d) Metais

Nas três amostragens efetuadas por Abessa *et al.* (2005a) (Quadro 2.4.2.2-11) foram encontrados percentuais de Al e Fe entre 3,87 e 6,06% e 1,78 e 3,25%, respectivamente. Para o Zn foram obtidas concentrações entre 42,65 e 83,26 µg/g e para o Ni 11,4 e 26,5 µg/g. O cádmio na maioria das estações apresentou valores abaixo do limite de detecção do método analítico empregado (0,5 µg/g), sendo este detectado apenas nas estações 1 (0,85 µg/g na campanha de inverno de 1999) e na estação 5 (0,65 µg/g na campanha de verão do ano 2000). O Pb na região do Emissário de Santos oscilou entre 8,92 e 28 µg/g, enquanto o cromo obteve variação de 5,46 e 111,72 µg/g. Já os níveis de Co e Hg variaram entre 5,15 e 13,5 µg/g e de 0,05 e 0,18 µg/g, respectivamente.

Com relação à distribuição espacial, foram verificados percentuais elevados de metais nos sedimentos da estação 1 durante o verão e inverno de 1999, enquanto na estação 5 foram encontradas os níveis mais elevados de metais na campanha efetuada no verão de 2000.

Na sequência das Figuras 2.4.2.2-23 a 2.4.2.2-27 são mostrados os conteúdos de metais obtidos nos sedimentos coletados na caracterização do Sistema estuarino de Santos (SES) no verão de 1998 (Abessa *et al.*, 2008a). De maneira geral, a distribuição de metais no SES é bem definida, com elevadas concentrações no Canal de Santos (estações 4, 5, 6,7 e 8). Outras áreas exibem sinais de degradação como os canais de São Vicente (estações 9 e 11) e da Bertioga (estação 24), nas proximidades do emissário de Santos (estação 18) e na parte este da baía de Santos (estações 22 e 23), todas situadas próximas a fontes de contaminação. Neste estudo foram encontrados concentrações acima dos valores orientadores TEL (Cd) e PEL (Hg, Pb e Zn), estabelecidos pela CCME (2002), que indicam potencial de toxicidade do sedimento para a biota aquática.

Os teores de alumínio oscilaram entre 0,1 e 7,9%, sendo os valores mais elevados observados na região superior do estuário com um gradiente decrescente em direção ao mar. Uma distribuição similar foi observada para o ferro, com concentrações oscilando de 0,5 a 8,0%. As distribuições de ferro e

alumínio no SES sugerem a ocorrência de inputs de origem industrial ou terrestre para o sistema (Figura 2.4.2.2-23).

Para o cromo foram obtidas concentrações entre 5 e 97,5 µg/g, com predominância de valores elevados nos canais de Santos, São Vicente e Bertioga e na porção este da Baía de Santos (estação 22) e nas proximidades do emissário de Santos. O teor zinco nos sedimentos do SES oscilou entre 7,6 e 312 µg/g, sendo verificada maior concentração no canal de Santos (Figura 2.4.2.2-24).

O cobalto oscilou entre 0 e 16 µg/g, com elevadas concentrações na parte superior do estuário e níveis moderados nas proximidades do emissário de Santos e na porção oeste da baía de Santos, enquanto o teor de níquel oscilou entre 1,3 e 44,2 µg/g, com predominância de valores mais elevados nos canais de Santos, São Vicente e Bertioga e níveis moderados na porção este da baía (Figura 2.4.2.2-25).

Quadro 2.4.2.2-11 - *Teores de metais obtidos na caracterização dos sedimentos do emissário de Santos. Amostragem efetuada no (I) verão de 1999, (II) inverno de 1999 e (III) verão de 2000.*

PONTO	Al (%)			Fe(%)			Zn (µg/g)			Ni (µg/g)			Pb (µg/g)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	4,15	6,06	3,99	2,46	2,47	1,78	57,24	83,26	50,63	17,39	26,5	12,51	17,34	28	12,31
2	4,43	4,9	3,94	1,96	1,96	1,78	52,79	53,13	42,84	14,43	14,63	11,4	13,68	14	11,34
3	3,87	4,15	4,31	1,89	1,91	2,02	42,65	57,55	44,59	13,44	16,68	12,39	10,17	17	8,92
4	4,33	4,55	4,19	2,14	2,14	2,18	50,71	51,29	51,51	15,16	15,1	14,43	15,36	15,5	16,29
5	4,35	4,67	5,25	2,31	2,31	3,25	51,4	52,32	65,59	14,32	16,13	20,91	14,93	14,5	25,95

Fonte: Abessa *et al*. (2005a).

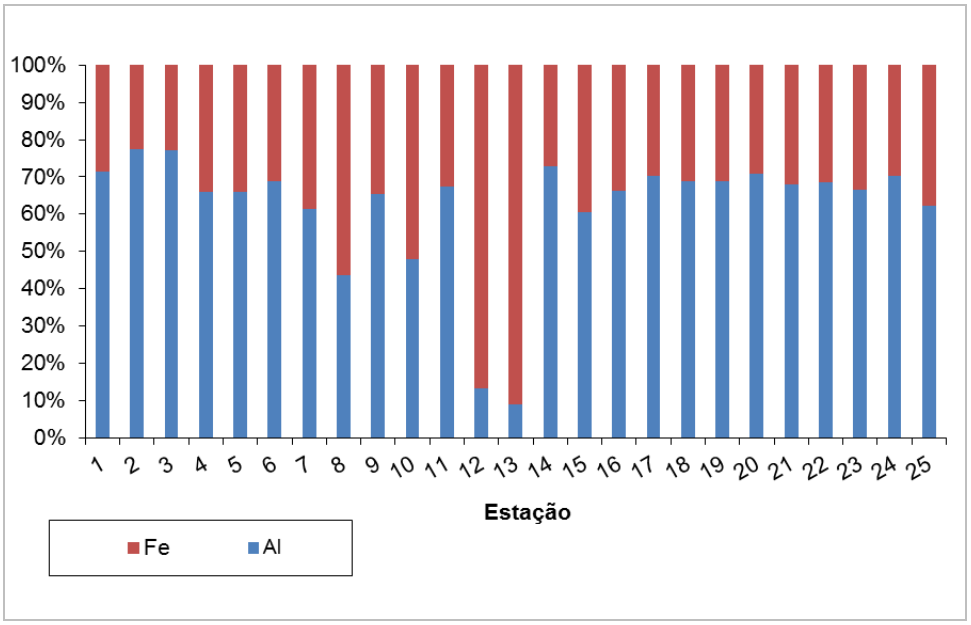


Figura 2.4.2.2-23 - *Conteúdo de Al e Fe nos sedimentos superficiais do Sistema estuarino de Santos.*
Fonte: Abessa *et al.* (2008a).

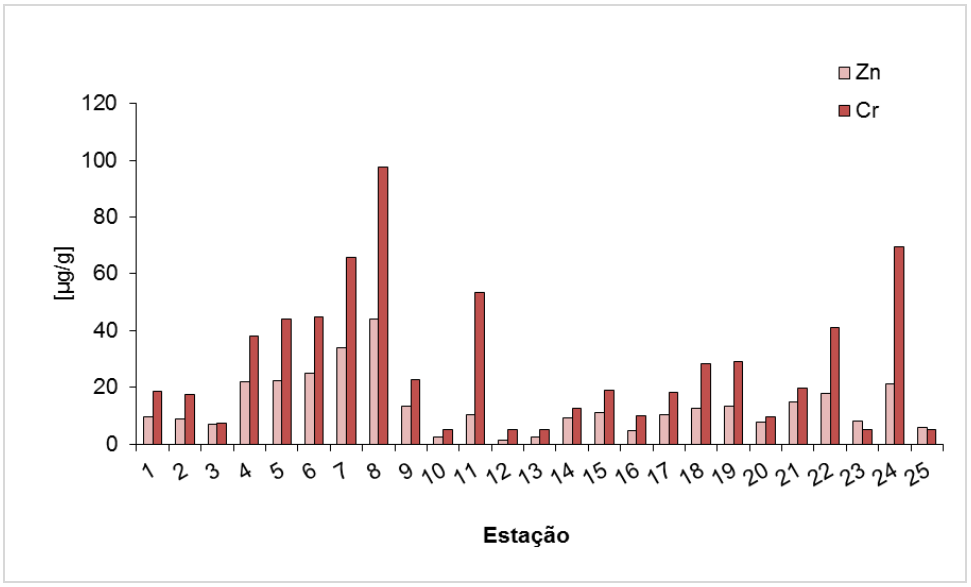


Figura 2.4.2.2-24 - *Conteúdo de Zn e Cr nos sedimentos superficiais do Sistema estuarino de Santos.*
Fonte: Abessa *et al.* (2008a).

