

ROSANGELA MARIA DE SOUZA SILVA

**DIFERENÇAS MORFOMÉTRICAS DE DUAS ESPÉCIES DO
GÊNERO *RHIZOPRIONODON* (CHONDRICHTHYES,
CARCHARHINIDAE)**

RECIFE-PE - Julho/2014



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA

**DIFERENÇAS MORFOMÉTRICA DE DUAS ESPÉCIES DO
GÊNERO *RHIZOPRIONODON* (CHONDRICHTHYES,
CARCHARHINIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada como exigência parcial à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Biometria e Estatística Aplicada

Orientadora: Prof.(a) Dr.(a) Rosangela Paula Lessa

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo José Duarte Neto

RECIFE-PE - Julho/2014.

Ficha catalográfica

S586d Silva, Rosangela Maria de Souza
Diferenças morfométricas de duas espécies do gênero
Rhizoprionodon (Chondrichthyes, Carcharhinidae) /
Rosangela Maria de Souza Silva. – Recife, 2014.
47 f. : il.

Orientadora: Rosângela Paula Teixeira Lessa.
Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística
Aplicada) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Estatística e Informática, Recife, 2014.
Referências.

1. *Rhizoprionodon porosus* 2. *Rhizoprionodon
terraenovae* 3. Morfometria 4. Análise multivariada I. Lessa,
Rosângela Paula Teixeira, orientadora II. Título

CDD 310

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA APLICADA**

**DIFERENÇAS MORFOMÉTRICAS DE DUAS ESPÉCIES DO
GÊNERO *RHIZOPRIONODON* (CHONDRICHTHYES, CARCHARHINIDAE)**

Rosangela Maria de Souza Silva

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de mestre em Biometria e Estatística Aplicada, defendida e aprovada por unanimidade em 18/07/2014 pela Comissão Examinadora.

Orientador:

Prof.(a) Dr.(a) Rosangela Paula Lessa
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Banca Examinadora:

Prof.(a) Dra. Maria Cristina Falcão Raposo
Universidade Federal de Pernambuco
DE-UFPE

Prof. Dr. Paulo José Duarte Neto
Universidade Federal Rural de Pernambuco
DEINFO-UFRPE

Prof. Dr. Humber Agreli de Andrade
Universidade Federal Rural de Pernambuco
DEPAq-UFRPE

Prof. Dr. Francisco Marcante Santana da
Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco
DEPAq-UFRPE

Dedico este trabalho àqueles responsáveis por todas as minhas conquistas: meus avós maternos José de Souza e Maria do Carmo (*in memoriam*).

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por sempre está presente em minha vida e em quem sempre deposito a minha fé.

À Ana Cecília Mamede Garcia, pela coleta nos diversos museus e sistematização de toda a amostra.

À Prof^a. Dra. Rosangela Lessa, quando da oportunidade de receber as suas orientações, os seus incentivos, o seu grande apoio e a sua compreensão.

Ao Prof. Dr. Paulo Duarte, por sua motivação e sua colaboração para com este trabalho.

A minha avó Maria do Carmo (em sua memória), quem sempre foi exemplo de humildade, de espiritualidade, esforço e que estará sempre viva em minhas lembranças, por toda a sua dedicação e o seu amor. Ao meu avô José de Souza, por seu amor, seu apoio, e por ser exemplo de sabedoria e paciência.

Ao meu marido Wagner, por seu amor, incentivo e compreensão nos momentos em que estive afastada, para dedicar-me a elaboração deste trabalho.

À minha mãe, por seu amor, sua confiança e seu apoio nas horas de cansaço e de desânimo. Ao meu padrasto Adelson, por seu amor e seu incentivo.

À minha irmã Roseana, por seu amor, por suas palavras de conforto e de motivação nos momentos mais necessários, fazendo com que aumentasse a minha fé em mim mesma.

Aos meus tios e minhas tias, meus primos e minhas primas, por sempre estarem presentes e torcerem por mim. Amo vocês!

Aos meus sogros Maria de Lourdes e Amaro, por seu carinho, compreensão, dedicação e cuidados para com a minha filha, nos momentos em que estava dedicada aos estudos.

À Maria Eliza (voinha) e tia Marlene, por suas orações, seus conselhos e carinho.

Às minhas amigas de graduação – e de todos os momentos: Andrea, Aleônia, Maíra, Kelly, Simara e Syntia, por todo carinho, apoio e por fazerem parte da minha vida.

Ao amigo Hélio Souza, por sua disponibilidade e por momentos de descontração. Nossas discussões foram de grande contribuição para este trabalho.

Aos amigos Berg e Nayza, por seu carinho e incentivos.

Aos colegas do Programa: Paula, Isys, Bárbara, David, Ronaldo, Thaíze, Lêda, Evelyn, Samuel e Sílvio, por seu companheirismo e sua amizade.

Aos colegas do Laboratório de Dinâmica de Populações Marinhas (DIMAR): Kaio, Marcela, Camila, Jonas Rodrigues, Jonas Vasconcelos, Jones Santander, Dante, Maria Lúcia, Railma e Francisco Marcante, que contribuíram, com as suas experiências, para o desenvolvimento deste trabalho.

À Prof^a. Cristiane Albuquerque, por sua disponibilidade, simpatia, seus conselhos e esclarecimentos nos momentos de dúvidas.

Ao Prof. Dr. Humber Agrelli e à Prof^a. Dra. Maria Cristina Raposo, por aceitarem fazer parte da banca examinadora.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro concedido.

A todos que contribuíram para a conclusão deste trabalho.

"A sabedoria não nos é dada; é preciso descobri-la por nós mesmos depois de uma viagem que ninguém nos pode poupar ou fazer por nós."

(Marcel Proust)

Resumo

Pertencentes a família Carcharhinidae, as espécies *Rhizoprionodon porosus* e *Rhizoprionodon terraenovae* podem ser confundidas quanto ao *status* específico, tendo na maioria das vezes apenas o critério geográfico para identificação, já que *R. porosus* se distribui apenas no Oceano Atlântico, na costa oriental do continente americano e *R. terraenovae* na costa Atlântica oeste no Hemisfério Norte. Análise de caracteres morfométricos de duas espécies do gênero *Rhizoprionodon*, *R. porosus* e *R. terraenovae*, foi conduzida a fim de verificar diferenças na forma do corpo, visto que diferenças genéticas foram encontradas utilizando marcadores moleculares do DNA mitocondrial. Para tanto, foram analisadas 59 medidas de partes homólogas do corpo de 150 exemplares machos e fêmeas de neonatos, jovens e adultos de *Rhizoprionodon*, sendo 106 *R. porosus* e 44 *R. terraenovae* originados de coletas realizadas no Brasil (litoral dos estados de Pernambuco e do Rio Grande do Norte) e exemplares das coleções de 6 Museus; (MN/UFRJ), (MZUSP), (MOVI), (MNHN), (FMNH) e (FMNH). A análise univariada indicou diferenças significativas nas medidas entre espécies, evidenciadas também na análise multivariada e visualizadas pela projeção das primeiras componentes principais e no modelo discriminante composto de 4 medidas, o qual classifica as espécies corretamente com acurácia média de 81%. Portanto, as análises morfométricas confirmam que as duas espécies constituem taxons distintos delimitadas entre o Golfo do México e o Norte do Caribe, o que sugere uma distribuição alopátrica.

Palavras-chave: *Rhizoprionodon Porosus* , *Rhizoprionodon terraenovae*, Morfometria, Análise Multivariada.

Abstract

Belonging to Carcharhinidae family, *Rhizoprionodon porosus* and *R. terraenovae* are may be confused as to the specific *status*, and most often has only the geographical criteria is used for discriminating to the species level as *R. porosus* is distributed only on the east coast of the American continent and *R. terraenovae* occurs in the west coast of the Atlantic in the Northern Hemisphere. The analysis of morphometric characters of the two species *R. porosus* and *R. terraenovae*, was conducted to ascertain differences in body shape, since genetic differences found using molecular markers of mitochondrial DNA may already have been morphologically expressed. To this end, measures 59 that are homologous parts of the body of 150 male and female newborns, and juveniles and adults were analyzed. Of these, 106 were *R. porosus* 44 were *R. terraenovae* collected in Brazil (off Pernambuco and Rio Grande do Norte states) or came from the collections of six different Museums; (MN / UFRJ), (MZUSP), (MOVI) (MNHN), (FMNH) and (FMNH). Univariate analyses indicated significant differences in measurements between species, which were observed in the multivariate analyses, depicted in projections of the first principal component ending up in a discriminant model made up of 4 measures, which classified species correctly with an mean accuracy of 81%. Therefore, the morphometric analyses confirm that the two species are distinct taxons delimited between the Gulf of Mexico and the northern Caribbean, suggesting an allopatric distribution.

Key words: *Rhizoprionodon Porosus*, *Rhizoprionodon terraenovae*, Morphometry, Multivariate Analysis.

Lista de ilustrações

Figura 1 – <i>Rhizoprionodon porosus</i> (Poey,1861)	6
Figura 2 – <i>Rhizoprionodon terraenovae</i> (Richardson, 1836)	6
Figura 3 – Área de distribuição de <i>Rhizoprionodon terraenovae</i> (Richardson, 1836) e <i>R. porosus</i> (Poey,1861) (COMPAGNO, 1984)	7
Figura 4 – Medidas longitudinais, visão lateral (COMPAGNO, 1984)	15
Figura 5 – Medidas da cabeça e parte anterior do tronco, visão lateral (COMPAGNO, 1984)	16
Figura 6 – Medidas da parte posterior do tronco, visão lateral (COMPAGNO, 1984)	16
Figura 7 – Medidas do tronco, visão lateral (COMPAGNO, 1984)	18
Figura 8 – Medidas da cabeça, visão ventral (COMPAGNO, 1984)	18
Figura 9 – Distribuição de frequência do comprimento total (CT) das amostras de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i>	21
Figura 10 – Gráfico do comportamento dos autovalores por componentes principais	25
Figura 11 – Representação dos 150 exemplares projetados no espaço composto pela componente principal 1 versus (A) componente principal 2, (B) componente principal 3 e (C) componente principal 2 versus componente principal 3	26
Figura 12 – Variáveis morfométricas do modelo discriminante de Fisher para identificação de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i>	28

Lista de tabelas

Tabela 1 – Distribuição de <i>R. porosus</i> e <i>R. terraenovae</i> por local de origem	14
Tabela 2 – Descrição das medidas longitudinais, visão lateral	15
Tabela 3 – Descrição das medidas da cabeça e parte anterior do tronco, visão lateral	16
Tabela 4 – Descrição das medidas da parte posterior do tronco, visão lateral	17
Tabela 5 – Descrição das medidas do tronco, visão lateral	18
Tabela 6 – Descrição das medidas da cabeça, visão ventral	19
Tabela 7 – Medidas morfométricas originais das espécies estudadas, valores máximos e mínimos, médias e desvios-padrão, coeficientes alométricos e R^2 da regressão por Huxley e Teissier (1936).	22
Tabela 8 – Valores mínimos, máximos, médias, desvios e p-valor para diferenças de médias das variáveis morfométricas sem o efeito alométrico.	24
Tabela 9 – Autovalor, variância explicada e variância explicada acumulada das 13 primeiras componentes.	25
Tabela 10 – Variáveis mais importantes de acordo com o (IIV) selecionadas para construção do modelo discriminante.	27
Tabela 11 – Matriz de classificação para análise discriminante entre <i>R. terraenovae</i> e <i>R. porosus</i>	29

Sumário

	Introdução	1
1	OBJETIVOS	3
1.1	Objetivo Geral	3
1.2	Objetivos Específicos	3
2	REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1	Recursos Pesqueiros	4
2.2	Gênero <i>Rhizoprionodon</i> (Whitley,1929)	5
2.2.1	<i>Rhizoprionodon porosus</i>	5
2.2.2	<i>Rhizoprionodon terraenovae</i>	5
2.3	Morfometria	7
2.4	Técnicas Estatísticas Utilizadas	8
2.4.1	Testes de Hipóteses	8
2.4.1.1	Kolmogorov-Smirnov - Normalidade	8
2.4.1.2	Kolmogorov-Smirnov- Duas amostras independentes	9
2.4.1.3	Teste t-Student	9
2.4.1.4	Teste de Mann-Whitney	9
2.4.2	Análise Covariância - ANCOVA	10
2.4.3	Análise Componentes Principais	11
2.4.4	Análise Discriminante	12
2.4.4.1	Função Discriminante Linear de Fisher	12
3	MÉTODOS	14
3.1	Dados Utilizados	14
3.2	Análise Estatísticas	19
4	RESULTADOS	21
5	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	30
	Referências	33

Introdução

A discriminação de espécies de formas semelhantes, mas que constituem entidades biológicas distintas é crucial para a biodiversidade, exploração e o manejo pesqueiros. Devido à falta de informações a respeito das características populacionais, à falta de definições taxonômicas precisas e dos volumes capturados, várias espécies se encontram, atualmente, em declínio. Os elasmobrânquios (tubarões e raias) constituem um importante recurso mundial cujas espécies são os predadores do topo das cadeias tróficas desempenhando importante função no ecossistema. Esse grupo se encontra em contínua e intensiva exploração apresentando declínio em níveis críticos para a manutenção da sustentabilidade.

