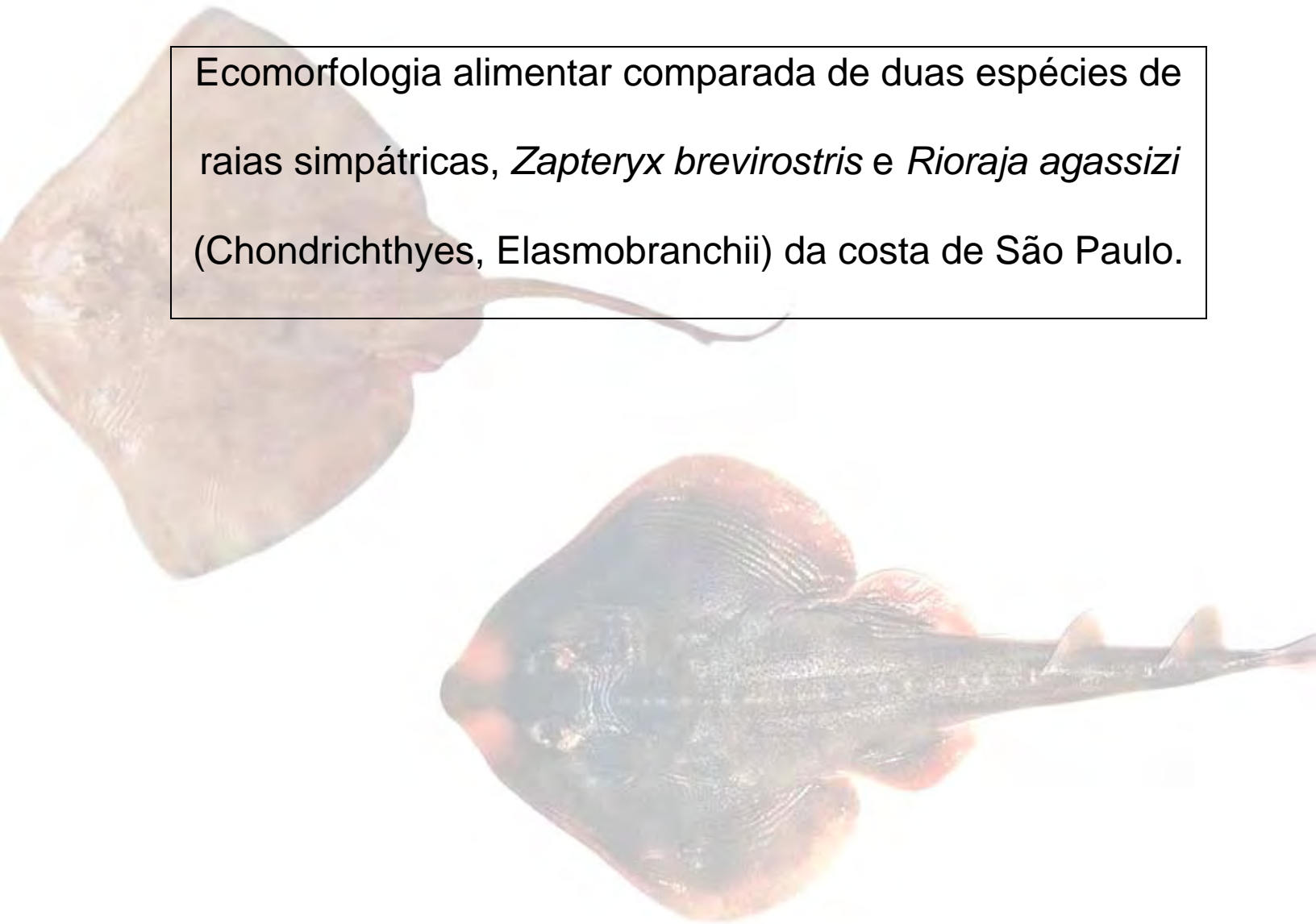


Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Biociências de Rio Claro

Ecomorfologia alimentar comparada de duas espécies de raias simpátricas, *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da costa de São Paulo.



ALINE FELIPPE PASQUINO

Ecomorfologia alimentar comparada de duas espécies de raias
simpátricas, *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi*
(Chondrichthyes, Elasmobranchii) da costa de São Paulo.

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências Biológicas
(Zoologia).

Orientador: Prof^o Dr. Roberto Goitein

Rio Claro

2010

ALINE FELIPPE PASQUINO

Ecomorfologia alimentar comparada de duas espécies de raias simpátricas,
Zapteryx brevirostris e *Rioraja agassizi* (Chondrichthyes, Elasmobranchii)
da costa de São Paulo.

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências Biológicas
(Zoologia).

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Roberto Goitein (Orientador)

Prof. Dr. Teodoro Vaske Júnior

Prof. Dr. Leandro Muller Gomiero

Rio Claro, novembro de 2010.

Dedicado à minha
família, Lindo e amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força para trilhar o caminho, pelas dicas que ele me mandou quando pedi (e quando eu não pedi!), pelas pessoas maravilhosas que colocou no meu caminho durante este trabalho e pela paciência para lidar com algo que ninguém nunca enfrentou. Mesmo distante “fisicamente”, minha mente sempre se eleva para pedir e agradecer por tudo que tenho e pelo que sou.

À minha família, que me incentivou desde o primeiro momento, me ajudou e sempre se orgulhou do que eu sou. Aos momentos de carinho e de amor despendidos a mim sempre. Amor incondicional. Em especial ao meu pai e minha mãe, por todo o tempo que não tiveram de minha companhia, por toda a preocupação com meu trabalho e comigo, por todo o investimento e confiança que depositaram em mim, pelo carinho, pelo amor e pela compreensão da minha escolha profissional e de tudo que isso acarreta. Agradeço também minha irmã Adriana, minhas avós Adelaide e Nair e meus avôs Moacir e Osvaldo (os dois, agora, me olhando das estrelas). Aos tios e tias, primos e primas e padrinho e madrinha. Essa última também em especial por ter sido um exemplo de como se enfrentar os desafios que nos são impostos pela vida (o que é o caso deste trabalho!).

Aos meus amigos queridos que estiveram sempre presentes durante essa caminhada me abençoando com essa maravilhosa dádiva de amizade. São responsáveis por boa parte da realização deste trabalho e por tudo que ele significa para mim. Sempre compreendendo minhas diferentes fases e me animando quando tudo parecia muito difícil. Obrigada aos amigos de Bragança: Fer, Gabi, Heidi, Ju, Pri, Rafa e Ti. Aos amigos da faculdade, em especial Keiko, Nanu, Dai e Natty. À minha mais nova, mas não menos importante, amiga e companheira de trabalho Camila Mayumi, pela força, pelos papos, pelas dicas e companheirismo. Amigos para qualquer hora e que sempre vão ter seus lugares reservados nesse meu coração. Um carinho especial à minha afilhada linda que só me traz alegrias todos os dias.

Ao meu amor, meu Lindo... Por todo o tempo perdido, pelas longas conversas, pelos conselhos... Pelo amor, pelo carinho, pelos sorrisos, pelo futuro e pelo presente, por fazer sempre parte de tudo que diz respeito a esse trabalho. Obrigada por ser

sempre meu melhor e mais querido companheiro, por estar sempre por perto, me ajudando e me entendendo quando uma crise se aproximava. Tê-lo em minha vida faz toda a diferença e me tornou uma pessoa melhor. A vida faz muito mais sentido quando temos alguém que amamos para compartilhar as tristezas e alegrias! Ah! Como não agradecer o Lindo por ter trazido junto sua família linda, que me acolheu com todo amor e carinho, sempre se preocupando com nosso bem estar. Obrigada à Fatinha, Beto, Naná, Rô, Radar e Weib...pela convivência sempre.

Ao meu atencioso e demais prestativo orientador, que me socorreu quando ouviu um pedido e acreditou em minha capacidade, mesmo à distância. Ter seu nome associado ao meu será sempre motivo de orgulho e honra. Sua disponibilidade será sempre um exemplo para outros orientadores. Obrigada por tudo.

Ao meu amigo, e neste caso quase orientador, Otto Gadig pelo apoio, conhecimento e amizade dedicados a mim durante o período de vigência deste mestrado e de minha permanência na faculdade. Sua presença e ajuda foram inestimáveis durante todo o processo de elaboração e cumprimento deste projeto. Ele exerceu um papel importantíssimo na minha formação pessoal e profissional. Me agüentar todo esse tempo cheia de crises não foi fácil. À ele, meu eterno e especial obrigada.