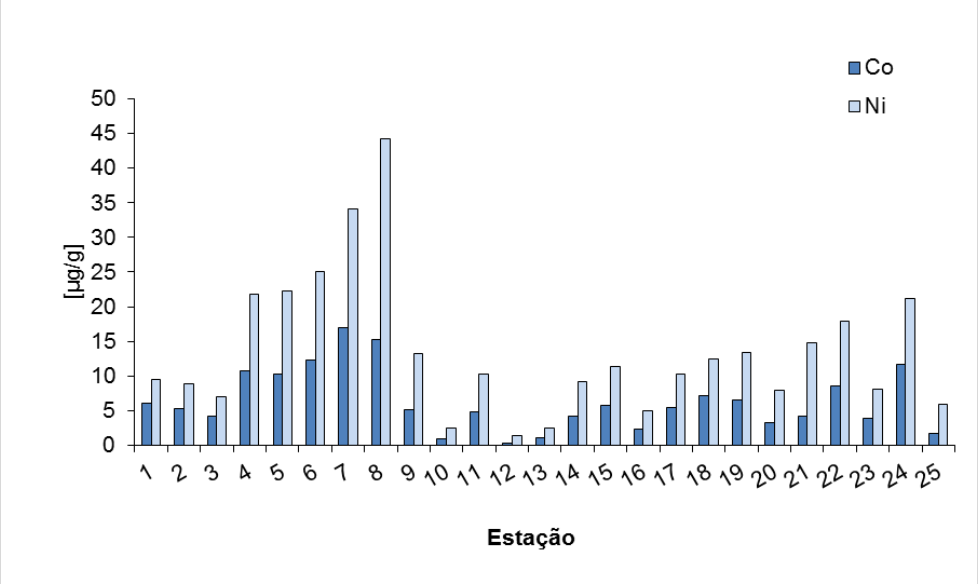


Figura 2.4.2.2-25 - *Conteúdo de Co e Ni nos sedimentos superficiais do Sistema estuarino de Santos.*
Fonte: Abessa *et al.* (2008a).

As concentrações de cádmio variaram de <0,5 e 1,49 µg/g, sendo os valores mais elevados obtidos nos canais de Santos, São Vicente e Bertioga. Já o mercúrio variou entre 0,02 e 0,92 µg/g nas amostras, sendo encontrados valores mais elevados nas amostras do estuário (Figura 2.3.2.2-26).

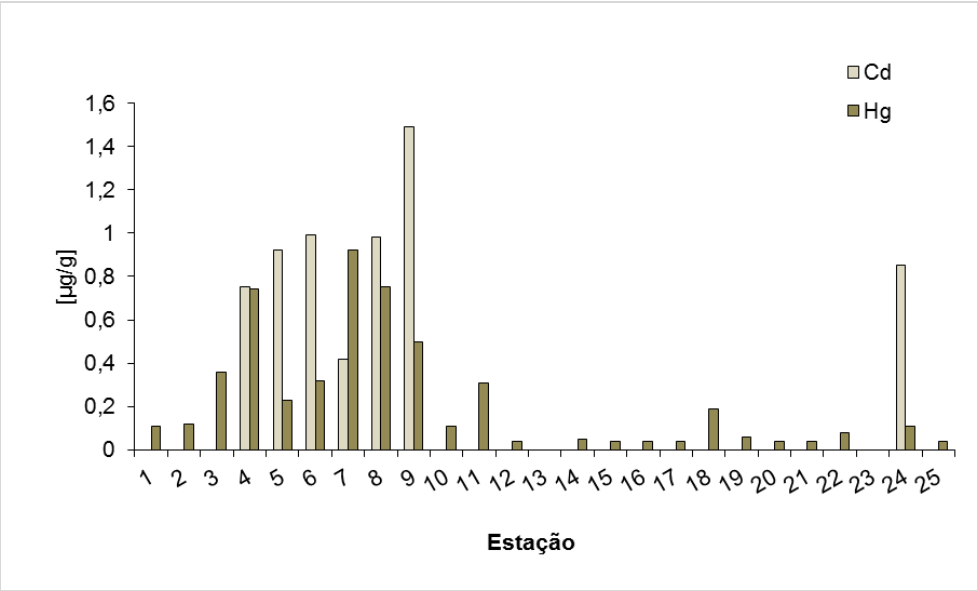


Figura 2.4.2.2-26 - *Conteúdo de Cd e Hg nos sedimentos superficiais do Sistema estuarino de Santos.*
Fonte: Abessa *et al.* (2008a).

Os conteúdos de Pb, por sua vez, variaram de 2,0 a 204,8 µg/g, sendo novamente encontrados valores elevados nos canais de Santos e Bertioga (Figura 2.3.2.2-27).

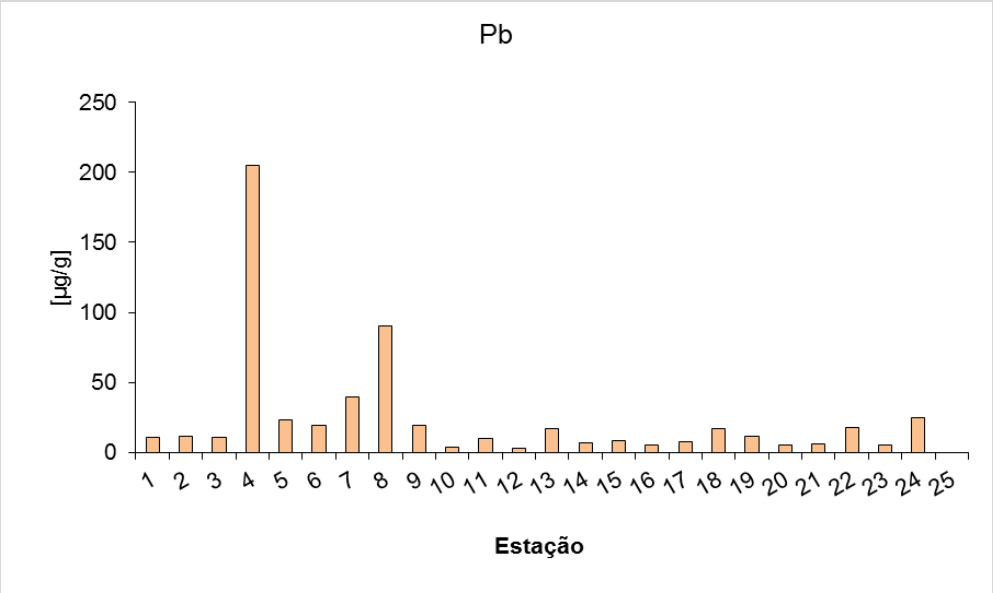


Figura 2.4.2.2-27 - *Conteúdo de Pb nos sedimentos superficiais do Sistema estuarino de Santos.*
Fonte: Abessa *et al* .(2008a).

