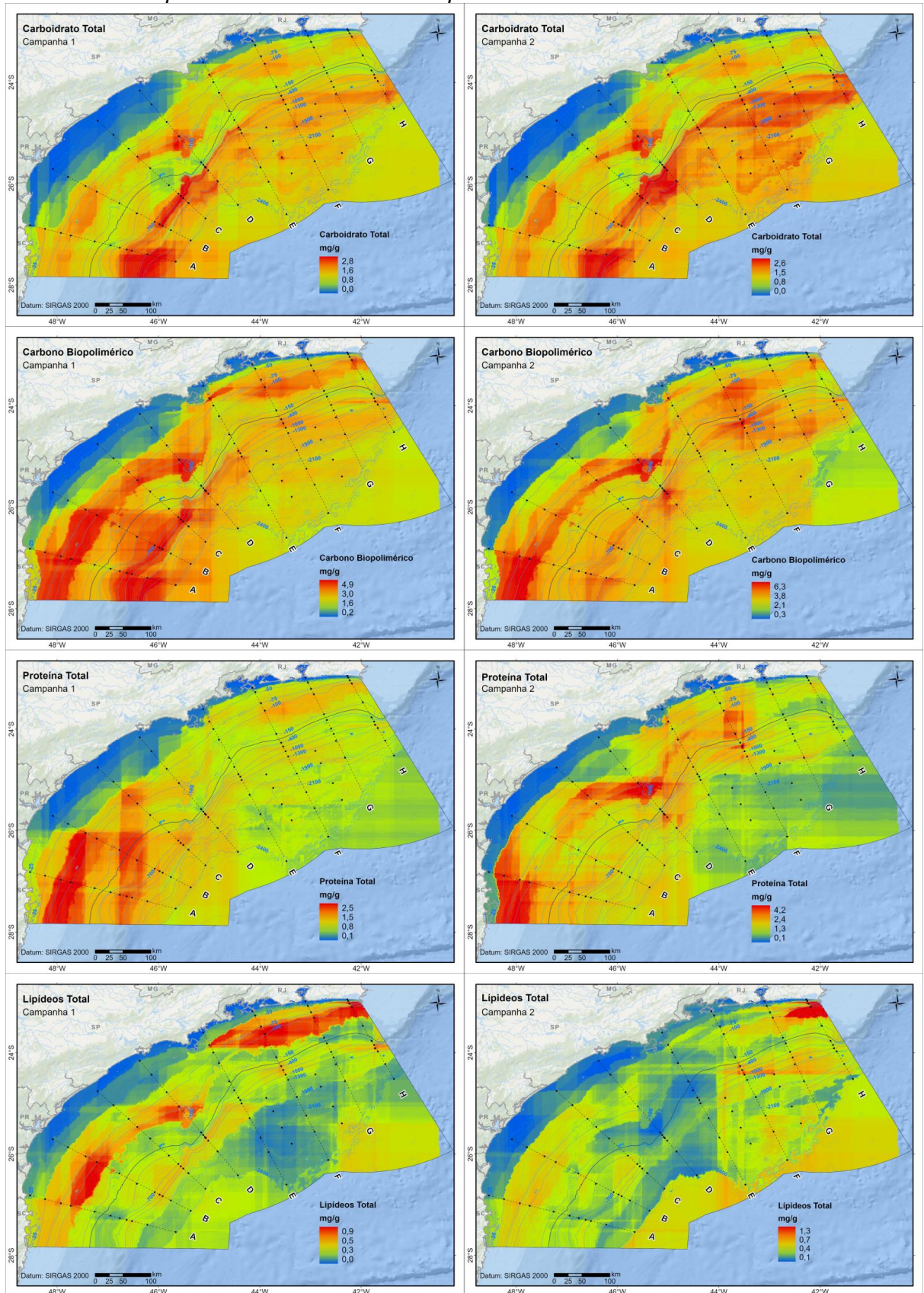
Anexo VI-1. Modelos preditivos para as variáveis clorofila-a e feopigmentos, na Campanha 1 e na Campanha 2.



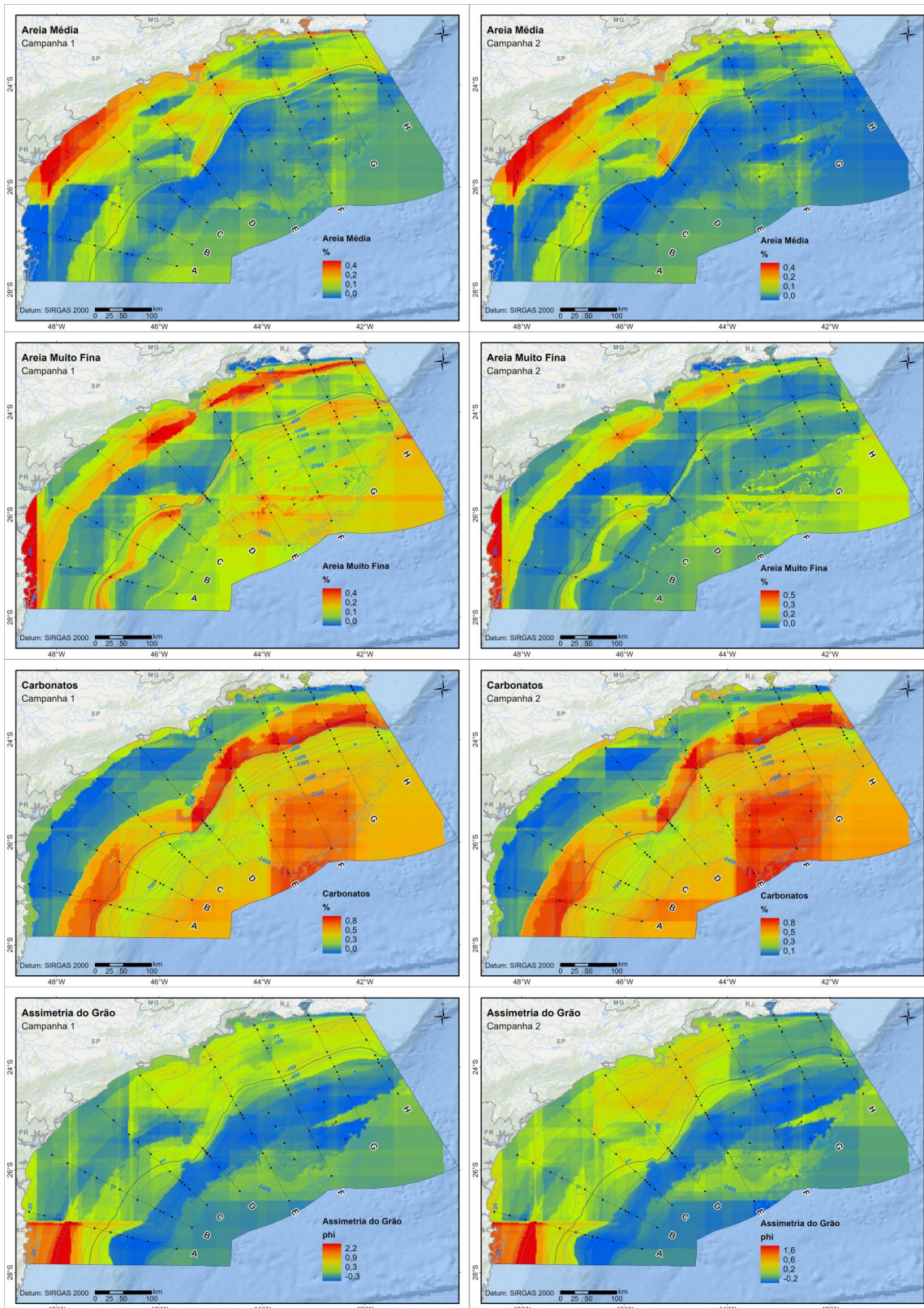
Anexo VI-2. Modelos preditivos para as variáveis de fósforo total e inorgânico, na Campanha 1 e na Campanha 2



Anexo VI-3. Modelos preditivos para os marcadores orgânicos, na Campanha 1 e na Campanha 2. CBP- Carbono bio-polimérico



Anexo VI-4. Modelos preditivos para as variáveis granulométricas do sedimento, na Campanha 1 e na Campanha 2.



Anexo VI-5: Lista de gêneros de Nematoda registrados para a Bacia de Santos. Gêneros com abundância geral por província geográfica maior que 1% estão em negrito. São marcados com símbolos os gêneros que ocorreram apenas na plataforma continental (*), apenas no talude (+) ou apenas no talude e platô (++).

- Abelbolla* Huang & Zhang, 2004
***Acantholaimus* Allgén, 1933**
Acanthomicrolaimus Stewart & Nicholas, 1987
***Actinonema* Cobb, 1920**
Adelphos Ott, 1997 *
Adoncholaimus Filipjev, 1918 ++
***Aegialolaimus* Man, 1907**
Alaimella Cobb, 1920
Ammotheristus Lorenzen, 1977
Amphimonhystera Allgén, 1929
***Amphimonhystrella* Timm, 1961**
Anoplostoma Bütschli, 1874 ++
Antarcticonema Timm, 1978
Anticoma Bastian, 1865
Anticyathus Cobb, 1920
Antomicron Cobb, 1920
Aphanonchus Coomans & Raski, 1991
Aponema Jensen, 1978
Astomonema Ott, Rieger, Rieger & Enderes, 1982
Asymmela Tu, Thanh, Smol & Vanreusel, 2008 *
Axonolaimus Man, 1889
Bathyeurystomina Lamshead & Platt, 1979
Bathylaimus Cobb, 1894
Bathynox Bussau & Vopel, 1999
Belgopeltula Holovachov, 2017
Bendiella Leduc, 2013
Biarmifer Wieser, 1954
Bodonema Jensen, 1991 ++
Bolbolaimus Cobb, 1920
Boucherius Decraemer & Jensen, 1981 *
Calligyus Lorenzen, 1969
Calyptronema Marion, 1870
***Campylaimus* Cobb, 1920**
Capsula Bussau, 1993
Catanema Cobb, 1920
Cephalanticoma Platonova, 1976
Ceramonema Cobb, 1920
***Cervonema* Wieser, 1954**
Chaetonema Filipjev, 1927 *
Cheironchus Cobb, 1917
Chitwoodia Gerlach, 1956
Choanolaimus Man, 1880
Choniolaimus Ditlevsen, 1918
Chromadora Bastian, 1865 *
Chromadorella Filipjev, 1918
***Chromadorina* Filipjev, 1918**
Chromadorita Filipjev, 1922
Chromaspirina Filipjev, 1918 *
Chronogaster Cobb, 1913 ++
Cobbia Man, 1907

- Cobbionema* Filipjev, 1922
Comesa Gerlach, 1956
Comesoma Bastian, 1865
Comesomoides Gourbault, 1980 +
Coninckia Gerlach, 1956
Cornurella Da Silva, Da Silva,
Esteves & Decraemer, 2017 *
Craspodema Gerlach, 1956
Crenopharynx Filipjev, 1934 +
Cricohalalaimus Bussau, 1993
Cyartonema Cobb, 1920
Cyartonemoides Thanh & Gagarin,
2011
***Daptonema* Cobb, 1920**
Dasynemella Cobb, 1933
Dasynemoides Chitwood, 1936 *
***Deontolaimus* Man, 1880**
Desmodora Man, 1889
Desmodorella Cobb, 1933
Desmolaimus Man, 1880
***Desmoscolex* Claparède, 1863**
Dichromadora Kreis, 1929
Didelta Cobb, 1920
Diodontolaimus Southern, 1914
Diplolaimella Allgén, 1929
***Diplopeltoides* Gerlach, 1962**
Diplopeltula Gerlach, 1950
Disconema Filipjev, 1918
Dorylaimopsis Ditlevsen, 1918 *
Draconema Cobb, 1913
Dystomanema Bezerra, Pape,
Hauquier, Vanreusel & Ingels, 2013
Echinodesmodora Blome, 1982
Eleutherolaimus Filipjev, 1922
***Elzalia* Gerlach, 1957**
Enchonema Bussau, 1993
Endeolophos Boucher, 1976
Enoploides Ssaweljev, 1912
Enoplolaimus Man, 1893
Enoplus Dujardin, 1845 +
Epacanthion Wieser, 1953
Epsilonema Steiner, 1927
Erebussau (Bussau, 1993)
Bezerra, Pape, Hauquier & Vanreusel,
2021
Eubostrichus Certes, 1899
Euchromadora Man, 1886
Eurystomina Filipjev, 1921
Fenestrolaimus Filipjev, 1927
Filipjeva Ditlevsen, 1928
Filoncholaimus Filipjev, 1927
Gammanema Cobb, 1920
Glochinema Lorenzen, 1974
Gnomoxyala Lorenzen, 1977
Gomphonchus Platt, 1982
Gonionchus Cobb, 1920 *
Graphonema Cobb, 1898
Greeffiella Cobb, 1922
***Halalaimus* Man, 1888**
Halanonchus Cobb, 1920 *
Halichoanolaimus Man, 1886
Halinema Cobb, 1920 *
Haliplectus Cobb, 1913
Halomonhystera Andrassy, 2006
Hapalomus Lorenzen, 1969
Hofmaenneria Gerlach & Meyl,

1957

Hopperia Vitiello, 1969

Hypodontolaimus Man, 1886

Ironella Cobb, 1920 *

Ixonema Lorenzen, 1971

Karkinochromadora Blome, 1982 *

Laimella Cobb, 1920

Latronema Wieser, 1954

Lauratonema Gerlach, 1953 *

Lavareda Fonseca-Genevois,

Smol & Bezerra, 2011

Leptolaimoides Vitiello, 1971

Leptolaimus Man, 1876

Leptonemella Cobb, 1920 *

Linhomoeus Bastian, 1865

Linhystera Juario, 1974

Listia Blome, 1982

Litinium Cobb, 1920

Longicyatholaimus Micoletzky,

1924

Manganonema Bussau, 1993

Manunema Gerlach, 1957 *

Margonema Cobb, 1920 +

Marisalbinema Tchesunov, 1990

Marylynnia (Hopper, 1972)

Hopper, 1977

Megadesmolaimus Wieser, 1954 *

Mesacanthion Filipjev, 1927

Mesacanthoides Wieser, 1953 ++

Metachromadora Filipjev, 1918

Metacomesoma Wieser, 1954 *

Metacyatholaimus Stekhoven,

1942

Metadasynemella De Coninck,

1942

Metadasynemoides Haspeslagh,

1973

Metadesmolaimus Schuurmans

Stekhoven, 1935

Metalinhomoeus Man, 1907

Metaphanoderma Platonova, 1984

+

Metasphaerolaimus Goubault & Boucher, 1981

Metoncholaimus Filipjev, 1918 *

Meylia Gerlach, 1956 *

Micoletzkyia Ditlevsen, 1926

Microlaimus Man, 1880

Minolaimus Vitiello, 1970

Molgolaimus Ditlevsen, 1921

Monhysteroides Timm, 1961

Monhystrella Cobb, 1918

Monoposthia Man, 1889 *

Morlaixia Vincx & Goubault, 1988

*

Mudwigglus Leduc, 2013

Nannolaimoides Ott, 1972

Nannolaimus Cobb, 1920

Nemanema Cobb, 1920

Neochromadora Micoletzky, 1924

Neodiplopeltula Holovachov &

Boström, 2018

Neotonchus Cobb, 1933

Nudora Cobb, 1920 *

Odontanticoma Platonova, 1976

Odontophora Bütschli, 1874

- Onchium* Cobb, 1920
Oncholaimellus Man, 1890
Oncholaimus Dujardin, 1845
***Oxystomina* Filipjev, 1918**
Pandolaimus Allgén, 1929 *
- Paracanthochus* Micoletzky, 1924**
Paracomesoma Schuurmans Stekhoven, 1950
Paracyatholaimoides Gerlach, 1953
Paracyatholaimus Micoletzky, 1922
Paradesmodora Schuurmans Stekhoven, 1950
Paralongicyatholaimus Schuurmans Stekhoven, 1950
Paramarylynnia Huang & Zhang, 2007 *
Paramesacanthion Wieser, 1953
Paramesonchium Hopper, 1967
Paramicrolaimus Wieser, 1954
***Paramonohystera* Steiner, 1916**
***Paramphimonhystrella* Huang & Zhang, 2006**
Paranticoma Micoletzky & Kreis, 1930
Pararaeolaimus Timm, 1961
Parasphaerolaimus Ditlevsen, 1918
Parelzalia Tchesunov, 1990
Pareurystomina Micoletzky, 1930
Parodontophora Timm, 1963
- Perepsilonema* Lorenzen, 1973 *
Phanoderma Bastian, 1865
Pierrickia Vitiello, 1970
Piipironus Zograf & Mordukhovich, 2022 *
Polygastrophora Man, 1922
***Pomponema* Cobb, 1917**
Pontonema Leidy, 1855 ++
Prochromadorella Micoletzky, 1924
Promonhystera Wieser, 1956
Prorhynchonema Goubault, 1982 *
Prototricoma Timm, 1970
Protricoma Timm, 1970
***Pselionema* Cobb, 1933**
Pseudelzalia Yu & Xu, 2015
Pseudocheironchus Leduc, 2013
Pseudochromadora Daday, 1899
Pseudometachromadora Timm, 1954
Pseudosteineria Wieser, 1956
Pterygonema Gerlach, 1953
Ptycholaimellus Cobb, 1920
***Quadricoma* Filipjev, 1922**
Retrotheristus Lorenzen, 1977
Rhabdocoma Cobb, 1920
Rhabdodemia Baylis & Daubney, 1926
Rhinema Cobb, 1920 *
Rhips Cobb, 1920
Rhynchonema Cobb, 1920
***Richtersia* Steiner, 1916**

Robbea Gerlach, 1956 *

***Sabatieria* Rouville, 1903**

Sarsonia Gerlach, 1967

Saveljevia Filipjev, 1927 +

Scaptrella Cobb, 1917 *

Setoplectus Vitiello, 1971

Setosabatieria Platt, 1985

Setostephanolaimus Tchesunov,
1994

Siphonolaimus Man, 1893

Smithsoninema Hope &
Tchesunov, 1999

Southerniella Allgén, 1932

Sphaerolaimus Bastian, 1865

Sphaerotheristus Timm, 1968

Spilophorella Filipjev, 1917

Spinonema Larrazábal-Filho,
Neres, Da Silva & Esteves, 2019

Spirinia Gerlach, 1963

Spirobolbolaimus Soetaert &
Vincx, 1988

Spirodesma Cavalcanti, Silva &
Fonseca-Genevois, 2009

Steineria Micoletzky, 1922

Stygodesmodora Blome, 1982

Stylotheristus Lorenzen, 1977

Subsphaerolaimus Lorenzen, 1978

*

Symplocostoma Bastian, 1865 *

Synonchiella Cobb, 1933

Synonchium Cobb, 1920

Synonema Cobb, 1920

***Syringolaimus* Man, 1888**

Tarvaia Allgén, 1934

Terschellingia Man, 1888

Thalassironus Man, 1889

Thalassoalaimus Man, 1893

***Thalassomonhystera* Jacobs,
1987**

***Theristus* Bastian, 1865**

Trefusia Man, 1893

Tricoma Cobb, 1894

Triodontolaimus Man, 1893

Trissonchulus Cobb, 1920

Trochamus Boucher & De Bovée,
1971

Trophomera Rubtzov & Platonova,
1974

Valvaelaimus Lorenzen, 1977

Vasostoma Wieser, 1954

Viscosia Man, 1890

Wieseria Gerlach, 1956

Xenolaimus Cobb, 1920 *

***Xyala* Cobb, 1920**

Anexos do Capítulo VII

Anexo VII-1 - Densidade (ind.m⁻²) e riqueza de táxons ou de famílias identificadas da macrofauna bentônica e grupos taxonômicos principais no da plataforma continental da Bacia de Campos (25-150m) nas Campanhas 1 e 2. DP = desvio

BIOMA		PLATAFORMA CONTINENTAL	
Campanha		1	2
Estação do ano		Primavera	Outono
N Amostras		117	120
Macro fauna Total (Densidade (ind.m⁻²))	Máximo	12800	15700
	Mínimo	1025	1075
	Média	4612,25	4458,25
	DP	2607	2902,75
Riqueza de táxons (amostra)	Máximo	68	67
	Mínimo	15	13
	Média	37,6	36,41
	DP	11,45	12,13
No. Indivíduos		20251	19939
No. Total det áxons		215	202
No. de Famílias		198	184
Annelida (Densidade ind.m⁻²)	Máximo	56000	40050
	Mínimo	25	25
	Média	6460,58	6451,89
	DP	10281,99	9483,01
Riqueza de famílias (amostra)	Máximo	30	31
	Mínimo	9	7
	Média	19,10	18,82
	DP	5,39	6,13
Crustacea (Densidade ind.m⁻²)	Máximo	17850	19750
	Mínimo	25	25
	Média	1387,96	1442,33
	DP	2887,78	3290,64
Riqueza de famílias (amostra)	Máximo	23	28
	Mínimo	2	1
	Média	10,23	9,59
	DP	4,87	5,56
Mollusca (Densidade ind.m⁻²)	Máximo	11750	12300
	Mínimo	25	25
	Média	877,27	833,62
	DP	2132,85	1864,00
Riqueza de famílias (amostra)	Máximo	14	13
	Mínimo	1	1
	Média	5,24	4,89
	DP	2,63	2,61
Outros (Densidade ind.m⁻²)	Máximo	13775	14275
	Mínimo	25	50
	Média	2084,38	2281,25
	DP	4014,40	4374,02
Riqueza de táxons (amostra)	Máximo	7	6
	Mínimo	1	1
	Média	3,49	3,33
	DP	1,29	1,25

Anexo VII-2 Resultado da análise de variância aplicada aos dados de riqueza taxonômica, diversidade, equitabilidade, rarefação e densidade da macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia de Santos entre as isóbatas 25-150 m nas Campanhas 1 e 2.

Riqueza	F	p-level	ES(50)	F	p-level
Campanhas	0,247	0,620	Campanhas	18,666	0,000
Isóbatas	15,529	0,000	Isóbatas	25,208	0,000
Interação	2,812	0,026	Interação	6,035	0,000

Diversidade (H')	F	p-level	Densidade	F	p-level
Campanhas	0,015	0,904	Campanhas	0,477	0,490
Isóbatas	27,432	0,000	Isóbatas	6,181	0,000
Interação	6,358	0,000	Interação	0,917	0,455

Equitabilidade (J')	F	p-level	Biomassa	F	p-level
Campanhas	0,290	0,591	Campanhas	1,155	0,286
Isóbatas	8,945	0,000	Isóbatas	8,129	<0,0001
Interação	3,144	0,015	Interação	0,345	0,846

Anexo VII-3 Resultado da análise de variância aplicada aos dados de riqueza taxonômica, diversidade, equitabilidade, rarefação e densidade da macrofauna bentônica da plataforma continental da Bacia ao longo dos transectos de A-H, dispostos de sul a norte, nas Campanhas 1 e 2.