O gênero *Rhizoprionodon*, pertencente à família Carcharhinidae, é constituído por sete espécies de tubarões de pequeno porte, distribuídas em todos os mares. Devido seus hábitos costeiros, estas espécies frequentemente representam uma parcela considerável dos volumes desembarcados pela pesca artesanal. Dentre as espécies deste gênero, duas se distribuem no oceano Atlântico Ocidental: a *Rhizoprionodon lalandii* (Muller & Henle, 1839), da costa do Panamá (América Central) até o sul do Brasil, e *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861), distribuindo-se na costa oriental do continente americano, desde o Caribe até o Uruguai, sendo mais comum no norte e nordeste do Brasil (MATTOS, 1998). Uma terceira espécie *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson, 1836), ocorre na costa Atlântico oeste, no Hemisfério Norte, desde Nova Brunswick, Canadá, Flórida e ao longo do Golfo do México (BIGELOW; SCHROEDER, 1948).

Durante décadas manteve-se uma problemática envolvendo o status específico de *R. porosus* e *R. terraenovae*. Compagno (1984) e Soto (2004), sugerem que ambas sejam consideradas uma mesma espécie, apresentando apenas uma variação clinal, ou seja, uma mudança gradual em um fenótipo (traço, caráter, feição) ao longo da distribuição de uma espécie ou população, normalmente relacionada com uma transição geográfica ou ambiental. Por outro lado, Gadig (2001) supõe que *R. terraenovae*, possivelmente, habite águas brasileiras, sendo os exemplares capturados identificados como *R. porosus* devido à falta de caracteres taxonômicos externos determinantes. O critério para identificação da diferenciação deu-se, basicamente, pela contagem de vértebras pré-caudais (de 58 a 66 em *R. terraenovae* e de 66 a 75 em *R. porosus*) (SPRINGER; GARRICK, 1964; COMPAGNO, 1984). Essa característica não é consistente para a separação das espécies, pois, é fortemente influenciada por fatores ambientais principalmente temperatura, podendo assim, uma das espécies representar apenas uma clina da outra.

Recentemente, Mendonça et al. (2011) definiu as espécies de tubarões do gênero *Rhizoprionodon* no Atlântico Ocidental analisando o DNA mitocondrial. Seu estudo

forneceu fortes evidências para sustentar que *R. terraenovae* e *R. porosus* como espécies biológicas distintas, corroborando a revisão taxonômica realizada por Springer e Garrick (1964), através de amostragens populacionais representativas destas espécies delimitadas entre o Golfo do México e o Norte do Caribe, o que sugeriu uma distribuição alopática. Entretanto, nada se sabe a respeito de como se expressam, morfometricamente, as diferenças evidenciadas por Mendonça et al. (2011), o que levou ao presente estudo da morfometria do corpo de *Rhizoprionodon porosus* e *R. terraenovae*.

A morfometria corresponde a uma área de pesquisa importante para biologia pesqueira, utilizada em análises taxonômicas e sistemáticas, entre outras, uma vez que contribui para o reconhecimento das diferenças entre grupos. Nas primeiras abordagens da morfometria eram comparadas diversas medidas, uma a uma. Atualmente, com os avanços computacionais e uso de técnicas estatísticas multivariadas (análise de agrupamento, análise de componentes principais, análise de funções discriminantes), é possível avaliar, simultaneamente, diferentes níveis de variação e co-variação entre as medidas.

1 Objetivos

1.1 Objetivo Geral

Verificar se as diferenças genéticas entre *Rhizoprionodon terraenovae* e *R. porosus* encontradas utilizando marcadores moleculares do DNA mitocondrial por Mendonça et al. (2011) são expressas na forma do corpo.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar as medidas morfométricas que discriminam *Rhizoprionodon terraenovae* de *R. porosus*;
- Propor um modelo discriminante eficiente para classificar as espécies estudadas.

2 Revisão de Literatura

2.1 Recursos Pesqueiros

A pesca é uma das ocupações mais antigas, visando a utilização dos recursos marinhos vivos. A partir do final do Século XIX, ainda no processo da revolução industrial, as condições para pesca se tornaram propícias à sua expansão, pois algumas inovações técnicas foram decisivas, como: embarcações mais ágeis, seguras e com maior autonomia. A rede de arrasto, técnicas de enlatamento e mercados nos grandes centros urbanos, favoreceram a distribuição e comercialização do pescado (CASTELLO, 2007; FONTELES-FILHO, 2011). Embora a pesca seja direcionada para uma espécie-alvo, os apetrechos capturam também outras espécies da fauna acompanhante, sejam adultos ou jovens, problema comum nas regiões costeiras como ocorre, por exemplo, com a captura de elasmobrânquios nas pescarias de camarões (CASTELLO, 2007).

Os elasmobrânquios tubarões (ou cações) e raias, são peixes com esqueletos cartilaginosos comumente capturados em várias artes de pesca, intencionalmente ou como fauna acompanhante. O aumento na captura mundial direcionada para este grupo tem como consequência a valorização de seus subprodutos, por exemplo: barbatanas, couro, cartilagem para usos farmacêuticos e dentes usados em artesanatos. (NETO, 2011; FAO, 2012). A escassez de dados de capturas contribuiu para a situação atual em que um grande número de espécies encontram-se ameaçadas devido a exploração não controlada de espécies de crescimento lento, maturação sexual tardia, vida longa, baixa fecundidade e baixa mortalidade natural (LESSA, 1999; STEVENS et al., 2000; FAO, 2012). No Brasil, dados do Programa Estatpesca indicam que a captura total de tubarões alcançou mais de 5.000 toneladas em 2006 (IBAMA, 2008). Por sua vez a FAO estima que a captura de tubarões no Brasil corresponde a 4% do total desembarcado no País, o que dá uma ideia da pressão de pesca desenvolvida sobre o grupo.

De acordo com a Sociedade Brasileira para Estudos de Elasmobrânquios - SBEEEL (2005) as estatísticas sobre capturas são feitas em categorias ou grupos taxonômicas, onde, por exemplo, todos os tubarões são reunidos como "cação", impedindo a inferência do volume capturado por espécie.

Diante da problemática existente, informações sobre diferenças taxonômicas de fácil reconhecimento entre *Rhizoprionodon terraenovae* e *Rhizoprionodon porosus* contribuem para uma melhor gestão de suas capturas visando o controle da exploração, já que estes são considerados recursos pesqueiros.

2.2 Gênero *Rhizoprionodon* (Whitley,1929)

O gênero *Rhizoprionodon*, pertencente à ordem Carcharhiniformes, família Carcharhinidae é representado por sete espécies de tubarões relativamente pequenos medindo de 70 a 150 cm na idade adulta. É caracterizado pela presença de sulco labial superior desenvolvido, origem da segunda nadadeira dorsal sobre a metade da base da nadadeira anal e cristas pré-anais mais visíveis em exemplares adultos (GADIG, 2001). Estes tubarões distribuem-se em águas tropicais e subtropicais, devido a seus hábitos costeiros, representam parte da produção pesqueira utilizada principalmente para consumo da carne, assim como, para fins recreativos (pesca esportiva) e turísticos (mergulho e fotografia) (NELSON, 1990). Três espécies do gênero distribuem-se no oceano Atlântico Ocidental (*R. terraenovae*, *R. porosus* e *R. lalandii*) desde o Norte dos EUA até sul da América do Sul. As espécies *R. terraenovae* e *R. porosus*, abordadas neste estudo, são descritas a seguir.

2.2.1 *Rhizoprionodon porosus*

A espécie *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861), que distribuí-se na costa oriental do continente americano, desde o Caribe até o Uruguai, é especialmente comum no norte e nordeste do Brasil. Habita principalmente águas rasas de regiões tropicais, podendo alcançar profundidades moderadas e regiões temperadas (COMPAGNO, 1984; MATTOS, 1998; LESSA et al., 2006). Popularmente são conhecidos como cação frango ou rabo-seco. Alimentam-se de pequenos peixes ósseos, camarões e lulas. Possui tamanho máximo de 110 cm, atingindo a maturidade com 60 cm nos machos e 80 cm nas fêmeas; os embriões nascem com cerca de 31-39 cm. Caracterizam-se por possuírem corpo esbelto; focinho afilado; primeira nadadeira dorsal maior que a margem anterior das nadadeiras peitorais em adultos. Possuem dorso escuro, com tons metálicos esverdeados, bronzeados ou cobre; margem das nadadeiras dorsais e da nadadeira caudal um pouco mais escura, caráter mais evidente em neonatos e jovens; margem posterior e ápice das nadadeiras peitorais mais claros; ventre claro (GADIG, 2001).

2.2.2 *Rhizoprionodon terraenovae*

Rhizoprionodon terraenovae(Richardson, 1836) distribui-se do Golfo do México e ao longo da América do Norte (New Brunswick, no Canadá). Suas características, tanto alimentares, quanto de crescimento são semelhantes ao *R. porosus*. A maturidade é atingida entre 60-80 cm nos machos e de 85-90 cm nas fêmeas; tamanho dos embriões chegam a 29-37 cm (COMPAGNO, 1984).

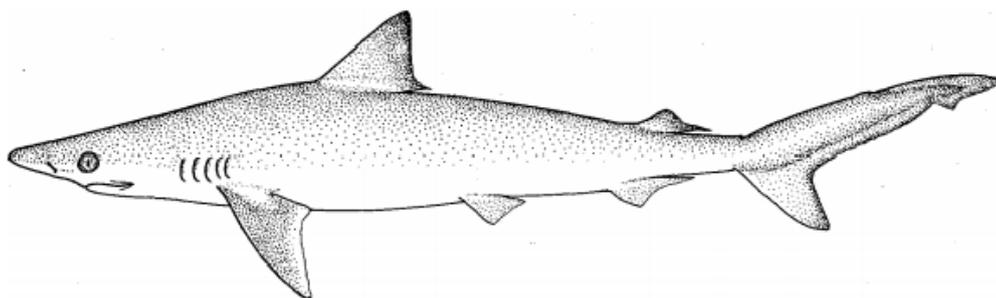


Figura 1 – *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861)

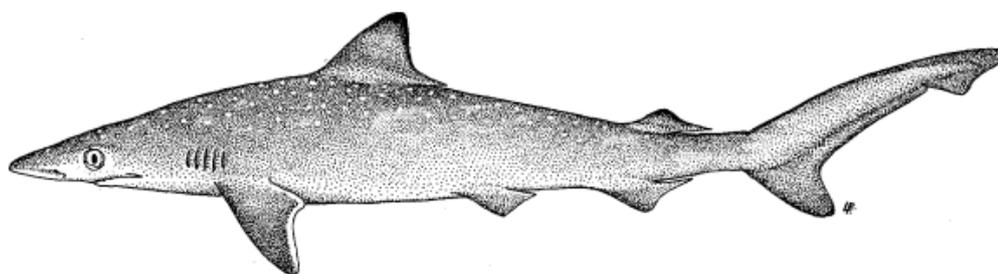


Figura 2 – *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson, 1836)

Compagno (1984) e Soto (2004) sugerem que *R. porosus* e *R. terraenovae* sejam a mesma espécie. A hipótese de que possivelmente *R. terraenovae* também habite águas brasileiras foi sugerida por Gadig (2001), que supôs que os exemplares capturados desta espécie identificados como *R. porosus* devido à falta de caracteres taxonômicos externos que permitam distinguir as duas espécies. Entretanto, Mendonça et al. (2011) realizou estudo genético utilizando DNA mitocondrial, evidenciando que *R. porosus* e *R. terraenovae* são espécies distintas, corroborando com Springer e Garrick (1964) e sugerindo uma validação dos resultados por ele obtidos através de estudos dos caracteres merísticos e morfométricos.