No estudo conduzido por Torres *et al*. (2009) para avaliação dos efeitos da dragagem do Porto de Santos sobre a qualidade dos sedimentos da região indicaram que os sedimentos dos terminais Alemoa e TECON apresentam contaminação por As, Pb, Zn e Hg. Os sedimentos da área de disposição do material dragado (SD1) apresentaram características similares a do terminal Alemoa (Quadro 2.4.2.2-12), enquanto nas áreas adjacentes a disposição (SD2 a SD5) e a área marinha adjacente (P1 a P5) apresentou baixas concentrações de metais. Sugerindo que os metais não estão sendo dispersos na área marinha, com exceção da estação P4, que apresentou concentrações mais elevadas.

Quadro 2.4.2.2-12 - *Concentrações de metais obtidas na campanha de caracterização dos sedimentos do Porto de Santos.*

PONTO/ESTAÇÃO		mg/kg			
		As	**Hg**	**Pb**	**Zn**
Terminal Alemoa	Al1	10,89	0,82	36,40	131,99
	Al2	11,13	0,95	37,93	134,01
Terminal TECON	T1	9,37	0,34	33,97	90,79
	T2	10,18	0,41	36,40	95,06
Área de disposição dos sedimentos e região adjacente	SD1	9,27	0,78	27,70	98,66
	SD2	2,28	0,06	<7,5	23,59
	SD3	4,25	0,08	<7,5	23,79
	SD4	2,73	0,07	<7,5	20,52
	SD5	3,36	0,11	<7,5	27,98
Pontos provavelmente atingidos pela pluma	P1	3,70	0,09	<7,5	16,85
	P2	4,90	0,08	<7,5	30,05
	P3	5,25	0,11	<7,5	28,35
	P4	10,00	0,13	31,00	74,50
	P5	5,90	0,07	<7,5	30,25

Fonte: Torres *et al.* (2009).

Nas amostragens efetuadas por Hortellani *et al.* (2005) foram obtidas concentrações de Hg entre 0,04 e 1,19 µg/g. Enquanto nas amostragens efetuadas por Siqueira *et al*. (2005) foram obtidos valores entre 0,50 e 1,0 mg/kg de Hg (Figura 2.4.2.2-28), destacando-se a ocorrência das concentrações mais elevadas nos pontos situados nos Canais de Santos e São Vicente (pontos 9,10,11,12 e 13). Em ambos estudos, foram detectadas concentrações do metal acima do nível em que é provável a ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica (PEL).

Na campanha de monitoramento das atividades de dragagem do Porto de Santos efetuada entre janeiro e abril de 2010 o cromo foi quantificado em concentrações entre 2,29 e 16,8 mg/kg, o chumbo entre 3,72 e 12,3 mg/kg, cobre entre 1,45 e 6,12 mg/kg, níquel entre 1,43 e 5,91 mg/kg e zinco entre 11,4 e 61,4 mg/kg (FUNDESPA, 2010). Enquanto, na campanha efetuada fevereiro de 2013, foram quantificados em todas as 24 amostras coletadas cromo (2,79 e 15,9 mg/kg), cobre (0,65 e 8,21 mg/kg), chumbo (2.45 e 11,5 mg/kg),

níquel (0,66 e 6,30 mg/kg) e zinco (5,78 e 42,1 mg/kg). O mercúrio foi detectado apenas nas amostras, Q3 (0,07 mg/kg) e Q10 (0,16 mg/kg)(FUNDESPA, 2013). Deve ser ressaltado que, durante estes períodos de monitoramento não foi identificada contaminação por metais na região do polígono de descarte, ainda que os metais quantificados ocorreram na maioria das quadrículas do PDO e áreas adjacentes amostradas, inclusive no ponto nordeste e ponto controle (estabelecido para evitar o risco de impactos a biota da Laje de Santos).

Embora não tenham sido identificadas concentrações acima dos limites de avaliação de toxicidade do sedimento aplicados ao programa de monitoramento da dragagem (Resoluções CONAMA N^{o} 344/2008 e N^{o} 454/2012), as atividades de dragagem do porto tiveram de ser paradas em junho de 2011, devido ao detecção de concentração de Hg acima do permitido pela legislação durante a dragagem do Trecho 4 (FUNDESPA, 2013).

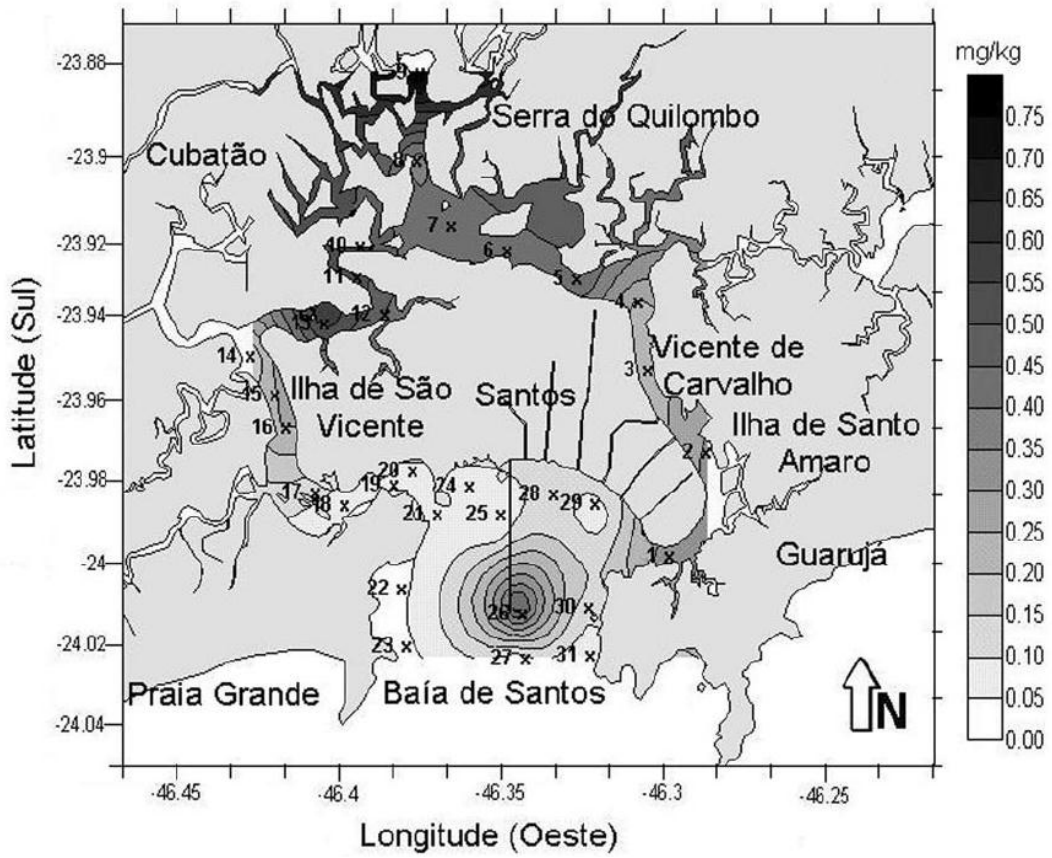


Figura 2.4.2.2-28 - *Distribuição espacial das concentrações de Hg nos sedimentos do Estuário de Santos.*
Fonte: Siqueira *et al.* (2005).

No Quadro 2.4.2.2-13 são apresentados os teores de metais obtidos nos sedimentos do entorno da Ilha da Moela em fevereiro de 2014. Embora a região da Baía de Santos apresente um histórico de contaminação por metais como As, Cd, Hg, Pb e Zn, apenas para o cromo e arsênio foram observadas concentrações acima do valor de referência Canadense TEL, que indica a possibilidade de ocorrência de efeitos biológicos sobre a biota aquática (52,3 mg/kg e 7,24 mg/kg, respectivamente). Conforme esperado, foram evidenciadas concentrações mais elevadas de metais nos pontos com predomínio das frações mais finas do sedimento (silte e argila) e teores mais elevados de carbono orgânico, estações IM-0, IM-03, IM-05, IM-08, IM-11, IM-12 e IM-15.