Riqueza	F	p-level	ES(50)	F	p-level
Campanhas	0,248	0,619	Campanhas	12,423	0,001
Transectos	3,772	0,001	Transectos	1,478	0,176
Interação	0,922	0,490	Interação	0,439	0,877

Diversidade (H')	F	p-level	Densidade	F	p-level
Campanhas	0,009	0,925	Campanhas	0,112	0,738
Transectos	1,718	0,106	Transectos	7,618	0,000
Interação	0,258	0,969	Interação	0,670	0,697

Equitabilidade (J')	F	p-level	Biomassa	F	p-level
Campanhas	0,286	0,593	Campanhas	0,824	0,367
Transectos	2,494	0,017	Transectos	1,191	0,321
Interação	0,581	0,771	Interação	0,255	0,969

Anexo VII-4 *Correlações das variáveis ambientais com os três primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para a abundância da macrofauna bentônica em 40 estações da plataforma continental. Valores de significância segundo teste de Monte Carlo (999 permutações).*

CCA CAMPANHA 1	CCA1	CCA2	CCA3	
Autovalores	0.3157	0.2596	0.099	
Variância explicada	0.3704	0.3046	0.116	
Variância cumulativa	0.3704	0.675	0.791	
F	6.3280 (p=0.02)	5.2041 (p=0.003)	1.9893 (p=0.36)	
Variáveis Ambientais				
	CCA1	CCA2	CCA3	
Distância da Costa (km)	0.5153	0.7876	-0.11499	4.3323
Mediana (Phi)	-0.6244	0.7391	0.06505	4.6861
Carbono biopolimérico (CBP)	-0.4003	0.7915	-0.22119	3.8958
Carbonato (%)	0.6631	0.3061	-0.51952	3.3644
Areia Grossa (%)	0.4227	-0.4251	0.40789	2.4771
Areia Fina (%)	-0.1357	-0.3956	-0.29789	1.5544
Chl-a (µg.g)	-0.3109	-0.1175	0.09891	1.2272
CCA CAMPANHA 2				
CCA CAMPANHA 2	CCA1	CCA2	CCA3	
Autovalores	0.3157	0.2596	0.099	
Variância explicada	0.3704	0.3046	0.116	
Variância cumulativa	0.3704	0.675	0.791	
F	6.3280 (p=0.02)	5.2041 (p=0.003)	1.9893 (p=0.36)	
Variáveis Ambientais				
	CCA1	CCA2	CCA3	
Distância da Costa (km)	0.5153	0.7876	-0.11499	4.3323
Mediana (Phi)	-0.6244	0.7391	0.06505	4.6861
Carbono biopolimérico (CBP)	-0.4003	0.7915	-0.22119	3.8958
Carbonato (%)	0.6631	0.3061	-0.51952	3.3644
Areia Grossa (%)	0.4227	-0.4251	0.40789	2.4771
Areia Fina (%)	-0.1357	-0.3956	-0.29789	1.5544
Chl-a (µg.g)	-0.3109	-0.1175	0.09891	1.2272

Anexo VII-5 *Lista de táxons que encontrados na macrofauna bentônica da Plataforma Continental da Bacia de Santos (25-150 m) durante as Campanha 1 e 2 do PCR-BS. Filos e famílias listados em ordem alfabética.*

Filo ANNELIDA Lamarck, 1802

Classe Clitellata Michaelsen, 1919

Subclasse Oligochaeta Grube, 1850

Classe Polychaeta Grube, 1850

Família Acoetidae Kinberg, 1856

Família Acrocirridae Banse, 1969

Família Ampharetidae Malmgren, 1866

Família Amphinomidae Lamarck, 1818

Família Aphroditidae Malmgren, 1867

Família Apistobranchidae Mesnil & Caullery, 1898

Família Capitellidae Grube, 1862

Família Chaetopteridae Audouin & Milne Edwards, 1833

Família Chrysopetalidae Ehlers, 1864

Família Cirratulidae Ryckholt, 1851

Família Cossuridae Day, 1963

Família Dorvilleidae Chamberlin, 1919

Família Echiuridae Quatrefages, 1847

Família Eulepethidae Chamberlin, 1919

Família Eunicidae Berthold, 1827

Família Euphrosinidae Williams, 1852

Família Fabriciidae Rioja, 1923

Família Fauveliopsidae Hartman, 1971

Família Flabelligeridae de Saint-Joseph, 1894

Família Glyceridae Grube, 1850

Família Goniadidae Kinberg, 1866

Família Hesionidae Grube, 1850

Família Lacydoniidae Bergström, 1914

Família Longosomatidae Hartman, 1944

Família Lumbrineridae Schmarda, 1861

Família Magelonidae Cunningham & Ramage, 1888
Família Maldanidae Malmgren, 1867
Família Nephtyidae Grube, 1850
Família Nereididae Blainville, 1818
Família Oeononidae Kinberg, 1865
Família Onuphidae Kinberg, 1865
Família Opheliidae Malmgren, 1867
Família Orbiniidae Hartman, 1942
Família Oweniidae Rioja, 1917
Família Paralacydoniidae Pettibone, 1963
Família Paraonidae Cerruti, 1909
Família Pectinariidae Quatrefages, 1866
Família Phyllodocidae Örsted, 1843
Família Pilargidae Saint-Joseph, 1899
Família Poecilochaetidae Hannerz, 1956
Família Polynoidae Kinberg, 1856
Família Sabellaridae Johnston, 1865
Família Sabellidae Latreille, 1825
Família Scalibregmatidae Malmgren, 1867
Família Serpulidae Rafinesque, 1815
Família Sigalionidae Kinberg, 1856
Família Sphaerodoridae Malmgren, 1867
Família Spionidae Grube, 1850
Família Sternaspidae Carus, 1863
Família Syllidae Grube, 1850
Família Terebellidae Johnston, 1846
Família Travisiidae Hartmann-Schröder, 1971
Família Trichobranchidae Malmgren, 1866
Ordem Sipuncula Stephen, 1965
FILO ARTHROPODA von Siebold, 1848

Subfilo Chelicerata Heymons, 1901

Classe Pycnogonida Latreille, 1810
Subfilo Crustacea Brünnich, 1772
Superclasse Allotriocarida Oakley, Wolf, Lindgren & Zaharoff, 2013
Classe Cephalocarida Sanders, 1955
Superclasse Multicrustacea Regier, Shultz, Zwick, Hussey, Ball, Wetzer,
Martin & Cunningham, 2010
Classe Malacostraca Latreille, 1802
Subclasse Eumalacostraca Grobben, 1892
Superordem Eucarida Calman, 1904
Ordem Decapoda Latreille, 1802
Família Porcellanidae Haworth, 1825
Família Paguridae Latreille, 1802
Família Goneplacidae MacLeay, 1838
Família Leucosiidae Samouelle, 1819
Família Majidae Samouelle, 1819
Família Portunidae Rafinesque, 1815
Família Xanthidae MacLeay, 1838
Família Alpheidae Rafinesque, 1815
Família Processidae Ortmann, 1896
Superordem Peracarida Calman, 1904
Ordem Amphipoda Calman, 1904
Família Ampeliscidae Krøyer, 1842
Família Aoridae Stebbing, 1899
Família Argissidae Walker, 1904
Família Aristiidae Lowry & Stoddart, 1997
Família Atylidae Lilljeborg, 1865
Família Bateidae Stebbing, 1906
Família Caprellidae Leach, 1814
Família Chevaliidae Myers & Lowry, 2003
Família Corophiidae Leach, 1814
Família Eusiridae Stebbing, 1888
Família Hyperiididae Dana, 1852

Família Iphimediidae Boeck, 1871
Família Ischyroceridae Stebbing, 1899
Família Lepechinellidae Schellenberg, 1926
Família Liljeborgiidae Stebbing, 1899
Família Lysianassidae Dana, 1849
Família Maeridae Krapp-Schickel, 2008
Família Megaluropidae Thomas & Barnard, 1986
Família Melitidae Bousfield, 1973
Família Neomegamphoidea Myers, 1981
Família Oedicerotidae Lilljeborg, 1865
Família Pakynidae Lowry & Myers, 2017
Família Pardaliscidae Boeck, 1871
Família Photidae Boeck, 1871
Família Phoxocephalidae G.O. Sars, 1891
Família Phoxocephalopsidae Barnard & Drummond, 1982
Família Platyischnopidae Barnard & Drummond, 1979
Família Podoceridae Leach, 1814
Família Stenothoidae Boeck, 1871
Família Synopiidae Dana, 1853
Família Tryphosidae Lowry & Stoddart, 1997
Família Uristidae Hurley, 1963
Família Urothoidae Bousfield, 1978
Ordem Cumacea Krøyer, 1846
Família Bodotriidae T. Scott, 1901
Família Diastylidae Bate, 1856
Família Leuconidae Sars, 1878
Família Nannastacidae Bate, 1866
Ordem Isopoda Latreille, 1816
Família Anthuridae Leach, 1814
Família Anthuroidea Leach, 1814
Família Arcturidae Dana, 1849
Família Chaetiliidae Dana, 1849

Família Cirolanidae Dana, 1852
Família Corallanidae Hansen, 1890
Família Desmosomatidae G. O. Sars, 1897
Família Gnathiidae Leach, 1814
Família Haploniscidae Hansen, 1916
Família Holidoteidae Wägele, 1989
Família Hyssuridae Wägele, 1981
Família Idoteidae Samouelle, 1819
Família Ilyarachninae Hansen, 1916
Família Janiridae G. O. Sars, 1897
Família Leptanthuridae Poore, 2001
Família Microparasellidae Karaman, 1933
Família Munnidae G. O. Sars, 1897
Família Paramunnidae Vanhöffen, 1914
Família Paranthuridae Menzies & Glynn, 1968
Família Serolidae Dana, 1852
Família Sphaeromatidae Latreille, 1825
Ordem Mysida Boas, 1883
Ordem Tanaidacea Dana, 1849
 Subordem Tanaidomorpha Sieg, 1980
Superfamília Paratanaoidea Lang, 1949
Família Agathotanaidae Lang, 1971
Família Anarthruridae Lang, 1971
Família Colletteidae Larsen & Wilson, 2002
Família Cryptocopidae Sieg, 1977
Família Leptocheliidae Lang, 1973
Família Leptognathiidae Sieg, 1976
Família Parapseudidae Gutu, 1981
Família Paratanaidae Lang, 1949
Família Pseudotanaidae Sieg, 1976
Família Nototanaidae Sieg, 1976
Família Tanaellidae Larsen & Wilson, 2002

Família Tanaissuidae Bird & Larsen, 2009
Família Typhlotanaidae Sieg, 1984
 Subordem Apseudomorpha Sieg, 1980
Superfamília Apseudoidea Leach, 1814
Família Apseudidae Leach, 1814
Família Kalliapseudidae Lang, 1956
Família Metapseudidae Lang, 1970
Subclasse Hoplocarida Calman, 1904
 Ordem Stomatopoda Latreille, 1817
 Subordem Unipeltata Latreille, 1825
Superfamília Squilloidea Latreille, 1802
Família Squillidae Latreille, 1802
Filo BRYOZOA Ehrenberg, 1831
Filo CHORDATA Haeckel, 1874
 Subfilo Cephalochordata Owen, 1846
 Subfilo Tunicata Lamarck, 1816
 Classe Ascidiacea Blainville, 1824
FILO CNIDARIA Hatschek, 1888
FILO ECHINODERMATA Klein, 1778
 Subfilo Asterozoa Zittel, 1895
 Classe Asteroidea de Blainville, 1830
 Classe Ophiuroidea Gray, 1840
 Subfilo Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895
 Classe Echinoidea Schumacher, 1817
 Classe Holothuroidea de Blainville, 1834
 Subfilo Crinozoa Matsumoto, 1929
 Classe Crinoidea Miller, 1821
FILO HEMICHORDATA Bateson, 1885
 Classe Enteropneusta Gegenbaur, 1870
FILO MOLLUSCA Linnaeus, 1758
 Classe Bivalvia Linnaeus, 1758
 Família Arcidae Lamarck, 1809

Família Cardiidae Lamarck, 1809
Família Condylocardiidae F. Bernard, 1896
Família Corbulidae Lamarck, 1818
Família Crassatellidae Férussac, 1822
Família Cuspidariidae Dall, 1886
Família Cyamiidae G. O. Sars, 1878
Família Gastrochaenidae Gray, 1840
Família Kelliellidae P. Fischer, 1887
Família Limidae Rafinesque, 1815
Família Limopsidae Dall, 1895
Família Lucinidae J. Fleming, 1828
Família Lyonsiellidae Dall, 1895
Família Mactridae Lamarck, 1809
Família Malletiidae H. Adams & A. Adams, 1858
Família Mytillidae Rafinesque, 1815
Família Nuculanidae H. Adams & A. Adams, 1858
Família Nuculidae Gray, 1824
Família Pectinidae Rafinesque, 1815
Família Periplomatidae Dall, 1895
Família Pinnidae Leach, 1819
Família Propeamussiidae Abbott, 1954
Família Pteriidae Gray, 1847 (1820)
Família Semelidae Stoliczka, 1870 (1825)
Família Solecurtidae d'Orbigny, 1846
Família Solemyidae Gray, 1840
Família Spheniopsidae J. A. Gardner, 1928
Família Tellinidae Blainville, 1814
Família Thyasiridae Dall, 1900
Família Ungulinidae Gray, 1854
Família Veneridae Rafinesque, 1815
Família Yoldiidae Dall, 1908
Classe Caudofoveata C. R. Boettger, 1956

Família Chaetodermatidae Théel, 1875
Família Limifossoridae Salvini-Plawen, 1970
Classe Gastropoda Cuvier, 1795
Subclasse Heterobranchia Burmeister, 1837
Família Acteonidae d'Orbigny, 1842
Família Architectonicidae J. E. Gray, 1850
Família Cimidae Warén, 1993
Família Cylichnidae H. Adams & A. Adams, 1854
Família Philinidae Gray, 1850
Família Pleurobranchidae Gray, 1827
Família Pyramidellidae Gray, 1840
Família Retusidae Thiele, 1925
Família Rhizoridae Dell, 1952
Família Tornatinidae P. Fischer, 1883
Ordem Nudibanchia Cuvier, 1817
Subclasse Caenogastropoda Cox, 1960
Família Barleeiidae Gray, 1857
Família Caecidae J. E. Gray, 1850
Família Calyptraeidae Lamarck, 1809
Família Clathurellidae H. Adams & A. Adams, 1858
Família Columbellidae Swainson, 1840
Família Epitoniidae S. S. Berry, 1910 (1812)
Família Eulimidae Philippi, 1853
Família Mangeliidae P. Fischer, 1883
Família Marginellidae J. Fleming, 1828
Família Muricidae Rafinesque, 1815
Família Nassariidae Iredale, 1916 (1835)
Família Naticidae Guilding, 1834
Família Olividae Latreille, 1825
Família Rissoidae Gray, 1847
Família Tornidae Sacco, 1896 (1884)
Família Vanikoridae Gray, 1840

Subclasse Vetigastropoda Salvini-Plawen, 1980
Família Fissurellidae J. Fleming, 1822
Família Skeneidae W. Clark, 1851
Classe Polyplacophora Gray, 1821
Subclasse Neoloricata Bergenhayn, 1955
Ordem Chitonidae Thiele, 1909
Família Acanthochitonidae Pilsbry, 1893
Família Chitonidae Rafinesque, 1815
Família Ischnochitonidae Dall, 1889
Infraclasse Opisthobranchia Milne-Edwards, 1848
Classe Scaphopoda Bronn, 1862
Família Dentaliidae Children, 1834
Família Entalinidae Chistikov, 1979
Família Gadilidae Stoliczka, 1868
Família Gadilinidae Chistikov, 1975
Classe Solenogastres Gegenbaur, 1878
FILO NEMERTEA Schultze, 1851
FILO PHORONIDA Hatschek, 1888
FILO PLATYHELMINTHES Minot, 1876
FILO PORIFERA Grant, 1836

Anexos do Capítulo VIII

Anexo VIII-1: Densidade (ind.m⁻²) e riqueza de táxons ou de famílias identificadas da macrofauna bentônica e grupos taxonômicos principais no Talude continental (400-1900 m) da Bacia de Santos e Platô de São Paulo (2200-2400 m) nas Campanhas 1 e 2.

Bioma		Talude		Platô	
		1	2	1	2
Campanha					
Estação do ano		Inverno	Verão	Inverno	Verão
No. Amostras		125	126	47	47
Macrofauna Total (Densidade - ind.m ⁻²)	Máximo	14156	16733	856	1467
	Mínimo	222	78	178	167
	Média	3069	3025	460	512
	DP	2457	2710	184	300
Riqueza de táxons (amostra)	Máximo	80	76	34	40
	Mínimo	10	6	10	9
	Média	47	45	21	20
	DP	13	14	7	7
No. total de Individuos		34532	34463	1947	1758
No. total de táxons		198	196	110	90
No. Total de Famílias identificadas		169	165	96	74
Annelida (Densidade - ind.m ⁻²)	Máximo	11544	13600	656	933
	Mínimo	178	56	111	122
	Média	2132	2091	334	358
	DP	1870	2710	126	181
Riqueza de famílias (amostra)	Máximo	37	34	21	22
	Mínimo	7	4	5	7
	Média	22	23	13	13
	DP	5	5	3	3
Crustacea (Densidade - ind.m ⁻²)	Máximo	2600	2433	222	444
	Mínimo	22	0	11	0
	Média	544	527	71	99
	DP	398	403	52	91
Riqueza de famílias (amostra)	Máximo	29	26	9	10
	Mínimo	1	0	1	0
	Média	14	14	5	5
	DP	5	6	3	3
Mollusca (Densidade - ind.m ⁻²)	Máximo	3611	1178	122	100
	Mínimo	0	0	0	0
	Média	214	189	27	16
	DP	385	211	32	21
Riqueza de famílias (amostra)	Máximo	19	16	7	7
	Mínimo	0	0	0	0
	Média	6	5	2	1
	DP	4	4	2	2
Outros (Densidade - ind.m ⁻²)	Máximo	533	1167	100	344
	Mínimo	0	0	0	0
	Média	179	218	28	38
	DP	115	168	20	55
Riqueza de táxons (amostra)	Máximo	8	9	5	5
	Mínimo	0	0	0	0
	Média	5	4	2	2
	DP	2	2	1	1

Anexo VIII-2: Resultado da análise de variância aplicada aos dados de riqueza taxonômica, diversidade, equitabilidade, rarefação, densidade e biomassa da macrofauna bentônica da Bacia de Santos e do Platô de São Paulo entre as isóbatas 400-2400 m nas Campanhas 1 e 2.

Riqueza	F	p	ES(50)	F	p
Campanhas	7,258	0,008	Campanhas	9,433	0,003
Isóbatas	58,511	<0,0001	Isóbatas	9,728	<0,0001
Interação	0,607	0,724	Interação	3,296	0,005
Diversidade (H')	F	p	Densidade	F	p
Campanhas	6,974	0,010	Campanhas	1,046	0,309
Isóbatas	16,787	<0,0001	Isóbatas	146,694	<0,0001
Interação	2,387	0,034	Interação	0,213	0,972
Equitabilidade (J')	F	p	Biomassa	F	p
Campanhas	0,468	0,495	Campanhas	0,708	0,402
Isóbatas	42,562	<0,0001	Isóbatas	8,786	<0,0001
Interação	0,137	0,991	Interação	0,517	0,722

Anexo VIII-3: Resultado da análise de variância aplicada aos dados de riqueza taxonômica, diversidade, equitabilidade, rarefação, densidade e biomassa da macrofauna bentônica da Bacia de Santos e do Platô de São Paulo ao longo dos transectos A-H, dispostos de sul a norte, nas Campanhas 1 e 2.

Riqueza	F	p	ES(50)	F	p
Campanhas	2,369	0,128	Campanhas	4,557	0,036
Transectos	0,885	0,523	Transectos	0,645	0,718
Interação	0,084	0,999	Interação	0,321	0,943
Diversidade (H')	F	p	Densidade	F	p
Campanhas	3,182	0,078	Campanhas	0,268	0,606
Transectos	0,622	0,736	Transectos	0,709	0,664
Interação	0,309	0,948	Interação	0,087	0,999
Equitabilidade (J')	F	p	Biomassa	F	P
Campanhas	0,355	0,553	Campanhas	1,222	0,303
Transectos	0,632	0,728	Transectos	0,491	0,485
Interação	0,320	0,943	Interação	0,264	0,965

Anexo VIII-4: Correlações das variáveis ambientais com os três primeiros eixos da Análise de Correspondência Canônica (CCA) para a abundância da macrofauna bentônica em 59 estações do talude da Bacia de Santos e Platô de São Paulo. Valores de significância foram baseados no teste de Monte Carlo (999 permutações).

CCA	Campanha 1			Campanha 2		
	CCA1	CCA 2	CCA 3	CCA1	CCA2	CCA3
Autovalores	0,2403	0,08342	0,06881	0,2387	0,07129	0,04383
Correlação Taxa x Ambiente	0,4588	0,15928	0,13139	0,5541	0,16547	0,10172
Variância cumulativa	0,4588	0,61808	0,74947	0,5541	0,71956	0,82129
F	17,9268	6,3889	5,2368	17,0224	5,1061	3,1669
p	0,001	0,026	0,040	0,001	0,001	0,007

Variáveis ambientais	Correlações com os eixos					Correlações com os eixos				
	CCA1	CCA2	CCA3	F	p	CCA1	CCA2	CCA3	F	p
PROF (m)	0,83509	-0,1390	-0,08832	2,2117	0,015	0,8571	0,38462	0,2164	6,9523	0,001
TEMP (°C)	-0,96465	0,1389	0,04072	16,8658	0,001					
CBP (mg g ⁻¹)	0,58845	0,3508	0,41310	2,6472	0,007	0,3364	-0,39638	0,4021	2,5764	0,006
CaCO ₃ (%)	0,17252	0,5118	-0,27363	2,7466	0,004	-0,5337	0,42353	0,3750	5,8226	0,001
PRO/CHO	-0,53507	0,1317	-0,76008	4,1547	0,004	-0,7161	0,05553	0,3104	5,0260	0,002
FEO/CLA	-0,47288	0,5353	0,48312	3,1801	0,009	-0,6210	0,58516	-0,3591	3,7218	0,006
DPGRAN (phi)	0,41281	0,1779	-0,25563	2,5071	0,017					
DINO (µg.g ⁻¹)	0,03763	0,4310	0,32728	1,8598	0,045					
CASC (%)						0,1211	-0,07293	0,6987	2,5537	0,025

Anexo VIII-5: *Lista de táxons que compõem a macrofauna bentônica do Talude Continental da Bacia de Santos (400-1900 m) e Platô de São Paulo (2200-2400 m). Táxons (filos e famílias) listados em ordem alfabética,*

Classe Clitellata Michaelsen, 1919
Subclasse Oligochaeta Grube, 1850
Classe Polychaeta Grube, 1850
Família Aberrantidae Wolf, 1987
Família Acoetidae Kinberg, 1856
Família Acrocirridae Banse, 1969
Família Ampharetidae Malmgren, 1866
Família Amphinomidae Lamarck, 1818
Família Aphroditidae Malmgren, 1867
Família Apistobranchidae Mesnil & Caullery, 1898
Família Capitellidae Grube, 1862
Família Chaetopteridae Audouin & Milne Edwards, 1833
Família Chrysopetalidae Ehlers, 1864
Família Cirratulidae Ryckholt, 1851
Família Cossuridae Day, 1963
Família Dorvilleidae Chamberlin, 1919
Família Echiuridae Quatrefages, 1847
Família Eulepethidae Chamberlin, 1919
Família Eunicidae Berthold, 1827
Família Euphrosinidae Williams, 1852
Família Fabriciidae Rioja, 1923
Família Flabelligeridae de Saint-Joseph, 1894
Família Glyceridae Grube, 1850
Família Goniadidae Kinberg, 1866
Família Hesionidae Grube, 1850
Família Lacydoniidae Bergström, 1914
Família Longosomatidae Hartman, 1944
Família Lumbrineridae Schmarda, 1861
Família Magelonidae Cunningham & Ramage, 1888
Família Maldanidae Malmgren, 1867
Família Nephtyidae Grube, 1850

- Família Nereididae Blainville, 1818
- Família Oeonidae Kinberg, 1865
- Família Onuphidae Kinberg, 1865
- Família Opheliidae Malmgren, 1867
- Família Orbiniidae Hartman, 1942
- Família Oweniidae Rioja, 1917
- Família Paralacydoniidae Pettibone, 1963
- Família Paraonidae Cerruti, 1909
- Família Phyllodocidae Örsted, 1843
- Família Pilargidae Saint-Joseph, 1899
- Família Poecilochaetidae Hannerz, 1956
- Família Polynoidae Kinberg, 1856
- Família Sabellaridae Johnston, 1865
- Família Sabellidae Latreille, 1825
- Família Scalibregmatidae Malmgren, 1867
- Família Serpulidae Rafinesque, 1815
- Família Siboglinidae Caullery, 1914
- Família Sigalionidae Kinberg, 1856
- Família Sphaerodoridae Malmgren, 1867
- Família Spionidae Grube, 1850
- Família Sternaspidae Carus, 1863
- Família Syllidae Grube, 1850
- Família Terebellidae Johnston, 1846
- Família Travisiidae Hartmann-Schröder, 1971
- Família Trichobranchidae Malmgren, 1866
- Ordem Sipuncula Stephen, 1965
- FILO ARTHROPODA von Siebold, 1848
- Subfilo Crustacea Brünnich, 1772
- Superclasse Multicrustacea Regier, Shultz, Zwick, Hussey, Ball, Wetzer,
Martin & Cunningham, 2010
- Classe Malacostraca Latreille, 1802
- Subclasse Eumalacostraca Grobben, 1892
- Superordem Eucarida Calman, 1904

Ordem Decapoda Latreille, 1802
Subordem Dendrobranchiata Spence Bate, 1888
Superfamília Sergestoidea Dana, 1852
Família Luciferidae De Haan, 1849
Infraordem Caridea Dana, 1852
Família Alpheididae Rafinesque, 1815
Subordem Pleocyemata Burkenroad, 1963
Infraordem Axiidea de Saint Laurent, 1979
Infraordem Anomura MacLeay, 1838
Superfamília Galatheaidea Samouelle, 1819
Família Galatheididae Samouelle, 1819
Superfamília Paguroidea Latreille, 1802
Família Paguridae Latreille, 1802
Infraordem Brachyura Latreille, 1802
Superordem Peracarida Calman, 1904
Ordem Amphipoda Calman, 1904
Família Ampeliscidae Krøyer, 1842
Família Amphilochidae Boeck, 1871
Família Aoridae Stebbing, 1899
Família Atylidae Lilljeborg, 1865
Família Caprellidae Leach, 1814
Família Cheirocratidae d'Udekem d'Acoz, 2010
Família Eusiridae Stebbing, 1888
Família Gammaridae Latreille, 1802
Família Hyperiidae Dana, 1852
Família Ischyroceridae Stebbing, 1899
Família Lepechinellidae Schellenberg, 1926
Família Liljeborgiidae Stebbing, 1899
Família Lysianassidae Dana, 1849
Família Maeridae Krapp-Schickel, 2008
Família Melitidae Bousfield, 1973
Família Oedicerotidae Lilljeborg, 1865
Família Pakynidae Lowry & Myers, 2017