Aos amigos e colegas de laboratório, que formam uma equipe sempre disposta a trabalhar e ajudar quem de nós precisa e a triar sempre uma infinidade de animais que pensávamos nunca acabar. Aos colegas de trabalho, publicação e coração: Camila Japa Mayumi e seus bisturis afiados, Markote e seu sempre bem humorado sorriso, Téo sempre com sua serenidade que chega a ser irritante, Lulu e sua vontade de trabalhar sempre, Débora Bixete a eterna empacotadora, Diogo anotador oficial e solícito, Bruno Bai sempre nos fazendo companhia no laboratório

Ao amigo Ríquel, desde a faculdade até agora, sempre participando da melhor maneira possível e ajudando quando o desespero batia. Muito da metodologia deste projeto foi inspirado em seu trabalho de conclusão de curso, servindo de inspiração à essa minha nova empreitada e me guiando pelo novo. Um especial obrigado ao momento mais difícil, onde uma estrela brilhou, e ele veio em meu socorro com tabelas

e fórmulas estatísticas, me ajudando de maneira inestimável. Novamente, ele merece o nome de estrela que tem! Sempre obrigada pela disponibilidade.

Às meninas que fizeram da vida em casa um prazer, sem nenhum problema de convivência e agüentando meu falatório e meu humor que varia como o vento. Elas souberam como ninguém entender minha ausência na faxina e na cozinha. Obrigada Mari e Bia. Aos meus alunos (nova e bela parte de minha via!), que me mostraram um lado da vida que eu não achava que pudesse entender e por me mostrarem que além do meu lado pesquisadora, ainda aflora o lado professorinha.

À Capes, pelo fornecimento da bolsa de Mestrado que vigorou por um ano deste importante período.

Aos funcionários dos laboratórios, Márcia, Wagner e Beto, por permitirem a utilização do espaço e equipamento durante o período de análise do conteúdo estomacal e morfometria e se apresentarem sempre tão disponíveis. Aos funcionários da faculdade que sempre se mostraram prestativos e preocupados com o bem-estar de todos os alunos, lembrando em especial também dos amigos da informática, que sempre resolveram todos os pepinos cibernéticos e chatos que sempre levamos a eles. Muito simpáticos e de bom humor sempre. Obrigada Douglas Batuta, Paulo e Cláudio.

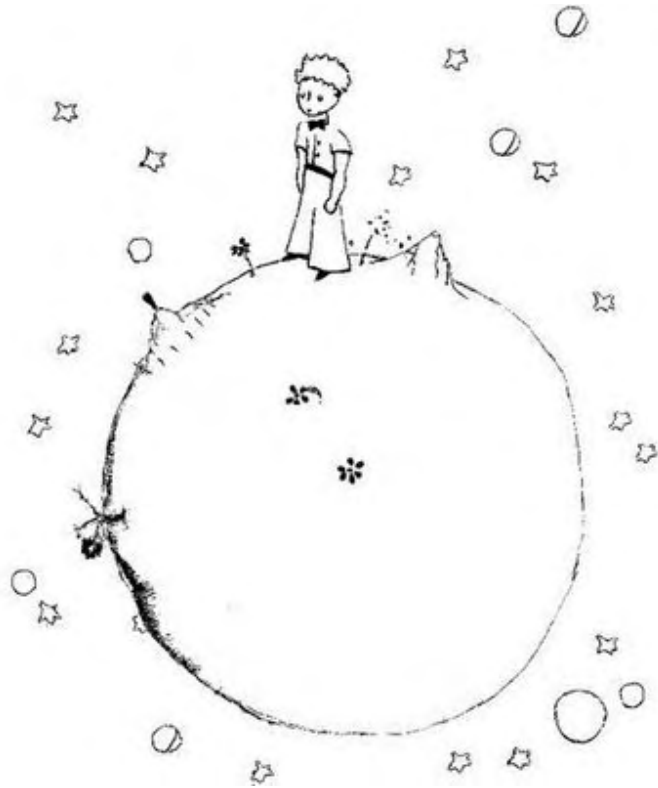
Ao responsável pelo projeto Pró-Pesca, Matheus Rotundo, pelo fornecimento dos exemplares para este e muitos outros estudos. Não se pode conceber a importância do aproveitamento total deste tipo de animal e da relação com profissionais dedicados à pesquisa sem mesquinha e sem pudores.

Ao responsável (armador) pela Empresa Aliança Sociedade Comercial de Pesca Ltda, Thiago Castro e os responsáveis pela separação dos materiais a bordo: Mestre Airton Farias (NEY), Conductor Motorista Clayton Airton Farias (Quêquê) e Mestre João Isaac de Medeiros (Edgar), um obrigada especial pelo trabalho e atenção que puderam doar à nós, meros pesquisadores que nem conheciam. À toda a tripulação dos barcos Antares I, Polares III, Eldorado e Araguaia, pelo belíssimo trabalho e ajuda.

Ao Bruno Sant'anna pela amizade, pela ajuda em uma hora desesperada, pela disponibilidade e pela inesquecível companhia durante uma disciplina regada à muitos mosquitos.

Ao coordenador executivo do Campus Experimental do Litoral Paulista, local especial onde este projeto foi realizado, pelo apoio estrutural e totalmente dinâmico. Este lugar me acolheu desde a graduação e permanecerá um ponto estratégico de pesquisa e amigos.

À Coordenação do Curso de Ciências Biológicas (Zoologia) de Rio Claro, à Seção de Pós-Graduação de Rio Claro e todos os funcionários e professores que participaram deste meu mestrado.



*Nada é muito pesado para quem tem asas... e
“Nós somos feitos da mesma matéria dos sonhos.”
(Shakespeare)*

RESUMO

O presente estudo pretende avaliar a relação entre morfologia e alimentação em duas espécies de raias comumente encontradas no sudeste do Estado de São Paulo. A parte referente à alimentação avaliou quali e quantitativamente a alimentação de *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi* através da análise de seus conteúdos estomacais. Avaliou-se também o tamanho de nicho utilizado para cada espécie e possível sobreposição destes nichos. Os resultados revelaram que as duas espécies utilizam quase os mesmos recursos alimentares, com pequenas diferenças no que se refere à frequência de ocorrência de alguns itens entre sexo, maturidade, estações do ano, e entre as espécies. Apenas adultos se alimentaram de peixes, provavelmente por causa do tamanho da presa e agilidade necessária para captura. *Z. brevirostris* apresentou amplitude de nicho significativamente maior que *R. agassizi*, e que a sobreposição de nichos das duas espécies é moderada. No que diz respeito à parte relacionada à ecomorfologia, foram analisadas variáveis previamente consideradas importantes para alimentação e locomoção para aquisição de presas. Os resultados referentes à análise intraespecífica não revelaram diferença entre jovens e adultos para as duas espécies, porém quando se avaliou as diferenças entre os sexos algumas medidas se apresentaram diferentemente para machos e fêmeas, principalmente no que se refere à variáveis relacionadas à regiões relacionadas aos caracteres sexuais secundários conhecidos para estes animais. Para a análise interespecífica, todas as variáveis analisadas foram consideradas diferentes estatisticamente, menos a protrusão da mandíbula. Pode-se notar um padrão quando se observa os resultados comparados para as duas espécies: *Z. brevirostris* apresentou maiores valores médios para variáveis morfológicas relacionadas à locomoção utilizando o pedúnculo caudal como principal propulsor, e *R. agassizi* revelou dados mais relevantes com relação à utilização da ondulação das nadadeiras peitorais fusionadas à cabeça. A ausência de nadadeira caudal em *R. agassizi* corrobora ainda mais o fato de que a espécie não utiliza a cauda como principal fonte de força propulsora. Medidas morfológicas relacionadas principalmente à cabeça, pedúnculo caudal e nadadeiras peitorais foram as principais responsáveis pela possível explicação que a morfologia das espécies

poderia fornecer para a alimentação de ambas. Foi sugerido um protocolo de medidas com alta relação com alimentação e locomoção para futuros estudos sobre a ecomorfologia de elasmobrânquios quando se considera estes dois fatores da ecologia das espécies.