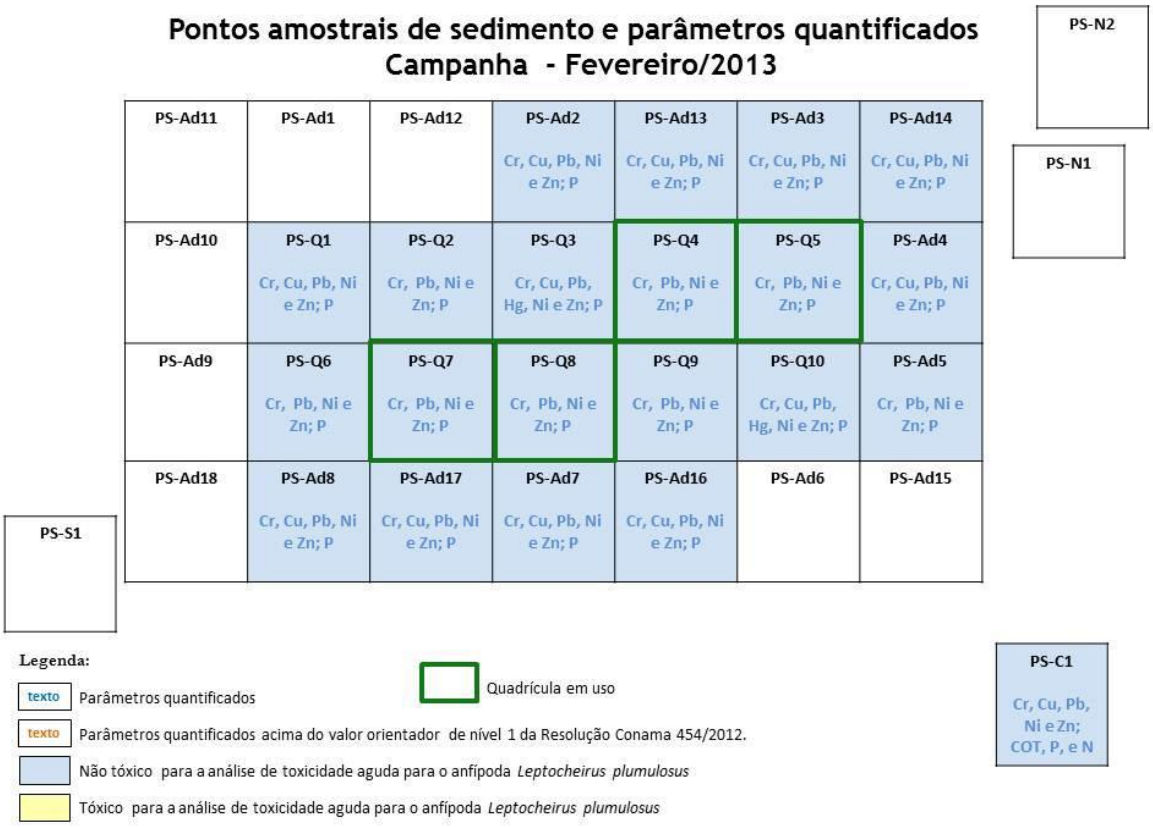


Figura 2.4.2.2-29 - *Esquema ilustrativo contemplando os pontos amostrais e os parâmetros quantificados durante a campanha fevereiro de 2013.*
Fonte: FUNDESPA (2013).

De acordo com os resultados foram obtidas concentrações de Al e Fe na mesma faixa das observadas na região do Emissário e Sistema estuarino de Santos. Para o alumínio os teores variaram entre 9.518,5 e 37.289,6 mg/kg (0,95% e 3,71%), enquanto para Fe foram encontradas concentrações entre 15.731, 7 e 38.148,5 mg/kg (1,57% e 3,81%). Para o arsênio foram obtidas concentrações entre 8,1 e 14,6 mg/kg, sendo a média estimada em 11,6 ±1,5 mg/kg, enquanto o Pb variou de 6,6 a 25,7 mg/kg com teor médio de 17,6 ± 5,4 mg/kg (Figura 2.4.2.2-30).

Quadro 2.4.2.2-13 - *Concentrações de metais obtidas na campanha de caracterização dos sedimentos do entorno da Ilha da Moela e Valores orientadores da CCME(2002), onde o TEL ("Threshold Effect Level"), que indica o nível abaixo do qual não ocorre efeito adverso à comunidade biológica e o PEL ("Probable Effect Level"), que é o nível acima do qual é provável a ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica.*

ESTAÇÃO	Metais (mg/Kg)										
	Al	As	Ba	Cd	Pb	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn	Hg
IM-01	37289,64	12,957	31,082	0,603	25,7	71,094	38148,53	702,969	16,79	61,413	nd
IM-02	33388,75	10,41	26,209	0,503	23,993	61,42	34931,76	579,788	15,823	57,144	nd
IM-03	30130,77	10,994	27,85	0,497	21,12	59,282	35710,1	729,845	14,945	56,441	<0,05
IM-04	19853,89	8,08	20,946	0,334	13,808	43,734	27075,65	411,711	10,079	40,441	nd
IM-05	34230,93	12,536	31,434	0,573	23,695	63,955	35773,5	790,062	16,808	59,735	nd
IM-06	24085,78	nd	22,957	0,39	18,137	51,42	28059,76	440,048	12,31	47,512	nd
IM-08	23190,85	12,111	33,053	0,402	16,869	52,956	29757,85	785,22	12,66	50,167	nd
IM-09	20748,4	nd	21,164	0,398	15,15	45,448	26370,47	461,75	10,514	42,612	nd
IM-10	9518,5	nd	17,805	0,22	6,925	25,209	15731,66	211,084	4,629	23,258	nd
IM-11	31376,88	10,295	32,483	0,511	22,779	63,242	35580,67	688,523	16,137	60,735	nd
IM-12	31450,35	14,623	30,088	0,538	22,152	61,577	37611,44	1037,476	15,342	57,686	nd
IM-13	10233,96	nd	11,943	0,233	6,621	28,631	17802,34	272,204	5,673	26,069	<0,05
IM-14	9838,67	nd	15,319	0,265	8,42	30,687	16105,26	278,947	5,987	23,73	nd
IM-15	30288,33	12,415	34,315	0,45	20,567	59,673	34676,45	898,383	14,905	57,798	nd
L.Q.	2	2	4	0,2	1	0,3	3	1	1	1	0,05
L.D.	1	1	2	0,1	0,4	0,1	2	0,3	0,4	0,4	0,02
TEL	-	7,24	-	0,7	30,2	52,3	-	-	-	124,0	0,13
PEL	-	41, 6	-	4,2	112,0	160,0	-	-	-	271,0	0,70