Família Paragammaropsidae Myers & Lowry, 2003
Família Pardaliscidae Boeck, 1871
Família Photidae Boeck, 1871
Família Phoxocephalidae G.O. Sars, 1891
Família Stegocephalidae Dana, 1852
Família Stenothoidae Boeck, 1871
Família Sophrosynidae Lowry & Stoddart, 2010
Família Synopiidae Dana, 1853
Família Tryphosidae Lowry & Stoddart, 1997
Família Urothoidae Bousfield, 1978
Ordem Bochusacea Gutu & Iliffe, 1998
Ordem Cumacea Krøyer, 1846
Família Bodotriidae T. Scott, 1901
Família Ceratocumatidae Calman, 1905
Família Diastylidae Bate, 1856
Família Gynodiastylidae Stebbing, 1912
Família Lampropidae Sars, 1878
Família Leuconidae Sars, 1878
Família Nannastacidae Bate, 1866
Ordem Isopoda Latreille, 1816
Família Acanthaspididae Menzies, 1962
Família Aegidae White, 1850
Família Anthuridae Leach, 1814
Família Arcturidae Dana, 1849
Família Cirolanidae Dana, 1852
Família Cryptoniscidae Kossmann, 1880
Família Desmosomatidae G. O. Sars, 1897
Família Gnathiidae Leach, 1814
Família Haploniscidae Hansen, 1916
Família Haplomunnidae Wilson, 1976
Família Hyssuridae Wägele, 1981
Família Ilyarachninae Hansen, 1916
Família Ischnomesidae Hansen, 1916

Família Joeropsididae Nordenstam, 1933
Família Janiridae G. O. Sars, 1897
Família Joeropsididae Nordenstam, 1933
Família Leptanthuridae Poore, 2001
Família Macrostylidae Hansen, 1916
Família Mesosignidae Schultz, 1969
Família Microparasellidae Karaman, 1933
Família Munnidae G. O. Sars, 1897
Família Munnopsidae Lilljeborg, 1864
Família Paramunnidae Vanhöffen, 1914
Família Paranthuridae Menzies & Glynn, 1968
Família Serolidae Dana, 1852
Família Sphaeromatidae Latreille, 1825
Ordem Mysida Boas, 1883
Ordem Tanaidacea Dana, 1849
 Subordem Apseudomorpha Sieg, 1980
 Superfamília Apseudoidea Leach, 1814
Família Apseudidae Leach, 1814
Família Parapseudidae Gutu, 1981
Família Sphyrapodidae Gutu, 1980
Subordem Tanaidomorpha Sieg, 1980
Superfamília Neotanaoidea Sieg, 1980
 Família Neotanaidae Lang, 1956
Superfamília Paratanaoidea Lang, 1949
 Família Agathotanaidae Lang, 1971
 Família Akanthophoreidae Sieg, 1986
 Família Anarthruridae Lang, 1971
 Família Colletteidae Larsen & Wilson, 2002
 Família Cryptocopidae Sieg, 1977
 Família Hamatipedidae Błażewicz, Gellert & Bird, 2022
 Família Leptocheliidae Lang, 1973
 Família Leptognathiidae Sieg, 1976
 Família Mirandotanaidae Błażewicz-Paszkowycz & Bamber, 2009

- Família Nototanaidae Sieg, 1976
- Família Paratanaidae Lang, 1949
- Família Pseudotanaidae Sieg, 1976
- Família Tanaellidae Larsen & Wilson, 2002
- Família Tanaissuidae Bird & Larsen, 2009
- Família Tanaopsidae Błażewicz-Paszkowycz & Bamber, 2012
- Família Typhlotanaidae Sieg, 1984
- FILO BRYOZOA Ehrenberg, 1831
- FILO CHORDATA Haeckel, 1874
 - Subfilo Tunicata Lamarck, 1816
 - Classe Ascidiacea Blainville, 1824
- FILO CNIDARIA Hatschek, 1888
- FILO ECHINODERMATA Klein, 1778
 - Subfilo Asterozoa Zittel, 1895
 - Classe Asteroidea de Blainville, 1830
 - Classe Ophiuroidea Gray, 1840
 - Subfilo Echinozoa Haeckel in Zittel, 1895
 - Classe Echinoidea Schumacher, 1817
 - Classe Holothuroidea de Blainville, 1834
 - Subfilo Crinozoa Matsumoto, 1929
 - Classe Crinoidea Miller, 1821
- FILO MOLLUSCA Linnaeus, 1758
 - Classe Bivalvia Linnaeus, 1758
 - Família Arcidae Lamarck, 1809
 - Família Carditidae A. Férussac, 1822
 - Família Cuspidariidae Dall, 1886
 - Família Kelliellidae P. Fischer, 1887
 - Família Lasaeidae Gray, 1842
 - Família Limidae Rafinesque, 1815
 - Família Limopsidae Dall, 1895
 - Família Lucinidae J. Fleming, 1828
 - Família Lyonsiellidae Dall, 1895
 - Família Malletiidae H. Adams & A. Adams, 1858

Família Mytilidae Rafinesque, 1815
Família Neilonellidae Schileyko, 1989
Família Nuculanidae H. Adams & A. Adams, 1858
Família Nuculidae Gray, 1824
Família Pectinidae Rafinesque, 1815
Família Periplomatidae Dall, 1895
Família Pristiglomidae H. L. Sanders & Allen, 1973
Família Propeamussiidae Abbott, 1954
Família Semelidae Stoliczka, 1870
Família Solemyidae Gray, 1840
Família Tellinidae Blainville, 1814
Família Thraciidae Stoliczka, 1870
Família Thyasiridae Dall, 1900
Família Ungulinidae Gray, 1854
Família Verticordiidae Stoliczka, 1870
Família Yoldiidae Dall, 1908
Classe Caudofoveata C. R. Boettger, 1956
 Ordem Chaetodermatida Simroth, 1893
Família Chaetodermatidae Théel, 1875
Família Limifossoridae Salvini-Plawen, 1970
Família Prochaetodermatidae Salvini-Plawen, 1972
Classe Gastropoda Cuvier, 1795
 Subclasse Caenogastropoda Cox, 1960
Família Costellariidae MacDonald, 1860
Família Eulimidae Philippi, 1853
Família Epitoniidae S. S. Berry, 1910
Família Mangeliidae P. Fischer, 1883
Família Marginellidae J. Fleming, 1828
Família Naticidae Guilding, 1834
Família Newtoniellidae Korobkov, 1955
Família Olividae Latreille, 1825
Família Raphitomidae Bellardi, 1875
Família Rissoidae Gray, 1847

Subclasse Heterobranchia Burmeister, 1837
Família Acteonidae d'Orbigny, 1842
Superfamília Pleurobrancoidea Gray, 1827
Família Pyramidellidae Gray, 1840
Ordem Cephalaspidea P. Fischer, 1883
Família Diaphanidae Odhner, 1914
Família Philinidae Gray, 1850
Família Retusidae Thiele, 1925
Família Rhizoridae Dell, 1952
Família Tornatinidae P. Fischer, 1883
Subclasse Vetigastropoda Salvini-Plawen, 1980
Família Fissurellidae J. Fleming, 1822
Família Seguenziidae Verrill, 1884
Família Skeneidae W. Clark, 1851
Família Solariellidae Powell, 1951
Infraclasse Opisthobranchia Milne-Edwards, 1848
Classe Scaphopoda Bronn, 1862
Família Dentaliidae Children, 1834
Família Entalinidae Chistikov, 1979
Família Gadilidae Stoliczka, 1868
Família Gadilinidae Chistikov, 1975
Classe Solenogastres Gegenbaur, 1878
FILO NEMERTEA Schultze, 1851
FILO PHORONIDA Hatschek, 1888
FILO PLATYHELMINTHES Minot, 1876
FILO PORIFERA Grant, 1836
FILO PRIAPULIDA Théel, 1906

Anexos do Capítulo X

Anexo X-1: Valores de p da análise de diferença entre as campanhas 1 e 2 por isóbatas para Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT), onde valores de $p \leq 0,05$ (em vermelho) representam diferença entre as campanhas.

		COT											
C1		25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
	25 m	1,00	0,02	9,23E+06	2,10E+08	3,04E+08	2,20E+08	1,75E+08	8,30E+07	1,75E+08	8,30E+07	5,54E+07	5,93E+06
	50 m	0,01	1,00	0,02	0,00	0,17	0,18	0,03	0,01	0,01	0,07	0,29	0,05
	75 m	2,93E+08	0,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,08	1,00
	100 m	1,18E+08	0,00	0,28	1,00	0,00	0,00	0,45	1,00	0,91	0,04	0,00	0,00
C2	150 m	8,70E+07	0,81	0,17	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	400 m	2,09E+08	0,08	1,00	0,13	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00	0,01	1,00
	700 m	3,19E+08	0,01	1,00	1,00	0,02	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,02
	1000 m	1,18E+08	0,00	1,00	1,00	0,01	0,01	1,00	1,00	1,00	0,61	0,00	0,01
	1300 m	1,19E+08	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,20	4,78E+09	0,00
	1900 m	1,18E+08	0,01	1,00	0,48	0,06	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,01
	2400 m	1,13E+09	0,98	0,20	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	3,34E+07	2,48E+09	1,00	1,00
	estações P	1,34E+08	0,20	1,00	0,01	1,00	1,00	0,15	0,02	0,00	1,00	0,36	1,00
		NT											
C1		25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
	25 m	1,00	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
	50 m	1,00	0,69	0,02	0,00	0,60	0,36	0,00	0,00	0,00	0,01	1,00	0,06
	75 m	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00
	100 m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,16
C2	150 m	1,00	1,00	0,19	0,02	1,00	1,00	0,00	0,01	5,24E+09	0,01	1,00	0,36
	400 m	1,00	1,00	1,00	0,05	1,00	1,00	0,05	0,19	0,00	1,00	1,00	1,00
	700 m	0,45	1,00	1,00	0,38	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,09	1,00
	1000 m	0,46	1,00	1,00	1,00	0,12	0,35	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
	1300 m	0,50	1,00	1,00	0,62	0,46	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	1,00
	1900 m	1,00	1,00	1,00	0,05	1,00	1,00	1,00	0,53	0,07	1,00	0,65	1,00
	2400 m	1,00	1,00	0,02	0,01	0,73	1,00	4,51E+09	0,00	2,15E+09	0,00	1,00	0,01
	estações P	1,00	1,00	1,00	0,47	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00

Anexo X-2: Valores de p da análise de diferença entre as campanhas 1 e 2 por isóbatas para razão C/N molar, onde valores de $p \leq 0,05$ (em vermelho) representam diferença entre as campanhas.

C1	C/N molar											estações P	
	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m		
25 m	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
50 m	1,00	0,12	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,51E+08
75 m	0,86	0,15	0,00	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	5,26E+09
100 m	1,00	0,49	0,00	0,25	0,04	0,05	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	0,02	9,11E+08
150 m	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
400 m	1,00	1,00	0,02	1,00	0,17	0,18	0,01	0,13	0,00	0,04	0,09	0,09	9,30E+08
700 m	1,00	1,00	0,03	1,00	0,35	0,29	0,02	0,36	0,00	0,09	0,10	0,10	6,08E+08
1000 m	1,00	1,00	0,03	1,00	0,19	0,18	0,02	0,18	0,00	0,06	0,08	0,08	1,67E+09
1300 m	1,00	1,00	0,06	1,00	0,20	0,35	0,04	0,34	0,00	0,10	0,10	0,10	4,19E+09
1900 m	1,00	1,00	0,02	1,00	0,10	0,08	0,01	0,09	0,00	0,02	0,08	0,08	4,30E+08
2400 m	1,00	1,00	0,62	1,00	1,00	1,00	0,56	1,00	0,13	0,89	0,68	0,68	0,00
estações P	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	1,00	0,23	1,00	1,00	1,00	0,03

Amexo X-3: Valores de p da análise de diferença entre as campanhas 1 e 2 por isóbatas para clorofila a e feopigmentos), onde valores de $p \leq 0,05$ (em vermelho) representam diferença entre as campanhas.

		Clo a										
C1	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
25 m	1,00	0,28	1,45E+08	7,12E+08	3,86E+08	2,06E+09	1,91E+08	8,15E+07	1,71E+08	9,11E+06	4,31E+08	3,22E+06
50 m	0,01	1,00	0,18	0,01	0,36	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
75 m	1,70E+08	0,06	1,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,08	0,07	0,25	1,00	1,00
100 m	1,28E+07	0,02	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
C2 150 m	1,28E+07	0,13	1,00	0,99	1,00	1,00	0,07	0,08	0,03	0,14	1,00	1,00
400 m	1,14E+08	0,06	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,15	0,08	0,34	1,00	1,00
700 m	1,70E+08	0,00	0,02	1,00	0,01	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,29	0,34
1000 m	8,13E+07	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,15
1300 m	8,13E+07	0,00	0,00	1,00	8,03E+09	5,06E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	0,04	0,00
1900 m	9,02E+07	0,00	0,02	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,41	0,23
2400 m	7,03E+08	0,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	0,67	1,00	1,00	1,00
estações P	4,41E+06	0,00	0,01	1,00	0,00	8,67E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,22
		Feo										
C1	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
25 m	1,00	1,00	7,10E+09	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,11	0,02
50 m	0,30	1,00	0,36	1,00	0,48	0,12	0,57	0,13	0,04	0,01	0,00	1,20E+09
75 m	3,39E+03	0,00	1,00	0,75	3,39E+03	8,29E+07	1,29E+05	8,29E+07	1,58E+08	1,71E+03	2,35E+08	2,52E+06
100 m	1,44E+07	0,00	1,00	0,37	2,85E+07	4,19E+08	1,33E+07	5,84E+08	5,94E+08	3,16E+03	2,66E+08	2,52E+06
C2 150 m	1,00	0,14	7,44E+07	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,43E+09	1,10E+06
400 m	1,00	1,00	3,08E+08	0,01	1,00	0,62	1,00	1,00	0,42	0,00	8,67E+08	1,10E+06
700 m	1,00	0,60	4,44E+06	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,00	3,10E+08
1000 m	1,00	0,04	4,33E+06	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,04	7,83E+09	5,47E+07
1300 m	1,00	0,02	3,39E+03	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,05	0,00	2,05E+08
1900 m	0,02	1,59E+09	7,44E+07	4,92E+09	0,03	0,55	0,24	1,00	0,53	1,00	1,00	0,01
2400 m	3,67E+09	2,18E+08	1,07E+08	1,59E+09	5,27E+09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	1,00	1,00
estações P	0,00	8,29E+07	4,22E+06	1,96E+08	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	1,00	1,00	1,00

Anexo X--4: Valores de p da análise de diferença entre as campanhas 1 e 2 por isóbatas para , razão isotópica de Carbono e razão isotópica de nitrogênio, onde valores de $p \leq 0,05$ (em vermelho) representam diferença entre as campanhas.

		$\delta^{13}C$											
	C1	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
C2	25 m	1,00	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	4,03E+09	9,22E+08	1,07E+09	1,61E+09	0,00	2,28E+07
	50 m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,29	1,00	0,04	0,01	0,01	0,03	0,16	0,00
	75 m	0,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,73	1,00	1,00	0,44
	100 m	0,01	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	150 m	0,09	0,72	1,00	1,00	1,00	1,00	0,69	0,20	0,03	0,14	1,00	0,00
	400 m	0,00	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,08
	700 m	0,00	0,00	1,00	1,00	0,45	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1000 m	5,52E+09	4,46E+09	1,00	1,00	0,16	5,69E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1300 m	4,48E+09	1,26E+09	1,00	1,00	0,01	1,96E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	1900 m	7,97E+09	7,60E+09	1,00	1,00	0,33	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	2400 m	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	estações P	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		$\delta^{15}N$											
		25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
C2	25 m	1,00	0,13	0,03	0,35	0,28	0,14	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,00
	50 m	1,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01	7,50E+09	0,00	2,63E+09	5,78E+09	0,00	2,45E+09
	75 m	1,00	0,30	0,08	0,58	0,30	0,16	0,01	0,04	0,01	0,01	0,22	0,01
	100 m	1,00	1,00	0,23	1,00	1,00	0,48	0,04	0,27	0,02	0,02	0,43	0,03
	150 m	1,00	0,37	0,07	0,42	0,28	0,17	0,02	0,05	0,02	0,02	0,11	0,01
	400 m	1,00	0,41	0,12	1,00	0,68	0,30	0,01	0,08	0,01	0,01	0,41	0,01
	700 m	1,00	0,17	0,08	0,80	0,30	0,24	0,00	0,03	0,01	0,00	0,37	0,01
	1000 m	1,00	0,23	0,05	0,71	0,60	0,21	0,00	0,08	0,00	0,00	0,13	0,01
	1300 m	1,00	1,00	0,39	1,00	1,00	1,00	0,04	0,49	0,02	0,04	0,94	0,05
	1900 m	1,00	1,00	0,83	1,00	1,00	1,00	0,16	0,39	0,21	0,11	1,00	0,12
	2400 m	1,00	0,27	0,11	0,25	0,11	0,20	0,02	0,03	0,03	0,01	0,29	0,01
	estações P	1,00	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	3,52E+09	0,00	1,67E+09	4,42E+09	0,00	2,56E+09

Anexo X-5: Valores de p da análise de diferença entre as campanhas 1 e 2 por isóbatas para Fósforo orgânico (P_O) e Fósforo Total (P_T), onde valores de $p \leq 0,05$ (em vermelho) representam diferença entre as campanhas.

		PO											
C1		25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
	25 m	1,00	0,15	5,11E+08	1,71E+07	1,49E+09	5,35E+09	1,71E+07	7,98E+07	1,71E+07	7,98E+07	2,48E+08	2,88E+06
	50 m	0,18	1,00	1,00	3,03E+07	0,00	0,00	1,02E+09	1,85E+08	2,79E+03	1,71E+03	2,91E+09	1,64E+09
	75 m	3,23E+09	0,53	1,00	0,01	0,43	0,63	0,00	6,69E+09	3,44E+09	6,59E+08	0,01	0,11
	100 m	3,37E+08	0,00	0,02	1,00	1,00	1,00	0,63	0,00	0,01	5,35E+09	1,00	1,00
C2	150 m	1,71E+07	9,85E+09	0,02	1,00	1,00	1,00	0,43	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	400 m	1,71E+07	0,00	0,05	0,42	1,00	1,00	0,04	9,85E+09	0,00	4,34E+08	0,32	1,00
	700 m	3,32E+08	1,83E+09	5,13E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	0,29	0,69	0,02	1,00	0,81
	1000 m	1,71E+07	4,85E+08	3,05E+08	1,00	1,00	1,00	1,00	0,76	1,00	0,03	1,00	0,12
	1300 m	2,34E+08	1,81E+08	8,36E+08	1,00	1,00	0,87	1,00	1,00	1,00	0,24	1,00	0,00
	1900 m	1,71E+07	2,48E+08	1,52E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,77	1,00	0,01
	2400 m	3,34E+08	0,00	0,10	0,94	1,00	1,00	0,08	0,00	0,00	3,04E+06	0,52	1,00
	estações P	1,26E+07	6,78E+06	4,34E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	0,03	0,15	0,00	1,00	0,51
		PT											
C1		25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P
	25 m	1,00	0,01	0,00	1,77E+08	3,27E+03	1,69E+03	6,41E+03	1,69E+03	6,41E+03	1,69E+03	1,28E+04	2,55
	50 m	6,82E+08	1,00	1,00	0,00	1,20E+03	4,35E+04	1,11E+04	4,35E+04	6,41E+03	1,69E+03	6,06E+09	0,00
	75 m	4,04E+08	0,09	0,26	0,22	2,57E+09	8,93E+09	7,82E+09	6,11E+08	9,03E+08	4,90E+08	0,34	0,13
	100 m	3,27E+03	1,16E+09	2,57E+08	1,00	0,01	0,18	0,06	3,28E+09	0,00	0,00	1,00	1,00
C2	150 m	9,52E+06	1,46E+08	1,84E+08	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,00
	400 m	9,52E+06	6,75E+07	1,31E+07	0,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	700 m	1,19E+04	4,21E+04	1,73E+05	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
	1000 m	3,27E+03	1,08E+03	2,80E+04	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,57E+09	3,87E+08
	1300 m	1,34E+08	9,52E+06	1,34E+08	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,06E+09	4,92E+06
	1900 m	9,52E+06	6,75E+07	9,39E+07	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,60E+09	7,79E+08
	2400 m	6,22E+02	1,10E+07	7,53E+07	1,00	0,00	0,04	0,01	2,55E+09	4,77E+09	0,00	1,00	1,00
	estações P	1,72E+01	6,22E+02	1,73E+05	1,00	0,13	1,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,32	0,15

Anexo X-6: Valores de p da análise de diferença entre as campanhas 1 e 2 por isóbatas para Lipídios totais (LIP) e Proteínas totais (PRT), onde valores de $p \leq 0,05$ (em vermelho) representam diferença entre as campanhas.

	LIP												
	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P	
25 m	0,30	1,00	0,05	0,00	1,00	1,00	0,15	0,14	0,26	1,00	1,00	1,00	
50 m	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,11	
75 m	7,89E+09	1,00	1,00	1,00	0,48	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,03	
100 m	2,27E+09	0,23	1,00	1,00	0,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,04	0,00	
150 m	9,81E+09	1,00	1,00	0,42	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,21	
400 m	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,16	
700 m	3,35E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,03	
1000 m	2,95E+08	0,11	1,00	1,00	0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,02	0,00	
1300 m	1,36E+09	1,00	1,00	1,00	0,55	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,01	
1900 m	9,03E+07	1,00	1,00	0,28	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	
2400 m	3,52E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,04	
estações P	6,70E+06	0,02	1,00	1,00	5,52E+09	0,03	1,00	1,00	1,00	0,05	0,00	7,22E+07	
	PRT												
C1	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P	
25 m	1,00	0,45	1,59E+09	4,31E+09	8,18E+09	3,81E+09	7,14E+08	1,98E+09	4,08E+09	5,81E+09	0,00	3,55E+09	
50 m	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
75 m	2,52E+08	0,00	1,00	1,00	0,09	0,89	1,00	1,00	1,00	0,19	0,35	0,00	
100 m	3,19E+08	0,00	0,96	1,00	0,02	0,04	0,11	1,00	0,16	0,01	0,03	0,00	
150 m	6,73E+08	0,04	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,13	
400 m	4,02E+08	0,00	1,00	1,00	0,28	1,00	1,00	1,00	1,00	0,46	0,66	0,01	
700 m	1,18E+09	0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,09	
1000 m	3,19E+08	0,01	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,73	0,02	
1300 m	6,79E+08	0,02	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,03	
1900 m	1,00E+09	0,04	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	
2400 m	4,49E+09	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
estações P	2,60E+08	0,79	1,00	0,05	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	

Anexo X-7: Valores de p da análise de diferença entre as campanhas 1 e 2 por isóbatas para Carbono biopolimérico (CBP) e Carboidratos totais (CHO), onde valores de $p \leq 0,05$ (em vermelho) representam diferença entre as campanhas.

		CBP											
C1	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P	
25 m	1,0	1,0	4,69E+08	6,02E+08	1,46E+09	2,62E+09	7,72E+08	2,13E+07	4,44E+08	3,33E+08	2,73E+06	8,11E+07	
50 m	0,0	1,0	1,0	0,3	1,0	1,0	0,7	0,4	0,3	1,0	1,0	1,0	
75 m	8,23E+07	0,0	1,0	1,0	0,0	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,0	
100 m	1,17E+08	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,1	0,0	0,0	
C2 150 m	1,31E+08	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
400 m	8,23E+07	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,0	
700 m	2,00E+08	0,0	0,7	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	0,0	
1000 m	8,23E+07	0,0	0,2	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,0	0,0	
1300 m	8,23E+07	0,0	0,9	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	
1900 m	8,23E+07	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,1	0,0	
2400 m	1,40E+09	0,5	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
estações P	4,45E+06	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	
		CHO											
C1	25 m	50 m	75 m	100 m	150 m	400 m	700 m	1000 m	1300 m	1900 m	2400 m	estações P	
25 m	1,00	0,28	1,45E+08	7,12E+08	3,86E+08	2,06E+09	1,91E+08	8,15E+07	1,71E+08	9,11E+06	4,31E+08	3,22E+06	
50 m	0,01	1,00	0,18	0,01	0,36	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	
75 m	1,70E+08	0,06	1,00	1,00	1,00	1,00	0,14	0,08	0,07	0,25	1,00	1,00	
100 m	1,28E+07	0,02	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
C2 150 m	1,28E+07	0,13	1,00	0,99	1,00	1,00	0,07	0,08	0,03	0,14	1,00	1,00	
400 m	1,14E+08	0,06	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10	0,15	0,08	0,34	1,00	1,00	
700 m	1,70E+08	0,00	0,02	1,00	0,01	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,29	0,34	
1000 m	8,13E+07	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,15	
1300 m	8,13E+07	0,00	0,00	1,00	8,03E+09	5,06E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	0,04	0,00	
1900 m	9,02E+07	0,00	0,02	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,41	0,23	
2400 m	7,03E+08	0,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	0,67	1,00	1,00	1,00	
estações P	4,41E+06	0,00	0,01	1,00	0,00	8,67E+09	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,22	

Anexo X-8: Concentrações das três réplicas de cada estação para Carbono Orgânico Total (COT; mg g⁻¹), Nitrogênio Total (NT; mg g⁻¹), razão C/N (molar), razão isotópica de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$; ‰), razão isotópica de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$ ‰), Fósforo Total (P_T; µg g⁻¹) Fósforo Orgânico (P_O; µg g⁻¹), Enxofre Total (S_T; mg g⁻¹) da campanha 1.

