

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA

**Osteologia craniana e morfometria de *Procellaria aequinoctialis*
(Linnaeus, 1758) e *Procellaria Conspicillata* (Gould, 1844) (Aves:
Procellariidae)**

1. Resumo

A ordem dos Procellariiformes é representada por uma rica diversidade de aves marinhas de hábito principalmente pelágico e de extrema importância ecológica. Nesse grupo, a família Procellariidae se destaca como a mais rica em espécies e aquela que contém uma alta pluralidade de formas, apesar de em geral serem aves de médio a grande porte que possuem asas longas, estreitas e compactas. Nesta família algumas aves estão em estados vulneráveis de conservação devido a diferentes pressões antrópicas. Este é o caso da *Procellaria conspicilata* (Pardela-de-óculos) e *Procellaria aequinoctialis* (Pardela-de-queixo-branco), duas pardelas filogeneticamente próximas que possuem ecologias e morfologias muito parecidas. As duas espécies distinguem-se por diferenças na plumagem, distribuição, locais de colônias reprodutivas, arquitetura dos ninhos, vocalização e algumas medidas morfométricas externas. Apesar desses animais serem bem estudados, devido ao seu sensível estado de conservação, pouco se sabe a respeito da osteologia desses animais. Sendo assim, esse estudo tem como objetivo principal descrever, investigar e elucidar questões a respeito da anatomia craniana dessas duas pardelas, utilizando para isso descrições osteológicas e métodos de morfometria geométrica.

2. Introdução

Caracterizados pelos seus hábitos pelágicos e gregários, por realizarem migrações de escala global, possuírem narinas tubulares e serem importantes reguladores de ecossistemas marinhos, os Procellariiformes estão presentes em todos os oceanos do mundo, alcançando a maior riqueza de espécies ao sul dos trópicos. As águas mais frias e produtivas do hemisfério sul abrigam e dão suporte a uma abundante e diversa comunidade de aves marinhas, estando representadas entre elas as 4 famílias de albatrozes e petréis (CHOWN; GASTON; WILLIAMS, 1998; HAMER, 2019).

Em termos de pluralidade de formas, Procellariidae se destaca como sendo a família mais diversa dessa ordem, com atualmente cerca de 95 espécies (CARBONERAS, 2016). Em geral são aves de médio a grande porte que possuem asas longas, estreitas e compactas. Assim como o resto dos Procellariiformes, são de hábito exclusivamente pelágico, com a maioria das espécies não sendo bem adaptadas para o deslocamento terrestre, fazendo incursões a terra firme apenas durante o período

reprodutivo, que geralmente se dá uma vez ao ano, podendo variar a frequência em algumas espécies (CARBONERAS, 2016).

Devido a sua importância ecológica e sendo relativamente abundantes no Atlântico Sul (NEVES, 2000), duas espécies do gênero *Procellaria*, listadas como vulneráveis (BirdLife International, 2018a; BirdLife International, 2018b), têm recebido atenção da comunidade científica (BRANCO et al., 2014). *Procellaria aequinoctialis* (Linnaeus, 1758) ou Pardela-de-queixo-branco e *Procellaria conspicillata* (Gould, 1844), também conhecida como Pardela-de-óculos, são petréis filogeneticamente muito próximos e, sendo assim, possuem hábitos e morfologia parecidas (TECHOW et al. 2009). Pela morfologia externa, o segundo se distingue por uma mancha circular branca de extensão bastante variável em volta dos olhos e por ser um pouco menor que o primeiro, sendo este reconhecido por uma mancha branca única, também de tamanho variável, no mento (HOWELL, 2006). As duas pardelas possuem um bico de cor amarelo-creme pálido, com o culminicórnio, naricórnio, sulco e tômio maxilar apresentando um preto contrastante que circunda cada placa do bico, mas diferem no fato de que *P. conspicillata* possui uma *unguis* mais escura, característica que parece variar conforme a idade nas duas espécies (HOWELL, 2006). As duas espécies percorrem longas distâncias sobre mar aberto, podendo cobrir um total de 8.000 km em apenas 15 dias (BUGONI et al, 2009; PHILLIPS et al., 2006). Apesar disso, não parecem diferir muito nos seus hábitos alimentares nem nas técnicas de forrageio, mas sim nos locais que se alimentam, na distribuição e locais de colônias reprodutivas (COLABUONO et al, 2007; MACKLEY et al., 2011; PHILLIPS et al., 2006; REID et al., 2014). *P. aequinoctialis* reconhecida como uma espécie circumpolar, tem estabelecidas 8 colônias reprodutivas espalhadas ao longo de todos oceanos do sul, ocorrendo em maiores números nas ilhas Geórgias do Sul (REXER-HUBER, 2017). Enquanto isso, *P. conspicillata* se restringe a apenas uma colônia reprodutiva na Ilha Inacessível dentro do Arquipélago de Tristão da Cunha, utilizando como área de forrageio uma faixa do atlântico localizada entre 12° S e 52° S, que se estende da costa leste da América do sul a costa oeste da África (REID et al., 2014).