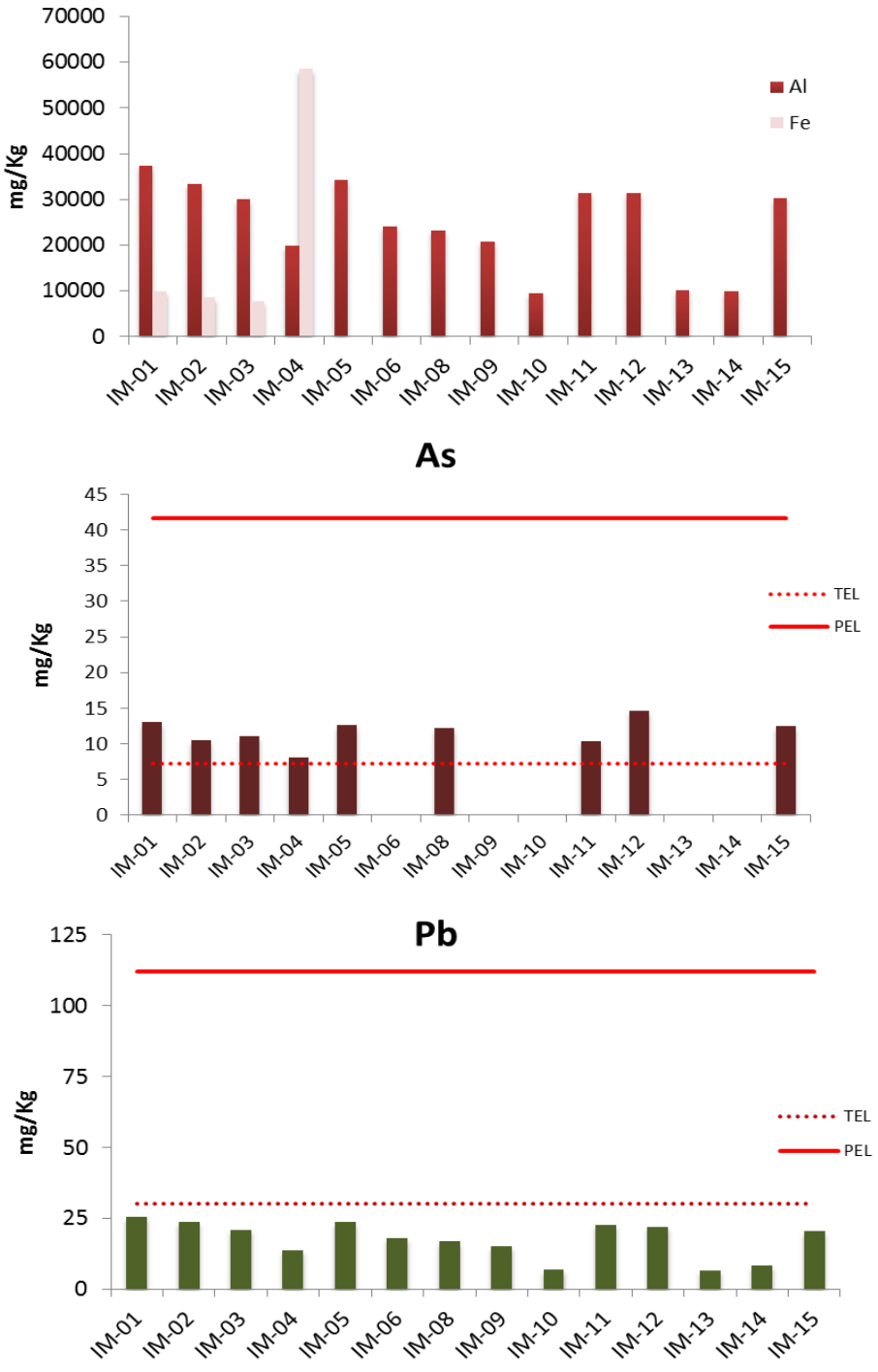


Figura 2.4.2.2-30 - *Concentrações de Al, Fe, As e Pb nos sedimentos do entorno da Ilha da Moela. Legenda: Valores orientadores canadenses de qualidade do sedimento TEL e PEL estabelecidos pela CCME (2002).*

As concentrações de bário nos sedimentos do entorno da ilha, oscilaram de 11,9 a 34,3 mg/kg, sendo o conteúdo médio estimado de 25,5 ± 6,1 mg/kg. O teor médio de Zn estimado foi de 47,5 ± 11,6 mg/kg, sendo as concentrações mínima e máxima iguais a 23,3 e 61,4 mg/kg, respectivamente. Já o Cr oscilou de 25,2 a 71,1 mg/kg, com valor médio nos sedimentos de 51,3 ± 11,8 mg/kg (Figura 2.4.2.2-31).

Os teores de manganês nos sedimentos variaram de 211,11 a 1.037,5 mg/kg, sendo estimado valor médio de 592,0 ± 212,6 mg/kg (Figura 2.4.2.2-32). No caso do mercúrio, foram encontradas concentrações entre menores que o limite de quantificação do método analítico empregado (<0,05 mg/kg).

Para o níquel e cádmio foram encontradas concentrações menores que as reportadas para região do SES e do emissário de Santos, oscilando estas entre 4,6 e 16,8 mg/kg de Ni, com concentração média estimada em 12,3 ± 3,5 mg/kg, enquanto o cádmio apresentou concentrações entre 0,2 e 0,6 mg/kg (Figura 2.4.2.2-33).

Por fim, na sequência dos Mapas 2.4.2.2-9 a 2.4.2.2-19 é apresentada a distribuição espacial dos metais nos sedimentos de entorno da Ilha da Moela.

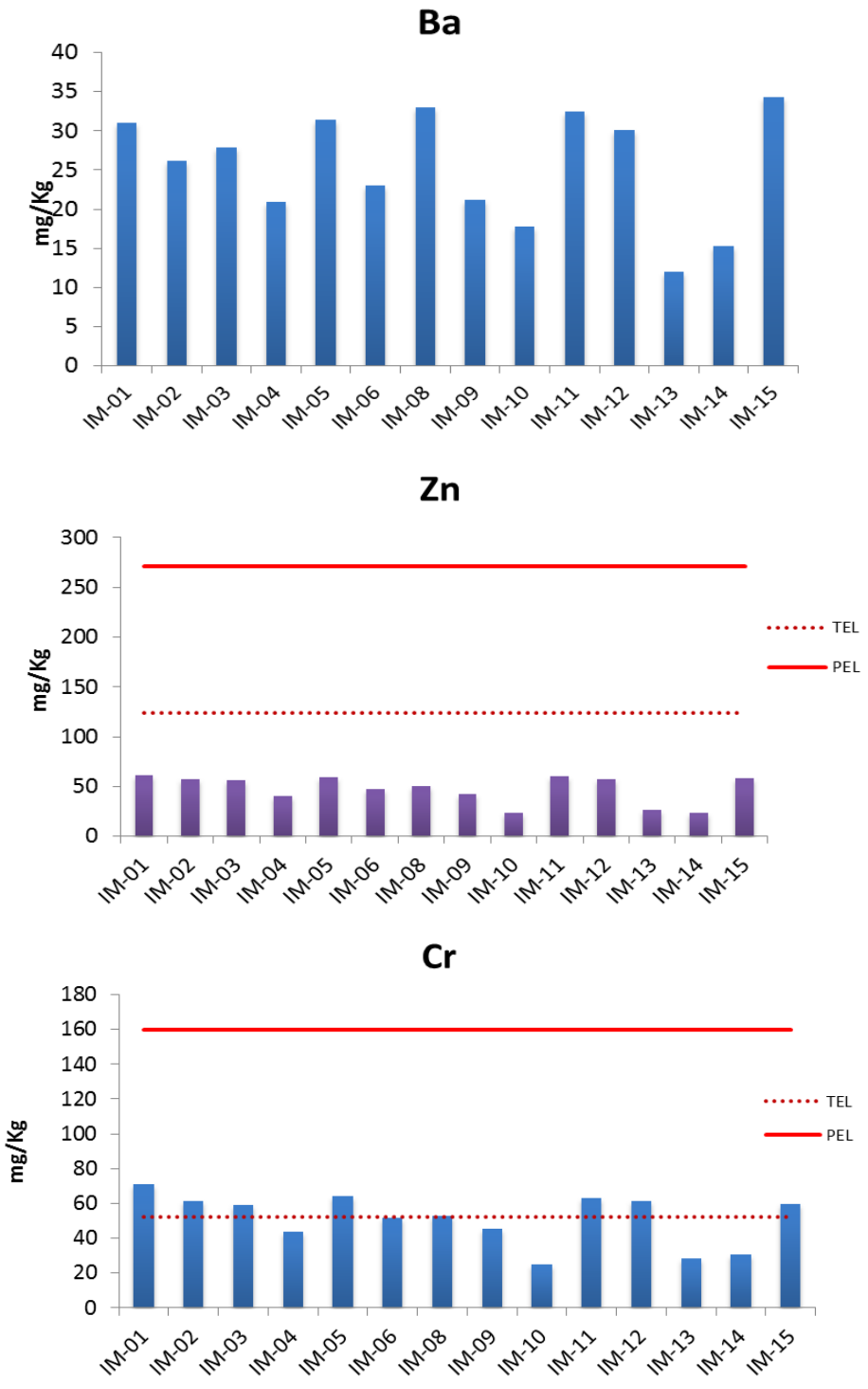


Figura 2.4.2.2-31 - *Concentrações de Ba, Zn, e Cr nos sedimentos do entorno da Ilha da Moela. Legenda: Valores orientadores canadenses de qualidade do sedimento TEL e PEL estabelecidos pela CCME (2002).*