Entretanto, a ocorrência de *R. terraenovae* na costa brasileira e sobreposições de distribuição geográfica entre esta espécie e *R. porosus* não foram consideradas nem observadas por Mendonça et al. (2011). A figura 3 ilustra a distribuição das espécies segundo Compagno (1984).



Figura 3 – Área de distribuição de *Rhizoprionodon terraenovae* (Richardson, 1836) e *R. porosus* (Poey, 1861) (COMPAGNO, 1984)

2.3 Morfometria

Morfometria é uma abordagem que se caracteriza pela aplicação de métodos estatísticos multivariados para conjuntos de variáveis. As variáveis morfométricas geralmente correspondem a diferentes distâncias medidas em um organismo (comprimentos, larguras de estruturas ou distâncias entre certos pontos de referência). Há uma preocupação frequente com alometria (mudança na forma como uma função de tamanho) e correção de tamanho (para permitir o estudo das diferenças entre as amostras da forma de organismos ajustado para um tamanho comum). Os resultados são expressos em sua maioria numérica e graficamente em termos de combinações lineares das variáveis medidas. A análise é feita através das técnicas estatísticas multivariadas, como por exemplo: análise de componentes principais, análise de agrupamentos, análise de variáveis canônicas, funções discriminantes, distâncias generalizadas (ROHLF; MARCUS, 1993). Com esse tipo de abordagem não é possível reproduzir a forma original, pois não se leva em consideração a posição espacial entre os marcos medidos, ou seja, a análise pode evidenciar diferenças entre medidas de parte do corpo do organismos, mas não em sua forma propriamente dita.

Durante a década de 80, ocorreu uma revolução metodológica no estudo da morfometria fazendo com que houvesse a necessidade de um embasamento teórico e filosófico com o surgimento de uma área de pesquisa na fronteira entre a Biologia, a Estatística e a Geometria. Esta nova abordagem, chamada de Morfometria Geométrica teve início a partir dos anos 90, onde os pesquisadores desenvolveram métodos que unissem o caráter geométrico das formas biológicas e a possibilidade de um tratamento estatístico da variação (MONTEIRO; REIS, 1999).

Devido a ausência de marcos anatômicos verdadeiros identificáveis que garantissem a expressão da forma do corpo das espécies estudadas, por tratar-se de peixes cartilagosos, neste estudo foi utilizado apenas a abordagem da morfometria multivariada com dados convencionais, onde as variáveis são distâncias entre partes homólogas do corpo dos exemplares.

2.4 Técnicas Estatísticas Utilizadas

2.4.1 Testes de Hipóteses

2.4.1.1 Kolmogorov-Smirnov - Normalidade

Através do teste estatístico Kolmogorov-Smirnov (K-S) é possível testar se um conjunto de observações foi extraído de uma população com distribuição contínua completamente especificada. Isto é, avalia o grau de concordância entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais (valores observados) e determinada distribuição teórica específica.

O teste de Kolmogorov-Smirnov pode ser utilizado para avaliar as hipóteses:

$$\begin{cases} H_0 : \text{Os dados seguem uma distribuição } F_X \\ H_1 : \text{Os dados não seguem uma distribuição } F_X. \end{cases}$$

Este teste observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição acumulada assumida para os dados, e a função de distribuição empírica dos dados. Como critério, comparamos esta diferença com um valor crítico, para um dado nível de significância.

Considere uma amostra aleatória simples X_1, X_2, \dots, X_n de uma população com função de distribuição acumulada contínua F_X desconhecida. A estatística utilizada para o teste é a diferença máxima absoluta entre as funções $F(x)$ e $F_n(x)$:

$$D_n = \sup_x |F(x) - F_n(x)|$$

Em que,

$F(x)$ representa a função de distribuição acumulada assumida para os dados;

$F_n(x)$ representa a função de distribuição acumulada empírica dos dados.

Neste caso, queremos testar a hipótese $H_0 : F_X = F$ contra a hipótese alternativa $H_1 : F_X \neq F$. Para isto, tomamos $X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(n)}$ as observações aleatórias ordenadas de forma crescente da população com função de distribuição contínua F_X . No caso de análise da normalidade dos dados, assumimos F a função de distribuição da normal.

Se D_n é maior que o valor crítico, rejeitamos a hipótese de normalidade dos dados com $(1 - \alpha)100\%$ de confiança. Caso contrário, não rejeitamos a hipótese de normalidade.

2.4.1.2 Kolmogorov-Smirnov- Duas amostras independentes

O teste Kolmogorov-Smirnov pode ser aplicado na comparação de dois grupos independentes, isto é, se as amostras foram extraída mesma população (ou de populações com a mesma distribuição). Assim como para uma amostra, o teste de K-S utiliza as distribuições acumuladas. A prova de uma amostra se refere a concordância entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais e determinada distribuição teórica. A prova de duas amostras visa a concordância entre dois conjuntos de valores amostrais. Sejam X e Y duas variáveis estocásticas independentes, cujas funções de distribuição cumulativa F e G são desconhecidas. Um problema de duas amostras clássica consiste em testar a hipótese nula: As hipóteses a ser testadas são:

$$\begin{cases} H_0 : \text{As distribuições são iguais,} \\ H_1 : \text{As distribuições não são iguais} \end{cases}$$

Dada uma amostra observada X_1, \dots, X_n e um controle, amostra Y_1, \dots, Y_m , deve-se determinar se eles provêm da mesma função de distribuição. A estatística utilizada para o teste é a diferença máxima absoluta entre as funções $F_n(x)$ e $G_m(Y)$:

$$D_n = \sup_x |F_n(x) - G_m(Y)|$$

Em que,

$F_n(x)$ representa a função de distribuição acumulada assumida para x;

$G_m(y)$ representa a função de distribuição acumulada assumida para y.

2.4.1.3 Teste t-Student

O teste t de Student, ou simplesmente teste t é o método mais utilizado para se avaliar as diferenças entre as médias de dois grupos.

2.4.1.4 Teste de Mann-Whitney

O teste de Mann-Whitney é um teste não-paramétrico usado com o objetivo de comparar as médias de duas amostras independentes. É um teste alternativo ao teste

t-Student para amostras independentes, quando seus pressupostos não são atendidos, reduzindo a robustez do teste.

Os procedimentos para a realização do teste, são:

1. Determinar os valores de n_1 e n_2 . Onde n_1 é o tamanho da amostra menor e n_2 é o tamanho da amostra maior.
2. Combinar as observações ou escores de ambas amostras, dispendo-os em ordem crescente. Os postos variarão de 1 a N onde $N = n_1 + n_2$. Às observações empatadas atribuir a média dos postos correspondentes.
3. Calcular a estatística U de Mann-Whitney:

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - R_2$$

em que, R_1 =soma dos ranks do grupo 1 e R_2 =soma dos ranks do grupo 2. A estatística U é o menor valor entre U_1 e U_2 .

4. Decidir entre as hipóteses a partir da tabela de valores críticos de Mann-Whitney se $N < 20$, caso contrário, calcula-se o valor de z para comparar o valor real com o valor teórico de z. Se z calculado for menor que z tabelado não se pode rejeitar a hipótese nula.

$$z = \frac{U - \mu_R}{\sigma_R}$$

onde,

$$\mu_R = \frac{n_1 n_2}{2} \text{ e } \sigma_R = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

2.4.2 Análise Covariância - ANCOVA

Análise de covariância (ANCOVA) é essencialmente a análise de variância (ANOVA), que incorporam uma ou mais variáveis contínuas (co-variáveis). Embora a relação entre a variável resposta e uma co-variável pode-se ser de interesse biológico substancial, tipicamente co-variável(s) são incorporadas para reduzir a quantidade de variabilidade inexplicada no modelo e, assim, aumentar o poder de quaisquer efeitos do tratamento. A redução na variabilidade não explicada é obtida ajustando a resposta (para cada tratamento) de acordo com ligeiras diferenças por meio da co-variável, bem como a sumarização de todas as tendências subjacentes entre a resposta e a co-variável. Desta maneira, a ANCOVA pode ser visualizada como uma ANOVA regular em que o grupo em meios gerais são substituídos por grupos e linhas de tendência geral. Sendo assim, é apropriada somente quando cada uma das tendências dentro do grupo têm a mesma inclinação e são, portanto, paralelos um ao outro e a tendência geral (LOGAN, 2011).

2.4.3 Análise Componentes Principais

A análise de componentes principais é um método estatístico multivariado que permite transformar um conjunto de variáveis iniciais correlacionadas entre si, num outro conjunto de variáveis não correlacionadas (ortogonais), as chamadas **componentes principais**, que resultam de combinações lineares do conjunto inicial. As componentes principais são calculadas por ordem decrescente de importância, isto é, a primeira explica o máximo possível da variância dos dados originais, a segunda o máximo possível da variância ainda não explicada, e assim por diante. A última componente principal será a que menor contribuição dá para a explicação da variância total dos dados originais. Porque cada combinação linear explica o máximo possível da variância não explicada e terá de ser ortogonal a qualquer outra combinação já definida, o conjunto de todas as combinações encontradas constitui uma solução única.

Na análise das componentes principais, não há necessidade de testar a existência de fatores subjacentes. O seu objetivo não é explicar as correlações entre as variáveis mas apenas encontrar funções matemáticas entre as variáveis iniciais que expliquem o máximo possível da variação existente nos dados e os permitam descrever e reduzir (REIS, 2001).

Seja $\underline{X}' = \{X_1, X_2, \dots, X_p\}$ um vetor de variáveis aleatórias com média μ e matriz de variância/covariância Σ . Pretende-se encontrar um novo conjunto de variáveis Y_1, Y_2, \dots, Y_p , não correlacionadas entre si e cujas variâncias decresçam da primeira para a última, isto é,

$$Var[Y_1] \geq Var[Y_2] \geq Var[Y_p].$$

Cada nova variável Y_j pode então ser tomada como uma combinação linear de X :

$$Y_j = a_{1j}X_1 + a_{2j}X_2 + \dots + a_{pj}X_p = \underline{a}'_j \underline{X}$$

sendo $\underline{a}'_j = [a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj}]$ um vetor de componentes tais que $\underline{a}'_j \underline{a}_j = \sum_{i=1}^p a_{ij}^2 = 1$ e $\underline{a}'_j \underline{a}_r = 0$ para $j \neq r, j, r = 1, 2, \dots, p$.

Encontra-se a primeira componente principal Y_1 , escolhendo o vetor de constantes \underline{a}_1 de modo a que Y_1 tenha a máxima variância possível. A segunda componente é derivada de modo idêntico: escolhendo \underline{a}_2 tal que Y_2 tenha variância máxima e seja ortogonal à primeira componente Y_1 . Seguindo-se o mesmo processo, encontrar-se-ão Y_3, \dots, Y_p , todas não-correlacionadas entre si e com variância decrescente.

Graficamente, a análise de componentes principais pode ser descrita como a rotação dos pontos existentes num espaço multidimensional originando eixos, ou componentes principais, que dispostos num espaço a duas ou mais dimensões representem variabilidade suficiente que possa indicar algum padrão a ser interpretado (REYMENT; JVBRESKOG, 1996).

2.4.4 Análise Discriminante

Análise Discriminante é uma técnica estatística que pode ser usada quando a variável dependente é categórica (nominal ou não-métrica) e as variáveis dependentes são métricas. É aplicável em situações nas quais a amostra total pode ser dividida em grupos baseados em uma variável dependente não-métrica que caracteriza diversas classes conhecidas. Os objetivos primários são entender diferenças de grupos e prever probabilidade de que um indivíduo pertence a uma classe ou grupo em particular com em diversas variáveis independentes métricas (HAIR, 2005). Uma das diferenças entre análise discriminante e análise de agrupamento é que nesta, deseja-se formar k grupos homogêneos na amostra, sem o conhecimento a priori da alocação dos objetos nos grupos.