Palavras-chave- Alimentação, ecomorfologia, elasmobrânquio, peixe

ABSTRACT

The present study intends to evaluate the relationship between morphology and feeding in two species of skates found commonly in the southeast coast of São Paulo. With respect to feeding analysis, the feeding habits of *Zapteryx brevirostris* and *Rioraja agassizi* were established through the analysis of their stomach contents. It was evaluated the niche breadth also used for each species and possible niche overlap. The results revealed that the two species almost use the same feeding resources, with small differences in what refers to the occurrence frequency of some items among sex, maturity, seasons, and between species. Adults just fed of fish, probably because of the size of the prey and necessary agility for capture. *Z. brevirostris* presented niche width significantly larger than *R. agassizi*, and the niche overlap for the two species is moderated. When we starts the ecomorphological part of this study, variables considered previously important were analyzed for feeding and locomotion for acquisition of preys. The referring results to the intraspecific analysis didn't reveal differences between juvenile and adults for the two species, however when it was evaluated the differences among the sexes some measures presented differently for males and females, mainly in what refers to body areas related to secondary sexual characters. What refers to the interespecific analysis, all the analyzed variables were statistically different, except for protrusion of the jaw. We can note a pattern when observing the results compared for the two species: *Z. brevirostris* presented larger values for morphologic variables related to the locomotion using the caudal peduncle as main propeller, and *R. agassizi* revealed more important data with relationship to the use of the undulation of the pectoral fins fused to the head. The absence of caudal fin in *R. agassizi* still corroborates more the fact than the species doesn't use the tail as main source of propeller force. Morphologic measures related mainly to the head, caudal peduncle and pectoral fins were the principal responsible for the possible explanation that the morphology of the species could supply for the feeding of both. It was suggested a protocol of measures with high relationship with feeding and locomotion for futures studies on the elasmobranch ecomorphology when considering these two factors of the ecology of the species.

Keywords- Feeding habits, ecomorphology, elasmobranch, fish

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO GERAL	13
OBJETIVOS GERAIS	19
Referências Bibliográficas	21
CAPÍTULO I – ALIMENTAÇÃO	26
Introdução.....	27
Objetivos	31
Material e Métodos	33
Resultados e Discussão	41
Referências Bibliográficas	71
CAPÍTULO II – ECOMORFOLOGIA	77
Introdução	78
Objetivos	83
Material e Métodos	85
Resultados e Discussão	96
Referências Bibliográficas	125

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

Peixes cartilaginosos, principalmente elasmobrânquios, exibem importante papel ecológico em ecossistemas marinhos transformando boa parte da produção dos ambientes pelágicos e bentônicos em biomassa explotável para consumidores subsequentes na cadeia trófica (outros elasmobrânquios, aves, mamíferos, etc..) e ao consumo humano através da pesca (BARRY *et al.*, 1996).

A métrica da natureza de interação entre peixes e seus recursos baseia-se fundamentalmente na descrição da composição alimentar (HYSLOP, 1980). Atualmente enfatiza-se a importância da identificação da estrutura de cadeia trófica em ecossistemas marinhos, assim como suas variações espaço-temporais, para elaboração de modelos preditivos, com os quais se torna possível identificar alterações em suas dinâmicas e estruturas e os consequentes efeitos sobre a comunidade biológica em decorrência de distúrbios antrópicos como a pesca (HOLLOWE *et al.*, 2000; LINK, 2001).

Além da interação presa-predador, descrições dos padrões alimentares de diferentes espécies revelam potenciais competidores, assim como segregações tróficas na comunidade aquática, informações também relevantes à modelagem ecossistêmica, cujos modelos exibirão menores desvios preditivos à medida que integram o maior número de relações inter-específicas da comunidade (TIRASIN & JØRGENSEN, 1999; LINK, 2001).

Desse modo, estudos sobre o padrão de uso de recursos por espécies sob as quais incide alguma ou muita atividade extrativista direta (comercialmente explorável ou capturada acidentalmente) ou indireta (através de modificações na cadeia trófica), são críticos ao estabelecimento de tais modelos. Estes por sua vez são capazes de subsidiar planos específicos de gerenciamento pesqueiros para comunidades, atualmente adotados e aceitos em detrimento dos convencionais modelos mono-específicos (PIKITCH *et al.*, 2004; YORK, 2005).

A partição de recurso, segundo Ross (1986), representa qualquer diferença substancial no uso de recursos entre espécies co-existentes. Os recursos disponíveis num dado ecossistema são repartidos de modo diferencial entre os organismos, constituindo um mecanismo que opera de forma a minimizar o potencial de competição

por tais recursos e, conseqüentemente, garantir a coexistência estável de diferentes populações em uma comunidade biológica (SCHOENER, 1974; ROSS, 1986).

A ecomorfologia opera sobre a premissa de que relações ecológicas podem ser inferidas através de uma gama apropriada de aspectos morfológicos. Teoricamente, como novas espécies são adicionadas a comunidades saturadas, elas podem reduzir a competição interespecífica durante os períodos de limitação de recursos usando novos métodos para aquisição de recursos alternativos. Ou seja, a competição por recursos pode permanecer constante com a adição de espécies se a especialização ecológica resultar em um uso de recursos em escala mais refinada.

Os trabalhos que consideram aspectos morfológicos e sua possível associação com a utilização do ambiente e os recursos disponíveis em elasmobrânquios são poucos (eg., CAMPBELL, 1951; MOTTA & WILGA, 2001; WILGA, 2005; WILGA & LAUDER, 2002; WILGA & MOTTA, 1998; WILGA, WAINWRIGHT & MOTTA, 2000). A falta de uma metodologia laboratorial bem definida e abrangente, no que diz respeito à alimentação e locomoção dos animais-foco de estudos, ainda não pode ser sanada, sendo este um dos principais objetivos do presente estudo

A capacidade de se obter uma relação entre atributos morfológicos e utilização de recursos ambientais (neste caso alimentação e locomoção referente à captura de presas) ainda tem se mostrado ineficiente, principalmente quando se trata de espécies simpátricas, ocupantes do mesmo nicho ecológico e, provavelmente, do mesmo nicho alimentar, como é o caso das duas espécies aqui tratadas.

O alto grau de biodiversidade e endemismo exibido pelas raias representa um enigma, já que a morfologia corporal destes animais é relativamente conservativa e eles apresentam preferência por habitat restritiva. Talvez, certas diferenças morfológicas, mesmo que pouco relevantes, possam significar alguma ajuda quando se tenta sobreviver em ambientes com espécies filogeneticamente próximas e evitar competição por qualquer tipo de recursos.

A família Rhinobatidae, popularmente conhecida como raias-viola, caracteriza-se pelo corpo achatado dorso-ventralmente, alongado, com focinho terminando em seta, mais ou menos angulosa e parte posterior bem desenvolvida, destacando-se duas nadadeiras dorsais e a cauda. No Brasil há dois gêneros,

Rhinobatos e *Zapteryx*. O primeiro, com duas ou três espécies registrada na costa brasileira, difere-se de *Zapteryx* basicamente pelo focinho mais longo, com angulação menor do que 90° e pela presença de duas cristas dérmicas se projetando da margem posterior do espiráculo. *Zapteryx* está representada apenas por *Z. brevirostris* e distingue-se de *Rhinobatos* pelo focinho mais curto, com angulação maior do que 90° e pela presença de apenas uma crista dérmica se projetado da margem posterior do espiráculo.. *Zapteryx brevirostris* é uma espécie de pequeno porte e hábitos demersais, que habita usualmente as águas costeiras de fundos arenosos ou lamosos da plataforma continental do Brasil, desde a Bahia até o Rio Grande do Sul (FIGUEIREDO, 1977; GOMES & GADIG, 2003a).



Figura 1: Exemplar de *Zapteryx brevirostris*.

A família Rajidae é caracterizada por animais achatados dorso-ventralmente e disco largo, terminando em ponta. A parte posterior do corpo é pouco desenvolvida e afilada, com nadadeiras dorsais e caudal rudimentares, quando presentes. Grupo diverso no mundo, com cerca de 150 espécies, muitas de difícil identificação (McEACHRAN & DUNN, 1998; COMPAGNO, 1999). No Brasil está representada por 11 gêneros e cerca de 27 espécies, a maioria delas habitante do talude no Sudeste e Sul do Brasil (GOMES & GADIG, 2003b). O gênero *Rioraja*, com apenas uma espécie no mundo, endêmica do Atlântico Sul ocidental, desde o Rio de Janeiro até a Argentina, é conhecido popularmente como raias-emplastro. Difere-se dos demais Rajidae

brasileiros por exibir mancha negra na face ventral da ponta do focinho, nadadeira caudal ausente ou rudimentar, aba nasal quadrangular e face ventral do disco clara (GOMES, 2003). A espécie *R. agassizi* é comumente capturada na plataforma continental do Sudeste e Sul do Brasil, onde foi estudada sob o ponto de vista populacional em anos recentes (ODDONE *et al.*, 2007a e 2007b). Cresce até cerca de 450 mm de largura e 650 mm de comprimento total, vivendo até cerca de 100 m de profundidade (FIGUEIREDO, 1977; VOOREN, 1997; GOMES, 2003). Apesar de ser uma espécie relativamente conhecida, se comparada aos demais Rajidae brasileiros, muitos aspectos biológicos, sobretudo no que se refere à alimentação e importância trófica, ainda não são satisfatoriamente conhecidos. Os únicos trabalhos sobre hábitos alimentares de *R. agassizi* se referem aos exemplares coletados na plataforma continental interna do litoral norte de São Paulo (SOARES *et al.*, 1992; MUTO, 1993; SOARES, VAZZOLER & CORREA, 1999; MUTO, SOARES & GOITIEN, 2001).