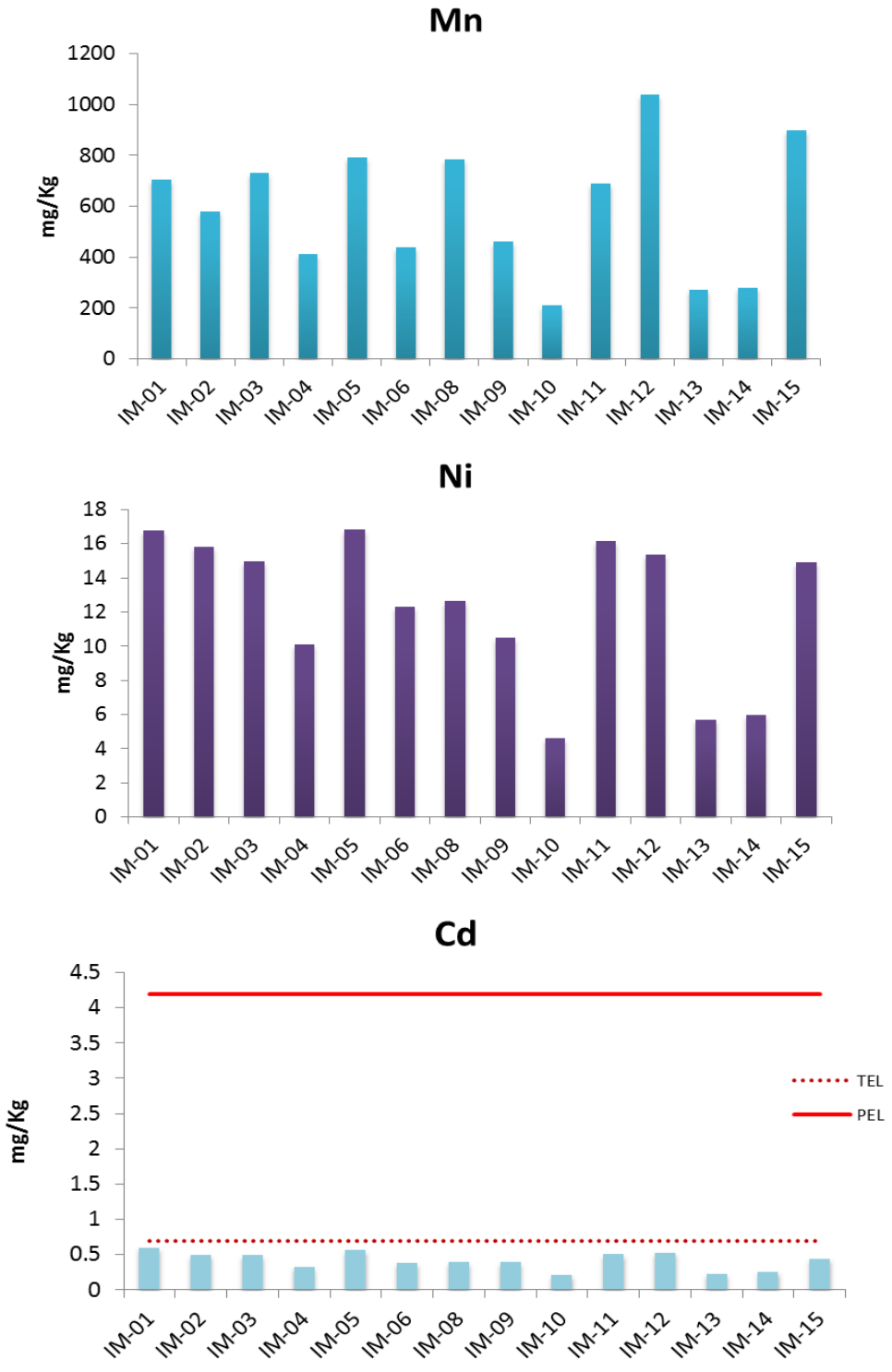
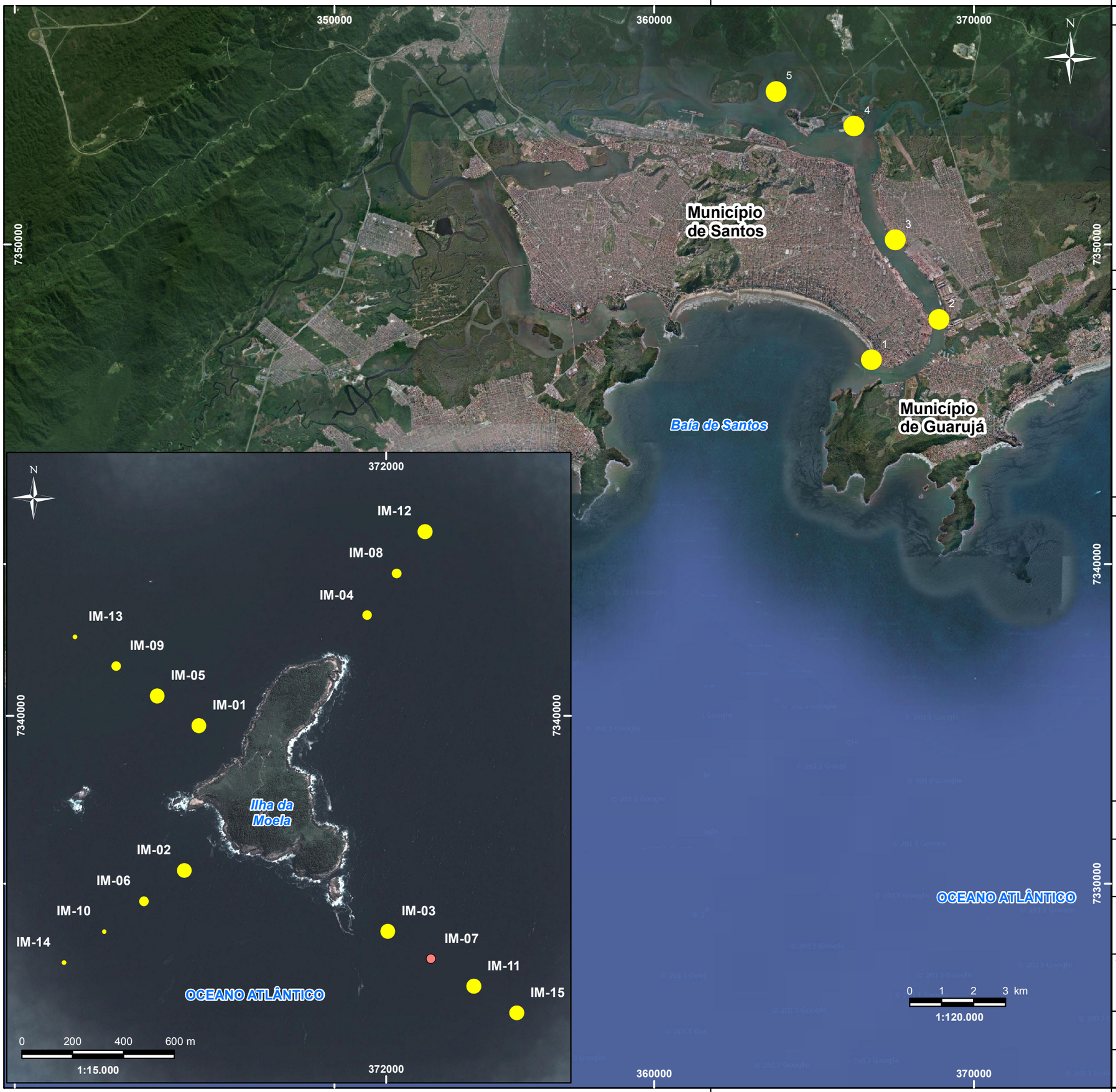