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Primavera	25	A	A01	R01	2,80	0,46	7,05	-23,30	6,30	3,10	0,41	ND
Primavera	25	A	A01	R02	2,40	0,64	4,41	-24,00	9,10	3,17	0,63	ND
Primavera	25	A	A01	R03	6,22	0,77	9,44	-20,50	5,70	4,03	2,02	ND
Primavera	50	A	A02	R01	9,06	1,17	9,03	-22,00	7,60	7,03	3,36	ND
Primavera	50	A	A02	R02	7,48	1,22	7,16	-20,90	9,00	6,52	2,23	ND
Primavera	50	A	A02	R03	7,42	1,00	8,67	-20,80	6,20	7,55	3,53	ND
Primavera	75	A	A03	R01	10,00	1,57	7,45	-20,30	6,50	6,93	5,41	ND
Primavera	75	A	A03	R02	11,27	1,74	7,56	-20,10	7,60	6,33	2,61	ND
Primavera	75	A	A03	R03	11,37	1,52	8,75	-20,60	7,50	10,26	6,20	ND
Primavera	100	A	A04	R01	10,78	2,59	4,86	-19,90	6,10	7,16	5,70	ND
Primavera	100	A	A04	R02	10,98	1,93	6,65	-20,00	6,70	8,02	4,61	ND
Primavera	100	A	A04	R03	11,43	1,58	8,42	-20,50	7,30	7,83	3,58	ND
Primavera	150	A	A05	R01	10,30	1,12	10,70	-20,30	6,60	14,15	10,44	ND
Primavera	150	A	A05	R02	6,07	1,09	6,52	-20,90	10,30	14,28	8,23	ND
Primavera	150	A	A05	R03	6,30	0,78	9,38	-20,80	5,50	12,12	5,21	ND
Inverno	400	A	A06	R01	3,62	0,85	4,98	-21,00	9,10	10,06	3,46	1,80
Inverno	400	A	A06	R02	3,18	<LD	<LD	-21,60	9,60	8,22	0,30	1,80
Inverno	400	A	A06	R03	2,83	<LD	<LD	-21,60	9,70	12,04	4,96	1,60
Inverno	700	A	A07	R01	6,49	1,08	6,98	-21,20	11,00	10,74	6,56	1,90
Inverno	700	A	A07	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	700	A	A07	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	1000	A	A08	R01	9,26	1,47	7,35	-20,70	10,20	12,33	6,00	2,00
Inverno	1000	A	A08	R02	9,16	1,63	6,54	-20,50	10,20	11,62	5,96	2,80
Inverno	1000	A	A08	R03	9,77	1,27	8,98	-20,50	5,80	12,08	6,47	2,60
Inverno	1300	A	A09	R01	10,36	1,58	7,63	-20,80	8,60	12,49	8,17	3,30
Inverno	1300	A	A09	R02	10,03	1,71	6,84	-20,70	8,20	11,10	5,18	ND
Inverno	1300	A	A09	R03	10,21	1,74	6,85	-20,50	10,00	12,86	7,18	3,50
Inverno	1900	A	A10	R01	6,45	1,36	5,55	-22,10	6,60	11,42	6,76	ND
Inverno	1900	A	A10	R02	7,42	1,51	5,75	-20,80	7,60	9,25	4,41	2,30
Inverno	1900	A	A10	R03	9,02	1,11	9,46	-20,30	6,00	13,26	7,62	3,00
Inverno	2400	A	A11	R01	3,71	0,98	4,42	-21,60	9,00	7,89	5,07	2,80
Inverno	2400	A	A11	R02	4,58	0,92	5,81	-20,50	8,10	8,89	4,24	2,30
Inverno	2400	A	A11	R03	5,69	0,64	10,34	-20,90	5,60	8,83	5,64	2,20

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P_T	P_o	S_T
Primavera	25	B	B01	R01	0,52	<LD	<LD	-21,60	<LD	2,20	1,93	ND
Primavera	25	B	B01	R02	0,69	<LD	<LD	-21,10	<LD	0,63	0,43	ND
Primavera	25	B	B01	R03	0,58	<LD	<LD	-22,90	<LD	1,81	1,81	ND
Primavera	50	B	B02	R01	1,72	<LD	<LD	-22,20	<LD	2,51	1,04	ND
Primavera	50	B	B02	R02	1,54	0,54	3,34	-21,50	6,80	2,07	0,38	ND
Primavera	50	B	B02	R03	1,39	<LD	<LD	-22,40	<LD	2,63	1,53	ND
Primavera	75	B	B03	R01	11,10	2,68	4,83	-20,20	6,30	2,51	1,04	ND
Primavera	75	B	B03	R02	13,02	2,14	7,10	-20,30	7,50	2,07	0,38	ND
Primavera	75	B	B03	R03	12,59	1,80	8,17	-20,20	6,80	2,63	1,53	ND
Primavera	100	B	B04	R01	12,09	1,65	8,57	-20,20	6,10	10,67	6,41	ND
Primavera	100	B	B04	R02	11,82	1,67	8,25	-20,50	6,90	10,97	7,44	ND
Primavera	100	B	B04	R03	12,98	1,64	9,25	-20,50	6,40	10,01	4,87	ND
Primavera	150	B	B05	R01	8,93	1,21	8,61	-21,30	6,30	17,72	8,18	ND
Primavera	150	B	B05	R02	7,41	0,84	10,29	-21,00	6,60	17,93	6,63	ND
Primavera	150	B	B05	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	400	B	B06	R01	5,95	0,93	7,44	-21,90	9,60	12,30	5,88	1,80
Inverno	400	B	B06	R02	7,58	1,01	8,72	-21,30	6,30	13,14	7,80	2,00
Inverno	400	B	B06	R03	7,26	0,99	8,60	-21,20	6,30	10,84	3,90	2,10
Inverno	700	B	B07	R01	8,67	1,37	7,37	-21,50	8,20	14,59	8,56	2,40
Inverno	700	B	B07	R02	8,67	1,15	8,78	-21,30	6,20	15,14	9,74	2,70
Inverno	700	B	B07	R03	8,69	1,36	7,46	-20,90	7,90	13,42	6,46	2,20
Inverno	1000	B	B08	R01	7,89	1,18	7,82	-21,50	8,30	12,19	7,56	1,80
Inverno	1000	B	B08	R02	7,93	1,45	6,38	-21,20	10,30	13,68	9,01	1,80
Inverno	1000	B	B08	R03	8,12	1,07	8,82	-21,00	6,50	12,22	5,45	2,30
Inverno	1300	B	B09	R01	9,84	1,44	7,99	-21,50	8,00	11,07	5,92	2,50
Inverno	1300	B	B09	R02	9,40	1,59	6,92	-21,00	6,30	10,76	4,70	2,60
Inverno	1300	B	B09	R03	9,68	1,28	8,80	-21,00	6,20	11,70	5,65	2,60
Inverno	1900	B	B10	R01	5,50	0,96	6,67	-22,00	8,20	9,12	5,19	2,20
Inverno	1900	B	B10	R02	5,57	0,75	8,65	-21,50	6,40	11,78	6,55	2,00
Inverno	1900	B	B10	R03	5,67	0,89	7,43	-21,20	8,60	12,08	7,15	2,20
Inverno	2400	B	B11	R01	6,13	1,09	6,59	-21,80	5,50	8,65	5,86	2,20
Inverno	2400	B	B11	R02	9,32	1,10	9,88	-21,30	9,60	10,21	7,45	2,60
Inverno	2400	B	B11	R03	6,93	0,83	9,78	-21,10	5,00	10,78	6,78	2,10
Primavera	25	C	C01	R01	0,64	<LD	<LD	-22,20	<LD	0,64	0,10	ND
Primavera	25	C	C01	R02	0,88	<LD	<LD	-22,80	<LD	0,47	0,19	ND
Primavera	25	C	C01	R03	1,03	<LD	<LD	-22,80	<LD	0,43	0,31	ND
Primavera	50	C	C02	R01	2,12	<LD	<LD	-21,70	<LD	3,43	0,32	ND

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Primavera	50	C	C02	R02	2,17	<LD	<LD	-21,40	<LD	4,31	1,34	ND
Primavera	50	C	C02	R03	2,00	<LD	<LD	-22,90	<LD	4,15	2,17	ND
Primavera	75	C	C03	R01	7,60	1,26	7,02	-21,10	8,70	6,14	5,03	ND
Primavera	75	C	C03	R02	6,56	1,13	6,78	-21,00	9,20	6,01	3,93	ND
Primavera	75	C	C03	R03	7,67	1,28	6,97	-20,50	9,80	5,51	4,02	ND
Primavera	100	C	C04	R01	14,02	1,69	9,69	-20,30	6,40	10,93	6,94	ND
Primavera	100	C	C04	R02	10,07	1,34	8,78	-20,60	8,70	10,68	7,39	ND
Primavera	100	C	C04	R03	9,57	1,56	7,17	-20,50	8,80	7,87	4,86	ND
Primavera	150	C	C05	R01	6,34	1,11	6,68	-21,60	10,30	8,17	3,29	ND
Primavera	150	C	C05	R02	5,74	1,00	6,70	-21,40	6,80	9,56	4,27	ND
Primavera	150	C	C05	R03	6,24	0,90	8,13	-21,50	6,30	9,60	4,36	ND
Inverno	400	C	C06	R01	7,27	1,12	7,59	-21,50	8,40	14,29	9,85	1,80
Inverno	400	C	C06	R02	6,57	1,21	6,34	-21,40	6,80	12,57	7,46	2,00
Inverno	400	C	C06	R03	6,67	0,96	8,13	-21,50	3,70	10,10	5,04	2,10
Inverno	700	C	C07	R01	10,15	1,57	7,53	-22,20	7,60	11,36	6,11	2,20
Inverno	700	C	C07	R02	8,22	1,45	6,60	-20,40	7,20	11,79	4,93	2,10
Inverno	700	C	C07	R03	6,82	1,26	6,32	-21,00	10,10	10,88	5,92	2,30
Inverno	1000	C	C08	R01	9,77	1,55	7,36	-21,30	8,90	14,64	10,14	2,20
Inverno	1000	C	C08	R02	10,36	1,45	8,32	-21,00	7,50	14,17	9,15	2,70
Inverno	1000	C	C08	R03	10,80	1,48	8,51	-20,90	6,10	13,64	8,17	2,70
Inverno	1300	C	C09	R01	10,14	1,61	7,34	-21,00	8,70	13,60	8,04	2,60
Inverno	1300	C	C09	R02	10,04	1,73	6,78	-20,20	7,00	15,10	9,72	2,90
Inverno	1300	C	C09	R03	10,35	1,43	8,46	-20,80	7,20	12,11	7,10	3,10
Inverno	1900	C	C10	R01	8,49	1,27	7,82	-21,20	9,90	13,75	9,00	3,40
Inverno	1900	C	C10	R02	8,66	1,51	6,71	-20,60	7,70	12,59	8,70	2,70
Inverno	1900	C	C10	R03	10,88	1,49	8,53	-21,10	7,90	13,34	8,77	2,80
Inverno	2400	C	C11	R01	6,20	1,00	7,25	-22,30	6,50	8,53	5,87	2,80
Inverno	2400	C	C11	R02	6,47	1,08	6,96	-20,90	7,60	10,93	6,86	2,20
Inverno	2400	C	C11	R03	6,37	0,83	8,91	-21,00	7,90	10,16	6,18	2,10
Primavera	25	D	D01	R01	1,63	<LD	<LD	-23,50	<LD	1,06	0,49	ND
Primavera	25	D	D01	R02	2,65	<LD	<LD	-23,00	<LD	0,99	0,21	ND
Primavera	25	D	D01	R03	1,46	<LD	<LD	-23,10	<LD	0,87	0,13	ND
Primavera	50	D	D02	R01	1,79	<LD	<LD	-23,30	<LD	2,28	0,62	ND
Primavera	50	D	D02	R02	1,48	<LD	<LD	-22,90	<LD	1,87	0,37	ND
Primavera	50	D	D02	R03	1,72	<LD	<LD	-22,40	<LD	1,92	0,47	ND
Primavera	75	D	D03	R01	5,01	0,65	9,02	-21,90	4,70	4,17	3,92	ND
Primavera	75	D	D03	R02	6,09	1,04	6,83	-22,10	8,00	4,85	3,64	ND

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Primavera	75	D	D03	R03	6,11	0,80	8,87	-22,00	7,80	2,92	1,56	ND
Primavera	100	D	D04	R01	13,67	1,75	9,12	-21,00	4,70	13,52	9,59	ND
Primavera	100	D	D04	R02	13,70	2,20	7,25	-21,50	6,80	12,27	8,70	ND
Primavera	100	D	D04	R03	14,55	2,22	7,63	-21,50	5,90	10,44	7,76	ND
Primavera	150	D	D05	R01	3,14	1,05	3,50	-21,70	7,90	13,97	8,64	ND
Primavera	150	D	D05	R02	6,62	1,26	6,13	-21,40	6,10	12,22	4,92	ND
Primavera	150	D	D05	R03	4,18	0,67	7,25	-21,60	6,70	11,13	6,07	ND
Inverno	400	D	D06	R01	6,52	1,09	7,00	-21,90	10,10	10,16	5,22	1,50
Inverno	400	D	D06	R02	6,19	1,07	6,74	-21,80	8,00	9,28	3,98	1,70
Inverno	400	D	D06	R03	5,59	<LD	<LD	-21,80	5,90	7,69	3,42	1,60
Inverno	700	D	D07	R01	11,87	1,74	7,97	-21,30	10,20	14,41	9,88	4,60
Inverno	700	D	D07	R02	11,26	1,91	6,88	-21,30	8,50	12,78	7,35	2,30
Inverno	700	D	D07	R03	11,56	1,64	8,24	-20,90	6,50	10,94	6,54	2,20
Inverno	1000	D	D08	R01	12,94	1,93	7,80	-21,20	7,70	17,10	13,42	4,10
Inverno	1000	D	D08	R02	13,32	1,97	7,90	-21,60	7,80	14,68	9,12	2,90
Inverno	1000	D	D08	R03	11,20	1,54	8,47	-20,70	6,20	13,57	9,13	2,20
Inverno	1300	D	D09	R01	9,13	1,44	7,39	-20,90	9,80	14,64	10,22	2,10
Inverno	1300	D	D09	R02	11,52	1,96	6,84	-21,30	7,80	14,12	7,98	3,40
Inverno	1300	D	D09	R03	10,12	1,52	7,75	-20,60	7,10	11,60	7,56	2,10
Inverno	1900	D	D10	R01	7,85	1,21	7,59	-20,90	11,00	14,65	10,33	2,10
Inverno	1900	D	D10	R02	8,32	1,43	6,79	-21,50	6,20	12,52	8,06	5,80
Inverno	1900	D	D10	R03	7,94	1,13	8,17	-20,90	7,10	11,36	6,80	2,10
Inverno	2400	D	D11	R01	4,35	0,92	5,50	-21,20	11,90	10,08	8,02	2,00
Inverno	2400	D	D11	R02	4,16	0,59	8,21	-20,80	7,60	9,68	6,66	1,80
Inverno	2400	D	D11	R03	4,08	0,90	5,31	-21,00	8,60	7,00	6,66	1,80
Primavera	25	E	E01	R01	1,09	<LD	<LD	-22,80	9,80	2,50	0,97	ND
Primavera	25	E	E01	R02	1,55	<LD	<LD	-22,60	<LD	1,89	0,47	ND
Primavera	25	E	E01	R03	1,21	0,37	3,82	-22,20	<LD	2,70	0,49	ND
Primavera	50	E	E02	R01	10,68	1,34	9,33	-22,50	8,00	7,68	5,48	ND
Primavera	50	E	E02	R02	8,34	1,09	8,90	-22,70	8,40	6,62	3,80	ND
Primavera	50	E	E02	R03	15,41	1,62	11,09	-21,80	6,10	7,46	3,63	ND
Primavera	75	E	E03	R01	3,75	0,71	6,18	-22,50	8,60	2,27	1,89	ND
Primavera	75	E	E03	R02	5,20	0,85	7,11	-22,80	6,50	3,06	2,01	ND
Primavera	75	E	E03	R03	4,36	0,56	9,07	-22,30	6,20	1,79	0,26	ND
Primavera	100	E	E04	R01	3,53	0,73	5,63	-22,40	8,90	3,14	2,99	ND
Primavera	100	E	E04	R02	4,00	0,47	9,92	-22,60	6,10	3,89	2,63	ND
Primavera	100	E	E04	R03	4,01	0,41	11,50	-21,90	6,30	4,34	2,54	ND

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Primavera	150	E	E05	R01	3,80	0,80	5,52	-22,00	7,50	15,92	8,64	ND
Primavera	150	E	E05	R02	7,14	1,01	8,29	-22,50	6,00	13,54	5,99	ND
Primavera	150	E	E05	R03	9,64	0,92	12,18	-21,10	5,50	11,73	5,01	ND
Inverno	400	E	E06	R01	5,33	1,05	5,94	-21,60	7,20	10,04	4,05	1,50
Inverno	400	E	E06	R02	5,13	0,75	7,99	-21,60	6,90	12,40	4,43	1,60
Inverno	400	E	E06	R03	6,27	0,62	11,87	-21,10	6,60	9,98	3,95	1,80
Inverno	700	E	E07	R01	9,32	1,43	7,61	-21,10	7,90	12,45	6,54	2,20
Inverno	700	E	E07	R02	8,13	1,03	9,23	-20,90	6,90	13,38	6,48	2,40
Inverno	700	E	E07	R03	10,03	0,99	11,81	-20,60	6,50	13,69	8,80	2,60
Inverno	1000	E	E08	R01	8,43	1,34	7,36	-21,10	5,50	12,63	8,42	2,30
Inverno	1000	E	E08	R02	8,78	1,65	6,21	-21,40	6,50	13,22	8,00	2,10
Inverno	1000	E	E08	R03	10,15	0,93	12,69	-21,40	6,40	11,42	7,85	2,40
Inverno	1300	E	E09	R01	9,09	1,40	7,59	-21,40	7,30	13,57	9,68	2,10
Inverno	1300	E	E09	R02	8,83	1,11	9,27	-20,70	6,90	11,90	6,83	2,40
Inverno	1300	E	E09	R03	10,19	1,02	11,69	-20,70	6,50	9,49	5,98	2,10
Inverno	1900	E	E10	R01	7,02	1,15	7,10	-21,10	10,00	13,53	10,75	ND
Inverno	1900	E	E10	R02	8,24	1,13	8,51	-20,70	6,60	12,66	8,26	2,90
Inverno	1900	E	E10	R03	7,32	0,76	11,27	-20,60	6,30	10,59	5,95	2,20
Inverno	2400	E	E11	R01	4,43	0,85	6,07	-21,00	7,50	8,94	7,13	2,10
Inverno	2400	E	E11	R02	3,78	0,49	9,02	-21,10	6,40	8,44	4,73	2,00
Inverno	2400	E	E11	R03	3,98	0,63	7,37	-21,10	7,70	5,57	4,24	2,00
Primavera	25	F	F01	R01	0,55	<LD	<LD	-22,30	<LD	1,65	0,71	ND
Primavera	25	F	F01	R02	1,05	<LD	<LD	-23,00	<LD	1,40	0,21	ND
Primavera	25	F	F01	R03	0,63	<LD	<LD	-21,60	<LD	1,98	0,63	ND
Primavera	50	F	F02	R01	3,20	0,78	4,76	-22,20	6,50	3,16	0,89	ND
Primavera	50	F	F02	R02	2,56	0,45	6,63	-22,60	5,80	1,20	0,25	ND
Primavera	50	F	F02	R03	2,43	<LD	<LD	-22,40	6,10	2,19	0,19	ND
Primavera	75	F	F03	R01	9,53	1,20	9,28	-21,60	10,10	5,77	3,30	ND
Primavera	75	F	F03	R02	7,21	1,00	8,45	-22,40	5,80	3,87	1,16	ND
Primavera	75	F	F03	R03	8,77	1,40	7,30	-21,70	10,00	6,27	4,08	ND
Primavera	100	F	F04	R01	13,03	1,78	8,52	-21,60	8,60	9,22	5,05	ND
Primavera	100	F	F04	R02	11,23	1,83	7,17	-22,30	7,10	8,73	4,76	ND
Primavera	100	F	F04	R03	10,88	1,51	8,40	-22,20	5,30	7,48	4,12	ND
Primavera	150	F	F05	R01	3,72	0,92	4,71	-21,60	5,30	10,67	4,36	ND
Primavera	150	F	F05	R02	4,24	0,77	6,46	-22,60	8,60	11,33	3,26	ND
Primavera	150	F	F05	R03	6,26	1,00	7,30	-21,10	8,20	11,01	6,93	ND
Inverno	400	F	F06	R01	8,23	1,21	7,96	-22,20	7,90	13,50	7,26	2,10

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P_T	P_o	S_T
Inverno	400	F	F06	R02	10,39	1,26	9,62	-21,80	5,40	14,60	6,76	2,70
Inverno	400	F	F06	R03	7,47	1,18	7,41	-21,50	5,40	12,33	7,41	2,30
Inverno	700	F	F07	R01	8,48	1,37	7,24	-22,10	8,00	8,93	3,48	2,20
Inverno	700	F	F07	R02	7,55	1,01	8,73	-21,40	6,50	9,89	3,94	2,30
Inverno	700	F	F07	R03	8,51	1,42	7,00	-21,00	6,00	9,32	4,39	2,10
Inverno	1000	F	F08	R01	6,74	1,24	6,33	-21,70	7,30	11,00	5,67	2,20
Inverno	1000	F	F08	R02	5,20	0,61	9,88	-21,20	5,90	10,05	4,29	2,30
Inverno	1000	F	F08	R03	6,05	1,07	6,62	-21,30	6,30	11,12	6,47	2,10
Inverno	1300	F	F09	R01	5,86	1,00	6,83	-21,80	7,10	12,74	8,40	2,00
Inverno	1300	F	F09	R02	5,89	1,15	5,96	-21,80	8,50	10,37	4,77	1,60
Inverno	1300	F	F09	R03	5,04	0,91	6,44	-20,70	6,60	13,84	9,79	1,70
Inverno	1900	F	F10	R01	6,77	1,09	7,26	-22,10	6,70	11,67	7,65	2,10
Inverno	1900	F	F10	R02	6,61	0,75	10,30	-21,10	6,10	9,92	5,26	2,60
Inverno	1900	F	F10	R03	6,49	0,95	7,95	-21,40	6,90	10,71	6,83	2,50
Inverno	2400	F	F11	R01	3,99	0,90	5,17	-22,20	4,90	6,85	4,40	2,00
Inverno	2400	F	F11	R02	5,41	0,93	6,81	-21,80	8,60	5,47	2,86	2,80
Inverno	2400	F	F11	R03	4,25	0,92	5,40	-20,50	8,00	5,60	2,37	1,80
Primavera	25	G	G01	R01	0,54	<LD	<LD	-22,90	<LD	0,38	<LQ	ND
Primavera	25	G	G01	R02	0,36	<LD	<LD	-24,80	<LD	<LQ	<LQ	ND
Primavera	25	G	G01	R03	0,97	<LD	<LD	-22,20	<LD	0,19	0,17	ND
Primavera	50	G	G02	R01	6,17	0,97	7,44	-22,00	10,60	4,33	2,90	ND
Primavera	50	G	G02	R02	2,43	<LD	<LD	-22,30	<LD	3,85	2,85	ND
Primavera	50	G	G02	R03	1,49	<LD	<LD	-22,10	<LD	4,18	1,83	ND
Primavera	75	G	G03	R01	6,19	1,23	5,89	-22,00	6,40	3,99	1,91	ND
Primavera	75	G	G03	R02	4,41	1,10	4,67	-21,60	7,40	3,63	1,75	ND
Primavera	75	G	G03	R03	7,12	0,78	10,61	-21,80	5,80	1,95	1,86	ND
Primavera	100	G	G04	R01	8,10	1,09	8,70	-21,80	8,10	9,51	5,31	ND
Primavera	100	G	G04	R02	5,82	<LD	<LD	-22,50	8,40	9,92	4,37	ND
Primavera	100	G	G04	R03	12,80	1,35	11,09	-21,60	5,40	10,01	5,97	ND
Primavera	150	G	G05	R01	3,87	0,65	6,94	-21,20	7,90	11,51	4,28	ND
Primavera	150	G	G05	R02	4,00	0,98	4,77	-21,30	5,30	10,22	1,90	ND
Primavera	150	G	G05	R03	4,08	0,57	8,31	-21,50	5,80	9,18	1,43	ND
Inverno	400	G	G06	R01	5,15	0,97	6,19	-21,40	10,20	12,25	4,66	1,70
Inverno	400	G	G06	R02	6,94	0,77	10,49	-21,60	5,80	10,96	3,11	1,70
Inverno	400	G	G06	R03	5,85	0,73	9,35	-21,80	5,30	8,15	2,00	1,70
Inverno	700	G	G07	R01	5,36	1,04	6,00	-21,70	8,90	10,09	5,23	1,80
Inverno	700	G	G07	R02	6,03	1,12	6,26	-20,30	6,80	8,96	3,69	1,90