Figura 2: Exemplar de *Rioraja agassizi*.

Zapteryx brevirostris e *Rioraja agassizi* exibem padrão de distribuição espacial no qual parte da distribuição batimétrica de ambas é sobreposta, ocorrendo, portanto simpatricamente ao longo de toda a plataforma continental do Sudeste e Sul do Brasil, onde são capturadas principalmente por barcos camaroneiros (SANTOS *et al.* 2007;

ODDONE *et al.*, 2007a). Através da prévia análise da alimentação de exemplares de ambas as espécies, pode-se notar que as duas partilham o mesmo habitat (apresentando itens alimentares iguais, porém em diferentes proporções como apresentado juntamente com os demais resultados) e exibem táticas alimentares distintas para captura de alimento. A capacidade de utilizar diferentes fontes alimentares torna a competição entre as espécies menor, favorecendo melhor utilização de habitat e consequente sobreposição de nichos tróficos.

Tais características tornam a comparação dos dados alimentares e ecomorfológicos de ambas interessantes do ponto de vista ecológico, e não existem dados comparativos disponíveis na literatura sobre comparação de tais variáveis. A alimentação (uso de recurso) e a morfologia serão aqui tratadas separadamente apenas por motivos didáticos e para compreensão do leitor. Vale lembrar que, como é desde o início o principal objetivo deste trabalho, a intenção é ter uma visão panorâmica das duas áreas e conseguir fazer com que as relações entre as duas saltem aos olhos claramente.

OBJETIVOS GERAIS

OBJETIVOS GERAIS

São objetivos gerais deste trabalho:

- Descrever as dietas de *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi*.
- Comparar a alimentação das duas espécies, *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi*, através de ferramentas como índice alimentar, tamanho e sobreposição de nicho trófico;
- Estabelecer um protocolo de medidas úteis para o estudo ecomorfológico relacionado à alimentação e natação de elasmobrânquios;
- Contrastar analiticamente o uso dos recursos alimentares entre as espécies, e
- Explorar o impacto dos atributos morfológicos relacionados à alimentação e aquisição da presa (natação) na alteração ontogenética da dieta e na diferenciação alimentar interespecífica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

- BARRY, J. O.; YOKLAVICH, M. M.; CAILLIET, G. M.; AMBROSE, D. A.; ANTRIM, B. S. **Trophic ecology of the dominant fishes in Elkhorn Slough, California, 1974-1980.** *Estuaries*, Lawrence, v. 19, n. 1, p. 115-138, 1996.
- CAMPBELL, B. **The locomotor behavior of spinal elasmobranchs with an analysis of stinging in *Urobatis*.** *Copeia*, v. 1951, n. 4, p. 277-184, 1951.
- COMPAGNO, L. J. V. **Checklist of living elasmobranchs.** In: HAMLETT, W. C. (ed.) *Sharks, Skates, and Rays. The Biology of Elasmobranch Fishes. The John Hopkins University Press*, Baltimore, p. 470-498, 1999.
- FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I - Introdução. Cações, Raias e Quimeras.** *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo*, São Paulo. 1977. 104 p.
- GOMES, U. L. **Revisão taxonômica da família Rajidae no Brasil (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Rajiformes).** *Tese de Doutorado, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro. 2003. 286p.
- GOMES, U. L.; GADIG, O. B. F. **Família Rhinobatidae.** In: MENEZES, N. A.; BUCKUP, P. A.; FIGUEIREDO, J. L. & MOURA, R. L. *Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo*, São Paulo. 2003a. 30p.
- GOMES, U. L.; GADIG, O. B. F. **Família Rajidae.** In: *Catálogo das Espécies de Peixes Marinhos do Brasil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo*, São Paulo, p. 28-30, 2003b.
- HOLLOWE, A. B.; BAX, N.; BEAMISH, R.; COLLIE, J.; FOGARTY, M.; LIVINGSTON, P.; POPE, J. & RICE, J. C. **Are multispecies models an improvement on single-species models for measuring fishing impacts on marine ecosystem?** *ICES Journal of Marine Science*, v. 57, p. 707-719, 2000.
- HYSLOP E. J. **Stomach contents analysis – a review of methods and their application.** *Journal of Fishery Biology*, v. 17, p. 411-429, 1980.
- LINK, T. E.; PLATELL, M. E. & POTTER, I. C. **Factors influencing the portioning of food resources among six fish species in a large embayment with**

- juxtaposing bare sand and seagrass habitats.** *Journal of Experimental Marine Biology And Ecology*, v. 266, p. 193-217, 2001.
- McEACHRAN, J. D.; DUNN, K. A. **Phylogenetic analysis of skates, morphologically conservative clade of Elasmobranchs (Chondrichthys, Rajidae).** *Copeia*, v. 2, p. 271-290, 1998.
- MOTTA, P. J.; WILGA, C. D. **Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 60, p. 131-156, 2001.
- MUTO, E. Y. **Alimentação das raias *Raja agassizi* e *Psammobatis glansdissimilis* (Chondrichthyes: Rajidae) da região costeira de Ubatuba, São Paulo, Brasil.** *Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Unesp, Rio Claro, São Paulo.* 1993. 128p.
- MUTO, E.Y.; SOARES, L. S. H.; GOITEIN, R. **Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizii* (Müller & Henle, 1841) and *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-Eastern Brazil.** *Revista Brasileira de Biologia*, v. 61, n. 2, p. 217-278, 2001.
- ODDONE, M. C.; AMORIM, A. F.; MANCINI, P. L.; NORBIS, W. **Size composition, monthly condition factor and morphometrics for fishery-dependent samples of *Rioraja agassizi* (Chondrichthyes: Rajidae), off Santos, Southeast Brazil.** *Neotropical Ichthyology*, v. 5, n. 3, p. 415-424, 2007a.
- ODDONE, M. C.; AMORIM, A. F.; MANCINI, P. L.; NORBIS, W.; VELASKO, G. **The reproductive biology and cycle of *Rioraja agassizi* (Müller and Henle, 1841) (Chondrichthyes: Rajidae) in southeastern Brazil, SW Atlantic Ocean.** *Scientia Marina*, v. 71, n. 3, p. 593-604, 2007b.
- PIKITCH, E. K.; SANTORA, C.; BABCOCK, E. A.; BONFIL, R.; CONOVER, D. O.; DAYTON, P.; DOUKAKIS, P.; FLUHARTY, D.; HENEMAN, B.; HOUDE, E. D.; LINK, J.; LIVINGSTON, P. A.; MANGEL, M.; McCALLISTER, M. K.; POPE, J. & SAINSBURY, K. J. **Ecosystem-based fishery management.** *Science*, v. 305, p. 346-347, 2004.
- ROSS, S. T. **Resource partitioning in fish assemblage: a review of field studies.** *Copeia*, v. 1986, n. 2, p. 352-388, 1986.