Na Análise Discriminante, conhece-se a priori a quais populações pertencem os objetos da amostra. Para a aplicação de uma análise de agrupamentos é necessário ter uma amostra para a qual foram observadas p variáveis aleatórias. Para a Análise Discriminante, uma amostra de cada uma de g populações é coletada e além das p variáveis observadas para cada objeto das amostras é preciso saber de que população cada amostra provém. Segundo Hair (2005) os principais objetivos da Análise Discriminante são:

- discriminação: encontra-se funções das variáveis observadas que possam explicar as diferenças entre as g populações;
- classificação ou alocação: determina-se funções das variáveis observadas que permitam classificar novos objetos em uma das populações.

2.4.4.1 Função Discriminante Linear de Fisher

A função discriminante linear de Fisher foi desenvolvida por Fisher (1936) ao criar uma função discriminante linear para fortalecer o máximo de separação entre três espécies de flores de íris baseada em quatro medidas. A função discriminante linear de Fisher é uma combinação linear de características originais a qual se caracteriza por produzir separação máxima entre duas populações (TIMM, 2002).

Na análise da função discriminante para dois grupos, é preciso assumir que as duas amostras pertencem a população com distribuição normal multivariada de matriz de covariâncias e Σ e médias μ_1 e μ_2 conhecidas comuns das populações π_i , ($i = 1,2$). Assim, a função linear de Fisher é dada pela fórmula:

$$D(X) = L'X = [\mu_1 - \mu_2]' \Sigma^{-1}X$$

em que,

$L = [\mu_1 - \mu_2]$ vetor discriminante;
 $X = [X_1 X_2 \dots X_p]$ vetor aleatório de características das populações;

μ = vetor de médias p-variado;

Σ = matriz comum de covariâncias das populações π_1 e π_2 .

O valor da função discriminante de Fisher para uma observação x_0 é dada por:

$$D(x_0) = L' X = [\mu_1 - \mu_2]' \Sigma^{-1} x_0$$

O ponto médio entre as duas médias populacionais univariadas μ_1 e μ_2 é dada por:

$$m = \frac{1}{2} [\mu_1 - \mu_2]' \Sigma^{-1} [\mu_1 - \mu_2]$$

, ou seja

$$m = \frac{1}{2} [D(\mu_1) + D(\mu_2)]$$

A regra de classificação baseada pela função de Fisher é:

$$\begin{aligned} &\text{Alocar } \pi_1 \text{ se } D(x_0) = [\mu_1 - \mu_2]' \Sigma^{-1} x_0 \geq m \\ &\text{Alocar } x_0 \text{ em } \pi_2 \text{ se } D(x_0) = [\mu_1 - \mu_2]' \Sigma^{-1} x_0 < m \end{aligned}$$

3 Métodos

3.1 Dados Utilizados

Foram estudadas 59 medidas morfométricas do corpo de 150 exemplares dos quais 106 *R. porosus* e 44 *R. terraenovae* classificados com base taxonômica de acordo com Compagno (1984). Os espécimes de *R. porosus* foram originados de capturas realizadas com redes de emalhar realizadas no litoral dos estados de Pernambuco e do Rio Grande do Norte e exemplares depositados nos museus: Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN/UFRJ), Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí (MOVI), Museu de História Natural de Paris (MNHN) e no Museu de História Natural da Flórida (FMNH). Os exemplares de *R. terraenovae* foram provenientes do Museu de História Natural da Flórida (FMNH). A tabela 1 mostra a distribuição dos exemplares por espécies e áreas de origem.

Tabela 1 – Distribuição de *R. porosus* e *R. terraenovae* por local de origem

Local		Espécies	
		<i>R. porosus</i>	<i>R. terraenovae</i>
América	Central	8	1
	Norte	0	43
Brasil	Norte-Nordeste	87	0
	Sul-Sudeste	11	0
Total		106	44

As medidas foram modificadas de Compagno (1984) e tomadas em centímetro (cm). O comprimento total do corpo foi medido com a nadadeira caudal totalmente esticada, afim de minimizar os erros de medição (COMPAGNO, 1984). As medidas morfométricas estão ilustradas nas figuras 4 a 8 e descritas nas tabelas 2 a 6, respectivamente.

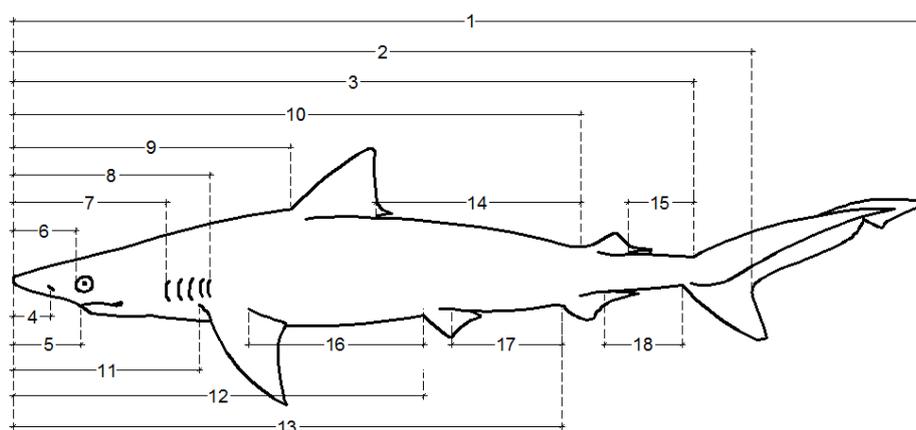


Figura 4 – Medidas longitudinais, visão lateral (COMPAGNO, 1984)

Tabela 2 – Descrição das medidas longitudinais, visão lateral

Medidas morfométricas	Notação
1 - Comprimento total	CT
2 - Comprimento zoológico	CZ
3 - Distância Pré-caudal superior	PRCS
4 - Distância Pré-narinal	PRNR
5 - Distância Pré-oral	PROR
6 - Distância Pré-orbital	PROB
7 - Distância Pré-1ª fenda branquial	PRFB1
8 - Distância Pré-5ª fenda branquial	PRFB5
9 - Distância Pré-1ª dorsal	PRD1
10 - Distância Pré-2ª dorsal	PRD2
11 - Distância Pré-peitoral	PRPT
12 - Distância Pré-pélvica	PRPV
13 - Distância Pré-anal	PRAN
14 - Comprimento entre 1ª dorsal - 2ª dorsal	CED1D2
15 - Comprimento entre 2ª dorsal - caudal	CED2C
16 - Comprimento entre peitoral - pélvica	CEPPV
17 - Comprimento entre pélvica-anal	CEPVAN
18 - Comprimento entre anal-caudal	CEANC

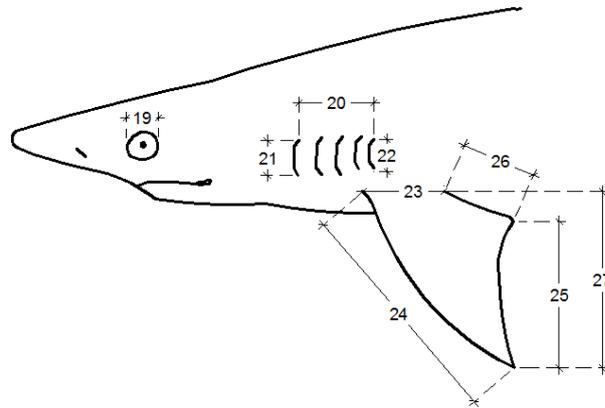


Figura 5 – Medidas da cabeça e parte anterior do tronco, visão lateral (COMPAGNO, 1984)

Tabela 3 – Descrição das medidas da cabeça e parte anterior do tronco, visão lateral

Medidas morfométricas	Notação
19 - Diâmetro horizontal do olho	DHO
20 - Comprimento entre a 1ª e 5ª fenda branquial	CEFB1FFB5
21 - Comprimento da 1ª fenda branquial	CFB1
22 - Comprimento da 5ª fenda branquial	CFB5
23 - Base nadadeira peitoral	BNP
24 - Margem anterior da nadadeira peitoral	MANP
25 - Margem posterior da nadadeira peitoral	MPNP
26 - Margem interna da nadadeira peitoral	MINP
27 - Altura da nadadeira peitoral	HNP

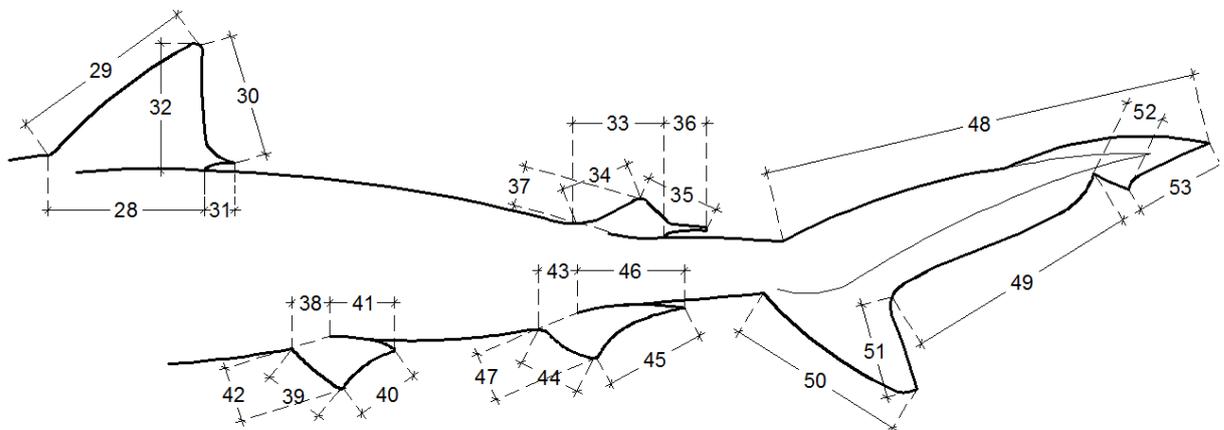


Figura 6 – Medidas da parte posterior do tronco, visão lateral (COMPAGNO, 1984)

Tabela 4 – Descrição das medidas da parte posterior do tronco, visão lateral

Medidas morfométricas	Notação
28 - Base da 1 ^a nadadeira dorsal	BND1
29 - Margem anterior da 1 ^a nadadeira dorsal	MAND1
30 - Margem posterior da 1 ^a nadadeira dorsal	MPND1
31 - Margem interna da 1 ^a nadadeira dorsal	MIND1
32 - Altura da nadadeira dorsal	HND1
33 - Base da 2 ^a nadadeira dorsal	BND2
34 - Margem anterior da 2 ^a nadadeira dorsal	MAND2
35 - Margem posterior da 2 ^a nadadeira dorsal	MPND2
36 - Margem interna da 2 ^a nadadeira dorsal	MIND2
37 - Altura da 2 ^a nadadeira dorsal	HND2
38 - Base da nadadeira pélvica	BNPV
39 - Margem anterior da nadadeira pélvica	MANPV
40 - Margem posterior da nadadeira pélvica	MPNPV
41 - Margem interna da nadadeira pélvica	MINPV
42 - Altura da nadadeira pélvica	HNPV
43 - Base da nadadeira anal	BNA
44 - Margem anterior da anal	MANA
45 - Margem posterior da nadadeira anal	MPNA
46 - Margem interna da nadadeira anal	MINA
47 - Altura da nadadeira anal	HNA
48 - Margem dorsal superior nadadeira caudal	MDSNC
49 - Margem dorsal inferior nadadeira caudal	MDINC
50 - Margem anterior lobo anterior nadadeira caudal	MALBANC
51 - Margem posterior lobo anterior nadadeira caudal	MPLBANC
52 - Margem anterior lobo posterior nadadeira caudal	MALBPNC
53 - Margem posterior lobo posterior nadadeira caudal	MPLBPNC

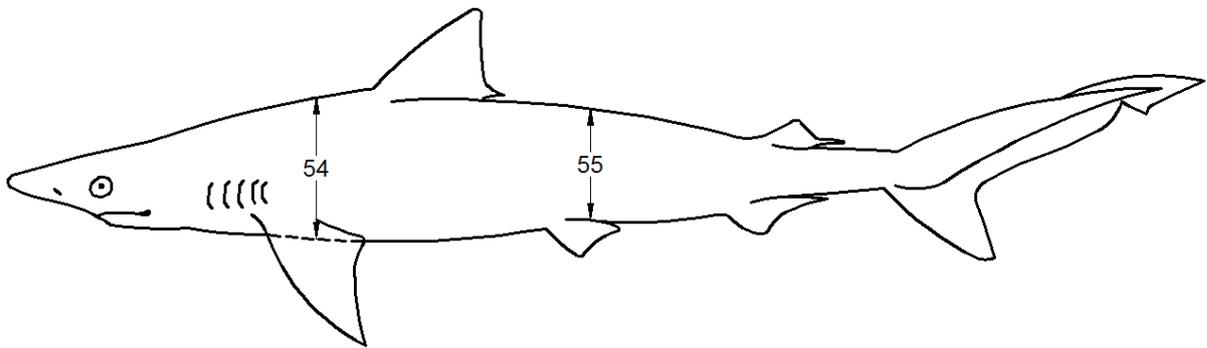


Figura 7 – Medidas do tronco, visão lateral (COMPAGNO, 1984)