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Inverno	700	G	G07	R03	6,74	0,81	9,75	-20,90	6,50	10,39	6,01	1,70
Inverno	1000	G	G08	R01	5,81	0,92	7,40	-21,40	7,20	9,67	5,25	1,50
Inverno	1000	G	G08	R02	4,99	0,57	10,26	-20,60	6,90	7,37	2,28	1,70
Inverno	1000	G	G08	R03	6,28	0,77	9,54	-20,40	6,70	9,11	4,65	1,70
Inverno	1300	G	G09	R01	6,78	1,10	7,21	-21,40	9,70	11,16	7,05	2,00
Inverno	1300	G	G09	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	1300	G	G09	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	1900	G	G10	R01	6,86	1,13	7,09	-20,70	11,00	12,37	7,98	2,50
Inverno	1900	G	G10	R02	8,17	1,44	6,60	-20,80	7,30	10,77	5,35	2,80
Inverno	1900	G	G10	R03	5,99	0,77	9,11	-20,60	7,00	13,16	9,34	2,50
Inverno	2400	G	G11	R01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	2400	G	G11	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	2400	G	G11	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Primavera	25	H	H01	R01	0,31	<LD	<LD	-21,80	<LD	0,28	0,26	ND
Primavera	25	H	H01	R02	0,36	<LD	<LD	-22,70	<LD	0,37	0,37	ND
Primavera	25	H	H01	R03	0,51	<LD	<LD	-21,30	<LD	0,46	0,24	ND
Primavera	50	H	H02	R01	0,39	<LD	<LD	-21,80	<LD	1,08	0,39	ND
Primavera	50	H	H02	R02	1,16	<LD	<LD	-23,40	<LD	2,23	1,01	ND
Primavera	50	H	H02	R03	1,74	<LD	<LD	-21,60	7,30	3,41	0,89	ND
Primavera	75	H	H03	R01	5,41	0,91	6,94	-22,00	7,40	3,20	2,45	ND
Primavera	75	H	H03	R02	5,47	1,00	6,41	-22,20	6,60	3,57	1,54	ND
Primavera	75	H	H03	R03	4,22	<LD	<LD	-22,70	5,30	4,52	2,28	ND
Primavera	100	H	H04	R01	8,61	1,23	8,20	-22,10	5,50	8,36	7,23	ND
Primavera	100	H	H04	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Primavera	100	H	H04	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Primavera	150	H	H05	R01	2,30	0,57	4,74	-21,40	6,20	7,98	0,16	ND
Primavera	150	H	H05	R02	7,19	1,21	6,93	-21,20	6,30	10,25	1,74	ND
Primavera	150	H	H05	R03	4,37	0,55	9,24	-21,20	6,50	13,85	6,12	ND
Inverno	400	H	H06	R01	3,76	0,58	7,54	-22,10	6,50	7,98	0,16	1,60
Inverno	400	H	H06	R02	3,96	0,68	6,81	-23,10	8,20	10,25	1,74	1,60
Inverno	400	H	H06	R03	2,91	0,44	7,74	-21,70	6,60	13,85	6,12	1,60
Inverno	700	H	H07	R01	5,37	1,00	6,28	-21,60	9,50	10,67	7,13	1,90
Inverno	700	H	H07	R02	5,54	1,21	5,33	-20,80	8,20	7,43	2,19	2,10
Inverno	700	H	H07	R03	6,85	1,09	7,33	-21,30	6,40	9,69	4,54	2,00
Inverno	1000	H	H08	R01	9,31	1,56	6,96	-21,60	5,90	13,63	9,85	ND
Inverno	1000	H	H08	R02	9,24	1,68	6,40	-21,90	6,60	11,57	6,24	2,50
Inverno	1000	H	H08	R03	7,85	1,24	7,42	-20,70	6,00	13,07	7,37	2,50

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P_T	P_o	S_T
Inverno	1300	H	H09	R01	6,77	1,16	6,83	-20,60	7,20	11,22	6,30	1,80
Inverno	1300	H	H09	R02	7,13	1,20	6,93	-21,80	7,60	8,62	3,89	2,10
Inverno	1300	H	H09	R03	8,23	1,50	6,40	-20,90	7,50	10,00	4,46	1,90
Inverno	1900	H	H10	R01	6,92	1,05	7,69	-21,10	10,10	13,54	10,61	2,30
Inverno	1900	H	H10	R02	7,78	1,20	7,54	-21,60	7,50	12,21	6,97	2,10
Inverno	1900	H	H10	R03	8,25	1,30	7,39	-20,50	7,80	12,44	7,89	2,30
Inverno	2400	H	H11	R01	3,63	0,57	7,45	-22,50	6,70	8,28	6,30	1,70
Inverno	2400	H	H11	R02	3,53	<LD	<LD	-20,90	6,30	5,88	2,75	1,90
Inverno	2400	H	H11	R03	3,53	0,51	8,09	-20,50	6,80	8,00	4,68	1,70
Inverno	2170	P	P01	R01	2,55	0,65	4,60	-21,20	5,80	6,44	2,51	1,06
Inverno	2170	P	P01	R02	2,69	0,56	5,60	-21,80	9,70	5,90	1,50	1,08
Inverno	2170	P	P01	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,08
Inverno	2247	P	P02	R01	3,31	0,62	6,25	-20,70	9,40	7,35	4,24	ND
Inverno	2247	P	P02	R02	4,32	0,76	6,62	-21,60	6,20	5,30	2,36	ND
Inverno	2247	P	P02	R03	5,38	0,95	6,63	-20,40	9,10	6,33	3,17	ND
Inverno	1720	P	P03	R01	6,95	1,14	7,11	-21,10	9,60	11,29	6,71	1,90
Inverno	1720	P	P03	R02	5,97	0,96	7,23	-21,10	9,10	7,99	3,44	1,80
Inverno	1720	P	P03	R03	6,35	0,98	7,54	-21,10	6,90	9,07	4,54	1,80
Inverno	2106	P	P04	R01	5,78	1,00	6,76	-21,20	9,90	10,56	6,51	1,40
Inverno	2106	P	P04	R02	6,68	0,95	8,19	-20,70	7,50	10,12	5,39	1,50
Inverno	2106	P	P04	R03	4,99	0,71	8,20	-21,40	7,30	7,17	4,10	1,40
Inverno	2185	P	P05	R01	6,09	1,00	7,10	-20,70	8,10	6,52	4,01	1,60
Inverno	2185	P	P05	R02	6,61	0,98	7,90	-20,90	6,00	9,57	4,77	1,80
Inverno	2185	P	P05	R03	5,53	0,89	7,25	-20,90	7,40	6,57	3,08	2,00
Inverno	2135	P	P06	R01	5,88	1,16	5,89	-20,70	7,70	9,93	5,97	1,70
Inverno	2135	P	P06	R02	6,36	0,91	8,16	-20,90	6,40	8,84	4,71	1,60
Inverno	2135	P	P06	R03	6,46	1,12	6,73	-20,90	7,30	7,37	4,30	1,60
Inverno	2217	P	P07	R01	5,68	1,16	5,70	-20,80	8,70	7,72	4,55	1,70
Inverno	2217	P	P07	R02	5,64	0,84	7,80	-21,40	5,30	6,64	4,10	1,50
Inverno	2217	P	P07	R03	5,89	1,03	6,65	-21,10	11,10	8,30	4,00	1,70
Inverno	2140	P	P08	R01	6,44	1,28	5,86	-20,40	6,50	8,35	4,52	1,40
Inverno	2140	P	P08	R02	6,04	0,84	8,34	-21,10	5,20	7,83	3,18	1,40
Inverno	2140	P	P08	R03	5,56	0,77	8,46	-21,20	6,40	8,88	4,92	1,60
Inverno	1435	P	P09	R01	9,45	1,47	7,49	-22,20	8,80	12,31	7,42	2,20
Inverno	1435	P	P09	R02	8,40	1,39	7,04	-20,60	5,70	10,98	5,81	2,30
Inverno	1435	P	P09	R03	7,33	1,12	7,63	-20,70	6,60	10,32	5,46	2,30
Inverno	1973	P	P10	R01	6,92	1,34	6,02	-22,00	6,80	11,68	7,41	1,70

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P_T	P_o	S_T
Inverno	1973	P	P10	R02	6,83	1,18	6,76	-19,90	7,60	9,13	4,61	1,60
Inverno	1973	P	P10	R03	6,58	0,92	8,36	-20,80	6,60	7,95	3,53	1,80
Inverno	2260	P	P11	R01	4,74	1,06	5,22	-21,30	7,20	7,22	4,76	1,31
Inverno	2260	P	P11	R02	15,54	1,95	9,30	-20,00	5,90	5,89	2,33	1,29
Inverno	2260	P	P11	R03	3,26	0,55	6,90	-20,90	8,10	5,13	2,37	1,17
Inverno	2198	P	P12	R01	5,97	1,10	6,32	-20,60	7,20	8,83	5,47	1,38
Inverno	2198	P	P12	R02	14,60	1,91	8,93	-20,00	6,10	6,10	3,26	1,39
Inverno	2198	P	P12	R03	5,06	<LD	<LD	-20,10	9,50	10,27	6,93	1,31

Anexo X-9: Concentrações das três réplicas de cada estação para Clorofilaa (Clo-a; $\mu\text{g g}^{-1}$), Feopigmentos (Feo; $\mu\text{g g}^{-1}$), Carboidratos Totais (CHO; mgC g^{-1}), Proteínas Totais (PRT; mgC g^{-1}), Lipídios totais (LIP; mgC g^{-1}) e Carbono Biopolimérico (CBP; mg g^{-1}) da campanha 1.

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Primavera	25	A	A01	R01	0,46	2,72	0,70	0,79	0,14	1,64
Primavera	25	A	A01	R02	0,58	6,04	0,02	0,98	0,20	1,20
Primavera	25	A	A01	R03	0,35	5,55	0,20	0,63	0,20	1,04
Primavera	50	A	A02	R01	1,29	10,28	1,21	0,99	0,16	2,37
Primavera	50	A	A02	R02	0,72	8,63	2,05	1,09	0,65	3,80
Primavera	50	A	A02	R03	0,99	14,28	1,36	1,93	0,46	3,76
Primavera	75	A	A03	R01	1,69	13,51	2,12	1,97	0,33	4,42
Primavera	75	A	A03	R02	2,40	24,07	1,28	2,27	0,72	4,27
Primavera	75	A	A03	R03	1,97	27,65	0,48	1,71	0,59	2,78
Primavera	100	A	A04	R01	0,53	8,28	2,39	2,85	0,31	5,55
Primavera	100	A	A04	R02	1,36	14,19	0,30	1,85	0,39	2,54
Primavera	100	A	A04	R03	2,02	16,73	1,68	2,38	0,93	4,98
Primavera	150	A	A05	R01	0,72	2,39	1,31	1,30	0,13	2,74
Primavera	150	A	A05	R02	1,76	7,22	0,56	0,70	0,27	1,53
Primavera	150	A	A05	R03	0,20	4,46	1,49	1,46	0,22	3,17
Inverno	400	A	A06	R01	0,13	0,88	0,64	1,56	0,12	2,32
Inverno	400	A	A06	R02	0,37	2,31	0,60	0,86	0,25	1,71
Inverno	400	A	A06	R03	0,29	2,11	0,15	0,65	0,13	0,93
Inverno	700	A	A07	R01	0,09	1,18	1,49	1,89	0,15	3,53
Inverno	700	A	A07	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	700	A	A07	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	1000	A	A08	R01	0,29	2,62	2,37	2,04	0,16	4,58
Inverno	1000	A	A08	R02	0,29	3,13	1,66	2,01	0,33	4,00
Inverno	1000	A	A08	R03	0,54	4,90	2,59	1,90	0,40	4,89
Inverno	1300	A	A09	R01	0,41	2,33	2,04	1,53	0,40	3,97
Inverno	1300	A	A09	R02	0,50	3,66	1,87	1,73	0,47	4,06
Inverno	1300	A	A09	R03	0,58	3,85	1,91	1,76	0,40	4,07
Inverno	1900	A	A10	R01	0,30	1,25	1,40	1,61	0,14	3,15
Inverno	1900	A	A10	R02	0,96	2,47	2,22	1,36	0,21	3,78
Inverno	1900	A	A10	R03	0,57	2,16	3,75	1,40	0,28	5,44

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Inverno	2400	A	A11	R01	0,33	0,74	1,62	1,06	0,12	2,79
Inverno	2400	A	A11	R02	0,26	0,63	1,49	0,69	0,31	2,50
Inverno	2400	A	A11	R03	0,29	0,89	2,88	0,82	0,19	3,90
Primavera	25	B	B01	R01	0,29	4,94	0,09	0,16	0,10	0,34
Primavera	25	B	B01	R02	1,13	4,30	0,02	0,10	0,07	0,18
Primavera	25	B	B01	R03	2,21	6,95	0,05	0,09	0,06	0,20
Primavera	50	B	B02	R01	0,46	3,02	0,20	0,34	0,12	0,67
Primavera	50	B	B02	R02	0,52	5,22	0,17	0,24	0,25	0,67
Primavera	50	B	B02	R03	0,37	6,88	0,09	0,26	0,12	0,47
Primavera	75	B	B03	R01	0,79	11,23	1,26	2,83	0,49	4,59
Primavera	75	B	B03	R02	2,11	21,47	1,26	1,26	1,11	3,63
Primavera	75	B	B03	R03	1,23	20,99	1,94	1,78	0,70	4,41
Primavera	100	B	B04	R01	1,19	10,95	1,81	1,19	0,60	3,59
Primavera	100	B	B04	R02	1,10	19,26	1,58	2,17	0,95	4,69
Primavera	100	B	B04	R03	0,27	13,79	1,70	2,15	0,66	4,51
Primavera	150	B	B05	R01	0,29	3,83	1,18	2,72	0,27	4,18
Primavera	150	B	B05	R02	0,23	1,65	0,80	1,14	0,24	2,18
Primavera	150	B	B05	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	400	B	B06	R01	0,37	1,96	1,22	2,36	0,17	3,76
Inverno	400	B	B06	R02	0,29	4,52	1,65	1,48	0,57	3,70
Inverno	400	B	B06	R03	0,57	4,39	1,09	2,10	0,38	3,58
Inverno	700	B	B07	R01	0,20	1,98	1,45	1,59	0,35	3,39
Inverno	700	B	B07	R02	0,24	2,96	2,97	0,92	0,71	4,60
Inverno	700	B	B07	R03	0,29	3,50	1,52	1,45	0,28	3,25
Inverno	1000	B	B08	R01	0,23	2,39	2,41	2,15	0,45	5,00
Inverno	1000	B	B08	R02	0,29	2,11	2,81	0,68	0,59	4,09
Inverno	1000	B	B08	R03	0,50	4,15	1,63	1,20	0,34	3,17
Inverno	1300	B	B09	R01	0,32	3,13	1,75	1,48	0,46	3,70
Inverno	1300	B	B09	R02	1,44	5,87	4,01	1,44	0,72	6,17
Inverno	1300	B	B09	R03	0,57	4,19	2,60	1,18	0,41	4,19
Inverno	1900	B	B10	R01	0,20	1,09	0,78	0,59	0,18	1,56
Inverno	1900	B	B10	R02	0,28	0,88	0,86	1,11	0,50	2,47
Inverno	1900	B	B10	R03	0,55	2,48	0,70	1,04	0,21	1,95
Inverno	2400	B	B11	R01	0,19	1,35	1,17	1,79	0,29	3,25

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Inverno	2400	B	B11	R02	0,28	1,26	1,27	1,26	0,54	3,07
Inverno	2400	B	B11	R03	2,34	3,97	1,97	1,10	0,23	3,31
Primavera	25	C	C01	R01	0,77	3,76	0,06	0,15	0,08	0,29
Primavera	25	C	C01	R02	0,73	3,57	0,09	0,13	0,05	0,27
Primavera	25	C	C01	R03	2,09	3,55	0,07	0,08	0,06	0,21
Primavera	50	C	C02	R01	0,19	5,49	0,24	0,32	0,10	0,66
Primavera	50	C	C02	R02	0,47	5,34	0,24	0,28	0,11	0,63
Primavera	50	C	C02	R03	0,30	3,76	0,17	0,40	0,14	0,71
Primavera	75	C	C03	R01	0,25	9,69	0,36	2,09	0,26	2,71
Primavera	75	C	C03	R02	0,58	9,53	1,15	1,62	0,25	3,02
Primavera	75	C	C03	R03	0,31	10,71	0,91	1,36	0,34	2,61
Primavera	100	C	C04	R01	0,57	11,41	2,23	1,83	0,54	4,60
Primavera	100	C	C04	R02	0,51	9,37	1,97	1,80	0,60	4,37
Primavera	100	C	C04	R03	0,76	8,87	1,34	1,53	0,47	3,34
Primavera	150	C	C05	R01	0,29	6,95	0,39	1,22	0,25	1,85
Primavera	150	C	C05	R02	0,29	8,16	1,81	1,21	0,13	3,15
Primavera	150	C	C05	R03	0,26	3,01	0,60	1,08	0,25	1,92
Inverno	400	C	C06	R01	0,35	3,61	0,65	1,38	0,28	2,31
Inverno	400	C	C06	R02	0,26	2,99	0,63	1,18	0,28	2,09
Inverno	400	C	C06	R03	0,57	3,79	0,30	0,97	0,28	1,55
Inverno	700	C	C07	R01	1,44	7,67	1,89	1,65	0,47	4,01
Inverno	700	C	C07	R02	0,29	4,58	1,16	0,98	0,23	2,38
Inverno	700	C	C07	R03	0,35	3,07	1,65	2,02	0,26	3,92
Inverno	1000	C	C08	R01	0,46	4,20	2,58	1,46	0,42	4,46
Inverno	1000	C	C08	R02	0,56	4,90	3,60	1,25	0,52	5,36
Inverno	1000	C	C08	R03	1,15	5,98	2,05	1,86	0,53	4,44
Inverno	1300	C	C09	R01	0,20	3,59	2,76	1,17	0,65	4,58
Inverno	1300	C	C09	R02	0,29	2,91	2,02	1,04	0,31	3,37
Inverno	1300	C	C09	R03	0,39	3,95	3,18	2,05	0,49	5,72
Inverno	1900	C	C10	R01	0,30	2,40	2,14	1,30	0,29	3,73
Inverno	1900	C	C10	R02	0,52	3,41	1,11	0,85	0,18	2,15
Inverno	1900	C	C10	R03	0,81	6,69	1,68	1,68	0,43	3,79
Inverno	2400	C	C11	R01	0,25	1,38	0,81	1,16	0,33	2,30
Inverno	2400	C	C11	R02	0,50	1,56	1,86	0,94	0,34	3,14

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Inverno	2400	C	C11	R03	0,29	1,69	0,90	1,86	0,27	3,03
Primavera	25	D	D01	R01	0,20	4,16	0,24	0,35	0,15	0,73
Primavera	25	D	D01	R02	1,05	9,10	0,27	0,24	0,27	0,78
Primavera	25	D	D01	R03	1,15	4,55	0,17	0,17	0,12	0,46
Primavera	50	D	D02	R01	0,18	5,80	0,25	0,26	0,12	0,63
Primavera	50	D	D02	R02	0,30	3,52	0,16	0,13	0,08	0,37
Primavera	50	D	D02	R03	0,64	4,94	0,16	0,26	0,12	0,53
Primavera	75	D	D03	R01	0,67	11,08	1,43	0,94	0,29	2,65
Primavera	75	D	D03	R02	0,53	9,24	1,08	1,02	0,31	2,40
Primavera	75	D	D03	R03	0,98	10,45	0,61	1,07	0,38	2,06
Primavera	100	D	D04	R01	0,58	15,53	2,48	1,25	0,89	4,61
Primavera	100	D	D04	R02	0,29	15,67	1,27	1,63	0,91	3,81
Primavera	100	D	D04	R03	0,29	15,67	3,01	1,21	0,76	4,98
Primavera	150	D	D05	R01	0,54	3,24	0,86	0,55	0,17	1,58
Primavera	150	D	D05	R02	0,29	0,88	0,29	0,77	0,40	1,46
Primavera	150	D	D05	R03	0,46	1,43	0,82	0,49	0,10	1,41
Inverno	400	D	D06	R01	0,19	2,66	1,05	1,25	0,29	2,60
Inverno	400	D	D06	R02	0,57	3,58	0,37	0,91	0,23	1,51
Inverno	400	D	D06	R03	0,84	4,08	0,92	0,66	0,30	1,88
Inverno	700	D	D07	R01	0,35	3,18	2,18	1,29	0,67	4,14
Inverno	700	D	D07	R02	0,26	7,42	1,52	1,09	0,49	3,10
Inverno	700	D	D07	R03	1,43	11,28	2,08	1,29	0,65	4,03
Inverno	1000	D	D08	R01	1,00	10,04	2,62	2,85	0,92	6,38
Inverno	1000	D	D08	R02	1,73	8,32	1,39	1,42	0,60	3,41
Inverno	1000	D	D08	R03	0,00	2,14	1,59	0,93	0,50	3,02
Inverno	1300	D	D09	R01	0,27	1,12	1,88	1,16	0,34	3,38
Inverno	1300	D	D09	R02	0,52	3,26	0,77	1,09	0,36	2,23
Inverno	1300	D	D09	R03	0,39	2,67	1,47	1,40	0,38	3,25
Inverno	1900	D	D10	R01	0,32	0,96	1,80	0,96	0,38	3,15
Inverno	1900	D	D10	R02	0,24	1,59	1,08	1,21	0,21	2,50
Inverno	1900	D	D10	R03	0,47	1,46	1,90	1,20	0,32	3,42
Inverno	2400	D	D11	R01	0,34	1,17	1,09	0,84	0,19	2,12
Inverno	2400	D	D11	R02	0,23	0,72	0,31	1,12	0,10	1,53
Inverno	2400	D	D11	R03	0,56	0,96	0,96	1,73	0,41	3,11