- SANTOS, C.; CORTELLETE, G. M.; ARAÚJO, K. C. B.; SPACH, H. L. **Estrutura populacional da raia-viola *Zapteryx brevirostris* (Chondrichthyes, Rhinobatidae), na Plataforma adjacente à Baía de Paranaguá, PR.** *Acta Biologica Leopoldensia*, v. 28, n. 1, p. 32-37, 2007.
- SCHOENER, T. W. **Resource Partitioning in Ecological Communities.** *Science*, v. 185, p. 27-39, 1974.
- SOARES, L. S. H.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; ALVARES, L. M. C.; MUTO, E. Y.; GASALLA, M. L. A. **Grupos tróficos de peixes demersais da plataforma continental interna de Ubatuba, Brasil. I. Chondrichthyes.** *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 40, n. 1 e 2, p. 79-85, 1992.
- SOARES, L. S. H.; VAZZOLER, A. E. A. M.; CORREA, A. R. **Diel feeding chronology of the skates *Raja agassizi* (Müller & Henle, 1841) (Pisces: Elasmobranchii) on the continentals shelf of Ubatuba, Southern Brazil.** *Revista Brasileira de Zoologia*, v.16, n. 1, p. 201-212, 1999.
- TIRASIN, E. M. & JØRGENSEN, T. **An evaluation of the precision of diet description.** *Marine Ecology Progress Series*, Oldendorf, v. 182, p. 243-252, 1999.
- VOOREN, C. M. **Demersal Elasmobranchs.** In: Seeliger, U.; Odebrecht, C.; Castello, J. P. Subtropical convergence environments: the coast and the sea in the southwestern Atlantic. *Springer-Verlag*, Berlin, p. 141-147, 1997.
- WILGA, C. D. **Morphology and Evolution of the Jaw Suspension in Lamniform Sharks.** *Journal of Morphology*, v. 265, p. 102-119, 2005.
- WILGA, C. D.; LAUDER, G. V. **Function of the heterocercal tail in sharks: quantitative wake dynamics during steady horizontal swimming and vertical maneuvering.** *Journal of Experimental Biology*, v. 205, p. 2365-2374, 2002.
- WILGA, C. D.; MOTTA, P. J. **Feeding mechanism of the atlantic guitarfish *Rhinobatos lentiginosus*: modulation of kinematics and motor activity.** *Journal of Experimental Biology*, v. 201, p. 3167-3184, 1998.
- WILGA, C. D.; WAINWRIGHT, P. C.; MOTTA, P. J. **Evolution of jaw depression mechanics in aquatic vertebrates: insights from Chondrichthyes.** *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 71, p. 165-185, 2000.

YORK, K. J. **Resource partitioning in an assemblage of deep-water, demersal rockfish (*Sebastes spp.*) on the northeast pacific continental shelf.** Washington, 2005, 78p. Thesis of Master of Science in Environmental Science, Washington State University.

Capítulo 1

ALIMENTAÇÃO

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A costa brasileira possui uma rica fauna de elasmobrânquios, e muitas espécies são comercializadas como alimento, sendo pescadas com espinhéis, redes de espera e redes de arrasto (FIGUEIREDO, 1977). Segundo Gadig (1998), os peixes cartilaginosos são importantes elementos do ecossistema marinho, desempenhando papel de destaque como predadores apicais.

Apesar de sua conhecida vulnerabilidade à sobrepesca, os elasmobrânquios têm sido muito sobreexplotados em décadas recentes, tanto como produto acidental (*bycatch*) das pescarias de espinhel pelágico a partir dos anos 60, como alvo de pesca que tem expandido enormemente a partir dos anos 80 (BONFIL, 1994).

Juntamente com o aumento na captura, o interesse sobre a biologia destes animais vem aumentando recentemente (CEDROLA, GONZÁLEZ & PETTOVELLO, 2005). Como apresentam características reprodutivas especiais como baixa fecundidade e maturidade tardia, as raias acabam se tornando vulneráveis ao colapso do estoque, mesmo quando se consideram baixos índices de pressão de pesca (AGNEW *et al.*, 2000). Na Europa e na Ásia raias têm sido pescadas por anos, e têm suportado severa pressão de pesca comercial e as populações têm declinado abaixo dos níveis moderados de exploração (FRISK, MILLER & FOGARTY, 2002).

Estudos de alimentação de elasmobrânquios são escassos no Brasil, devido às dificuldades de acesso e coleta dos estômagos, já que geralmente são eviscerados a bordo. Apesar de algumas espécies não apresentarem valor comercial, informações sobre sua alimentação são úteis no estabelecimento de estoques pesqueiros, já que estas espécies podem ser potenciais competidores ou predadores de espécies comercialmente importantes interferindo, então, na sua taxa de mortalidade (MUTO, SOARES & GOITEIN, 2001).

Alguns dos trabalhos mais importantes sobre alimentação de elasmobrânquios no Brasil são os de Queiroz (1986), que analisou a alimentação de *Sympterygja acuta* e *S. bonaparte* no litoral do Rio Grande do Sul; Muto (1993), Soares, Vazzoler & Correa (1999) e Muto, Soares & Goitein (2001), com *Rioraja agassizi* e *Psammobatis extenta* do litoral norte de São Paulo; Capitoli, Rufino e Vooren, (1995), com *Mustelus schmitti*;

Silva (1997), que estudou *Rhizoprionodon lalandii* e *Sphyrna lewini*; Vaske-Júnior & Rincón (1998), que estudaram *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus* no sul do Brasil; Namora (2003), que estudou *Rhizoprionodon lalandii* no litoral sul de São Paulo, entre outros.

Vianna, Arfelli & Amorim (2000) enfatizam também a importância de estudos relacionados à alimentação como dados capazes de explicar variações em aspectos como crescimento, reprodução, migração e comportamento relacionado à captura de presas. Deste modo, os parâmetros biológicos desconhecidos, entre os quais a dinâmica alimentar destas espécies na plataforma continental, representam um obstáculo à implementação de ações que visem o manejo das pescarias deste recurso pesqueiro.

Castello (1971) examinou o conteúdo estomacal de 57 exemplares de *Z. brevirostris* na costa da Argentina e constatou que a maioria continha alimento no estômago. Cerca de 65% deles continha principalmente Brachyura, 61,4% poliquetas, 40,3% camarões, 38,6% dos estômagos com anfioxo (*Branchiostoma platae*), 28% continha anfípodes e 24,5% com isópodes. A porcentagem de peixes foi muito baixa (15,7%).

Batista (1984), no Rio de Janeiro, realizou as primeiras observações alimentares sobre *Zapteryx brevirostris* no Brasil. Segundo este autor, os itens alimentares mais frequentes foram Crustacea e Polychaeta, seguido por anfioxos e peixes. Fêmeas maduras apresentaram maior espectro de itens alimentares do que as imaturas, não havendo diferenças sazonais constatadas. Por outro lado, machos maduros e imaturos exibem hábitos alimentares similares, com alguma variação sazonal, na qual machos maduros preferem Crustacea especialmente durante a primavera.

Machado & Sant'anna (2001), também no Rio de Janeiro, analisaram 110 exemplares de *Zapteryx brevirostris*, medindo entre 330 e 570 mm de comprimento. Destes, 95 estômagos foram analisados, dos quais 30% vazios. O item de maior dominância (50%) foi *Emerita brasiliensis*. Os autores ressaltam a presença importante de sedimento arenoso junto com o conteúdo estomacal. Com base nos dados preliminares apresentados os autores informam que a espécie tem hábitos alimentares iliófagos e oportunista.

A alimentação de *R. agassizi*, segundo estes mesmos trabalhos, é baseada em invertebrados marinhos, principalmente, tais como crustáceos (Copepoda, Cirripedia, Stomatopoda, Amphipoda, Caridea, Alpheidae, Ogyrididae, Penaeidae, Solenoceridae, Syconidae), Nematoda e Polychaeta. Secundariamente se alimenta de pequenos peixes teleósteos. Um resumo sobre a biologia desta espécie foi apresentado por Menni & Stehmann (2000).

Os trabalhos com ambas as espécies têm abrangência geográfica restrita à plataforma continental interna do litoral norte de São Paulo e, ainda que a espécie seja abundante ao longo de toda a área costeira de São Paulo, não existem trabalhos que considerem exemplares coletados em áreas mais amplas e profundas, onde a espécie possivelmente tem importância trófica acentuada, bem como representa recurso pesqueiro de acentuado valor econômico para diversas frotas artesanais e mesmo pescarias de média escala, que tem utilizado Rajidae para exportação (CASARINI, 1999).

Tendo em vista a importância ecológica destas espécies e o fato de que os parâmetros biológicos e suas variações estão relacionados à estrutura populacional e utilização de recursos alimentares, o monitoramento de tais variáveis e de características populacionais dessa espécie é de grande relevância para fornecer subsídios adequados para futuros manejos de pesca e conseqüentemente a mitigação do declínio populacional da espécie. É importante lembrar que conhecer de que forma esses animais utilizam o ambiente e como respondem às variações espaço-temporais auxilia na busca da exploração sustentável deste recurso.