Assim como as demais aves marinhas, essas duas pardelas sofrem com inúmeras influências antrópicas deletérias, sejam elas diretas ou indiretas (CROXALL et al., 2012). Além da pressão exercida pela captura acidental em linhas de espinhel, uma das principais ameaças enfrentadas por esse grupo (TASKER et al., 2000; JIMÉNEZ et al., 2010), esses animais ainda devem lidar com problemas que vão desde a ingestão de plástico (PETRY

et al, 2017) até mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global e introdução de espécies invasoras nas colônias reprodutivas (CROXALL et al., 2012; VAN RENSBURG et al, 1988). Devido a esse fato, muito se foi investido em estudos que subsidiariam a conservação e a implementação de medidas protetivas para essas espécies. Esse esforço científico, ao longo das últimas 3 décadas, gerou um acúmulo de dados principalmente relacionados a biologia reprodutiva (HALL, 1987; RYAN, 1998), alimentar (BERROW; COLABUONO; VOOREN, 2007; CROXALL et al., 1995; CROXALL, 1999; JACKSON, 1988; ROLLINSON et al., 2014) demográfica (REID et al., 2007; REXER-HUBER et al., 2015; RYAN; RONCONI, 2011), espacial (BERROW et al., 2000; BUGONI et al., 2009; DILLEY; JONES, 2012; HERNANDEZ et al., 2019; PÉRON et al., 2010; PHILLIPS et al., 2006; RYAN; REID et al., 2014) e a conservação dessas importantes aves (BERROW et al., 2000a; BUGONI et al., 2008; DELORD et al., 2010; DELORD et al, 2005; RYAN, 1998; RYAN et al, 2019), mas acabando assim por deixar de lado valiosos estudos anatômicos e morfológicos.

Durante muito tempo, a morfologia externa e a escassez de informações a respeito da biologia dessas pardelas levou importantes ornitólogos a classificarem *P. conspicillata* como sendo da mesma espécie que *P. aequinoctialis*, alegando que a mancha em forma de óculos era apenas uma variação populacional ou temporal (MURPHY, 1936). A forma *conspicillata* passou a ser considerada como sub específica a *P. aequinoctialis* quando aumentaram os dados a respeito de distribuição, biologia reprodutiva e morfometria desse animal (ROWAN et al., 1951), mas foi apenas em 1998 que Ryan (1998) elevou a Pardela-de-óculos ao nível taxonômico de espécie. Tal proposta foi baseada no fato dessas pardelas apresentarem medidas menores que *P. aequinoctialis* para massa, comprimento de asa, culmen e profundidade do bico, além de possuírem diferenças na vocalização, arquitetura do ninho, locais de colônias e épocas reprodutivas. Atualmente *P. conspicillata* é amplamente aceita como uma espécie independente e, segundo estudos filogeográficos, tem sua origem datada para em torno de 0.9 milhões de anos atrás (TECHOW et al., 2009), tendo assim tempo suficiente para acumular possíveis diferenças morfológicas no crânio, que ainda não foram investigadas.