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Primavera	25	E	E01	R01	0,53	2,13	0,18	0,35	0,04	0,57
Primavera	25	E	E01	R02	0,28	1,24	0,14	0,08	0,04	0,26
Primavera	25	E	E01	R03	0,28	1,07	0,14	0,08	0,06	0,28
Primavera	50	E	E02	R01	1,42	12,73	2,12	2,13	0,61	4,86
Primavera	50	E	E02	R02	2,60	18,54	1,19	1,00	0,64	2,83
Primavera	50	E	E02	R03	4,18	33,85	3,19	1,40	1,53	6,12
Primavera	75	E	E03	R01	1,04	10,03	1,12	0,82	0,15	2,09
Primavera	75	E	E03	R02	1,74	11,85	0,93	0,76	0,31	2,01
Primavera	75	E	E03	R03	0,78	10,26	0,95	0,86	0,30	2,10
Primavera	100	E	E04	R01	0,41	3,09	1,67	0,81	0,14	2,62
Primavera	100	E	E04	R02	0,80	6,62	0,20	0,76	0,20	1,16
Primavera	100	E	E04	R03	0,57	4,59	0,79	0,43	0,27	1,50
Primavera	150	E	E05	R01	0,55	2,44	1,37	1,20	0,12	2,69
Primavera	150	E	E05	R02	1,11	4,99	1,38	0,74	0,24	2,36
Primavera	150	E	E05	R03	0,83	2,75	1,29	0,47	0,48	2,24
Inverno	400	E	E06	R01	0,25	1,46	1,08	0,84	0,30	2,23
Inverno	400	E	E06	R02	0,58	2,40	0,84	0,94	0,17	1,96
Inverno	400	E	E06	R03	0,27	1,96	0,62	0,49	0,24	1,35
Inverno	700	E	E07	R01	1,10	6,62	2,80	1,63	0,41	4,84
Inverno	700	E	E07	R02	0,26	1,55	2,77	0,97	0,33	4,08
Inverno	700	E	E07	R03	0,55	3,03	1,72	0,65	0,38	2,76
Inverno	1000	E	E08	R01	0,29	1,95	2,23	1,41	0,16	3,80
Inverno	1000	E	E08	R02	0,54	2,78	0,97	0,94	0,25	2,16
Inverno	1000	E	E08	R03	0,86	2,67	1,52	0,98	0,30	2,79
Inverno	1300	E	E09	R01	0,20	1,25	2,04	1,48	0,68	4,20
Inverno	1300	E	E09	R02	0,51	1,93	0,99	0,61	0,20	1,81
Inverno	1300	E	E09	R03	0,29	2,11	2,24	1,08	0,31	3,62
Inverno	1900	E	E10	R01	0,21	0,50	2,35	0,65	0,55	3,56
Inverno	1900	E	E10	R02	0,29	1,10	1,05	0,99	0,15	2,18
Inverno	1900	E	E10	R03	0,43	1,44	1,61	0,58	0,38	2,58
Inverno	2400	E	E11	R01	0,22	0,20	1,85	0,73	0,16	2,74
Inverno	2400	E	E11	R02	0,29	0,69	0,85	0,89	0,19	1,93
Inverno	2400	E	E11	R03	0,58	1,58	0,60	0,38	0,19	1,18
Primavera	25	F	F01	R01	1,20	3,18	0,14	0,03	0,05	0,22

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Primavera	25	F	F01	R02	1,13	3,27	0,09	0,08	0,07	0,24
Primavera	25	F	F01	R03	1,44	3,65	0,09	0,06	0,07	0,22
Primavera	50	F	F02	R01	1,58	10,66	0,39	0,64	0,11	1,15
Primavera	50	F	F02	R02	2,08	6,28	0,40	0,59	0,25	1,24
Primavera	50	F	F02	R03	0,73	8,35	0,52	0,86	0,34	1,72
Primavera	75	F	F03	R01	2,32	18,59	1,79	1,23	0,28	3,29
Primavera	75	F	F03	R02	1,43	16,08	1,08	1,28	0,73	3,09
Primavera	75	F	F03	R03	0,33	18,11	0,82	0,98	0,85	2,65
Primavera	100	F	F04	R01	1,31	12,45	1,77	1,95	0,67	4,39
Primavera	100	F	F04	R02	2,30	22,31	1,85	1,16	1,08	4,08
Primavera	100	F	F04	R03	0,53	0,72	1,44	1,57	1,09	4,09
Primavera	150	F	F05	R01	0,76	6,86	1,15	1,19	0,18	2,52
Primavera	150	F	F05	R02	0,86	4,59	0,71	0,63	0,21	1,55
Primavera	150	F	F05	R03	0,91	4,71	0,68	0,49	0,28	1,45
Inverno	400	F	F06	R01	0,62	7,68	1,58	0,97	0,36	2,91
Inverno	400	F	F06	R02	1,13	10,46	1,89	1,11	0,69	3,69
Inverno	400	F	F06	R03	0,40	5,13	1,28	1,16	0,60	3,03
Inverno	700	F	F07	R01	0,43	3,01	1,93	1,78	0,22	3,93
Inverno	700	F	F07	R02	0,65	2,19	1,65	0,79	0,45	2,88
Inverno	700	F	F07	R03	0,57	3,35	1,69	1,19	0,69	3,58
Inverno	1000	F	F08	R01	0,41	1,75	1,57	1,68	0,31	3,56
Inverno	1000	F	F08	R02	0,26	1,00	1,29	0,93	0,58	2,80
Inverno	1000	F	F08	R03	0,24	0,92	1,01	0,70	0,31	2,03
Inverno	1300	F	F09	R01	0,38	2,11	1,78	1,41	0,16	3,36
Inverno	1300	F	F09	R02	0,23	1,51	0,96	1,47	0,25	2,67
Inverno	1300	F	F09	R03	0,44	1,97	1,12	0,85	0,20	2,18
Inverno	1900	F	F10	R01	0,21	0,79	1,88	0,60	0,07	2,56
Inverno	1900	F	F10	R02	0,25	0,95	1,63	1,00	0,43	3,06
Inverno	1900	F	F10	R03	0,58	1,99	1,53	0,70	0,25	2,47
Inverno	2400	F	F11	R01	0,13	0,15	1,42	0,93	0,12	2,47
Inverno	2400	F	F11	R02	0,29	1,69	0,82	0,66	0,23	1,70
Inverno	2400	F	F11	R03	0,29	1,09	1,37	0,41	0,16	1,94
Primavera	25	G	G01	R01	0,51	2,32	0,11	0,14	0,03	0,27
Primavera	25	G	G01	R02	3,18	6,21	0,03	0,07	0,04	0,14

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Primavera	25	G	G01	R03	0,23	1,53	0,07	0,08	0,06	0,22
Primavera	50	G	G02	R01	2,56	15,37	0,41	1,45	0,28	2,15
Primavera	50	G	G02	R02	0,58	3,60	0,10	0,25	0,20	0,55
Primavera	50	G	G02	R03	0,70	3,73	0,09	0,50	0,10	0,69
Primavera	75	G	G03	R01	1,61	10,59	0,87	1,92	0,30	3,09
Primavera	75	G	G03	R02	2,17	13,50	0,86	0,64	0,48	1,98
Primavera	75	G	G03	R03	3,91	11,53	0,81	0,62	0,53	1,97
Primavera	100	G	G04	R01	0,76	6,41	1,24	2,17	0,26	3,68
Primavera	100	G	G04	R02	1,91	13,94	1,06	0,82	0,58	2,46
Primavera	100	G	G04	R03	2,79	9,82	0,61	1,00	1,22	2,83
Primavera	150	G	G05	R01	0,36	6,81	1,48	1,11	0,09	2,68
Primavera	150	G	G05	R02	0,58	3,00	1,18	0,53	0,20	1,91
Primavera	150	G	G05	R03	0,75	2,15	0,84	1,17	0,23	2,23
Inverno	400	G	G06	R01	0,31	1,78	1,01	1,44	0,14	2,59
Inverno	400	G	G06	R02	0,26	1,37	0,82	0,56	0,40	1,77
Inverno	400	G	G06	R03	0,48	2,01	0,22	0,76	0,22	1,20
Inverno	700	G	G07	R01	0,44	2,95	1,79	1,35	0,20	3,34
Inverno	700	G	G07	R02	0,51	1,58	1,89	0,47	0,28	2,63
Inverno	700	G	G07	R03	0,27	0,82	0,41	0,50	0,22	1,13
Inverno	1000	G	G08	R01	0,21	0,76	1,34	0,86	0,27	2,47
Inverno	1000	G	G08	R02	0,86	2,88	0,90	0,48	0,22	1,61
Inverno	1000	G	G08	R03	0,29	1,29	0,96	0,72	0,14	1,82
Inverno	1300	G	G09	R01	0,41	1,80	1,88	1,00	0,13	3,01
Inverno	1300	G	G09	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	1300	G	G09	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	1900	G	G10	R01	0,22	0,93	1,87	1,44	0,07	3,38
Inverno	1900	G	G10	R02	0,57	2,78	1,40	0,50	0,62	2,52
Inverno	1900	G	G10	R03	1,44	4,05	1,48	0,55	0,25	2,28
Inverno	2400	G	G11	R01	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	2400	G	G11	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	2400	G	G11	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Primavera	25	H	H01	R01	1,04	3,20	0,04	0,12	0,03	0,20
Primavera	25	H	H01	R02	1,42	3,81	0,07	0,14	0,10	0,24
Primavera	25	H	H01	R03	0,92	3,10	0,06	0,09	0,04	0,20

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Primavera	50	H	H02	R01	0,46	2,46	0,11	0,17	0,03	0,32
Primavera	50	H	H02	R02	1,96	4,86	0,11	0,18	0,10	0,40
Primavera	50	H	H02	R03	2,02	11,08	0,17	0,29	0,21	0,67
Primavera	75	H	H03	R01	1,43	9,45	1,63	0,85	0,18	2,66
Primavera	75	H	H03	R02	1,97	11,63	0,96	0,90	0,54	2,40
Primavera	75	H	H03	R03	1,79	11,82	0,88	0,92	0,38	2,18
Primavera	100	H	H04	R01	2,70	20,12	2,24	1,89	0,45	4,57
Primavera	100	H	H04	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Primavera	100	H	H04	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Primavera	150	H	H05	R01	1,11	5,34	0,84	1,01	0,04	1,89
Primavera	150	H	H05	R02	1,10	3,23	1,39	0,73	0,30	2,42
Primavera	150	H	H05	R03	0,17	3,32	0,65	0,70	0,17	1,52
Inverno	400	H	H06	R01	0,15	2,13	0,76	0,88	0,08	1,72
Inverno	400	H	H06	R02	0,19	2,30	0,70	0,63	0,26	1,59
Inverno	400	H	H06	R03	0,13	3,28	1,03	0,52	0,18	1,73
Inverno	700	H	H07	R01	0,28	3,11	1,34	0,61	0,27	2,23
Inverno	700	H	H07	R02	1,04	5,03	0,92	0,72	0,55	2,18
Inverno	700	H	H07	R03	0,24	4,17	1,07	0,63	0,45	2,15
Inverno	1000	H	H08	R01	0,38	4,78	1,81	1,99	0,32	4,12
Inverno	1000	H	H08	R02	0,47	3,41	1,75	1,56	1,69	5,00
Inverno	1000	H	H08	R03	0,25	3,26	0,80	0,62	0,34	1,76
Inverno	1300	H	H09	R01	0,32	2,44	1,28	1,35	0,31	2,94
Inverno	1300	H	H09	R02	0,49	4,27	1,34	0,77	0,36	2,46
Inverno	1300	H	H09	R03	0,21	4,69	1,33	0,60	0,37	2,30
Inverno	1900	H	H10	R01	0,26	2,50	1,73	1,17	0,14	3,03
Inverno	1900	H	H10	R02	0,27	1,03	1,89	0,59	0,30	2,78
Inverno	1900	H	H10	R03	0,57	2,98	2,82	0,73	0,29	3,84
Inverno	2400	H	H11	R01	0,24	0,58	1,14	1,02	0,14	2,30
Inverno	2400	H	H11	R02	0,58	1,79	1,24	0,48	0,17	1,89
Inverno	2400	H	H11	R03	0,71	1,04	0,89	0,38	0,11	1,38
Inverno	2170	P	P01	R01	0,28	0,66	1,43	0,30	0,06	1,79
Inverno	2170	P	P01	R02	0,35	0,72	0,88	0,32	0,09	1,28
Inverno	2170	P	P01	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inverno	2247	P	P02	R01	0,28	0,53	1,14	0,76	0,07	1,96

Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	Clo-a	Feo	CHO	PRT	LIP	CBP
Inverno	2247	P	P02	R02	0,27	1,40	0,90	0,48	0,12	1,49
Inverno	2247	P	P02	R03	0,28	0,51	0,91	0,56	0,12	1,58
Inverno	1720	P	P03	R01	0,11	1,05	1,42	0,92	0,08	2,42
Inverno	1720	P	P03	R02	0,27	0,85	1,35	0,82	0,24	2,41
Inverno	1720	P	P03	R03	0,27	1,78	1,02	0,79	0,35	2,15
Inverno	2106	P	P04	R01	0,03	0,16	1,19	1,49	0,08	2,76
Inverno	2106	P	P04	R02	0,42	0,71	1,10	0,89	0,21	2,20
Inverno	2106	P	P04	R03	0,26	0,72	0,79	0,80	0,14	1,73
Inverno	2185	P	P05	R01	0,17	0,64	1,61	1,69	0,07	3,38
Inverno	2185	P	P05	R02	0,29	1,09	1,49	0,54	0,22	2,24
Inverno	2185	P	P05	R03	0,28	0,87	2,99	0,57	0,13	3,69
Inverno	2135	P	P06	R01	0,58	1,18	1,15	1,31	0,10	2,55
Inverno	2135	P	P06	R02	0,43	0,94	1,38	0,79	0,19	2,37
Inverno	2135	P	P06	R03	0,28	0,67	0,44	0,70	0,15	1,30
Inverno	2217	P	P07	R01	0,18	0,45	2,05	0,85	0,25	3,16
Inverno	2217	P	P07	R02	0,76	1,81	1,18	1,05	0,26	2,49
Inverno	2217	P	P07	R03	0,25	0,77	0,87	0,85	0,11	1,83
Inverno	2140	P	P08	R01	0,28	0,42	1,69	0,89	0,10	2,69
Inverno	2140	P	P08	R02	0,79	1,89	1,32	0,42	0,23	1,97
Inverno	2140	P	P08	R03	0,24	0,73	0,89	0,60	0,24	1,73
Inverno	1435	P	P09	R01	0,33	2,58	2,10	1,37	0,25	3,72
Inverno	1435	P	P09	R02	1,11	2,65	1,38	1,26	0,29	2,93
Inverno	1435	P	P09	R03	0,23	0,72	1,27	0,77	0,20	2,24
Inverno	1973	P	P10	R01	0,24	0,97	1,47	1,52	0,10	3,09
Inverno	1973	P	P10	R02	0,50	1,03	2,18	0,47	0,15	2,80
Inverno	1973	P	P10	R03	0,48	1,99	1,20	0,56	0,20	1,95
Inverno	2260	P	P11	R01	0,31	0,94	1,34	1,48	0,05	2,87
Inverno	2260	P	P11	R02	0,29	0,89	1,84	0,54	0,38	2,76
Inverno	2260	P	P11	R03	0,25	0,59	0,62	0,58	0,12	1,32
Inverno	2198	P	P12	R01	0,09	0,01	1,46	1,16	0,14	2,77
Inverno	2198	P	P12	R02	0,56	1,34	1,37	0,45	1,25	3,06
Inverno	2198	P	P12	R03	0,58	1,18	1,06	0,48	0,30	1,84

Anexo X-10: Concentrações das três réplicas de cada estação para Carbono Orgânico Total (COT; mg g^{-1}), Nitrogênio Total (NT; mg g^{-1}), razão C/N (molar), razão isotópica de Carbono ($\delta^{13}\text{C}$; ‰), razão isotópica de nitrogênio ($\delta^{15}\text{N}$; ‰), Fósforo Total (P_T ; $\mu\text{g g}^{-1}$); Fósforo Orgânico (P_O ; $\mu\text{g g}^{-1}$), Enxofre Total (S_T ; mg g^{-1}) da campanha 2.

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P_T	P_O	S_T
Outono	25	A	A01	R01	1,51	<LD	<LD	-23,11	5,85	2,62	0,69	ND
Outono	25	A	A01	R02	1,56	<LD	<LD	-23,15	5,32	2,46	0,51	ND
Outono	25	A	A01	R03	3,96	0,36	12,83	-23,74	4,82	3,86	1,02	ND
Outono	50	A	A02	R01	6,17	0,86	8,36	-22,10	5,59	6,43	2,31	ND
Outono	50	A	A02	R02	8,79	0,95	10,79	-20,28	6,35	8,20	3,46	ND
Outono	50	A	A02	R03	8,70	1,02	10,00	-20,30	6,63	7,80	3,45	ND
Outono	75	A	A03	R01	12,49	1,41	10,31	-19,90	6,75	7,62	4,37	ND
Outono	75	A	A03	R02	11,52	1,34	10,03	-19,92	6,74	10,98	6,72	ND
Outono	75	A	A03	R03	14,73	1,48	11,61	-16,99	7,20	8,54	3,83	ND
Outono	100	A	A04	R01	11,96	1,49	9,36	-19,91	6,86	9,54	5,63	ND
Outono	100	A	A04	R02	11,77	1,45	9,50	-19,91	7,07	9,79	5,25	ND
Outono	100	A	A04	R03	11,32	1,33	9,97	-20,06	7,21	9,03	4,26	ND
Outono	150	A	A05	R01	5,17	0,72	8,37	-21,24	7,06	10,40	4,10	ND
Outono	150	A	A05	R02	5,05	0,65	9,06	-21,50	7,16	11,09	3,94	ND
Outono	150	A	A05	R03	6,12	0,84	8,55	-21,21	7,19	10,82	4,63	ND
Verão	400	A	A06	R01	4,99	0,70	8,38	-21,63	7,02	8,97	3,22	2,00
Verão	400	A	A06	R02	4,57	0,63	8,53	-21,76	6,47	11,07	3,46	1,90
Verão	400	A	A06	R03	5,38	0,74	8,53	-21,49	7,11	10,36	3,46	2,00
Verão	700	A	A07	R01	5,27	0,73	8,48	-20,92	7,44	11,10	7,13	1,80
Verão	700	A	A07	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Verão	700	A	A07	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Verão	1000	A	A08	R01	9,75	1,38	8,27	-20,73	6,76	9,97	5,16	2,70
Verão	1000	A	A08	R02	8,68	1,16	8,77	-21,16	6,89	11,77	6,10	2,50
Verão	1000	A	A08	R03	8,82	1,22	8,46	-20,82	7,25	11,54	5,30	2,50
Verão	1300	A	A09	R01	9,70	1,28	8,88	-21,16	7,16	12,00	6,46	2,60
Verão	1300	A	A09	R02	10,20	1,39	8,56	-21,22	7,03	13,03	7,28	2,40
Verão	1300	A	A09	R03	10,19	1,39	8,58	-21,19	7,10	12,49	6,83	2,60
Verão	1900	A	A10	R01	8,59	1,12	8,98	-21,14	8,47	11,89	6,64	3,20

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	A	A10	R02	8,99	1,16	9,04	-21,31	9,12	12,44	7,06	2,40
Verão	1900	A	A10	R03	8,95	1,20	8,70	-21,10	8,71	11,18	6,21	2,50
Verão	2400	A	A11	R01	5,83	0,78	8,72	-21,05	9,30	7,00	4,49	2,70
Verão	2400	A	A11	R02	5,51	0,78	8,24	-20,69	5,23	10,12	5,32	2,20
Verão	2400	A	A11	R03	5,85	0,77	8,91	-20,67	5,93	10,34	5,70	2,60
Outono	25	B	B01	R01	0,83	<LD	<LD	-22,02	5,72	0,94	0,33	ND
Outono	25	B	B01	R02	0,76	<LD	<LD	-22,50	4,85	1,12	0,37	ND
Outono	25	B	B01	R03	0,63	<LD	<LD	-22,29	4,85	1,21	0,06	ND
Outono	50	B	B02	R01	2,32	0,29	9,31	-21,68	5,38	2,95	0,99	ND
Outono	50	B	B02	R02	2,22	0,28	9,42	-21,72	5,09	3,32	0,66	ND
Outono	50	B	B02	R03	2,17	0,25	10,10	-21,88	4,62	3,41	0,84	ND
Outono	75	B	B03	R01	12,15	1,51	9,42	-20,69	5,82	10,37	5,52	ND
Outono	75	B	B03	R02	12,76	1,55	9,60	-20,80	5,32	10,10	5,43	ND
Outono	75	B	B03	R03	12,19	1,46	9,74	-20,95	5,07	9,27	4,67	ND
Outono	100	B	B04	R01	13,27	1,64	9,47	-20,41	5,18	11,34	6,40	ND
Outono	100	B	B04	R02	13,29	1,63	9,51	-20,53	4,99	11,07	6,04	ND
Outono	100	B	B04	R03	13,07	1,65	9,27	-20,41	4,93	10,04	5,30	ND
Outono	150	B	B05	R01	5,71	0,71	9,38	-21,53	5,38	15,73	7,29	ND
Outono	150	B	B05	R02	5,64	0,86	7,70	-21,50	5,36	19,26	9,08	ND
Outono	150	B	B05	R03	6,00	0,83	8,43	-21,73	5,38	13,99	6,26	ND
Verão	400	B	B06	R01	7,16	0,83	10,06	-21,39	5,33	11,43	5,30	2,10
Verão	400	B	B06	R02	7,00	0,93	8,82	-21,30	6,39	10,34	4,50	2,00
Verão	400	B	B06	R03	6,99	0,81	10,13	-21,13	5,38	10,08	3,99	2,20
Verão	700	B	B07	R01	8,87	1,04	9,95	-20,60	5,17	13,36	7,06	2,30
Verão	700	B	B07	R02	8,69	1,05	9,66	-20,86	5,99	13,06	6,67	2,50
Verão	700	B	B07	R03	9,97	1,19	9,81	-20,80	5,58	11,81	5,71	2,50
Verão	1000	B	B08	R01	9,08	1,03	10,28	-20,99	4,97	12,44	6,27	2,40
Verão	1000	B	B08	R02	6,55	0,75	10,19	-20,96	5,61	11,41	5,42	2,10
Verão	1000	B	B08	R03	7,54	0,87	10,11	-20,85	5,53	10,81	4,62	2,30
Verão	1300	B	B09	R01	10,00	1,13	10,32	-20,44	5,51	11,14	6,46	1,90
Verão	1300	B	B09	R02	8,88	1,00	10,41	-20,70	6,73	12,43	6,70	2,50
Verão	1300	B	B09	R03	8,44	0,98	10,04	-20,78	6,11	12,29	6,34	2,60
Verão	1900	B	B10	R01	6,27	0,60	12,29	-21,74	5,63	8,18	3,50	2,00

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	B	B10	R02	5,36	0,63	9,93	-21,74	4,43	10,63	4,40	1,50
Verão	1900	B	B10	R03	5,32	0,67	9,33	-21,00	5,69	9,58	3,54	1,40
Verão	2400	B	B11	R01	6,08	0,72	9,92	-20,68	5,62	7,58	3,57	2,40
Verão	2400	B	B11	R02	6,01	0,82	8,55	-20,75	5,29	9,66	4,86	2,10
Verão	2400	B	B11	R03	6,39	0,84	8,87	-20,85	5,34	9,62	5,14	2,00
Outono	25	C	C01	R01	0,94	<LD	<LD	-21,79	4,64	1,08	0,26	ND
Outono	25	C	C01	R02	1,97	0,41	5,61	-21,15	5,65	1,19	0,24	ND
Outono	25	C	C01	R03	0,78	<LD	<LD	-22,15	4,55	1,24	0,33	ND
Outono	50	C	C02	R01	1,76	0,21	9,99	-21,92	5,39	3,31	0,64	ND
Outono	50	C	C02	R02	1,92	0,26	8,78	-21,64	5,64	3,78	0,43	ND
Outono	50	C	C02	R03	1,75	0,20	10,47	-21,93	4,88	4,01	0,75	ND
Outono	75	C	C03	R01	6,74	0,79	10,01	-21,06	5,59	5,99	2,86	ND
Outono	75	C	C03	R02	7,02	0,81	10,11	-20,92	4,92	6,66	3,79	ND
Outono	75	C	C03	R03	7,02	0,81	10,17	-20,93	4,83	6,20	3,27	ND
Outono	100	C	C04	R01	9,28	1,12	9,67	-20,56	5,40	8,84	4,22	ND
Outono	100	C	C04	R02	10,27	1,26	9,50	-20,55	5,46	8,79	4,57	ND
Outono	100	C	C04	R03	11,63	1,51	9,01	-20,31	5,71	9,33	4,66	ND
Outono	150	C	C05	R01	8,17	1,00	9,57	-20,92	5,58	7,89	3,85	ND
Outono	150	C	C05	R02	8,12	1,02	9,33	-20,88	5,38	10,19	5,24	ND
Outono	150	C	C05	R03	6,27	0,84	8,76	-21,06	4,68	9,86	3,78	ND
Verão	400	C	C06	R01	6,87	0,86	9,37	-20,80	5,75	10,78	4,56	1,10
Verão	400	C	C06	R02	8,05	1,00	9,43	-20,83	5,34	10,35	4,57	2,00
Verão	400	C	C06	R03	7,83	0,97	9,42	-20,88	5,62	10,28	4,16	1,60
Verão	700	C	C07	R01	10,28	1,30	9,23	-20,74	5,63	10,23	5,07	3,20
Verão	700	C	C07	R02	7,59	0,94	9,47	-20,90	5,70	9,58	3,81	2,70
Verão	700	C	C07	R03	9,45	1,16	9,55	-20,73	5,42	11,12	5,33	1,80
Verão	1000	C	C08	R01	10,45	1,19	10,24	-20,77	7,37	12,51	6,32	2,80
Verão	1000	C	C08	R02	9,66	1,17	9,63	-21,00	8,25	12,08	6,06	1,90
Verão	1000	C	C08	R03	10,28	1,21	9,91	-21,14	7,81	12,46	6,46	1,80
Verão	1300	C	C09	R01	9,05	1,12	9,43	-20,74	8,63	12,56	6,60	2,00
Verão	1300	C	C09	R02	10,19	1,27	9,39	-20,63	8,40	13,02	7,10	1,80
Verão	1300	C	C09	R03	9,86	1,22	9,42	-20,74	9,13	11,79	5,54	2,40
Verão	1900	C	C10	R01	8,49	1,04	9,56	-20,68	8,52	13,38	6,83	2,50