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Este capítulo teve como objetivos principais:

- Caracterizar a dieta de *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi* através de análise quantitativa e qualitativa do conteúdo estomacal de ambas as espécies sobre a plataforma continental do Estado de São Paulo;
- Determinar a amplitude de nicho trófico, definindo unidades tróficas ontogenéticas para *Z. brevirostris* e *R. agassizi*;
- Analisar se há variação sazonal, ontogenética e sexual na alimentação desta espécie;
- Comparar a alimentação das espécies e avaliar a sobreposição alimentar entre as espécies;
- Fornecer subsídios ao conhecimento de sua biologia básica com vistas a futuros manejos de pescarias.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS E MÉTODOS

Os exemplares examinados nesta parte do presente projeto fazem parte de uma amostra de elasmobrânquios do Projeto “Análise Quali-Quantitativa da Fauna Acompanhante da Pesca Tangoneira, com Avaliação de Medida Mitigadora”, do Instituto de Pesca de Santos e que foram cedidos à Unesp, Campus do Litoral Paulista, para procedimentos de amostragem biológica.

Os espécimes são provenientes da pesca do camarão com redes-de-arrasto-de-fundo, que opera sobre a plataforma continental do Sudeste do Brasil (Figura 3), em profundidades variando entre 10 e 50 metros. As coletas foram realizadas apenas nas estações inverno, primavera e verão de 2002 e a não inclusão de amostragem no outono é explicada pelo período regulamentar de defeso do camarão.

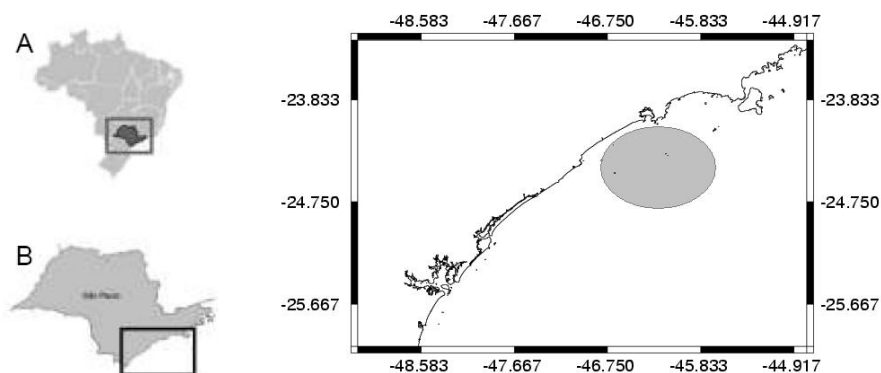


Figura 3: Mapa do estado de São Paulo. Em destaque mapa do Brasil (A e B) e área de coleta delimitada com círculo.

O material foi acondicionado em freezer até que pudesse ser realizado o seu processamento biológico. Todos os exemplares foram numerados, identificados quanto à espécie, medidos quanto ao comprimento total (CT) e largura de disco (LD), pesados e fixados em formol a 4%, sendo posteriormente remanejados para álcool 70%. Cada exemplar de *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi* foi separado da amostra para as análises específicas e o restante da amostra foi mantido no álcool para futuros estudos.

Cada animal foi eviscerado através de corte circular ventral iniciado na região genital, circundando toda a cavidade abdominal e torácica delimitada anteriormente

pela cintura peitoral, de forma a expor os órgãos viscerais e permitir manuseio e visualização mais adequados entre as nadadeiras pélvicas e peitorais. O aparelho digestório de cada exemplar foi separado das demais vísceras e conservado em álcool 70%, acompanhado de uma etiqueta com o número correspondente ao número do indivíduo (Figura 4 A e B). Demais vísceras foram guardadas para estudos posteriores fora do âmbito deste projeto.

O estágio de maturidade foi determinado com base na observação direta de alguns exemplares da amostra, mais os dados de Ponz-Louro (1995), baseado em exemplares coletados no litoral norte de São Paulo.

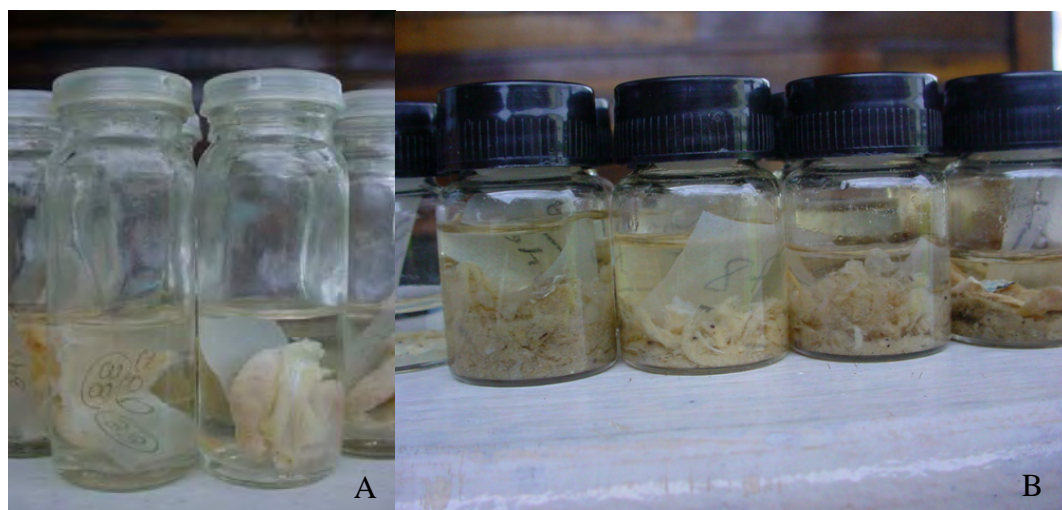


Figura 4: Frascos contendo estômagos já separados (A) e frascos contendo os conteúdos estomacais dos exemplares analisados (B).

Os estômagos foram pesados ainda fechados, utilizando-se uma balança com precisão de 0,01g. Em seguida os mesmos foram abertos com corte longitudinal com o auxílio de uma tesoura e os conteúdos estomacais separados em frascos individuais e conservados em álcool 70% para identificação que seguiria. Os estômagos vazios foram novamente pesados, a fim de se obter o peso do conteúdo estomacal de cada exemplar (Figura 5).

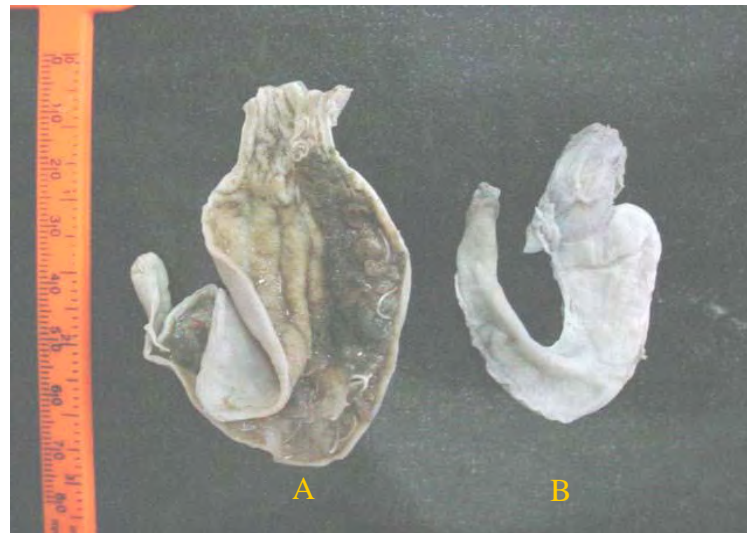


Figura 5: Estômago aberto cheio (A) e já sem o conteúdo estomacal (B).

De um total de 225 exemplares de *Z. brevirostris*, apenas uma sub-amostra de 60 exemplares (10 machos e 10 fêmeas para cada uma das três estações do ano) tiveram seu conteúdo estomacal analisado, já que muitos destes exemplares apresentaram estômago com conteúdo, supostamente mais do que o esperado e previsto por outros estudos anteriores. Já no que diz respeito à *R. agassizi*, foram examinados os estômagos de 223 exemplares (86% do total). Um Estereomicroscópio (marca Tecnival, aumento de 45 x) foi utilizado para visualização do conteúdo estomacal, que foi colocado em placa de Petri e analisado com o intuito de se avaliar quantitativa e qualitativamente a alimentação dos animais de ambas as espécies.

A quantidade total de alimento em cada estômago foi estimada visualmente utilizando-se método subjetivo, de acordo com Pillay (1952), e os seguintes valores foram estabelecidos para Grau de Repleção (GR): I) estômago vazio; II) estômago de 1 a 25% preenchido; III) estômago de 26 a 50% preenchido; IV) estômago de 51 a 75% preenchido; e V) estômago de 76 a 100% preenchido. Após a determinação do GR, foram definidas cinco classes, de acordo com a porcentagem do volume total de alimento no estômago, que foi quantificado e estimado; e a cada classe foi atribuído um valor que pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Determinação das classes de acordo com grau de repleção estomacal e respectivos valores atribuídos..