Tabela 5 – Descrição das medidas do tronco, visão lateral

Medidas morfométricas	Notação
54 - Altura do tronco peitoral (fim da base da nadadeira peitoral ao dorso)	HTRP
55 - Altura do tronco pélvico (fim da base da nadadeira pélvica ao dorso)	HTRPV

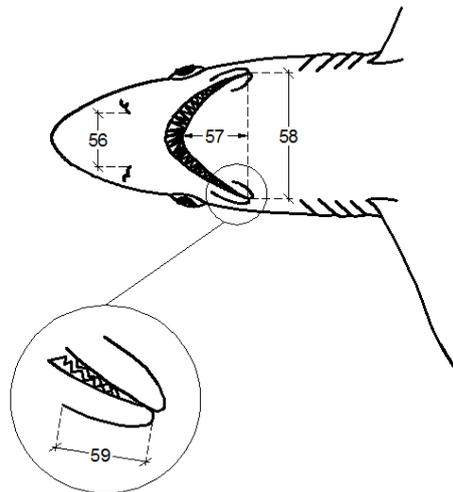


Figura 8 – Medidas da cabeça, visão ventral (COMPAGNO, 1984)

Tabela 6 – Descrição das medidas da cabeça, visão ventral

Medidas morfométricas	Notação
56 - espaço internarinal	EIN
57 - Comprimento da boca	CBC
58 - Largura da boca	LBC
59 - Fenda labial superior	FLS

3.2 Análise Estatísticas

Inicialmente foram calculadas algumas medidas descritivas para as variáveis de interesse, em seguida foram examinadas quanto a normalidade a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov. A igualdade da distribuição do comprimento total entre espécies foi investigada pelo teste não paramétrico Kolmogorov-Smirnov para duas amostras independentes.

Os dados foram transformados de acordo com a formula de Lleonart et al. (2000), equação 3.1, afim de retirar o efeito alométrico, que segundo Huxley e Teissier (1936), designa alterações das dimensões relativas das partes do corpo que estão correlacionas com transformações do desenvolvimento corporal medida através do modelo não linear, expresso pela formula: $y = \beta x^\alpha$, onde y é a medida de parte do organismo, x é o tamanho de todo o organismo, β e α são constantes. Quando $\beta > 1$ tem-se alometria positiva, indicando que y aumenta proporcionalmente mais do que x ; $\beta < 1$, alometria negativa; x aumenta proporcionalmente mais de que y ; se $\beta = 1$, observa-se um fenômeno chamado de isometria, onde a proporção de x e y não se altera ao longo do crescimento. A formula para correção do efeito do tamanho, segundo Lleonart et al. (2000) é dada por:

$$Y_i^* = Y_i \left(\frac{X_0}{X_i} \right)^\beta \quad (3.1)$$

onde:

Y_i^* = medida morfométrica padronizada para cada indivíduo i

Y_i = i -ésima observação da medida morfométricas Y

X_0 = Comprimento total (CT) médio de toda a amostra

X_i = Comprimento total do indivíduo i

β = coeficiente alométrico, obtido pela linearização da equação de Huxley e Teissier (1936):

$\log Y_i = \log \alpha + \beta \log X_i$ utilizando todos espécimes

Com o intuito de verificar se o efeito alométrico nas variáveis morfométricas são iguais entre espécies, foi realizada análise de covariância (ANCOVA) para as equações $\log Y_i = \log \alpha + \beta \log X_i$ por espécies. As medidas Y_i que tiveram iterações significativas para espécies, foram excluídas da análise.

Diferenças de médias entre espécies das medidas sem o efeito alométrico consideradas no estudo, foram testadas utilizando o teste Mann-Whitney, quando a suposição de normalidade foi rejeitada e, o teste t-student caso contrário.

O processo de seleção de variáveis significativas para explicar as diferenças nas espécies considerando o conjunto de todas as variáveis e não apenas uma análise individual foi feita usando a técnica de análise de componentes principais, visto que esta técnica permite reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados. Para identificar as de maior importância, foram consideradas as variáveis de maior variabilidade utilizando a matriz de pesos. O número de componentes a ser considerado foi definido com base no critério de Kaiser (1960), onde se retem os componentes que possuem variância maior ou igual a 1. Foi gerado um índice de importância das variáveis (IIV) a partir das componentes consideradas levando-se em consideração os pesos a_{jp} da variável em cada um dos j componentes principais e a variância explicada por cada um desses j componentes (autovalores λ_j), conforme a equação 3.2 (DUDA et al., 1999). Com o IIV para cada variável, as mesmas foram ordenadas de forma decrescente em relação ao IIV, tendo sido então selecionada as 20 mais importantes.

$$IIV_p = \sum_{j=1}^J |\alpha_{jp}| \lambda_j \quad (3.2)$$

A seleção das variáveis para o modelo discriminante foi feita inicialmente considerando a interseção dos conjuntos das variáveis que estavam entre as vinte mais importantes e aquelas que eram estatisticamente diferentes entre as espécies, na análise bivariada. Com esse conjunto de variáveis selecionadas foi então adotado o critério de seleção de modelos Forward e Backward (stepwise) para encontrar um modelo discriminante de Fisher. A técnica de validação utilizada foi a do tipo validação cruzada pelo método *jackknife* o qual baseia-se em estimar $k - 1$ amostras, eliminando-se uma observação por vez a partir de uma amostra de k casos, gerando uma matriz de classificação com o percentual de sucesso para cada grupo estimado (EFRON; GONG, 1983).

4 Resultados

As principais medidas descritivas das variáveis morfométricas estão apresentadas na 7 e o coeficiente alométrico β das variáveis morfométricas, juntamente com o coeficiente de determinação, R^2 , da regressão: $\log Y_i = \log \alpha + \beta \log X_i$. É possível observar que o comprimento total (CT) varia entre 26 a 115,5 cm, confirmando que a amostra de dados é composta por indivíduos neonatos, juvenis e adultos. Há alometria positiva $\alpha > 1$ para a maioria das medidas morfométricas, ou seja, esses caracteres aumentam numa proporção um pouco maior que o crescimento. A medida que mais se destaca em relação a alometria negativa é a diâmetro do olho (DHO), com $\alpha = 0,67$. As variáveis são bem explicadas pelo tamanho total dos espécimes, com R^2 maior ou próximos de 70%.

Na amostra de 150 Rhizoprionodon, foi comparada a distribuição do comprimento total (CT) para *R. porosus* e *R. terraenovae* utilizando o teste Kolmogorov-Smirnov o qual forneceu o p-valor de 0,07. De acordo com o teste, não há diferenças significantes entre as distribuições de frequência do CT entre as espécies. A figura 9 é possível observar a semelhança da distribuição do CT para as espécies.

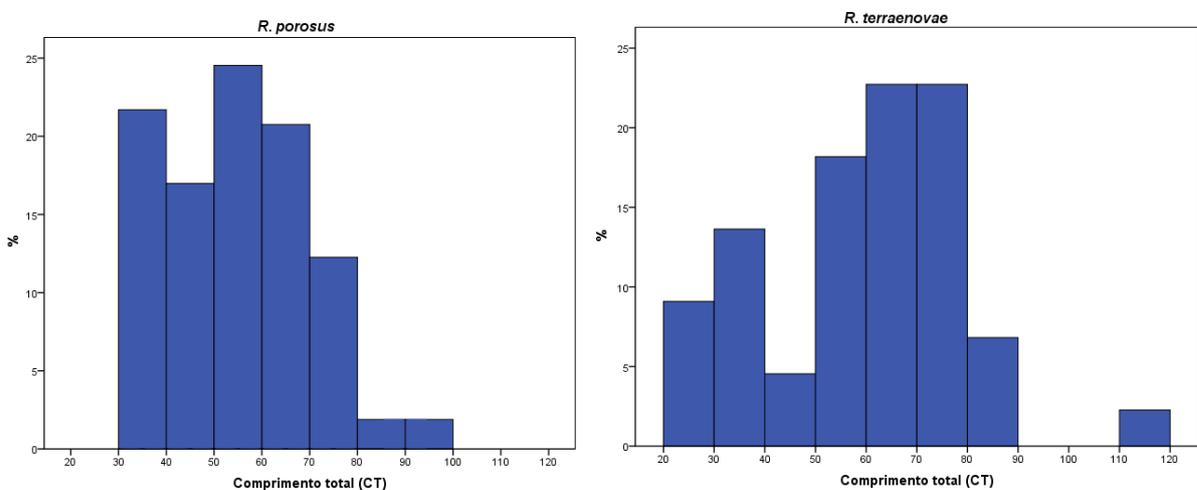


Figura 9 – Distribuição de frequência do comprimento total (CT) das amostras de *R. porosus* e *R. terraenovae*

Tabela 7 – Medidas morfométricas originais das espécies estudadas, valores máximos e mínimos, médias e desvios-padrão, coeficientes alométricos e R^2 da regressão por Huxley e Teissier (1936).