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	C	C10	R02	8,87	1,15	9,03	-20,93	10,49	12,04	6,29	1,90
Verão	1900	C	C10	R03	9,97	1,30	8,98	-21,06	10,23	11,92	6,56	2,50
Verão	2400	C	C11	R01	6,11	0,78	9,20	-21,19	10,31	8,25	3,65	2,00
Verão	2400	C	C11	R02	6,34	0,85	8,70	-21,25	10,17	11,36	6,33	2,00
Verão	2400	C	C11	R03	6,80	0,82	9,73	-21,56	10,38	10,06	5,79	2,10
Outono	25	D	D01	R01	3,53	0,37	11,11	-22,94	5,79	1,94	0,80	ND
Outono	25	D	D01	R02	1,20	<LD	<LD	-23,40	6,62	1,48	0,48	ND
Outono	25	D	D01	R03	0,80	<LD	<LD	-23,91	6,82	1,20	0,42	ND
Outono	50	D	D02	R01	1,45	0,13	13,01	-22,99	6,92	1,96	0,86	ND
Outono	50	D	D02	R02	1,45	0,13	13,01	-23,22	7,18	2,56	0,40	ND
Outono	50	D	D02	R03	1,80	0,16	13,55	-23,35	6,42	6,33	3,94	ND
Outono	75	D	D03	R01	6,77	0,76	10,38	-22,20	9,06	4,69	2,34	ND
Outono	75	D	D03	R02	6,15	0,63	11,48	-22,38	9,18	4,97	2,40	ND
Outono	75	D	D03	R03	6,00	0,60	11,66	-22,53	9,90	4,72	2,24	ND
Outono	100	D	D04	R01	15,33	1,85	9,66	-21,60	9,03	8,47	4,38	ND
Outono	100	D	D04	R02	15,93	1,94	9,58	-21,57	9,02	11,36	6,67	ND
Outono	100	D	D04	R03	14,78	1,81	9,52	-21,74	9,39	11,49	6,12	ND
Outono	150	D	D05	R01	4,84	0,94	6,01	-22,08	9,99	7,06	2,46	ND
Outono	150	D	D05	R02	4,21	0,94	5,25	-22,05	9,57	9,90	3,08	ND
Outono	150	D	D05	R03	6,12	0,64	11,24	-22,02	13,63	10,38	4,05	ND
Verão	400	D	D06	R01	7,42	0,91	9,56	-21,98	8,51	8,22	3,95	1,40
Verão	400	D	D06	R02	6,25	0,73	9,99	-22,00	9,37	8,85	3,11	1,20
Verão	400	D	D06	R03	7,41	0,93	9,34	-21,97	10,36	9,42	3,76	1,10
Verão	700	D	D07	R01	12,07	1,46	9,64	-21,78	7,62	10,47	5,63	2,50
Verão	700	D	D07	R02	12,55	1,57	9,36	-21,65	9,01	11,90	5,90	2,90
Verão	700	D	D07	R03	13,66	1,73	9,24	-21,73	8,89	12,88	6,76	1,80
Verão	1000	D	D08	R01	13,69	2,03	7,86	-21,34	6,04	11,06	6,81	3,30
Verão	1000	D	D08	R02	14,48	2,03	8,32	-21,42	4,98	11,94	6,37	2,90
Verão	1000	D	D08	R03	13,76	1,90	8,47	-21,42	4,95	12,71	7,12	1,40
Verão	1300	D	D09	R01	12,48	1,72	8,47	-21,21	5,51	10,69	7,69	2,90
Verão	1300	D	D09	R02	12,11	1,66	8,53	-21,21	5,87	12,77	7,12	2,20
Verão	1300	D	D09	R03	12,59	1,72	8,56	-21,24	5,34	11,92	6,16	1,40
Verão	1900	D	D10	R01	9,20	1,24	8,69	-21,03	5,49	10,56	5,61	1,10

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	D	D10	R02	8,91	1,13	9,20	-21,33	4,88	11,30	6,02	1,10
Verão	1900	D	D10	R03	8,84	1,23	8,41	-21,05	5,80	11,19	6,03	1,90
Verão	2400	D	D11	R01	5,13	0,70	8,54	-21,31	5,15	4,94	1,67	2,00
Verão	2400	D	D11	R02	4,90	0,72	7,94	-21,10	5,03	8,68	4,10	2,20
Verão	2400	D	D11	R03	4,67	0,72	7,61	-20,84	5,90	8,44	4,40	2,10
Outono	25	E	E01	R01	2,53	0,29	10,18	-22,73	5,06	2,72	0,60	ND
Outono	25	E	E01	R02	0,90	<LD	<LD	-21,89	3,71	1,86	0,43	ND
Outono	25	E	E01	R03	1,02	<LD	<LD	-23,71	5,46	2,80	0,67	ND
Outono	50	E	E02	R01	11,39	1,17	11,36	-22,75	5,53	7,46	4,29	ND
Outono	50	E	E02	R02	10,77	1,01	12,44	-22,62	4,95	7,96	3,75	ND
Outono	50	E	E02	R03	10,76	1,04	12,06	-22,74	5,27	7,81	3,31	ND
Outono	75	E	E03	R01	4,13	0,45	10,81	-22,42	4,62	2,46	0,55	ND
Outono	75	E	E03	R02	3,81	0,50	8,98	-22,15	4,14	2,93	0,71	ND
Outono	75	E	E03	R03	4,43	2,48	2,08	-22,52	4,54	<LD	<LD	ND
Outono	100	E	E04	R01	3,12	0,40	9,20	-22,35	3,29	6,05	4,04	ND
Outono	100	E	E04	R02	3,34	0,28	13,92	-22,75	4,61	4,08	1,68	ND
Outono	100	E	E04	R03	3,92	0,43	10,62	-22,14	4,11	4,53	1,68	ND
Outono	150	E	E05	R01	3,96	0,63	7,32	-21,89	2,93	11,32	3,81	ND
Outono	150	E	E05	R02	4,92	0,63	9,18	-21,15	2,62	11,33	3,51	ND
Outono	150	E	E05	R03	5,15	0,81	7,42	-21,57	3,35	10,46	3,05	ND
Verão	400	E	E06	R01	5,78	0,74	9,17	-21,22	5,66	11,82	4,82	2,10
Verão	400	E	E06	R02	5,61	0,65	10,07	-21,18	5,81	11,41	4,42	2,00
Verão	400	E	E06	R03	5,53	0,70	9,28	-21,12	4,96	11,57	4,25	1,90
Verão	700	E	E07	R01	9,32	1,07	10,16	-20,49	5,97	10,49	4,84	3,30
Verão	700	E	E07	R02	9,66	1,10	10,24	-20,84	5,85	12,65	5,74	3,50
Verão	700	E	E07	R03	9,99	1,13	10,31	-21,05	5,66	12,75	6,30	2,60
Verão	1000	E	E08	R01	8,22	0,97	9,93	-20,69	6,25	12,07	5,92	2,70
Verão	1000	E	E08	R02	8,31	0,95	10,26	-20,74	5,55	11,95	5,90	2,40
Verão	1000	E	E08	R03	9,23	1,11	9,75	-20,87	5,77	11,60	5,96	3,20
Verão	1300	E	E09	R01	9,26	1,03	10,54	-20,79	5,21	12,28	6,29	2,20
Verão	1300	E	E09	R02	8,89	0,93	11,21	-20,73	5,27	11,92	6,02	2,30
Verão	1300	E	E09	R03	9,15	0,99	10,83	-20,74	5,79	12,49	6,81	3,40
Verão	1900	E	E10	R01	7,09	0,76	10,88	-20,85	4,89	12,57	7,08	2,10

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	E	E10	R02	7,07	0,84	9,81	-20,99	5,27	11,02	6,33	2,30
Verão	1900	E	E10	R03	5,91	0,78	8,90	-20,77	5,31	10,79	5,26	2,40
Verão	2400	E	E11	R01	4,10	0,45	10,62	-20,70	5,02	8,83	4,11	2,30
Verão	2400	E	E11	R02	4,40	0,45	11,41	-20,60	4,66	8,86	4,98	1,80
Verão	2400	E	E11	R03	4,07	0,44	10,78	-20,47	5,07	8,94	4,12	2,00
Outono	25	F	F01	R01	1,35	0,14	11,67	-23,27	7,42	1,74	0,76	ND
Outono	25	F	F01	R02	1,41	0,17	9,68	-22,03	6,56	2,92	0,69	ND
Outono	25	F	F01	R03	1,56	0,27	6,85	-21,46	6,19	3,46	1,07	ND
Outono	50	F	F02	R01	1,91	<LD	<LD	-21,50	5,10	3,39	1,37	ND
Outono	50	F	F02	R02	3,23	0,25	15,07	-21,83	4,88	4,26	1,54	ND
Outono	50	F	F02	R03	2,71	0,21	15,06	-21,75	5,05	3,91	0,56	ND
Outono	75	F	F03	R01	8,31	0,87	11,20	-22,13	5,14	6,53	2,97	ND
Outono	75	F	F03	R02	8,47	0,89	11,16	-22,13	5,20	6,99	3,44	ND
Outono	75	F	F03	R03	7,86	0,82	11,18	-22,14	5,34	6,74	2,87	ND
Outono	100	F	F04	R01	11,50	1,35	9,98	-21,88	6,25	9,45	5,03	ND
Outono	100	F	F04	R02	11,44	1,34	9,96	-21,86	6,48	9,65	5,18	ND
Outono	100	F	F04	R03	11,72	1,40	9,76	-21,92	6,60	10,29	5,88	ND
Outono	150	F	F05	R01	3,93	0,82	5,63	-22,19	5,45	9,86	4,24	ND
Outono	150	F	F05	R02	3,39	0,77	5,16	-21,33	4,57	11,60	4,55	ND
Outono	150	F	F05	R03	4,26	0,87	5,71	-21,49	4,72	11,22	5,19	ND
Verão	400	F	F06	R01	9,86	1,49	7,75	-21,62	5,28	11,00	4,31	3,30
Verão	400	F	F06	R02	9,80	1,43	8,00	-21,55	5,29	8,99	2,83	2,00
Verão	400	F	F06	R03	11,14	1,53	8,52	-21,68	5,06	12,05	5,18	3,40
Verão	700	F	F07	R01	9,01	1,34	7,87	-20,82	5,57	11,60	5,89	2,80
Verão	700	F	F07	R02	9,65	1,36	8,27	-20,98	5,49	12,31	7,22	4,00
Verão	700	F	F07	R03	9,95	1,45	8,03	-20,88	5,24	13,57	7,17	3,80
Verão	1000	F	F08	R01	8,46	1,25	7,92	-20,78	4,90	10,13	4,78	2,40
Verão	1000	F	F08	R02	7,66	1,01	8,89	-20,31	4,53	11,40	5,20	2,70
Verão	1000	F	F08	R03	7,20	1,00	8,40	-20,64	4,67	10,76	4,89	2,40
Verão	1300	F	F09	R01	6,61	1,00	7,75	-20,72	4,81	9,04	4,20	2,50
Verão	1300	F	F09	R02	6,24	0,87	8,41	-20,61	4,59	10,90	5,23	2,30
Verão	1300	F	F09	R03	6,42	0,47	16,11	-20,69	4,78	10,05	4,80	2,60
Verão	1900	F	F10	R01	6,95	0,92	8,86	-20,52	5,12	10,16	5,38	2,50

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	F	F10	R02	7,06	0,93	8,86	-20,61	5,29	12,47	7,19	2,60
Verão	1900	F	F10	R03	7,80	1,06	8,58	-20,62	5,60	11,76	6,40	2,50
Verão	2400	F	F11	R01	4,53	0,87	6,07	-20,30	4,47	6,90	3,10	2,00
Verão	2400	F	F11	R02	4,94	0,80	7,24	-20,24	5,34	10,67	5,97	2,20
Verão	2400	F	F11	R03	4,75	0,65	8,59	-17,37	4,13	6,42	2,42	2,60
Outono	25	G	G01	R01	0,72	<LD	<LD	-22,57	<LD	1,01	0,43	ND
Outono	25	G	G01	R02	0,42	<LD	<LD	-22,06	<LD	2,28	1,66	ND
Outono	25	G	G01	R03	0,37	<LD	<LD	-21,45	<LD	0,93	0,14	ND
Outono	50	G	G02	R01	1,20	<LD	<LD	-21,19	4,19	7,39	2,19	ND
Outono	50	G	G02	R02	1,40	<LD	<LD	-21,38	4,06	5,33	1,55	ND
Outono	50	G	G02	R03	1,10	<LD	<LD	-21,14	3,91	2,97	1,13	ND
Outono	75	G	G03	R01	6,00	<LD	<LD	-22,10	5,52	4,86	2,01	ND
Outono	75	G	G03	R02	5,20	<LD	<LD	-22,05	4,94	5,22	1,94	ND
Outono	75	G	G03	R03	5,90	<LD	<LD	-22,04	5,20	5,79	2,29	ND
Outono	100	G	G04	R01	7,40	1,30	6,64	-21,80	3,84	8,59	3,92	ND
Outono	100	G	G04	R02	7,60	1,40	6,33	-21,82	3,38	9,95	2,33	ND
Outono	100	G	G04	R03	7,40	<LD	<LD	-21,96	4,47	10,69	4,29	ND
Outono	150	G	G05	R01	3,90	<LD	<LD	-21,71	4,15	10,02	3,91	ND
Outono	150	G	G05	R02	3,70	<LD	<LD	-21,67	4,27	10,94	4,20	ND
Outono	150	G	G05	R03	3,40	<LD	<LD	-21,57	3,98	12,64	5,79	ND
Verão	400	G	G06	R01	7,90	1,10	8,38	-21,30	5,04	11,38	5,90	1,60
Verão	400	G	G06	R02	7,70	0,90	9,98	-21,80	5,12	10,94	4,05	1,50
Verão	400	G	G06	R03	9,10	1,20	8,85	-21,56	4,98	11,38	4,72	2,00
Verão	700	G	G07	R01	5,80	0,80	8,46	-21,03	5,18	8,41	3,35	2,00
Verão	700	G	G07	R02	6,00	0,90	7,78	-21,16	5,20	10,19	4,41	1,80
Verão	700	G	G07	R03	5,60	0,80	8,17	-21,05	4,88	9,87	4,10	1,30
Verão	1000	G	G08	R01	5,00	<LD	<LD	-21,18	5,27	7,12	2,72	1,80
Verão	1000	G	G08	R02	5,30	<LD	<LD	-21,28	5,33	8,95	3,90	1,40
Verão	1000	G	G08	R03	5,30	<LD	<LD	-21,48	4,77	9,51	4,19	1,40
Verão	1300	G	G09	R01	7,10	1,00	8,28	-20,84	5,90	9,80	4,89	1,50
Verão	1300	G	G09	R02	8,20	1,20	7,97	-20,81	5,55	11,83	6,07	1,50
Verão	1300	G	G09	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Verão	1900	G	G10	R01	8,50	<LD	<LD	-21,23	5,14	11,31	6,98	2,80

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	G	G10	R02	9,20	1,30	8,26	-21,33	5,13	12,47	6,98	2,80
Verão	1900	G	G10	R03	8,40	<LD	<LD	-21,14	5,19	12,46	7,41	1,90
Verão	2400	G	G11	R01	3,70	<LD	<LD	-21,62	4,17	13,38	2,24	1,10
Verão	2400	G	G11	R02	7,55	<LD	<LD	-22,66	2,62	6,80	3,52	ND
Verão	2400	G	G11	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Outono	25	H	H01	R01	0,42	<LD	<LD	-21,50	<LD	0,54	0,14	ND
Outono	25	H	H01	R02	0,48	<LD	<LD	-21,95	<LD	0,61	0,22	ND
Outono	25	H	H01	R03	0,33	<LD	<LD	-21,03	<LD	0,77	0,23	ND
Outono	50	H	H02	R01	1,40	<LD	<LD	-22,98	4,88	1,84	0,14	ND
Outono	50	H	H02	R02	1,10	<LD	<LD	-23,20	2,53	2,05	0,09	ND
Outono	50	H	H02	R03	1,90	<LD	<LD	-23,06	5,23	2,59	0,45	ND
Outono	75	H	H03	R01	4,80	<LD	<LD	-22,03	4,74	3,70	0,50	ND
Outono	75	H	H03	R02	5,10	<LD	<LD	-21,93	4,50	4,97	2,34	ND
Outono	75	H	H03	R03	5,90	<LD	<LD	-21,84	5,35	5,47	1,99	ND
Outono	100	H	H04	R01	10,20	1,20	9,92	-21,63	5,40	7,03	3,51	ND
Outono	100	H	H04	R02	9,90	1,10	10,50	-21,74	5,39	8,38	4,30	ND
Outono	100	H	H04	R03	11,90	1,30	10,68	-21,38	5,33	8,03	3,81	ND
Outono	150	H	H05	R01	3,50	<LD	<LD	-22,94	3,51	6,65	2,57	ND
Outono	150	H	H05	R02	2,80	<LD	<LD	-21,29	3,34	11,48	4,37	ND
Outono	150	H	H05	R03	7,70	<LD	<LD	-25,02	3,66	11,67	5,37	ND
Verão	400	H	H06	R01	12,20	<LD	<LD	-19,08	3,46	16,24	3,76	ND
Verão	400	H	H06	R02	5,20	<LD	<LD	-21,60	4,02	17,88	4,45	ND
Verão	400	H	H06	R03	5,20	<LD	<LD	-21,68	4,12	17,14	3,56	ND
Verão	700	H	H07	R01	6,20	0,90	8,04	-21,34	4,64	7,36	2,48	ND
Verão	700	H	H07	R02	7,70	1,00	8,98	-21,16	5,16	10,63	4,97	ND
Verão	700	H	H07	R03	8,20	1,20	7,97	-21,05	5,09	10,54	4,88	ND
Verão	1000	H	H08	R01	10,20	1,40	8,50	-21,03	5,96	14,64	8,59	ND
Verão	1000	H	H08	R02	10,30	1,30	9,24	-21,23	5,08	14,23	7,41	ND
Verão	1000	H	H08	R03	10,30	1,30	9,24	-21,03	5,31	13,92	7,39	ND
Verão	1300	H	H09	R01	7,60	1,10	8,06	-21,45	4,95	11,72	6,08	ND
Verão	1300	H	H09	R02	8,10	1,30	7,27	-20,76	4,85	11,82	6,74	ND
Verão	1300	H	H09	R03	7,00	1,00	8,17	-21,04	6,01	11,01	5,56	ND
Verão	1900	H	H10	R01	16,40	1,20	15,94	-18,71	6,12	11,49	6,62	ND

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1900	H	H10	R02	7,90	1,10	8,38	-20,32	5,58	14,07	8,91	ND
Verão	1900	H	H10	R03	8,30	1,20	8,07	-20,79	5,18	12,94	7,19	ND
Verão	2400	H	H11	R01	3,60	<LD	<LD	-21,99	3,40	6,68	3,48	ND
Verão	2400	H	H11	R02	3,50	<LD	<LD	-21,70	4,46	8,06	4,24	ND
Verão	2400	H	H11	R03	3,30	<LD	<LD	-21,97	4,34	7,19	2,50	ND
Verão	2170	P	P01	R01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Verão	2170	P	P01	R02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Verão	2170	P	P01	R03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Verão	2247	P	P02	R01	3,60	<LD	<LD	-20,96	4,68	6,03	3,43	ND
Verão	2247	P	P02	R02	3,80	<LD	<LD	-21,66	3,77	5,41	2,44	ND
Verão	2247	P	P02	R03	4,10	<LD	<LD	-20,98	5,59	9,00	4,17	ND
Verão	1720	P	P03	R01	7,30	1,00	8,52	-20,68	6,14	8,72	4,00	ND
Verão	1720	P	P03	R02	7,90	1,10	8,38	-20,85	6,40	11,00	5,66	ND
Verão	1720	P	P03	R03	6,70	<LD	<LD	-22,77	8,40	11,36	5,49	ND
Verão	2106	P	P04	R01	6,50	<LD	<LD	-20,51	4,27	9,16	5,10	ND
Verão	2106	P	P04	R02	7,00	<LD	<LD	-21,56	4,48	10,66	5,93	ND
Verão	2106	P	P04	R03	7,80	<LD	<LD	-18,47	1,98	8,71	4,62	ND
Verão	2185	P	P05	R01	5,60	<LD	<LD	-21,00	3,34	8,82	4,80	ND
Verão	2185	P	P05	R02	6,10	0,70	10,17	-20,99	6,43	10,85	6,17	ND
Verão	2185	P	P05	R03	4,90	<LD	<LD	-19,16	<LD	10,55	5,91	ND
Verão	2135	P	P06	R01	5,00	<LD	<LD	-20,98	1,36	10,14	5,81	ND
Verão	2135	P	P06	R02	5,70	<LD	<LD	-21,48	5,74	9,81	5,26	ND
Verão	2135	P	P06	R03	8,50	<LD	<LD	-22,49	5,66	11,19	6,75	ND
Verão	2217	P	P07	R01	6,60	<LD	<LD	-21,50	5,24	10,63	6,02	ND
Verão	2217	P	P07	R02	6,10	<LD	<LD	-21,87	6,32	9,90	5,04	ND
Verão	2217	P	P07	R03	6,20	<LD	<LD	-21,56	3,51	10,17	5,07	ND
Verão	2140	P	P08	R01	4,90	<LD	<LD	-18,72	1,15	7,65	4,12	ND
Verão	2140	P	P08	R02	6,60	<LD	<LD	-20,01	<LD	9,74	5,11	ND
Verão	2140	P	P08	R03	5,72	1,19	5,63	-20,69	5,85	9,88	5,55	ND
Verão	1435	P	P09	R01	9,20	1,44	7,45	-20,80	5,07	11,88	6,46	ND
Verão	1435	P	P09	R02	9,40	1,31	8,37	-20,88	6,20	13,07	7,56	ND
Verão	1435	P	P09	R03	9,27	1,70	6,36	-20,72	6,89	13,51	7,75	ND
Verão	1973	P	P10	R01	7,48	1,07	8,16	-20,65	6,50	10,69	6,20	ND

.Estação do ano	Isóbata (m)	Transecto	Estação	Réplica	COT	NT	C/N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	P _T	P _O	S _T
Verão	1973	P	P10	R02	8,17	1,09	8,74	-21,14	6,42	11,75	7,02	ND
Verão	1973	P	P10	R03	8,39	1,41	5,96	-18,81	6,18	11,68	6,69	ND
Verão	2260	P	P11	R01	5,31	0,62	9,99	-21,04	5,26	7,37	3,91	ND
Verão	2260	P	P11	R02	4,98	0,60	9,68	-21,16	4,65	9,24	4,80	ND
Verão	2260	P	P11	R03	4,89	0,59	9,67	-20,73	5,08	8,47	4,80	ND
Verão	2198	P	P12	R01	5,94	1,18	5,87	-20,46	5,15	8,77	5,08	ND
Verão	2198	P	P12	R02	4,89	1,03	5,57	-20,90	4,89	8,04	4,53	ND
Verão	2198	P	P12	R03	6,88	1,16	6,91	-18,20	5,55	10,40	5,29	ND

Anexos do Capítulo XIII

Anexo XIII-1 Lista de biomarcadores terpanos e esteranos analisados

	Abreviação	Nome
TERPANOS	C19Tr	C19 terpano tricíclico
	C20Tr	C20 terpano tricíclico
	C21Tr	C21 terpano tricíclico
	C22Tr	C22 terpano tricíclico
	C23Tr	C23 diterpano tricíclico
	C24Tr	C24 diterpano tricíclico
	C25Tra	C25 diterpano tricíclico (α)
	C25Trb	C25 diterpano tricíclico (β)
	C26 (22R)	C26 terpano tricíclico
	C26 (22S)	C26 terpano tricíclico
	C28 (22R)	C28 terpano tricíclico
	C28 (22S)	C28 terpano tricíclico
	C29 (22R)	C29 terpano tricíclico
	C29 (22S)	C29 terpano tricíclico
	C30 (22R)	C30 terpano tricíclico
	C30 (22S)	C30 terpano tricíclico
	27TS	18 α (H)-22,29,30-trisnorhopano
	27TM	17 α (H)-22,29,30-trisnorhopano
	29ab	17 α (H),21 β (H)-30-norhopano
	29ba	17 β (H),21 α (H)-30-norhopano (normoretano)
	30ab	17 α (H),21 β (H)-hopano
	30ba	17 β (H),21 α (H)-hopano (moretano)
	31abs	17 α (H),21 β (H), 22S-homohopano
	31abr	17 α (H),21 β (H), 22R-homohopano
	30G	gamacerano
	32abs	17 α (H),21 β (H), 22S-bishomohopano
	32abr	17 α (H),21 β (H), 22R-bishomohopano
	33abs	17 α (H),21 β (H), 22S-trishomohopano
	33abr	17 α (H),21 β (H), 22R-trishomohopano
	34abs	17 α (H),21 β (H), 22S-tetrakishomohopano
	34abr	17 α (H),21 β (H), 22R-tetrakishomohopano
	35abs	17 α (H),21 β (H), 22S-pentakishomohopano
	35abr	17 α (H),21 β (H), 22R-pentakishomohopano
	diplopteno	17 β ,21 β (H)-hop-22(29)-eno
ESTERANOS	27dbs	13 β (H), 17 α (H), 20S-colestano (diasterano)
	27dbr	13 β (H), 17 α (H), 20R-colestano (diasterano)
	27aas	5 α (H), 14 α (H), 17 α (H), 20R-colestano
	27aar	5 α (H), 14 α (H), 17 α (H), 20S-colestano
	28aas	24-methyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H), 20R- colestano
	28aar	24-methyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H), 20S- colestano
	29aas	24-etil-5 α (H), 14 α (H), 17 α , 20S-colestano
	29aar	24-etil-5 α (H), 14 α (H), 17 α , 20R-colestano
	27bbr	5 α (H), 14 β (H), 17 β (H), 20R-colestano
	27bbs	5 α (H), 14 β (H), 17 β (H), 20S-colestano
	28bbr	24-methyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H), 20R-colestano
	28bbs	24-methyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H), 20S-colestano
	29bbr	24-etil-5 α (H), 14 β (H), 17 β , 20R-colestano
	29bbs	24-etil-5 α (H), 14 β (H), 17 β , 20S-colestano

Anexo do Capítulo XIV

Anexo XIV-1: Variáveis abióticas utilizada no modelo ambiental completo.