Existe uma literatura muito escassa a respeito da anatomia interna dos Procellariidae, e ainda mais limitada é a existência de descrições anatômicas do crânio dessas aves. Para as espécies de *Procellaria* aqui citadas não existe nenhum trabalho desse gênero, *P. aequinoctialis* sendo citada apenas em alguns estudos de osteologia mais

geral do grupo (KURODA, 1983). Sendo assim, sabemos, de forma genérica, que *P. conspicillata* é representada por indivíduos um pouco menores para medidas de cúlmen, tarso, asa e cauda e com dimorfismo sexual levemente mais acentuado que *P. aequinoctialis* (BUGONI; FURNESS, 2009; RYAN, 1998). Por último, relacionado ao peso, as fêmeas das duas espécies são entre 100 a 200g mais leves que os machos (BERRUTI et al., 1995).

Essas diferenças de morfometria externa não se mostram suficientes para auxiliar, por exemplo, na identificação de carcaças parciais encontradas encalhadas em praias (BUGONI; FURNESS, 2009). Sendo assim, é importante averiguar se não é possível que diferenças na ecologia, dimorfismo sexual e tamanho, se reflitam também na anatomia do crânio e possam servir de base para identificação de carcaças que pelo menos ainda tenham o crânio anexado, ou apenas ele presente. Portanto, o presente projeto vem com o intuito de ampliar os conhecimentos científicos a respeito da anatomia craniana de duas espécies de pardelas em estados vulneráveis de conservação, e a busca da tentativa da fiel identificação das espécies apenas com base na osteologia.

3. Objetivos

3.1 Objetivos gerais

- Ampliar o conhecimento a respeito da osteologia dos Procellariidae descrevendo a anatomia craniana de *Procellaria aequinoctialis* (pardela-preta) e *Procellaria conspicillata* (pardela-de-óculos), registrando também o universo de variação morfométrica dos mesmos.

3.2 Objetivos específicos

- Investigar e descrever as principais diferenças osteológicas na anatomia craniana de duas espécies de Procellariiformes pertencentes ao mesmo gênero.
- Investigar e descrever o nível de variação morfométrica, intra e interespecífica, das diferentes partes e estruturas presentes no crânio em *Procellaria aequinoctialis* e *Procellaria conspicillata*.

4. Material e métodos

Em um primeiro momento, crânios de *P. aequinoctialis* e *P. conspicillata* depositados na coleção ornitológica da UFSC serão analisados para reconhecimento e identificação das principais estruturas osteológicas, além de estudar e definir quais são os landmarks mais importantes para a morfometria geométrica. É importante que o número de landmarks utilizados em cada plano a ser analisado não seja menor que a metade do N amostral. Também nessa primeira etapa, seguindo a *Nomina Anatomica Avium* (BAUMEL et al., 1993), serão descritas por regiões as principais diferenças da osteologia craniana das duas espécies, a partir de crânios em bom estado de conservação.

Junto com esse reconhecimento inicial, será feito o contato com coleções ornitológicas do sul e sudeste do Brasil, como o Museu oceanográfico da Univali, Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS e o Museu de zoologia da USP, para se verificar a disponibilidade de crânios preparados e conservados em via seca. Visitas serão feitas as coleções com material disponível e lá os crânios serão fotografados em vista dorsal, lateral e anterior; fotografando ainda em detalhe estruturas que eventualmente devam ser melhor evidenciadas. Todas as fotos serão tiradas com uma câmera CANON Rebel T5 e pela mesma pessoa, padronizando-as nos mínimos detalhes em cada uma das vistas, levando em conta todos os pormenores técnicos descritos por (ZELDITCH et al, 2004). Depois de capturadas, as imagens serão editadas no Adobe Lightroom. O programa que será utilizado para digitalizar as fotos e plotar os Landmarks será o TPSDig2. Para se fazer as análises dos Landmarks será utilizado o MorphoJ, um software específico para morfometria geométrica (KLINGENBERG, 2011).

Um procedimento indispensável para fazer análises de morfometria geométrica é a superimposição de Procrustes (SP). Levando em conta que a informação necessária do objeto que está sendo estudado são as variações na forma, a SP tem como função eliminar as influências de orientação, posição e escala dos landmarks de cada espécime, sobrando assim apenas a forma. As análises estatísticas mais comumente utilizadas em trabalhos desse gênero são, Análise de Componentes Principais (que identifica se existem padrões na distribuição das variações morfométricas), ANOVA de Procrustes (para revelar quanta variação existe na forma) e uma Análise discriminante (que aponta quais são os Landmarks que mais colaboram com a variação encontrada). Esses testes devem ser suficientes para responder as questões aqui propostas, mas outras análises, como por exemplo testes-T, podem ser rodadas caso apareça a necessidade.