Variáveis	R. porosus (n = 106)				R. terraenovae (n = 44)				β	R^2
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão		
CT	30,1	94,7	55,1	14,7	26,0	115,5	59,3	19,7	-	-
CZ	24,8	78,0	44,1	12,2	19,6	83,8	47,3	15,4	1,02	99,5
PRCS	22,0	71,2	40,1	11,4	18,3	76,5	42,7	14,1	1,03	99,3
PRNR	1,4	5,6	2,8	0,8	1,5	4,7	3,0	0,8	0,91	89,3
PROR	2,5	6,9	4,3	1,0	2,3	7,1	4,5	1,2	0,82	96,5
PROB	2,2	7,8	4,2	1,1	1,9	6,8	4,2	1,2	0,89	89,1
PRFB1	5,8	17,3	9,9	2,7	5,2	18,2	10,6	3,2	0,95	97,1
PRFB5	7,0	22,0	12,0	3,3	6,3	22,4	13,0	3,9	0,95	97,3
PRD1	9,5	29,0	16,5	4,5	8,1	31,4	17,9	5,7	0,99	98,4
PRD2	19,3	61,0	34,4	9,8	15,6	67,5	37,2	12,5	1,05	99,4
PRPT	6,6	20,8	11,2	3,0	5,8	20,3	12,0	3,7	0,94	96,6
PRPV	14,0	45,0	24,7	7,0	11,6	48,5	26,0	8,8	1,02	97,4
PRAN	18,0	60,0	32,7	9,4	14,6	63,8	34,6	11,6	1,04	98,1
CED1D2	6,6	24,8	13,3	4,3	5,6	26,5	14,0	5,2	1,15	97,8
CED2C	2,1	8,0	4,4	1,3	2,1	17,2	5,1	2,4	1,01	85,4
CEPPV	5,1	21,2	10,8	3,4	2,6	22,4	11,2	4,3	1,14	91,8
CEPVAN	2,7	11,5	5,6	1,8	2,1	10,5	6,0	2,2	1,16	94,9
CEANC	2,4	8,2	4,7	1,3	1,5	8,1	5,0	1,7	1,06	93,0
DHO	0,6	2,0	1,1	0,3	0,8	1,8	1,3	0,3	0,67	69,5
CEFB1FFB5	1,0	4,1	2,2	0,6	1,0	4,6	2,5	0,9	0,99	85,1
CFB1	0,4	2,1	1,1	0,4	0,4	2,2	1,1	0,4	1,04	70,3
CFB5	0,4	2,1	1,0	0,3	0,4	2,0	1,0	0,4	1,04	73,8
BNP	1,4	4,8	2,5	0,8	1,1	5,7	3,0	1,1	1,07	92,4
MANP	3,5	12,0	7,0	2,0	3,1	14,1	8,3	2,8	1,07	95,5
MPNP	2,5	9,7	5,1	1,6	2,1	10,5	5,9	2,3	1,18	94,1
MINP	1,1	3,8	2,4	0,6	1,4	4,3	2,9	0,8	0,87	82,9
HNP	3,1	10,3	5,9	1,8	2,6	12,8	7,4	2,8	1,15	91,3
BND1	2,4	8,2	4,9	1,4	2,2	10,1	5,5	1,9	1,06	96,0
MAND1	3,1	10,3	6,4	1,8	2,8	12,0	7,0	2,4	1,04	95,6
MPND1	2,0	9,1	4,8	1,6	1,6	9,9	5,3	2,0	1,26	93,5
MIND1	1,1	4,3	2,2	0,7	1,0	5,0	2,5	0,9	1,07	87,6
HND1	2,0	7,4	4,5	1,3	1,6	8,4	5,0	1,9	1,16	90,7
BND2	0,8	2,8	1,6	0,4	0,8	2,9	1,9	0,6	0,85	78,5
MAND2	0,9	3,1	1,9	0,5	0,8	3,7	2,1	0,7	0,92	82,6
MPND2	1,2	5,1	2,5	0,8	1,1	4,6	2,8	1,0	1,13	94,0
MIND2	1,1	4,8	2,5	0,7	1,1	4,6	2,8	1,0	1,10	93,6
HND2	0,4	2,2	1,1	0,3	0,5	2,3	1,3	0,5	1,06	80,4
BNPV	0,8	4,4	2,2	0,7	0,7	4,3	2,3	1,0	1,09	72,5
MANPV	1,3	4,9	2,5	0,8	1,3	4,7	3,0	1,0	1,01	89,0
MPNPV	1,1	4,4	2,2	0,6	0,9	13,5	2,7	1,9	1,06	81,2
MINPV	0,8	3,0	1,6	0,5	0,9	4,0	1,9	0,7	0,94	74,5
HNPV	0,9	3,0	1,9	0,5	0,8	4,0	2,3	0,8	0,99	82,0
BNA	1,4	4,1	2,4	0,6	1,2	4,6	2,8	0,9	0,92	88,0
MANA	1,0	3,5	2,2	0,6	1,3	4,4	2,8	0,9	0,90	82,5
MPNA	1,2	5,2	2,8	0,8	1,1	4,9	3,1	1,1	1,11	92,9
MINA	1,1	4,4	2,2	0,6	0,9	4,0	2,5	0,8	1,06	67,5
HNA	0,6	2,9	1,5	0,5	0,6	2,8	1,8	0,6	1,14	85,8
MDSNC	8,2	23,6	14,5	3,3	7,1	23,0	15,3	4,5	0,86	95,1
MDINC	4,0	12,1	7,4	1,8	3,4	11,7	7,5	2,3	0,91	93,9
MALBANC	3,1	9,7	5,6	1,6	2,4	10,7	6,3	2,1	1,05	96,6
MPLBANC	0,9	4,9	2,7	0,8	0,7	5,0	2,8	1,1	1,18	85,4
MALBPNC	0,9	2,5	1,5	0,3	0,8	2,5	1,8	0,5	0,79	76,6
MPLBPNC	1,8	5,6	3,3	0,8	1,4	5,5	3,6	1,2	0,98	91,1
HTRP	2,4	12,0	6,3	2,1	2,0	11,0	6,4	2,2	1,18	90,7
HTRPV	1,2	9,6	4,6	1,5	1,8	9,8	5,5	2,0	1,17	84,9
EIN	1,7	4,7	2,9	0,7	1,0	4,9	3,0	0,9	0,87	88,6
CBC	1,3	6,2	2,6	0,9	1,3	5,3	2,9	1,0	0,99	86,2
LBC	2,0	6,8	3,9	1,1	1,6	7,2	4,3	1,3	1,01	94,7
FLS	0,3	2,0	1,0	0,3	0,4	2,1	1,1	0,4	1,03	79,9

As variáveis foram transformadas para retirar o efeito do tamanho a partir da aplicação da fórmula de Leonart et al. (2000). Foram excluídas da análise 21 variáveis morfométricas que possuíam diferenças do efeito alométrico entre espécies analisando-se a ANCOVA ao nível de 5% de significância. A tabela 8 contém as principais medidas descritivas das 37 variáveis transformadas selecionadas para a análise multivariada, assim como o p-valor dos testes para diferenças de médias das variáveis entre as espécies *R. porosus* e *R. terraenovae*. Ressaltando que, para verificar essas diferenças de médias entre as variáveis, foram utilizadas diferentes técnicas: Mann-Whitney para variáveis que não são normalmente distribuídas, e t-student para as que atenderam a suposição de normalidade. Verifica-se que há diferenças significativas entre as espécies para 17 das 34 variáveis em análise individuais, o que nos leva a ter indícios de que as espécies diferem quanto à morfometria.

Tabela 8 – Valores mínimos, máximos, médias, desvios e p-valor para diferenças de médias das variáveis morfométricas sem o efeito alométrico.

Variáveis	R. porosus (n = 106)				R. terraenovae (n = 44)				p-valor
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-padrão	
PROR*	3,68	4,98	4,43	0,20	3,83	4,78	4,38	0,22	0,15
PRPT*	10,16	13,49	11,42	0,64	10,31	12,91	11,51	0,58	0,00
CED1D2*	11,03	15,59	13,49	0,70	11,60	14,46	13,16	0,62	0,02
CED2C*	3,87	5,58	4,54	0,33	3,89	12,43	4,90	1,41	0,23 ¹
CEPPV*	9,03	13,15	11,03	0,81	5,77	12,38	10,47	1,29	0,14
CEPVAN*	4,60	7,17	5,69	0,44	4,43	6,68	5,58	0,51	0,14
CEANC*	4,03	5,59	4,77	0,31	2,37	5,33	4,66	0,48	0,46
DHO*	0,70	1,62	1,12	0,15	1,10	1,60	1,26	0,10	0,44
CEFB1FFB5*	1,59	2,81	2,23	0,24	1,34	3,08	2,39	0,34	0,44
CFB5*	0,63	1,54	1,05	0,19	0,66	1,41	0,93	0,15	0,01
BNP*	2,15	3,26	2,61	0,23	2,44	3,27	2,85	0,22	0,05
MANP*	5,92	8,50	7,14	0,44	6,54	8,70	7,77	0,40	0,01
MPNP*	4,27	6,44	5,22	0,38	3,32	6,49	5,51	0,58	0,06
MINP*	1,65	4,20	2,50	0,30	2,18	3,24	2,82	0,20	0,01
HNP*	4,34	7,56	6,07	0,57	5,60	7,95	6,93	0,48	0,00
BND1*	4,21	5,96	4,97	0,32	4,48	5,85	5,15	0,31	0,01
MAND1*	4,71	7,57	6,54	0,45	5,66	7,41	6,63	0,38	0,10
MPND1*	3,65	6,20	4,90	0,46	3,81	6,10	4,87	0,54	0,00
MIND1*	1,55	2,93	2,23	0,27	1,87	3,25	2,37	0,28	0,01
BND2*	1,12	2,48	1,65	0,24	1,44	2,08	1,78	0,16	0,21
MAND2*	1,11	2,75	1,96	0,26	1,63	2,40	2,02	0,19	0,11
MPND2*	2,06	3,26	2,58	0,21	1,97	3,11	2,63	0,24	0,18
MIND2*	1,89	2,99	2,51	0,20	2,06	3,10	2,66	0,22	0,00
BNPV*	1,24	3,01	2,24	0,34	1,25	3,00	2,14	0,53	0,00
MANPV*	2,09	3,18	2,60	0,25	2,24	3,51	2,89	0,25	0,01
MPNPV*	1,79	3,13	2,27	0,22	1,66	9,49	2,54	1,10	0,01 ¹
MINPV*	1,07	2,68	1,67	0,26	1,35	2,99	1,86	0,34	0,49
BNA*	1,84	2,92	2,42	0,21	2,10	3,28	2,72	0,24	0,00
MANA*	1,51	2,94	2,28	0,25	2,30	3,23	2,64	0,24	0,00
MPNA*	1,94	3,51	2,87	0,26	2,16	3,39	2,89	0,24	0,00
MINA*	1,78	2,67	2,23	0,21	1,71	26,29	2,90	3,62	0,00 ¹
HNA*	1,01	2,10	1,48	0,20	1,19	2,20	1,66	0,17	0,65
MDINC*	6,12	9,02	7,58	0,48	6,09	8,30	7,20	0,50	0,00
HTRPV*	1,96	6,40	4,65	0,63	3,97	6,24	5,20	0,57	0,00
EIN*	2,60	3,43	2,96	0,19	1,09	3,32	2,86	0,34	0,10
CBC*	1,63	3,81	2,68	0,35	2,27	3,61	2,80	0,24	0,18 ¹
FLS*	0,53	1,33	1,01	0,13	0,64	1,34	1,04	0,18	0,79

¹ p-valor do teste Mann-Whitney

A análise de componentes principais foi aplicada, afim de reduzir a dimensão das variáveis em estudo e subsidiar na seleção dos caracteres que melhor discriminem as espécies de *R. porosus* e *R. terraenovae*. No gráfico 10 encontra-se a representação da variância explicada por cada componente principal onde é possível observar que a partir da componente 4 a variância explicada se estabiliza. No entanto, foi utilizado o critério de Kaiser (1960), considerando as componentes com variância maior que 1, ou seja as 13 primeiras componentes, as quais explicam 70% da variação total (tabela 9).

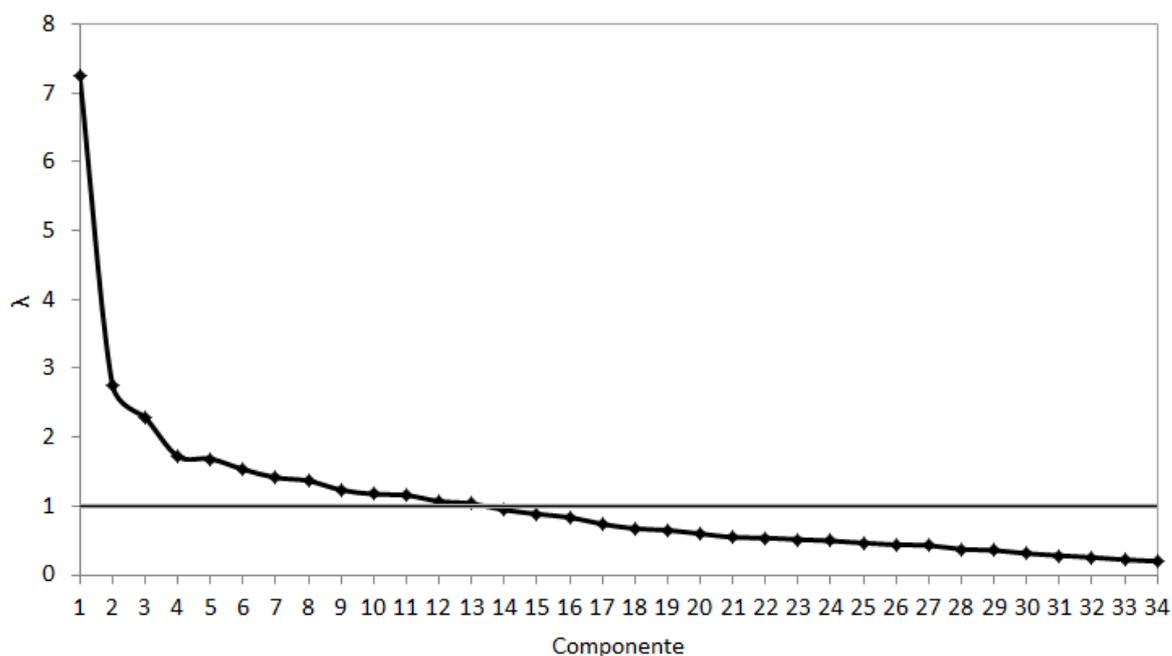


Figura 10 – Gráfico do comportamento dos autovalores por componentes principais

Tabela 9 – Autovalor, variância explicada e variância explicada acumulada das 13 primeiras componentes.