Figura 2.4.2.2-32 - *Concentrações de Mn, Ni e Cd nos sedimentos do entorno da Ilha da Moela. Legenda: Valores orientadores canadenses de qualidade do sedimento TEL e PEL estabelecidos pela CCME (2002).*

Mapa 2.4.2.2-9 - *Distribuição de alumínio nos sedimentos de entorno da Ilha da Moela.*



Macrolocalização



Mapa de Localização



Legenda

Qualidade do Sedimento

Alumínio (mg/Kg)

- 9518.5 - 19030.54
- 19030.55 - 28542.58
- 28542.59 - 38054.63
- 38.054.64 - 47566.67
- Não Coletado

Referências

IBGE, 2007; Google Earth Pro, 2013 - 2014.

PETROBRAS | Habtec Mott MacDonald

Projeto

AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA

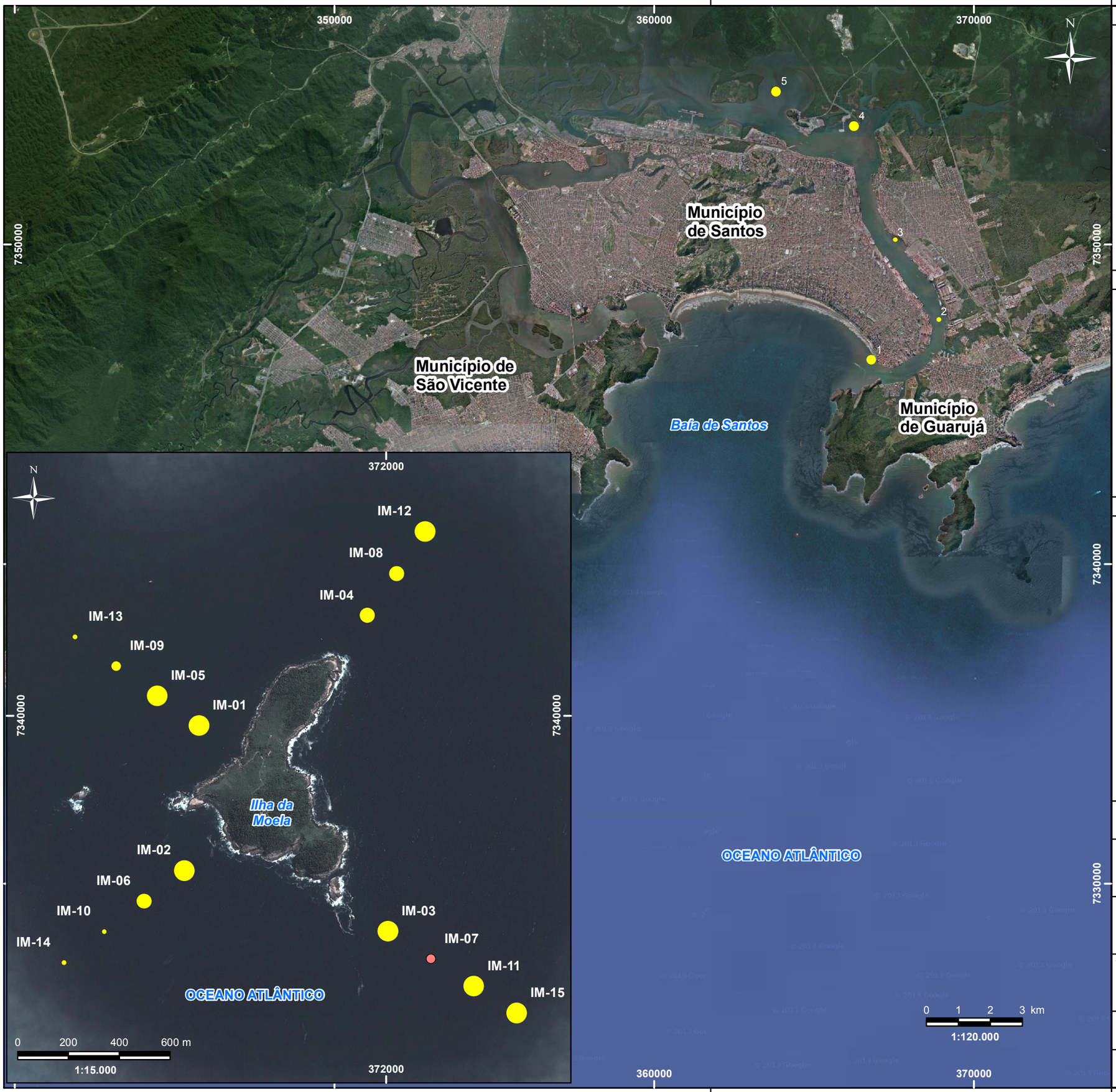
Título

CONCENTRAÇÃO DE ALUMÍNIO
NOS SEDIMENTOS ADJACENTES A ILHA DA MOELA

Projeção	Datum	Escala
UTM - Zona 23S	SIRGAS 2000	INDICADA

Data	Número	Autor	Revisão
Março, 2015	Mapa 2.4.2.2-9	Leonardo Dias	02

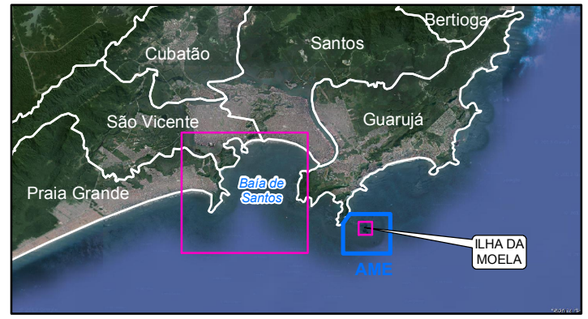
Mapa 2.4.2.2-10 - *Distribuição de ferro nos sedimentos de entorno da Ilha da Moela.*



Macrolocalização



Mapa de Localização



Legenda

Qualidade do Sedimento

Ferro (mg/Kg)

- 15731.66 - 21335.88
- 21335.89 - 26940.10
- 26940.11 - 32544.32
- 32.544.33 - 38148.53
- Não Coletado

Referências

IBGE, 2007; Google Earth Pro, 2013 - 2014.