5. Resultados esperados

Com a realização desse projeto esperamos aumentar a quantidade de dados disponíveis a respeito do universo osteológico de Procellariiformes, tendo como foco representantes da família Procellariidae. Espera-se também que as informações aqui levantadas possam subsidiar mais estudos anatômicos, ecológicos e taxonômicos, além de possivelmente prestar auxílio na identificação das espécies alvo com base apenas em caracteres osteológicos, já que, por exemplo, programas como o PMP-BS (Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos) dependem desse tipo de informação.

6. Exequibilidade

Todas as ferramentas necessárias para que o projeto possa ser realizado em sua completude estão sob nossa disposição. As descrições osteológicas serão feitas com base em crânios já depositados na coleção ornitológica da UFSC, e em outras coleções do sul e sudeste do Brasil. Algumas dessas coleções, como o Museu Oceanográfico da Univali, já foram contactadas e sinalizaram que é possível utilizar o material para o estudo.

A parte que envolve fotografar os crânios, digitalizar as imagens e rodar as análises, pode ser facilmente realizada, já que o aluno responsável pelo projeto possui uma câmera digital com lente, tripé e experiência com fotografia. Além disso, o aluno possui condições de se deslocar até as coleções em que irá coletar seus dados e dispõe de um computador para rodar os programas e análises necessárias.

7. Referências

BARBRAUD, C.; DELORD, K.; MARTEAU, C.; WEIMERSKIRCH, H. Estimates of population size of White-chinned Petrels and Grey Petrels at Kerguelen Islands and sensitivity to fisheries. **Animal Conservation** 12(3): 258-265, 2009.

BAUMEL, J. J.; KING, A. S.; BREAZILE, J. E.; EVANS, H. E.; VANDENBERGE, J. C. Handbook of avian anatomy: Nomina Anatomica Avium. 2 ed. Cambridge, Nutall Ornithological Club, 779p, (eds.) 1993.

BERROW, S. D.; CROXALL, J. P. The diet of white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis*, Linnaeus 1758, in years of contrasting prey availability at South Georgia. **Antarctic Science** 11: 283-292, 1999.

BERROW, S. D.; CROXALL, J. P.; GRANT, S. D. Status of White-chinned Petrels *Procellaria aequinoctialis* Linnaeus 1758, at Bird Island, South Georgia. **Antarctic Science** 12: 399-405, 2000a.

BERROW, S. D.; WOOD, A. G.; PRINCE, P. A. Foraging location and range of White-chinned Petrels *Procellaria aequinoctialis* breeding in the South Atlantic. **Journal of Avian Biology** 31: 303, 2000.

BERRUTI, A.; COOPER, J.; NEWTON, I. P. Morphometrics and breeding biology of the whitechinned petrel *Procellaria aequinoctialis* at sub-antarctic Marion Island. **Ostrich**, 66(2-3), 74–80, 1995.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2018a. *Procellaria conspicillata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22728437A132659002.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2018b. *Procellaria aequinoctialis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22698140A132628887.

BRANCO, J. et al. An assessment of oceanic seabird abundance and distribution off the southern Brazilian coast using observations obtained during deep-water fishing operations. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 3 suppl 1, p. S003-S015, 2014.

BUGONI, L.; MANCINI, P. L.; MONTEIRO, D. S.; NASCIMENTO, L.; NEVES, T. S. Seabird bycatch in the Brazilian pelagic online fishery and a review of capture rates in the southwestern Atlantic ocean. **Endangered Species Research** 5(2/3): 137-147, 2008.

BUGONI, L.; D'ALBA, L.; FURNESS, R. Marine habitat use of wintering spectacled petrels *Procellaria conspicillata*, and overlap with longline fishery. **Marine Ecology Progress Series**, v. 374, n. January, p. 273–285, 13 jan. 2009.