Componentes	Autovalor	Variância Explicada (%)	Variância Explicada (% acum.)
CP1	7,3	19,6	19,6
CP2	2,8	7,5	27,1
CP3	3,3	6,2	33,2
CP4	1,7	4,7	37,9
CP5	1,7	4,6	42,5
CP6	1,5	4,1	46,6
CP7	1,4	3,8	50,4
CP8	1,4	3,7	54,1
CP9	1,2	3,3	57,5
CP10	1,2	3,2	60,7
CP11	1,2	3,1	63,8
CP12	1,1	2,9	66,7
CP13	1,0	2,8	69,5

A distribuição dos exemplares por espécies nas projeções da combinação entre as 3 primeiras componentes, estão apresentadas na figura 11. É possível observar a formação

de dois grupos com uma pequena sobreposição, está é menor quando visto na projeção entre a primeira componente (PC1) e a segunda componente (PC2). Pode-se observar uma pequena sobreposição dos grupos, estes foram identificados e são exemplares provenientes da América do Norte e América Central.

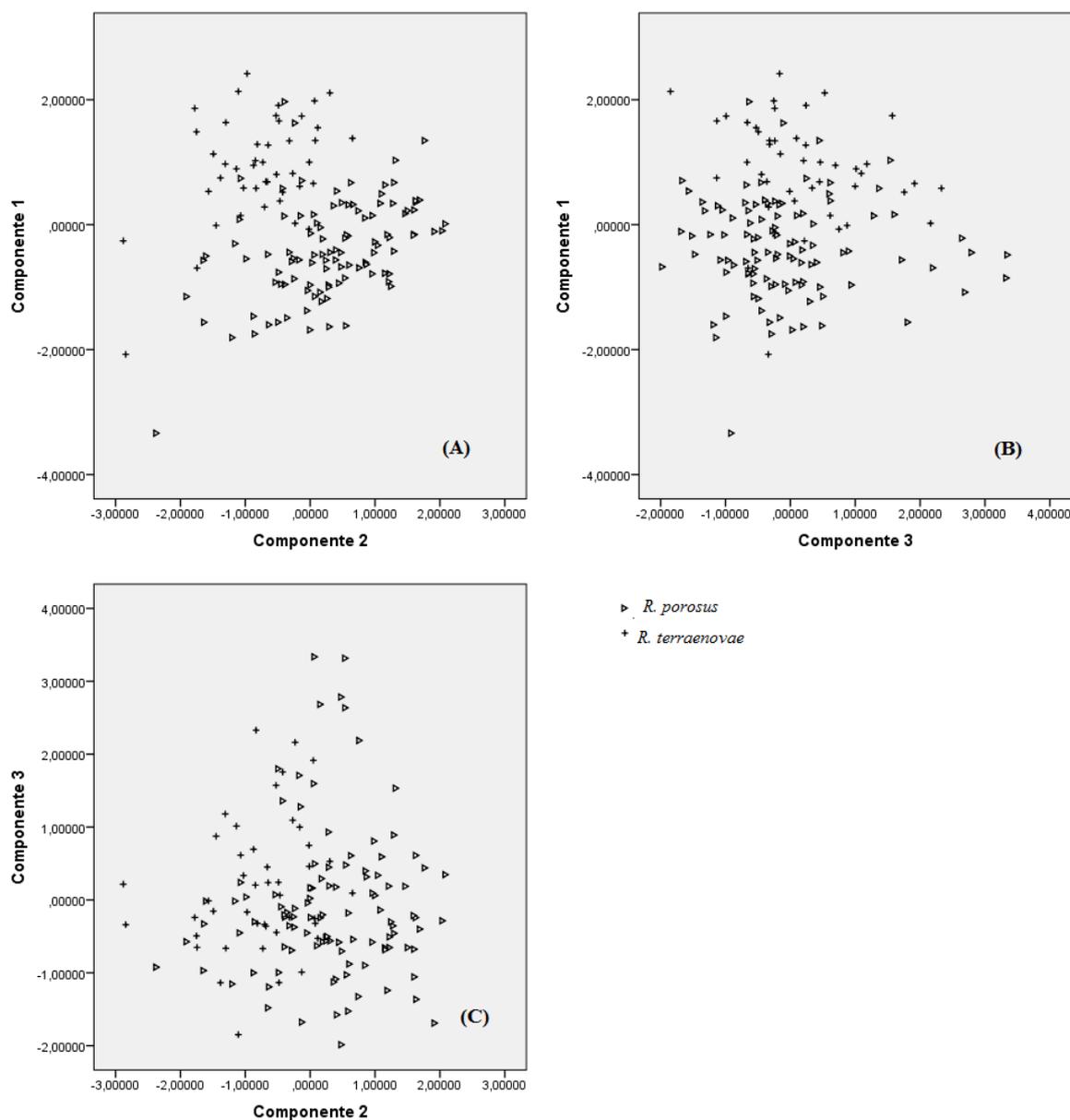


Figura 11 – Representação dos 150 exemplares projetados no espaço composto pela componente principal 1 versus (A) componente principal 2, (B) componente principal 3 e (C) componente principal 2 versus componente principal 3

O índice de importância das variáveis (IIV) foi gerado a partir das 13 componentes consideradas e suas respectivas variâncias listando as variáveis em ordem de importância, dessas foram selecionadas as vinte mais importantes (10). Desse conjunto, foram

selecionadas aquelas que tiveram diferenças de médias em *R. porosus* e *R. terraenovae* significativas na análise bivariada para construção do modelo discriminante.

Tabela 10 – Variáveis mais importantes de acordo com o (IIV) selecionadas para construção do modelo discriminante.

Ordem	Variáveis	IIV
1	MANA*	7,29
2	MANPV*	7,29
3	MANP*	7,13
4	MAND1*	7,08
5	HNP*	7,06
6	MIND2*	7,02
7	MPND2*	6,96
8	MIND1*	6,72
9	MINP*	6,70
10	HNA*	6,70
11	HTRPV*	6,64
12	BNA*	6,63
13	BND1*	6,62
14	BNP*	6,55
15	MAND2*	6,45
16	MPNP*	6,43
17	MPNA*	6,31
18	DHO*	6,20
19	BND2*	6,12
20	PROR*	5,88

A partir do conjunto de variáveis selecionadas foi utilizado stepwise como critério para seleção do modelo discriminante de Fisher chegando ao modelo com 4 variáveis. A acurácia do modelo foi medida segundo a técnica de validação cruzada *jackknife*, onde o percentual de classificação geral corretas foi de 81%.

O modelo discriminante proposto é composto pelas medidas (figura 12): 19 - Diâmetro horizontal do olho (DHO*), 25 - margem posterior da nadadeira peitoral (MPNP*), 33 - base da 2ª nadadeira dorsal (BND2*) e 47 - altura da nadadeira anal (HNA*).

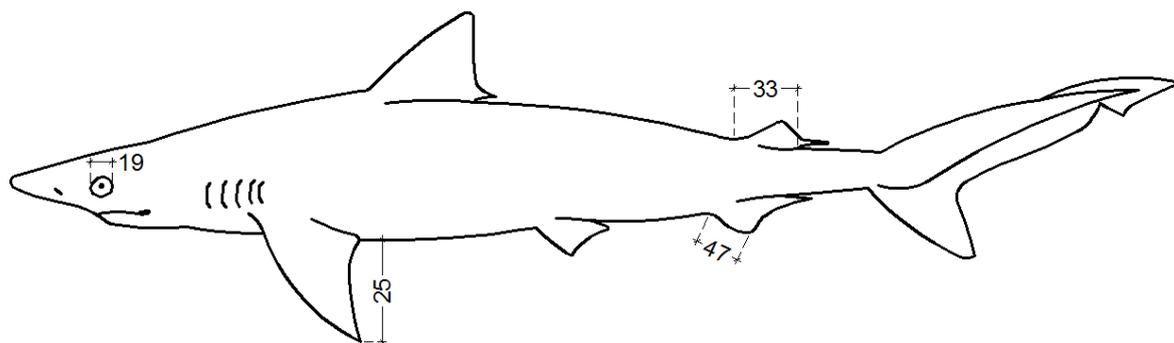


Figura 12 – Variáveis morfométricas do modelo discriminante de Fisher para identificação de *R. porosus* e *R. terraenovae*

As funções lineares discriminantes de Fisher para as espécies de *R. porosus* e *R. terraenovae* estão dada nas equações 4.1 e 4.2, respectivamente:

$$FDF_p = -124,1 + 54,0DHO^* + 22,0MPNP^* + 21,3BND2^* + 24,4HNA^* \quad (4.1)$$

$$FDF_t = -146,1 + 60,5DHO^* + 23,0MPNP^* + 23,3BND2^* + 28,0HNA^* \quad (4.2)$$

Considerando um indivíduo i , a identificação é feita calculando-se as duas equações em que:

$$DHO_i^* = DHO_i \left(\frac{56,3}{CT_i} \right)^{0,67}$$

$$MPNP_i^* = MPNP_i \left(\frac{56,3}{CT_i} \right)^{1,18}$$

$$BND2_i^* = BND2_i \left(\frac{56,3}{CT_i} \right)^{0,85}$$

$$HNA_i^* = HNA_i \left(\frac{56,3}{CT_i} \right)^{1,14}$$

Assim aplica-se os valores encontrados nas equações 4.1 e 4.2. Se $FDF_p > FDF_t$, o exemplar é provavelmente da espécie *R. porosus* com efetividade de 76%, caso contrário, ele é *R. terraenovae* com 91% de acurácia. A matriz de classificação da análise

discriminante entre as espécies está representada na tabela 11, utilizando o método de validação cruzada *jackknife*.

Tabela 11 – Matriz de classificação para análise discriminante entre *R. terraenovae* e *R. porosus*.

Grupo Real	Previsto		Classificação	
	<i>R. terraenovae</i>	<i>R. porosus</i>	N (Real)	% correta
<i>R. terraenovae</i>	40	4	44	91
<i>R. porosus</i>	25	81	106	76
N (Previsto)	65	85	150	-

5 Discussão e Conclusão

Os resultados do presente estudo corroboram com as diferenças genéticas encontradas por Mendonça et al. (2011) usando o DNA mitocondrial. A análise estatística multivariada das variações morfométricas entre estas espécies contradizem com as hipóteses levantadas por Compagno (1984), Gadig (2001) e Soto (2004), que sugeriram que *R. terraenovae* e *R. porosus* são a mesma espécie representando apenas uma ampla variação clinal dentro de uma única espécie ou que *R. porosus* é uma subespécie de *R. terraenovae*.

Apesar de Springer e Garrick (1964) ter reconhecido que *R. porosus* e *R. terraenovae* não devem ser considerados espécies sinonímias, pois a metodologia utilizada não foi consistente para identificação de diferenças morfométricas entre essas espécies. O autor utilizou como critério de classificação o número de vértebras pré-caudais a partir do estudo em 58 exemplares com áreas geográficas não sobrepostas, classificando como *R. porosus* aquelas com distribuição das Bahamas até Uruguai, desconsiderando a possibilidade de *R. terraenovae* ocorrer na mesma área. Existe a possibilidade de Springer e Garrick (1964) ter usado exemplares de *R. terraenovae* (que julgava ser *R. porosus*) na área da América Central, o que podem ter viciado a análise relativa a contagem das vértebras de cada espécie.

De acordo com Reis et al. (1990), em muitos estudos, especialmente com peixes que possuem crescimento contínuo, o problema amostral relacionado ao tamanho é muito grande. Assim, ao transformar as variáveis morfométricas identificando o efeito da alometria garantiu que as diferenças evidenciadas nas análises, tanto individuais quanto conjuntamente - análise multivariada, sejam referentes apenas a forma.

A análise de componentes principais além de ser usada, neste trabalho, para reduzir dimensão dos dados e facilitar a interpretação pela análise das projeções, geraram subsídios para a identificação das medidas que apresentam maior variabilidade, servindo como base para a geração de um índice de importância das medidas morfométricas mais discriminantes.

Diante da estreita semelhança entre as duas espécies na aparência, dimensões proporcionais e relativa dificuldade de identificação visual, os resultados obtidos na análise de funções discriminantes, descritos nas equações 4.1 e 4.2, evidenciaram que há variação morfométrica entre *R. porosus* e *R. terraenovae*.

O modelo discriminante proposto neste estudo, classificou as espécies com acurácia média de 81% de acordo com a validação cruzada, onde as espécies de *R. terraenovae* tiveram melhor percentual de classificação corretas, 91% (tabela 11). Além de que, o modelo é composto por apenas 4 medidas morfométricas, diâmetro horizontal do olho,

margem posterior da nadadeira peitoral, base da 2ª dorsal e altura da nadadeira anal, o que facilita a coleta e identificação através das funções discriminantes de Fisher. Os coeficientes das funções discriminantes evidenciam que as variáveis compostas pelas medidas sem o efeito alométrico, são maiores para a espécie *R. terraenovae* que em *R. porosus*.