Classes	Grau de repleção (%)	Valor
I	0	0
	1 – 4	0,02
II	5 – 34	0,25
III	35 – 64	0,5
IV	65 – 89	0,75
V	90 – 100	1,0

A análise do conteúdo estomacal de cinco exemplares neonatos de *R. agassizi* não pode ser realizada devido ao fato de que esses animais não apresentavam nenhum item alimentar em seus estômagos, mas sim vitelo proveniente do período de formação do embrião. Esse fato leva a concluir que esses indivíduos neonatos tinham acabado de nascer e ainda não necessitavam de alimentos consumidos diretamente do ambiente.

Para realização da análise quantitativa foi empregado o método de Porcentagem de Pontos (%V), no qual cada item alimentar recebeu uma determinada quantidade de pontos baseados no seu volume de ocupação em cada estômago (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980) (Tabela 2). Estes pontos então foram multiplicados por um valor correspondente ao Grau de Repleção no estômago em que foi encontrado. O resultado desta multiplicação equivale à caracterização do item alimentar no estômago - número de pontos (MANTELATTO & CHRISTOFOLETTI, 2001).

Tabela 2: Determinação de Pontos para o conteúdo estomacal em função do volume ocupado no estômago

Conteúdo Estomacal (%)	Pontos
0 – 9	10
10 – 19	20
20 – 29	30
30 – 39	40
40 – 49	50
50 – 59	60
60 – 69	70
70 – 79	80
80 – 89	90
90 – 100	100

A porcentagem de Pontos (%V) para cada item alimentar encontrado nos estômagos das duas espécies foi calculada a partir da seguinte expressão: %V da categoria $i = (\sum a_{ij}/A) \cdot 100$, onde: a_{ij} = número de pontos da categoria i no estômago do animal j ; A = número total de pontos de todas as categorias em todos os animais da amostra. Este procedimento visa à diminuição da margem de erro na estimativa visual do volume de cada item.

Para o estudo da composição da dieta de ambas as espécies calculou-se o seguinte parâmetro segundo Hyslop (1980): %FO = $e_i \cdot 100/E$, onde e_i = número de estômagos em que apareceram itens da categoria i ; E = número total de estômagos analisados. O IRI (Índice de Importância Relativa) foi calculado com base nos dados obtidos para Freqüência de Ocorrência (%FO) e a Porcentagem de Pontos (%P) referente a cada categoria, segundo a equação: $IRI = \frac{\%FO \times \%P}{\sum (\%FO \times \%P)}$. Essa equação modificada para obtenção do IRI tem por intenção não avaliar a porcentagem numérica de cada item alimentar, já que um grande valor desta variável não corresponde obrigatoriamente a um alto valor de %V. Acaba-se, assim, valorizando mais os dados obtidos para o volume relativo de cada categoria alimentar do que sua quantidade numérica. Os dados para IRI variam de zero a um.

A identificação dos grandes grupos taxonômicos foi baseada em Brusca & Brusca (2003). Para identificação de itens da Classe Crustacea foram utilizados principalmente os trabalhos de Melo, (1996; 1999); e Costa et. al., 2003, e a identificação foi feita até o táxon mais específico possível, que neste caso foi o nível de Gênero.

As análises estatísticas referentes aos dados obtidos foram realizadas utilizando-se apenas os grandes grupos taxonômicos de itens alimentares para que as amostras não se apresentassem diluídas. Um teste χ^2 foi utilizado para analisar a diferença no número de machos e fêmeas. Uma ANOVA de três vias seguida de um Teste Tukey foi usada para testar as diferenças significativas entre a ingestão dos itens alimentares, e uma Análise Log-Linear de Tabelas de Freqüência foi realizada para avaliar freqüência de ocorrência e Grau de Repleção. Todos os métodos de análise do conteúdo estomacal foram comparados para machos e fêmeas, jovens e adultos e neonatos, e

estações do ano. Para classes que não apresentavam quantidade de dados suficientes, as análises estatísticas não puderam ser realizadas.

O Índice Alimentar (IA_i), proposto por Kawakami & Vazzoler (1980) foi utilizado a fim de ponderar os efeitos Freqüência de Ocorrência e Freqüência Volumétrica e denotar a importância de cada categoria da dieta de ambas as espécies. Tal índice é expresso pela seguinte fórmula:

$$IA_{ij}(\%) = \left(\frac{FO_{ij}FV_{ij}}{\sum_{i=1}^n (FO_{ij}FV_{ij})} \right) 100 \quad \sum IA_{ij} = 100\%,$$

onde FV_{ij} = freqüência volumétrica (%), FO_{ij} = freqüência de ocorrência (%) de $i = 1$ até n itens alimentares consumidos na classe j considerada. Obtidos os valores de FO , FV e IA , foi elaborada uma matriz de recursos alimentares, nas quais os exemplares foram distribuídos nas classes de tamanho estabelecidas.

Com o intuito de quantificar a associação entre variações tróficas, relativas a um grupo funcional, e a ontogenia de uma estrutura morfológica determinada, quando necessário, se aplicará o teste de correlação por ponto de Spearman (r) (SOKAL & ROLFH, 1995), uma vez que não se observa normalidade nos dados tróficos.

A amplitude do nicho de cada classe foi calculada pelo índice de Shannon-Wiener (MARSHALL & ELLIOTT, 1997):

$$H = -\sum_{i=1}^n FO_{ij} \log_2 FO_{ij}$$

onde H = índice de amplitude de nicho de Shannon-Wiener; FO_{ij} = proporção relativa de estômagos em que ocorreu a presa i de um total de n presas consumidas na classe j . Junto aos dados de amplitude de nicho, serão avaliados dados de equitabilidade na utilização de recursos tróficos (J'). Para esta característica, quanto mais próximo o resultado estiver de 1, mais equitativo o uso dos itens alimentares, ou seja, ocorre a utilização de mais itens alimentares e de maneira mais igual.

Para fins de identificar evidências de sobreposição de nicho trófico entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*, ao longo da ontogenia, será utilizado o índice de Schoener (WALLACE, 1981):

$$\Gamma = 1 - 0,5 \left(\sum_{i=1}^n |IA_{ij} - IA_{ik}| \right),$$

onde Γ = índice de sobreposição de nicho trófico de Schoener, IA_{ij} = índice alimentar da presa i na classe de tamanho j ou k . Γ varia de 0 a 1, sendo valores superiores a 0,6 indicadores de sobreposição de nicho trófico biologicamente significantes.

Para comparações morfométricas interespecíficas, foram empregadas os atributos morfológicos reduzidos pelo comprimento padrão. Efeitos indesejáveis de potenciais mudanças de forma das estruturas do corpo, com crescimento, foram removidos eliminando o *coeficiente da forma* (a) proveniente da equação alométrica [$Y = a (CP)^b$], por procedimento estabelecido por LLEONART *et al.* (2000), tal como se segue: $Y_i^* = Y_i [CP_0 / CP_i]^b$, onde Y_i^* é o valor transformado da variável Y_i de um indivíduo i ; CP_0 representa um valor de referência de tamanho ao qual todos os indivíduos foram reduzidos (no presente estudo, considerou-se CP_0 como a média de CP). Esta é uma abordagem adequada para comparações interespecíficas, pois torna estatisticamente comparáveis indivíduos de diversos tamanhos corpóreos de uma mesma espécie eliminando qualquer informação relacionada ao tamanho na razão entre o atributo morfométrico e comprimento total do corpo (LLEONART *et al.*, 2000; IBÁÑEZ-AGUIRRE *et al.*, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ESTRUTURA POPULACIONAL

Durante este estudo foram examinados 225 exemplares de *Zapteryx brevirostris*, e 258 de *Rioraja agassizi*, o que corresponde, respectivamente, a 29,84% e 34,22% de um total de 754 elasmobrânquios capturados na primavera, verão e inverno de 2002, com arrasto de fundo na plataforma continental do Estado de São Paulo (TABELA 3).