PETROBRAS | Habtec Mott MacDonald

Projeto

AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA

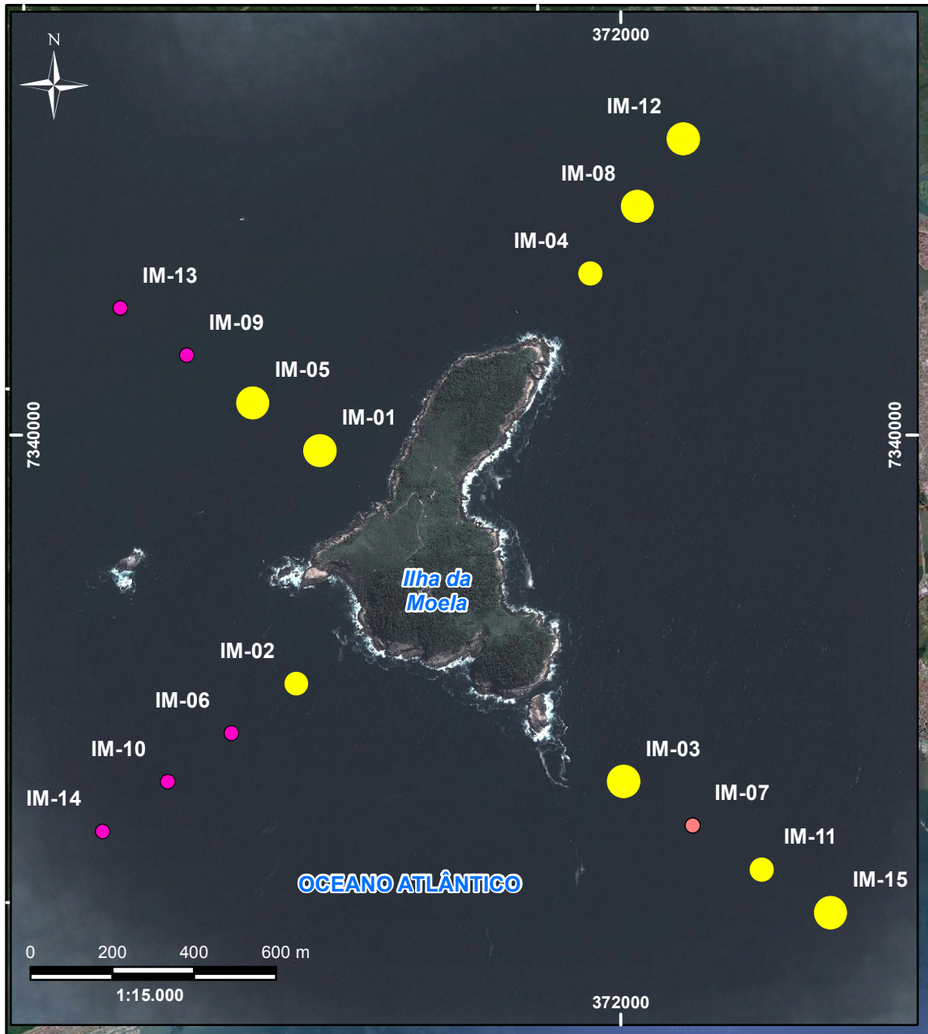
Título

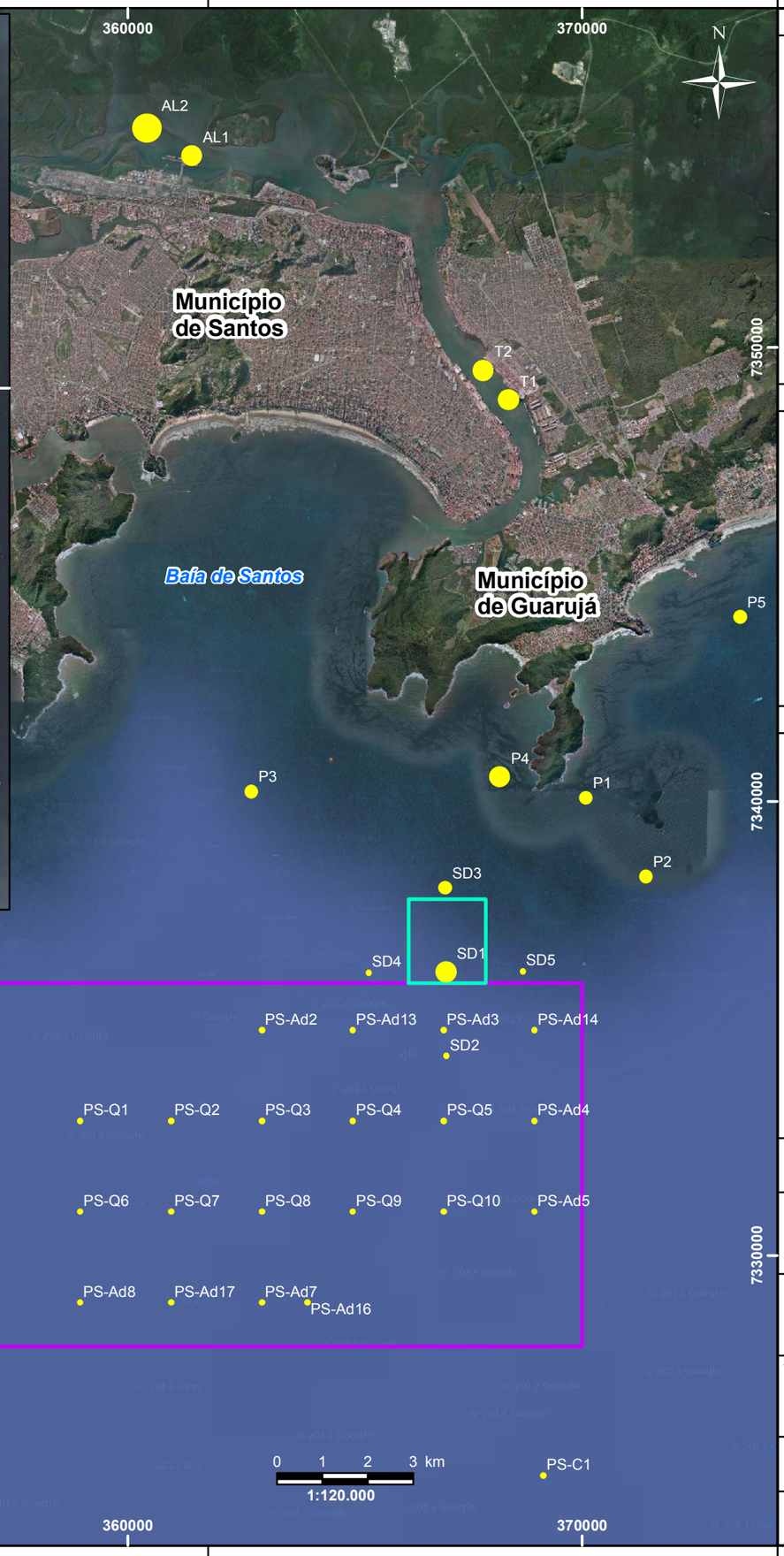
CONCENTRAÇÃO DE FERRO
NOS SEDIMENTOS ADJACENTES A ILHA DA MOELA

Projeção	Datum	Escala
UTM - Zona 23S	SIRGAS 2000	INDICADA

Data	Número	Autor	Revisão
Março, 2015	Mapa 2.4.2.2-10	Leonardo Dias	02

Mapa 2.4.2.2-11 - *Distribuição de arsênio nos sedimentos de entorno da Ilha da Moela.*

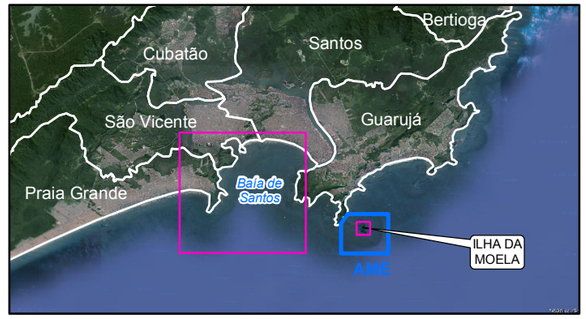




Macrolocalização



Mapa de Localização



Legenda

Qualidade do Sedimento

As (mg/Kg)

- Não Detectado (<L.D.)
- 0 - 3.68
- 3.69 - 7.33
- 7.34 - 10.97
- 10.98 - 14.62
- Não Coletado
- Polígono de Disposição Oceânica - PDO
- Área de Disposição Antiga

Referências

IBGE, 2007; Google Earth Pro, 2013 - 2014.

PETROBRAS | Habtec Mott MacDonald

Projeto

AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA

Título

CONCENTRAÇÃO DE ARSÊNIO
NOS SEDIMENTOS ADJACENTES A ILHA DA MOELA

Projeção	Datum	Escala
UTM - Zona 23S	SIRGAS 2000	INDICADA

Data	Número	Autor	Revisão
Março, 2015	Mapa 2.4.2.2-11	Leonardo Dias	02