BUGONI, L.; FURNESS, R.W. Age composition and sexual size dimorphism of albatrosses and petrels off Brazil. *Marine Ornithology* 37: 253–260, 2009.

CARBONERAS, C. Family Procellariidae: fulmars, shearwaters, petrels and prions. **The Birds of Africa : The Malagasy Region**, n. March, 2016.

CHOWN, S. L.; GASTON, K. J.; WILLIAMS, P. H. Nordic Society Oikos Global Patterns in Species Richness of Pelagic Seabirds: The Procellariiformes Author(s): Global patterns in species richness of pelagic seabirds: the Procellariiformes. **Source: Ecography**, v. 21, n. 4, p. 342–350, 1998.

COLABUONO, F. I.; VOOREN, C. M. • COLABUONO, F.I.; VOOREN, C.M. Diet of Black-browed *Thalassarche melanophrys* and Atlantic Yellow-nosed *T. chlororhynchos* Albatrosses and White-chinned *Procellaria aequinoctialis* and

Spectacled *P. conspicillata* Petrels off southern Brazil. **Marine Ornithology** 35: 9–20, 2007.

CROXALL, J.P.; HALL, A.J.; HILL, H.J.; NORTH, A.W.; RODHOUSE, P.G. The food and feeding ecology of the White-chinned Petrel *Procellaria aequinoctialis* at South Georgia. **Journal of Zoology, London** 237, 133–150, 1995.

CROXALL, J., BUTCHART, S., LASCELLES, B., STATTERSFIELD, A., SULLIVAN, B., SYMES, A., & TAYLOR, P. Seabird conservation status, threats and priority actions: A global assessment. **Bird Conservation International**, 22(1), 1-34, 2012.

DELORD, K.; GASKO, N. W.; WEIMERSKIRCH, H.; BARBRAUD, C.; MICOL, T. Seabird mortality in the Patagonian toothfish longline fishery around Crozet and Kerguelen Islands, 2001-2003. **CCAMLR Science** 12: 53-80, 2005.

DELORD, K.; COTTÉ, C.; PÉRON, C.; MARTEAU, C.; PRUVOST, P.; GASCO, N.; DUHAMEL, G.; CHEREL, Y.; WEIMERSKIRCH, H. At-sea distribution and diet of an endangered top predator : relationship between white-chinned petrels and commercial longline fisheries. **Marine Ecology Progress Series** 13: 1-16, 2010.

HALL, A.J. The breeding biology of the white-chinned petrel *Procellaria aequinoctialis* at South Georgia. **Journal of Zoology**, 212, 605–617, 1987.

HAMER, K. C. Procellariiformes. In: **Encyclopedia of Ocean Sciences**. [s.l.] Elsevier, p. 39–48, 2019.

HERNANDEZ, M.M.; COPELLO, S.; BOROWICZ, A. et al. Distribution extension of the Spectacled Petrel (*Procellaria conspicillata*) off the Argentine continental shelf and oceanic adjacent waters. **Ornithol. Res.** 27, 135–139, 2019.

HOWELL S.N. Identification of “black petrels,” genus *Procellaria*. **Birding** 38, 52–64, 2006.

JACKSON, S. Diets of the White-chinned Petrel and Sooty Shearwater in the southern Benguela region, South Africa. **Condor**: 20-28, 1988.

JIMÉNEZ, S.; ABREU, M; PONS M.; ORTIZ M.; DOMINGO, A. Assessing the impact of the pelagic longline fishery on albatrosses and petrels in the southwest Atlantic. **Aquat Living Resour** 23: 49-64, 2010.

KLINGENBERG, C. P. MorphoJ: An integrated software package for geometric morphometrics. **Molecular Ecology Resources**, v. 11, n.2, p. 353–357, 2011.

KURODA, N. Some osteological notes on Procellariiformes. **Tori**, 32(2/3): 41–61, 1983.

MACKLEY, E. K. et al. At-sea activity patterns of breeding and nonbreeding white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis* from South Georgia. **Marine Biology**, v. 158, n. 2, p. 429–438, 3 fev. 2011.

MURPHY, R. C. ‘Oceanic birds of South America.’ 2 : 641-647. **New York**, 1936.