	Código	Descrição
1	PROF	Profundidade (metros)
2	LAT	Latitude (graus decimais)
3	LONG	Longitude (graus decimais)
4	DECLI_GEOF	Declividade geográfica (metros)
5	MEDIANA_GRAN_MICRA_0A2	Mediana da granulometria em μm no estrato de 0 a 2 cm
6	MEDIA_GRAN_MICRA_0A2	Media da granulometria em μm no estrato de 0 a 2 cm
7	DP_GRAN_MICRA_0A2	Desvio padrão da granulometria em μm no estrato de 0 a 2 cm
8	ASSIM_GRAN_MICRA_0A2	Assimetria da granulometria em μm no estrato de 0 a 2 cm
9	CURT_GRAN_MICRA_0A2	Curtose da granulometria em μm no estrato de 0 a 2 cm
10	MEDIANA_GRAN_PHI_0A2	Mediana da granulometria em phi no estrato de 0 a 2 cm
11	MEDIA_GRAN_PHI_0A2	Media da granulometria em phi no estrato de 0 a 2 cm
12	DP_GRAN_PHI_0A2	Desvio padrão da granulometria em phi no estrato de 0 a 2 cm
13	ASSIM_GRAN_PHI_0A2	Assimetria da granulometria em phi no estrato de 0 a 2 cm
14	CURT_GRAN_PHI_0A2	Curtose da granulometria em phi no estrato de 0 a 2 cm
15	CASC_TOTAL_0A2	Teor de cascalho total na amostra - <64mm; >2mm no estrato de 0 a 2 cm
16	AREI_TOTAL_0A2	Teor de areia total na amostra - <2mm; >63 μm no estrato de 0 a 2 cm
17	LAMA_TOTAL_0A2	Teor de lama total (silte+argila) na amostra - <63 μm no estrato de 0 a 2 cm
18	CASC_MUITO_GROS_0A2	Teor de cascalho muito grosso - <64mm; >32mm no estrato de 0 a 2 cm
19	CASC_GROS_0A2	Teor de cascalho grosso - <32mm; >16mm no estrato de 0 a 2 cm
20	CASC_MED_0A2	Teor de cascalho médio - <16mm; >8mm no estrato de 0 a 2 cm
21	CASC_FIN_0A2	Teor de cascalho fino - <8mm; >4mm no estrato de 0 a 2 cm
22	CASC_MUITO_FIN_0A2	Teor de cascalho muito fino - <4mm; >2mm no estrato de 0 a 2 cm
23	AREIA_MUITO_GROS_0A2	Teor de areia muito grossa - <2mm; >1mm no estrato de 0 a 2 cm
24	AREIA_GROS_0A2	Teor de areia grossa - <1mm; >500 μm no estrato de 0 a 2 cm

	Código	Descrição
25	AREIA_MED_0A2	Teor de areia média - <500µm; >250µm no estrato de 0 a 2 cm
26	AREIA_FIN_0A2	Teor de areia fina - <250µm; >125µm no estrato de 0 a 2 cm
27	AREIA_MUITO_FIN_0A2	Teor de areia muito fina - <125µm; >63µm no estrato de 0 a 2 cm
28	SILTE_MUITO_GROS_0A2	Teor de silte muito grosso - <63µm; >31µm no estrato de 0 a 2 cm
29	SILTE_GROS_0A2	Teor de silte grosso - <31µm; >16µm no estrato de 0 a 2 cm
30	SILTE_MED_0A2	Teor de silte médio - <16µm; >8µm no estrato de 0 a 2 cm
31	SILTE_FIN_0A2	Teor de silte fino - <8µm; >4µm no estrato de 0 a 2 cm
32	SILTE_MUITO_FIN_0A2	Teor de silte muito fino - <4µm; >2µm no estrato de 0 a 2 cm
33	ARGILA_0A2	Teor de argila - <2µm no estrato de 0 a 2 cm
34	CBNATOT_0A2	Conteúdo de carbonatos no estrato de 0 a 2 cm
35	MEDIANA_GRAN_MICRA_2A10	Mediana da granulometria em µm no estrato de 2 a 10 cm
36	MEDIA_GRAN_MICRA_2A10	Media da granulometria em µm no estrato de 2 a 10 cm
37	DP_GRAN_MICRA_2A10	Desvio padrão da granulometria em µm no estrato de 2 a 10 cm
38	ASSIM_GRAN_MICRA_2A10	Assimetria da granulometria em µm no estrato de 2 a 10 cm
39	CURT_GRAN_MICRA_2A10	Curtose da granulometria em µm no estrato de 2 a 10 cm
40	MEDIANA_GRAN_PHI_2A10	Mediana da granulometria em phi no estrato de 2 a 10 cm
41	MEDIA_GRAN_PHI_2A10	Media da granulometria em phi no estrato de 2 a 10 cm
42	DP_GRAN_PHI_2A10	Desvio padrão da granulometria em phi no estrato de 2 a 10 cm
43	ASSIM_GRAN_PHI_2A10	Assimetria da granulometria em phi no estrato de 2 a 10 cm
44	CURT_GRAN_PHI_2A10	Curtose da granulometria em phi no estrato de 2 a 10 cm
45	CASC_TOTAL_2A10	Teor de cascalho total na amostra - <64mm; >2mm no estrato de 2 a 10 cm
46	AREI_TOTAL_2A10	Teor de areia total na amostra - <2mm; >63µm no estrato de 2 a 10 cm
47	LAMA_TOTAL_2A10	Teor de lama total (silte+argila) na amostra - <63µm no estrato de 2 a 10 cm
48	CASC_MUITO_GROS_2A10	Teor de cascalho muito grosso - <64mm; >32mm no estrato de 2 a 10 cm
49	CASC_GROS_2A10	Teor de cascalho grosso - <32mm; >16mm no estrato de 2 a 10 cm

	Código	Descrição
50	CASC_MED_2A10	Teor de cascalho médio - <16mm; >8mm no estrato de 2 a 10 cm
51	CASC_FIN_2A10	Teor de cascalho fino - <8mm; >4mm no estrato de 2 a 10 cm
52	CASC_MUITO_FIN_2A10	Teor de cascalho muito fino - <4mm; >2mm no estrato de 2 a 10 cm
53	AREIA_MUITO_GROS_2A10	Teor de areia muito grossa - <2mm; >1mm no estrato de 2 a 10 cm
54	AREIA_GROS_2A10	Teor de areia grossa - <1mm; >500µm no estrato de 2 a 10 cm
55	AREIA_MED_2A10	Teor de areia média - <500µm; >250µm no estrato de 2 a 10 cm
56	AREIA_FIN_2A10	Teor de areia fina - <250µm; >125µm no estrato de 2 a 10 cm
57	AREIA_MUITO_FIN_2A10	Teor de areia muito fina - <125µm; >63µm no estrato de 2 a 10 cm
58	SILTE_MUITO_GROS_2A10	Teor de silte muito grosso - <63µm; >31µm no estrato de 2 a 10 cm
59	SILTE_GROS_2A10	Teor de silte grosso - <31µm; >16µm no estrato de 2 a 10 cm
60	SILTE_MED_2A10	Teor de silte médio - <16µm; >8µm no estrato de 2 a 10 cm
61	SILTE_FIN_2A10	Teor de silte fino - <8µm; >4µm no estrato de 2 a 10 cm
62	SILTE_MUITO_FIN_2A10	Teor de silte muito fino - <4µm; >2µm no estrato de 2 a 10 cm
63	ARGILA_2A10	Teor de argila - <2µm no estrato de 2 a 10 cm
64	CBNATOT_2A10	Conteúdo de carbonatos no estrato de 2 a 10 cm
65	MEDIANA_GRAN_MICRA_0A10	Mediana da granulometria em µm no estrato de 0 a 10 cm
66	MEDIA_GRAN_MICRA_0A10	Media da granulometria em µm no estrato de 0 a 10 cm
67	DP_GRAN_MICRA_0A10	Desvio padrão da granulometria em µm no estrato de 0 a 10 cm
68	ASSIM_GRAN_MICRA_0A10	Assimetria da granulometria em µm no estrato de 0 a 10 cm
69	CURT_GRAN_MICRA_0A10	Curtose da granulometria em µm no estrato de 0 a 10 cm
70	MEDIANA_GRAN_PHI_0A10	Mediana da granulometria em phi no estrato de 0 a 10 cm
71	MEDIA_GRAN_PHI_0A10	Media da granulometria em phi no estrato de 0 a 10 cm
72	DP_GRAN_PHI_0A10	Desvio padrão da granulometria em phi no estrato de 0 a 10 cm
73	ASSIM_GRAN_PHI_0A10	Assimetria da granulometria em phi no estrato de 0 a 10 cm
74	CURT_GRAN_PHI_0A10	Curtose da granulometria em phi no estrato de 0 a 10 cm

	Código	Descrição
75	CASC_TOTAL_0A10	Teor de cascalho total na amostra - <64mm; >2mm no estrato de 0 a 10 cm
76	AREI_TOTAL_0A10	Teor de areia total na amostra - <2mm; >63µm no estrato de 0 a 10 cm
77	LAMA_TOTAL_0A10	Teor de lama total (silte+argila) na amostra - <63µm no estrato de 0 a 10 cm
78	CASC_MUITO_GROS_0A10	Teor de cascalho muito grosso - <64mm; >32mm no estrato de 0 a 10 cm
79	CASC_GROS_0A10	Teor de cascalho grosso - <32mm; >16mm no estrato de 0 a 10 cm
80	CASC_MED_0A10	Teor de cascalho médio - <16mm; >8mm no estrato de 0 a 10 cm
81	CASC_FIN_0A10	Teor de cascalho fino - <8mm; >4mm no estrato de 0 a 10 cm
82	CASC_MUITO_FIN_0A10	Teor de cascalho muito fino - <4mm; >2mm no estrato de 0 a 10 cm
83	AREIA_MUITO_GROS_0A10	Teor de areia muito grossa - <2mm; >1mm no estrato de 0 a 10 cm
84	AREIA_GROS_0A10	Teor de areia grossa - <1mm; >500µm no estrato de 0 a 10 cm
85	AREIA_MED_0A10	Teor de areia média - <500µm; >250µm no estrato de 0 a 10 cm
86	AREIA_FIN_0A10	Teor de areia fina - <250µm; >125µm no estrato de 0 a 10 cm
87	AREIA_MUITO_FIN_0A10	Teor de areia muito fina - <125µm; >63µm no estrato de 0 a 10 cm
88	SILTE_MUITO_GROS_0A10	Teor de silte muito grosso - <63µm; >31µm no estrato de 0 a 10 cm
89	SILTE_GROS_0A10	Teor de silte grosso - <31µm; >16µm no estrato de 0 a 10 cm
90	SILTE_MED_0A10	Teor de silte médio - <16µm; >8µm no estrato de 0 a 10 cm
91	SILTE_FIN_0A10	Teor de silte fino - <8µm; >4µm no estrato de 0 a 10 cm
92	SILTE_MUITO_FIN_0A10	Teor de silte muito fino - <4µm; >2µm no estrato de 0 a 10 cm
93	ARGILA_0A10	Teor de argila - <2µm no estrato de 0 a 10 cm
94	CBNATOT_0A10	Conteúdo de carbonatos no estrato de 0 a 10 cm
95	CLOROF_A	Concentração de clorofila-a no estrato de 0 a 2 cm
96	FEOPIG	Concentração de feopigmentos no estrato de 0 a 2 cm
97	TOC_CONCENT	Concentração de carbono orgânico total no estrato de 0 a 2 cm
98	NITROG_CONCENT	Concentração de nitrogênio no estrato de 0 a 2 cm
99	CN_MOLAR	Razão molar carbono/nitrogênio no estrato de 0 a 2 cm

	Código	Descrição
100	C13_PERMILLE	Razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ no bulk no estrato de 0 a 2 cm
101	N15_PERMILLE	Razão isotópica $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ no bulk no estrato de 0 a 2 cm
102	C14.OH	Concentração de tetradecanol no estrato de 0 a 2 cm
103	C16.OH	Concentração de hexadecanol no estrato de 0 a 2 cm
104	C18.OH	Concentração de octadecanol no estrato de 0 a 2 cm
105	Fitol	Concentração de 3,7,11,15-tetrametil-hexadec-2E-enol no estrato de 0 a 2 cm
106	C20.OH	Concentração de eicosanol no estrato de 0 a 2 cm
107	C21.OH	Concentração de eneicosanol no estrato de 0 a 2 cm
108	C22.OH	Concentração de docosanol no estrato de 0 a 2 cm
109	C23.OH	Concentração detricosanol no estrato de 0 a 2 cm
110	C24.OH	Concentração de tetracosanol no estrato de 0 a 2 cm
111	C25.OH	Concentração de pentacosanol no estrato de 0 a 2 cm
112	C26.OH	Concentração de hexacosanol no estrato de 0 a 2 cm
113	C27.OH	Concentração de heptacosanol no estrato de 0 a 2 cm
114	C28.OH	Concentração de octacosanol no estrato de 0 a 2 cm
115	C29.OH	Concentração de nonacosanol no estrato de 0 a 2 cm
116	C30.OH	Concentração de triacontanol no estrato de 0 a 2 cm
117	C31.OH	Concentração de untriacontanol no estrato de 0 a 2 cm
118	C32.OH	Concentração de dotriacontanol no estrato de 0 a 2 cm
119	X26d5.22	Concentração de 24-nor-colesta-5,22E-dien-3 β -ol no estrato de 0 a 2 cm
120	X26d22	Concentração de 24-nor-5 α -colest-22E-en-3 β -ol no estrato de 0 a 2 cm
121	Coprostanol	Concentração de 5 β -colestan-3 β -ol (coprostanol) no estrato de 0 a 2 cm
122	X27.d5.22	Concentração de 27-nor-24-metilcolesta-5,22E-dien-3 β -ol no estrato de 0 a 2 cm
123	X27d5.22	Concentração de colesta-5,22E-dien-3 β -ol no estrato de 0 a 2 cm
124	X27d5	Concentração de colest-5-en-3 β -ol (colesterol) no estrato de 0 a 2 cm

	Código	Descrição
125	X27d0	Concentração de 5 α -colestano-3 β -ol (colestanol) no estrato de 0 a 2 cm
126	X28d5.22	Concentração de 24-metilcolestano-5,22E-dien-3 β -ol no estrato de 0 a 2 cm
127	X28d5.24.28.	Concentração de 24-metilcolestano-5,24(28)-dien-3 β -ol no estrato de 0 a 2 cm
128	X28d5	Concentração de 24-metilcolestano-5-en-3 β -ol (campesterol) no estrato de 0 a 2 cm
129	X28d0	Concentração de 24-metil-5 α -colestano-3 β -ol (campestanol) no estrato de 0 a 2 cm
130	X29d5.22	Concentração de 24-etilcolestano-5,22E-dien-3 β -ol (estigmasterol) no estrato de 0 a 2 cm
131	X29d5	Concentração de 24-etilcolestano-5-en-3 β -ol (sitosterol) no estrato de 0 a 2 cm
132	X29d0	Concentração de 24-etil-5 α -colestano-3 β -ol (sitostanol) no estrato de 0 a 2 cm
133	X30d22	Concentração de 4 α ,23,24-trimetil-5 α -colestano-22(E)-en-3 β -ol (dinosterol) no estrato de 0 a 2 cm
134	P_ORG	Concentração de fósforo orgânico no estrato de 0 a 2 cm
135	P_INORG	Concentração de fósforo inorgânico no estrato de 0 a 2 cm
136	P_TOT	Concentração de fósforo total no estrato de 0 a 2 cm
137	CHO	Concentração de carboidrato total no estrato de 0 a 2 cm
138	PRT	Concentração de proteína total no estrato de 0 a 2 cm
139	LIP	Concentração de lípidios total no estrato de 0 a 2 cm
140	CBP	Concentração de carbono biopolimérico no estrato de 0 a 2 cm
141	C8.0	Concentração de Ácido caprílico no estrato de 0 a 2 cm
142	C10.0	Concentração de Ácido cáprico no estrato de 0 a 2 cm
143	C11.0	Concentração de Ácido undecanoico no estrato de 0 a 2 cm
144	C12.0	Concentração de Ácido láurico no estrato de 0 a 2 cm
145	C13.0	Concentração de Ácido tridecanoico no estrato de 0 a 2 cm
146	C14.0	Concentração de Ácido mirístico no estrato de 0 a 2 cm
147	C14.1	Concentração de Ácido miristoleico no estrato de 0 a 2 cm
148	C15.0	Concentração de Ácido pentadecanoico no estrato de 0 a 2 cm

	Código	Descrição
149	C15.1	Concentração de Ácido cis-10-pentadecanoico no estrato de 0 a 2 cm
150	C16.0	Concentração de Ácido palmítico no estrato de 0 a 2 cm
151	C16.1	Concentração de Ácido palmitoleico no estrato de 0 a 2 cm
152	C17.0	Concentração de Ácido heptadecanoico no estrato de 0 a 2 cm
153	C17.1	Concentração de Ácido cis-10-heptadecanoico no estrato de 0 a 2 cm
154	C18.0	Concentração de Ácido esteárico no estrato de 0 a 2 cm
155	C18.1.trans.n9.	Concentração de Ácido elaídico no estrato de 0 a 2 cm
156	C18.1.cis.n9.	Concentração de Ácido oleico no estrato de 0 a 2 cm
157	C18.2.trans.n6.	Concentração de Ácido linolelaídico no estrato de 0 a 2 cm
158	C18.2.cis.n6.	Concentração de Ácido linoleico no estrato de 0 a 2 cm
159	C18.3n6	Concentração de Ácido γ -linolênico no estrato de 0 a 2 cm
160	C18.3n3	Concentração de Ácido α -linolênico no estrato de 0 a 2 cm
161	C20.0	Concentração de Ácido araquídico no estrato de 0 a 2 cm
162	C20.1n9	Concentração de Ácido cis-11-eicosenoico no estrato de 0 a 2 cm
163	C20.2	Concentração de Ácido cis-11,14-eicosadienoico no estrato de 0 a 2 cm
164	C21.0	Concentração de Ácido heneicosanoico no estrato de 0 a 2 cm
165	C20.3n6	Concentração de Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico no estrato de 0 a 2 cm
166	C20.4n6.ARA.	Concentração de Ácido araquidônico no estrato de 0 a 2 cm
167	C20.3n3	Concentração de Ácido cis-11,14,17-eicosatrienoico no estrato de 0 a 2 cm
168	C22.0	Concentração de Ácido beénico no estrato de 0 a 2 cm
169	C20.5n3.EPA.	Concentração de Ácido cis-5,8,11,14,17eicosapentaenoico no estrato de 0 a 2 cm
170	C22.1n9	Concentração de Ácido erúcico no estrato de 0 a 2 cm
171	C22.2	Concentração de Ácido cis-13,16-docosadienoico no estrato de 0 a 2 cm
172	C23.0	Concentração de Ácido tricosanoico no estrato de 0 a 2 cm

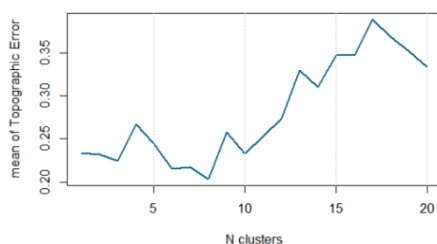
	Código	Descrição
173	C24.0	Concentração de Ácido lignocérico no estrato de 0 a 2 cm
174	C24.1	Concentração de Ácido nervônico no estrato de 0 a 2 cm
175	C22.6n3.DHA.	Concentração de Ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosaenoico no estrato de 0 a 2 cm
176	C26.0	Concentração de Ácido cerótico no estrato de 0 a 2 cm
177	C28.0	Concentração de Ácido montânico no estrato de 0 a 2 cm
178	DENS_MEIO	Densidade Total da Meiofauna
179	DENS_NEMA	Densidade total de Nematoda (meiofauna)
180	DENS_COPE	Densidade total de Copepoda (meiofauna)
181	DENS_KINO	Densidade total de Kynorhyncha (meiofauna)
182	DENS_POLY	Densidade total de Polychaeta (meiofauna)
183	RIQ_MEIO	Riqueza da Meiofauna
184	RIQ_GEN_NEMA	Riqueza de Nematoda (meiofauna)
185	MACRO_TOT	Densidade de Macrofauna total (0 a 10 cm)
186	MACRO_Poly	Densidade de Polychaeta (macrofauna)
187	MACRO_CRU	Densidade de Crustacea (macrofauna)
188	MACRO_MOL	Densidade de Mollusca (macrofauna)
189	MACRO_RIQ	Riqueza de Macrofauna
190	ASV_RIQ	Riqueza (Microbiota)
191	ASV_CHAO	Chao (Microbiota)
192	ASV_H	Diversidade de Simpsons (Microbiota)
193	ASV_J	Equitabilidade (Microbiota)
194	ASV_PHYLO_DIV	Diversidade Filogenética (Microbiota)
195	Candidatus_Nitrosopumilus	Candidatus_Nitrosopumilus (microbiota)
196	Woeseia	Woeseia (microbiota)
197	Rhodopirellula	Rhodopirellula (microbiota)
198	Nitrospira	Nitrospira (microbiota)
199	PERT_MET	Pertubação - Metais
200	PERT_FLUID	Pertubação - Fluido
201	PERT_HPAS.BARIO	Pertubação - HPAs - Bario
202	PERT_TOT	Pertubação total

Anexo XIV-2: Comparação par-a-par dos modelos. Diagonal superior: estimativas de distância; diagonal inferior: valor de p para H_0 : diferença = 0

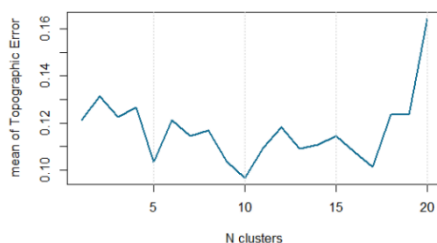
	Random Forest	Naive Bayes	SVM Linear	SVM Radial	KNN Linear	KNN Radial	Gradiente estocástico
Random Forest		0.16	0.19	0.31	0.34	0.35	0.08
Naive Bayes	<0.001		0.04	0.15	0.18	0.19	-0.07
SVM Linear	<0.001	1.00		0.12	0.14	0.15	-0.11
SVM Radial	<0.001	<0.001	<0.001		0.02	0.04	-0.23
KNN Linear	<0.001	<0.001	<0.001	1.00		0.01	-0.25
KNN Radial	<0.001	<0.001	<0.001	1.00	1.00		-0.27
Gradiente estocástico	<0.001	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

Anexo XIV-3: Média do erro topográfico em função do número de clusters no agrupamento hierárquico do mapa de neurônios.

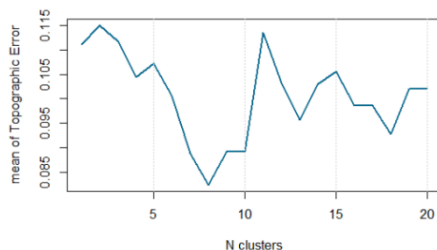
Microbiota



Nematoda



Macrofauna



Anexo XIV-4: Boxplots das variáveis ambientais utilizada no modelo reduzido em função das associações bentônicas.