Manchas brancas no dorso de *R. terraenovae*, caráter aparentemente presente em toda área de ocorrência dessas espécies e que não se encontram em *R. porosus*, embora não foram analisadas como elemento de distinção entre espécies, podem contribuir para o reconhecimento entre elas, facilitando na coleta e fornecendo subsídio para a gestão de suas capturas.

Os exemplares sobrepostos foram identificados pelas projeções nos primeiros componentes visualizadas nos gráficos (figura 11), assim como os indivíduos alocados erroneamente na validação do modelo discriminante, correspondem em sua maioria a exemplares provenientes da América Central. Este fato levou à hipótese de que a América Central seja uma área de mistura onde ocorre a presença de ambas as espécies, contrariando estudos anteriores que consideram a área de ocorrência de *R. terraenovae* restrita à América do Norte, bem como os resultados de Springer e Garrick (1964) que afirmam que as espécies não invadem o território da outra na costa da América Central.

Embora *R. terraenovae* seja considerada restrita ao hemisfério norte, limitando-se pela linha do Equador, é tendencioso considerá-la, como espécie com distribuição no hemisfério sul, já que o presente estudo demonstrou haver apenas sobreposição das duas espécies na América Central. Assim, descarta-se a possibilidade de as duas espécies serem sinônimas uma da outra. O fato de *R. terraenovae* ser encontrado na mesma área geográfica que *R. porosus* leva a supor que na literatura possam ter sido eventualmente classificados erroneamente na América Central.

A classificação a priori das espécies, utilizada no presente estudo, corrobora o caráter geográfico de que *R. porosus* se distribui efetivamente ao sul do equador e *R. terraenovae* ao norte do Golfo do México havendo, entretanto, uma área de sobreposição onde, aparentemente, as duas espécies podem ser encontradas de acordo com a tabela 1.

Os resultados obtidos por Mendonça et al. (2011), embora tenham reforçado a validação de *R. terraenovae* e *R. porosus* como espécies distintas, não refletem a sobreposição de distribuição geográfica entre elas o que se concluiu neste estudo. É evidente que a manutenção dos dois táxons como espécies distintas foi aqui evidenciada. Efetivamente, se conclui que *R. terraenovae* e *R. porosus* podem ser consideradas como espécies alopatricas com uma área de miscigenação entre elas.

Agradecimentos

Agradecemos ao Prof. Dr. Jules M. R. Soto, Curador Geral, Chefe da Seção de Museus do Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí, Universidade do Vale do Itajaí (SC), pela atenção e envio das medidas dos exemplares. Ao Dr. George Burges, Curador do Museu de História Natural da Flórida e Dr. Robert Robins, Coordenador da coleção ictiológica do Museu de História Natural da Flórida pela ajuda e colaboração, e permitir análise do material da coleção ictiológica; Ao Museu de História Natural de Paris, Museu de História Natural do Rio de Janeiro e ao Prof. Dr. José Lima de Figueiredo do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, por permitirem a análise do material depositado em suas coleções.

Lista do material analisado

Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) - Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 61145; 1-60555; 2-60555; 37301; 10154; 60555; 2-61145; 37301. Museu Oceanográfico do Vale do Itajaí (MOVI) - Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 156; 4889; 20311; 20312; 20313; 20314; 20315; 20316. Museu de História Natural da Flórida (FMNH)- Parátipos de *Rhizoprionodon terraenovae*: FMNH 690; 4217; 6704; 7327; 7351; 14143; 19196; 26706; 30891; 31289; 35720; 39747; 46166; 47504; 47504; 58924; 58925; 79572; 89075; 89075; 89192; 89192; 89201; 89201; 101590; 103675; 103683; 109839; 111290; 111290; 111290; 111291; 111292; 113667; 119652; 147088; 160482; 161080; 163819; 164291; 166215; 212965; 222229; 103685-2; 103685-3; 103985-1; 45140-1; 45142-1; 45142-2. Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 101319; 101340; 103179; 103179; 147572; 147572; 28002; 46035-1; 46035-2; 46035-3. Museu de História Natural de Paris (MNHN) - Parátipos de *Rhizoprionodon terraenovae*: 129; 3467; 1070. Parátipos de *Rhizoprionodon porosus*: 1143; 1984-27; 1984-31; 1989-135; 1994-003; 1994-006; 1994-007.

Referências

- BIGELOW, H. B.; SCHROEDER, W. C. Fishes of the western north atlantic. part 1 (lancelets, cyclostomes, sharks). 1948.
- BLACKITH, R. E.; REYMENT, R. A. et al. **Multivariate morphometrics**. [S.l.: s.n.], 1971.
- CADRIN, S. X. Advances in morphometric identification of fishery stocks. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, Springer, v. 10, n. 1, p. 91–112, 2000.
- CADRIN, S. X.; FRIEDLAND, K. D. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. **Fisheries Research**, Elsevier, v. 43, n. 1, p. 129–139, 1999.
- CASTELLO, J. P. Gestão sustentável dos recursos pesqueiros, isto é realmente possível. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 2, n. 1, p. 47–52, 2007.
- COMPAGNO, L. **FAO Species Catalogue. Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Shark Species Known to Date**. [S.l.]: FAO Fish Synop. (125), 1984. 251–655 p.
- COSTA, L.; CHAVES, P. d. T. d. C. Elasmobrânquios capturados pela pesca artesanal na costa sul do paraná e norte de santa catarina, brasil. **Biota Neotropica**, SciELO Brasil, v. 6, n. 3, p. 1–10, 2006.
- DUARTE, D. L. Caracterizao da fauna acompanhante na pescaria de arrasto de tangone dirigida a camarões no litoral sul do brasil. 2012.
- DUARTE-NETO, P. **Análise multivariada da forma do otlito sagita para discriminao de estoques de dourado, *Coryphaena hippurus* (PISCES:CORYPHAENIDAE), no Nordeste do Brasil**. Dissertao (Mestrado) — Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.
- DUDA, R. O.; HART, P. E.; STORK, D. G. **Pattern classification**. [S.l.]: John Wiley & Sons., 1999.
- EFRON, B.; GONG, G. A leisurely look at the bootstrap, the jackknife, and cross-validation. **The American Statistician**, Taylor & Francis, v. 37, n. 1, p. 36–48, 1983.
- FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2012**. [S.l.]: Food and Agriculture Organization of the United Nations ; Eurospan [distributor], 2012.
- FONTELES-FILHO, A. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Fortaleza: Expressão Gráfica E Editora, 2011.
- GADIG, O. B. F. **Tubarões da costa brasileira**. Tese (Doutorado) — Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2001.
- HAIMOVICI, M. Recursos pesqueiros demersais da região sul. **Rio de Janeiro: FEMAR**, p. 17, 1997.

HAIR, J. Jr., anderson, re, tatham, rl & black, wc 1998, multivariate data analysis. **Prentice-Hall Inc., New Jersey. XX**, v. 730, p. 12, 2005.

HÄRDLE, W.; SIMAR, L. **Applied multivariate statistical analysis**. [S.l.]: Springer, 2007.

HUXLEY, J. S.; TEISSIER, G. Terminology of relative growth. **Nature**, v. 137, n. 3471, p. 780–781, 1936.

IBAMA. **Estatística da pesca 2006. Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Brasília: IBAMA, 2008.

JOLICOEUR, P. 193. note: The multivariate generalization of the allometry equation. **Biometrics**, JSTOR, v. 19, n. 3, p. 497–499, 1963.

KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and psychological measurement**, Sage Publications, 1960.

LESSA, R. **Biodiversidade de elasmobrânquios do Brasil**. [S.l.]: MMA, 1999.

LESSA, R. et al. *Rhizoprionodon porosus*. In: **IUCN 2014**, The IUCN Red List of Threatened Species, 2006. Disponível em: <www.iucnredlist.org>.

LESSA, R. P. Sinopse dos estudos sobre elasmobrânquios da costa do maranhão. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 10, n. 1, 1997.

LIMA, C. **Utilização de técnicas multivariadas e de morfometria geométrica na discriminação de espécies do gênero *Rhinobatos* (Família Rhinobatidae) do Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

LLEONART, J.; SALAT, J.; TORRES, G. J. Removing allometric effects of body size in morphological analysis. **Journal of Theoretical Biology**, Elsevier, v. 205, n. 1, p. 85–93, 2000.

LOGAN, M. **Biostatistical design and analysis using R: a practical guide**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.

MATTOS, S. **Aspectos da biologia e dinâmica populacional de *Rhizoprionodon porosus* (Poey, 1861)(Pisces-Elasmobranchii-Carcharhinidae) na plataforma continental do Estado de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 1998.

MATTOS, S.; HAZIN, F.; JR, J. W. Distribuição e abundância relativa de tubarões na plataforma continental do talude dos estados da paraíba, pernambuco e alagoas. i reunião da sociedade brasileira para estudos dos elasmobrânquios. **Resumos. Ilhéus-BA. Pg**, v. 26, 1997.

MATTOS, S.; PEREIRA, J. Parâmetros de crescimento do tubarão rabo-seco, *rhizoprionodon porosus* (poey, 1861), no litoral de estado de pernambuco, brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 35, p. 57–66, 2002.

MENDONÇA, F. **Filogeografia do gênero *Rhizoprionodon* no Atlântico Ocidental utilizando marcadores moleculares do DNA mitocondrial**. Tese (Doutorado) — Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2010.

- MENDONÇA, F. et al. Species delimitation in sharpnose sharks (genus *Rhizoprionodon*) in the western atlantic ocean using mitochondrial dna. **Conservation genetics**, Springer, v. 12, n. 1, p. 193–200, 2011.
- MONTEIRO, L. R.; REIS, S. F. d. **Princípios de morfometria geométrica**. [S.l.]: Holos, 1999.
- NELSON, D. R. Telemetry studies of sharks: a review, with applications in resource management. **NOAA Tech Rep NMFS**, v. 90, p. 239–256, 1990.
- NETO, J. D. **Proposta de Plano Nacional de Gestão para uso sustentável de Elasmobrânquios sobre-explotados ou ameaçados de sobre-explotação no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2011.
- PERES-NETO, P. Introdução a análises morfométricas. **Oecologia Brasiliensis**, Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPGENF-UNIRIO), v. 2, n. 1, p. 3, 1995.
- REIS, E. **Estatística Multivariada Aplicada**. [S.l.]: Edições Sílabo, 2001.
- REIS, S. F. D.; PESSOA, L. M.; STRAUSS, R. E. Application of size-free canonical discriminant analysis to studies of geographic differentiation. **Revista Brasileira de Genética**, v. 13, n. 3, p. 509–520, 1990.
- REYMENT, R.; JVRESKOG, K. **Applied factor analysis in the natural sciences**. [S.l.]: Cambridge University Press, 1996.
- ROHLF, F. J.; MARCUS, L. F. A revolution morphometrics. **Trends in Ecology & Evolution**, Elsevier, v. 8, n. 4, p. 129–132, 1993.
- SBEEL. **Plano de Ações para Conservação e Manejo dos Estoques dos Recursos Pesqueiros. Sociedade Brasileira para o Estudo de Elasmobrânquios**. [S.l.]: SBEEL, 2005.
- SILVA, C.; ALMEIDA, Z. Alimentação de *rhizoprionodon porosus* (elasmobranchii: carcharhinidae) da costa do maranhão, brasil. **Bolm Inst. Pesca**, v. 27, n. 2, p. 201–207, 2001.
- SOTO, J. M. R. Os parâmetros questionáveis que sustentam *Rhizoprionodon porosus* (poey, 1861), um evidente sinônimo de *R. terraenovae* (richardson, 1836) (carcharhini-formes, carcharhinidae). IV Reunião SBEEL, Recife, p. 178–179, 2004.
- SPRINGER, V. G.; GARRICK, J. A survey of vertebral numbers in sharks. **Proceedings of the United States National Museum**, Smithsonian Institution, Washington, v. 116, n. 3496, p. 73–96, 1964.
- STEVENS, J. D. et al. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. **ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil**, v. 57, n. 3, p. 476–494, 2000. Disponível em: <<http://icesjms.oxfordjournals.org/content/57/3/476.abstract>>.
- TIMM, N. H. **Applied multivariate analysis**. [S.l.]: Springer, 2002.