NEVES, T.S. Distribuição e abundância de aves marinhas na costa sul do Brasil. **Tese de Mestrado. Rio Grande: Fundação Universidade Federal do Rio Grande**, 2000.

PÉRON, C.; DELORD, K.; PHILLIPS, R. A.; CHARBONNIER, Y.; MARTEAU, C.; LOUZAO, M.; WEIMERSKIRCH, H. Seasonal variation in oceanographic habitat and behaviour of white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis* from Kerguelen Island. **Marine Ecology Progress Series** 416: 267-284, 2010.

PETRY, M. V.; BENEMANN, V. R. F. Ingestion of marine debris by the White-chinned Petrel (*Procellaria aequinoctialis*): Is it increasing over time off southern Brazil? **Marine Pollution Bulletin**, v. 117, n. 1–2, p. 131–135, 2017.

PHILLIPS, R. A.; SILK, J. R. D.; CROXALL, J. P.; AFANASYEV, V. Year-round distribution of white-chinned petrels from South Georgia: Relationships with oceanography and fisheries. **Biological Conservation** 129: 336-347, 2006.

REID, T. A.; LECOQ, M.; CATRY, P. The White-chinned Petrel *Procellaria aequinoctialis* population of the Falkland Islands. **Marine Ornithology** 35: 57-60, 2007.

REID, T. A.; RONCONI R. A.; CUTHBERT R. J.; RYAN P. G. The summer foraging ranges of adult spectacled petrels *Procellaria conspicillata*. **Antarctic Science** 26: 23–32, 2014.

REXER-HUBER, K.; PARKER, G. C.; SAGAR, P. M.; THOMPSON, D. R. White-chinned petrel population estimate, Disappointment Island (Auckland Islands). **Polar Biology**: 1-9, 2015.

REXER-HUBER, K. White-chinned petrel distribution, abundance and connectivity have circumpolar conservation implications. **PhD, University of Otago**, 2017.

ROLLINSON, D.P.; DILLEY, B.J.; RYAN, P.G. Diving behaviour of white-chinned petrels and its relevance for mitigating longline bycatch. **Polar Biology**: 37, 1301–1308, 2014.

ROWAN, A. N.; ELLIOTT, H. F. I.; ROWEN, M. K.; SOUTHERN, H. N. The “spectacled” form of the shoemaker *Procellaria aequinoctialis* in the Tristan da Cunha group. **Ibis**, 93(2): 169–79, 1951.

RYAN, P. G. The taxonomic and conservation status of the Spectacled Petrel *Procellaria conspicillata*. **Bird Conservation International** 8: 223-235, 1998.

RYAN, P. G.; RONCONI, R. A. Continued increase in numbers of Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata*. **Antarctic Science** 23: 332-336, 2011.

RYAN, P.; DILLEY, B.; JONES, M. The distribution and abundance of white-chinned petrels (*Procellaria aequinoctialis*) breeding at the sub-Antarctic Prince Edward Islands. **Polar Biology** 35(12): 1851-1859, 2012.

RYAN, P.G.; DILLEY, B.J.; RONCONI, R.A. Population trends of Spectacled Petrels *Procellaria conspicillata* and other seabirds at Inaccessible Island. **Marine Ornithology** 47: 257–265, 2019.

TASKER, M. L.; CAMPHUYSEN, C. J.; COOPER, J.; GARTHE, S.; MONTEVECCHI, W. A; BLABER, S. J. M. The impacts of fishing on marine birds. **ICES Journal of Marine Science**, 57: 531-547, 2000.

TECHOW, N.M.S.M.; RYAN, P.G.; O’Ryan, C. Phylogeography and taxonomy of White-chinned and Spectacled Petrels. **Mol. Phylogenet. Evol.** 52: 25– 33, 2009.

VAN RENSBURG, P. J. J.; BESTER, M. N. The effect of cat *Felis catus* predation on three breeding *Procellariidae* species on Marion Island. **South African Journal of Zoology**, v. 23, n. 4, p. 301–305, 1988.

ZELDITCH M. L.; SWIDERSKI D. L.; SHEETS H. D.; FINK W. L. Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer. **Elsevier**, San Diego, 2004.