TABELA 3 – Composição das espécies de elasmobrânquios da amostra, com sua respectiva participação absoluta (n total) e relativa (%)

Espécie	N Total	% do Total
<i>Rioraja agassizi</i>	258	34,22
<i>Zapteryx brevirostris</i>	225	29,84
<i>Psammobatis extenta</i>	153	20,30
<i>Atlantoraja cyclophora</i>	47	6,23
<i>Psammobatis</i> sp.	27	3,58
<i>Atlantoraja castelnaui</i>	20	2,65
<i>Squatina guggenheim</i>	8	1,06
<i>Rhinobatos percellens</i>	5	0,66
<i>Mustelus schmitti</i>	3	0,40
<i>Rhinoptera brasiliensis</i>	2	0,27
<i>Rhinobatos horkelii</i>	2	0,27
<i>Dasyatis</i> sp.	1	0,13
<i>Rajídeo</i>	1	0,13
<i>Rhizoprionodon lalandii</i>	1	0,13
<i>Myliobatis flemingii</i>	1	0,13
TOTAL	754	100

As classes de comprimento de *Zapteryx brevirostris* coletadas no presente estudo, considerando a amostra total, variaram entre 127 e 526 mm de comprimento total (Figura 6). Embora se observe que a maioria dos exemplares pertence às classes de comprimento entre 151 e 350 mm, a população aqui amostrada inclui exemplares que correspondem às classes etárias de neonatos, jovens e adultos. Em *Rioraja agassizi*, as classes de comprimento variaram entre 33 e 532 mm de comprimento total (Figura 7). Nota-se que, diferentemente de *Z. brevirostris*, a maioria dos exemplares se concentrou nas classes de comprimento entre 301 e 500 mm, e esta população também inclui exemplares que correspondem às três classes etárias citadas acima. Estes dados diferem dos encontrados por Machado & Sant'anna (2001) no Rio

de Janeiro, já que este autor analisou exemplares que se encaixavam em classes etárias de menores tamanhos. Possivelmente a arte de pesca ou mesmo variações geográficas e características oceanográficas das duas áreas de amostragem determinem essas diferenças na estrutura etária da população coletada.

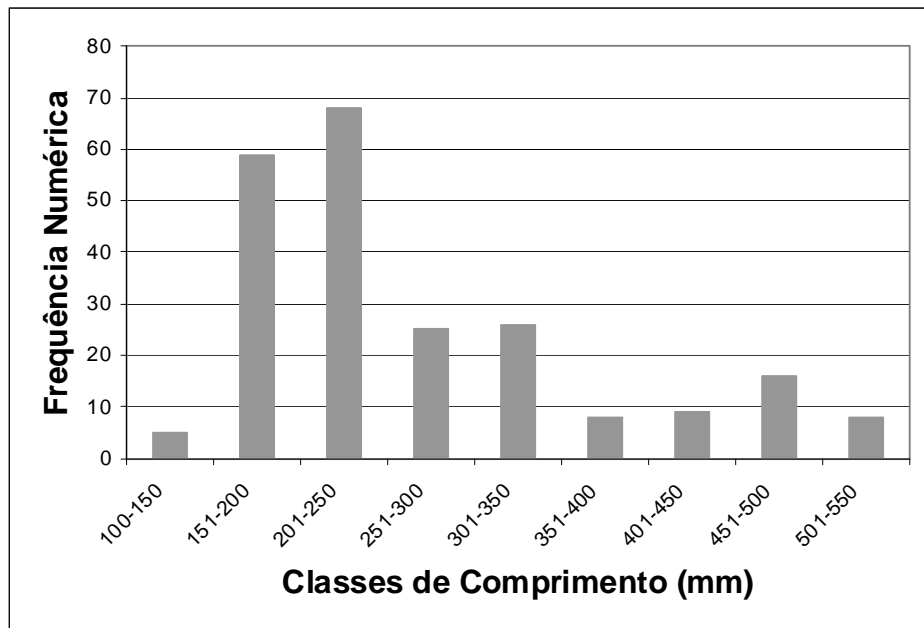


Figura 6: Distribuição de frequência de comprimento da amostra total de *Zapteryx brevirostris*.

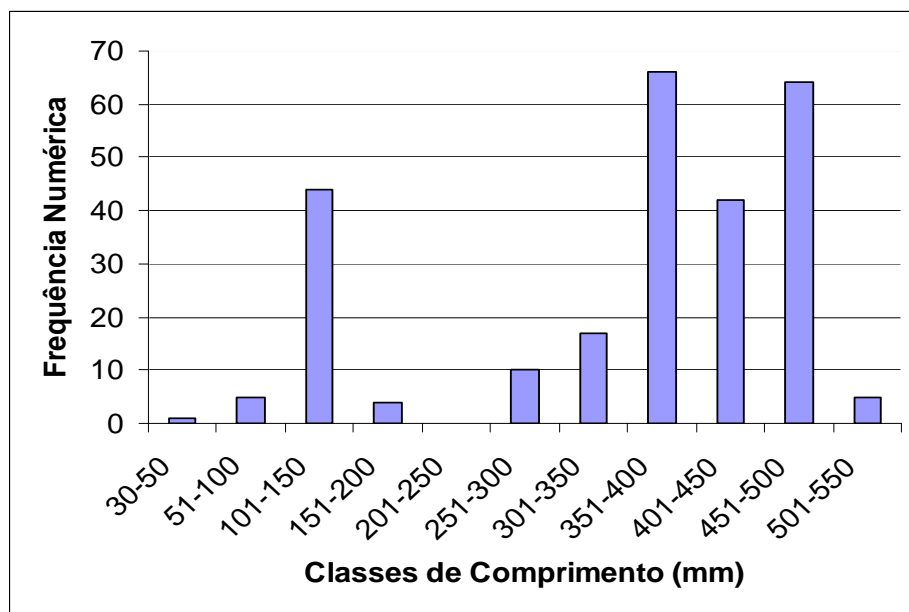


Figura 7: Distribuição de frequência de comprimento da amostra total de *Rioraja agassizi*.

A amplitude de comprimento total de *Z. brevirostris* variou, para machos, de 135 mm a 550 mm; e para fêmeas, de 127 mm a 526 mm (Figura 8). A amplitude do peso total também foi calculada e teve a seguinte variação: para machos de 10,58 g a 860,68g, e de 10,2 g a 857,31 g para fêmeas. No que diz respeito à *R. agassizi* machos apresentaram amplitude de comprimento total variando de 94 mm a 438 mm; e para fêmeas, de 33 mm a 532 mm (Figura 9). A amplitude do peso total para a espécie esteve entre 2,17 g e 344,12 g para machos, e entre 2,26 g e 723,71 g para fêmeas. Em *Z. brevirostris*, diferentemente de *R. agassizi*, os machos atingiram maior tamanho que as fêmeas, o que não segue de encontro com a maioria dos trabalhos supracitados que contemplam dados sobre estrutura populacional de elasmobrânquios.

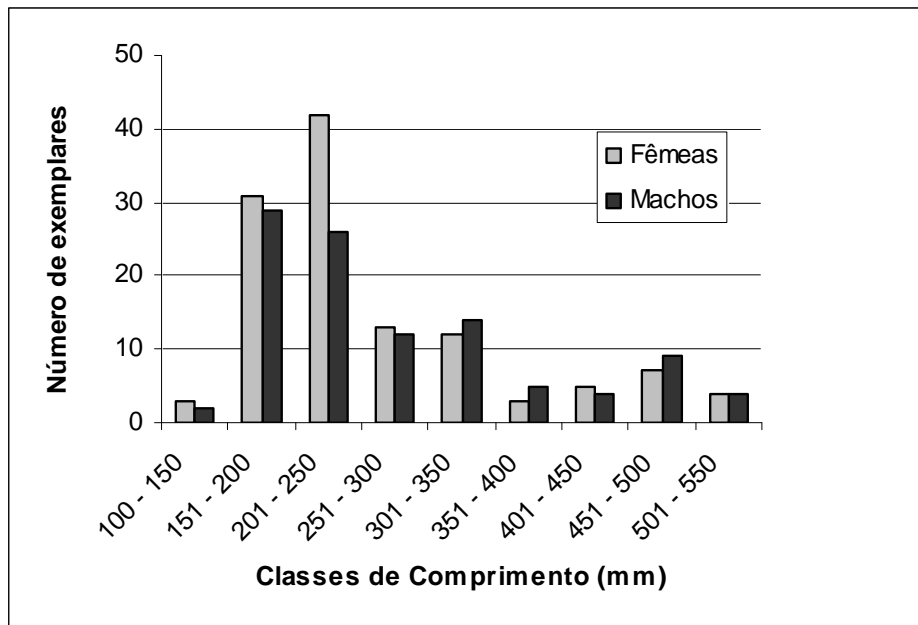


Figura 8: Distribuição de freqüência de comprimento, por sexos, da amostra total de *Zapteryx brevirostris*.

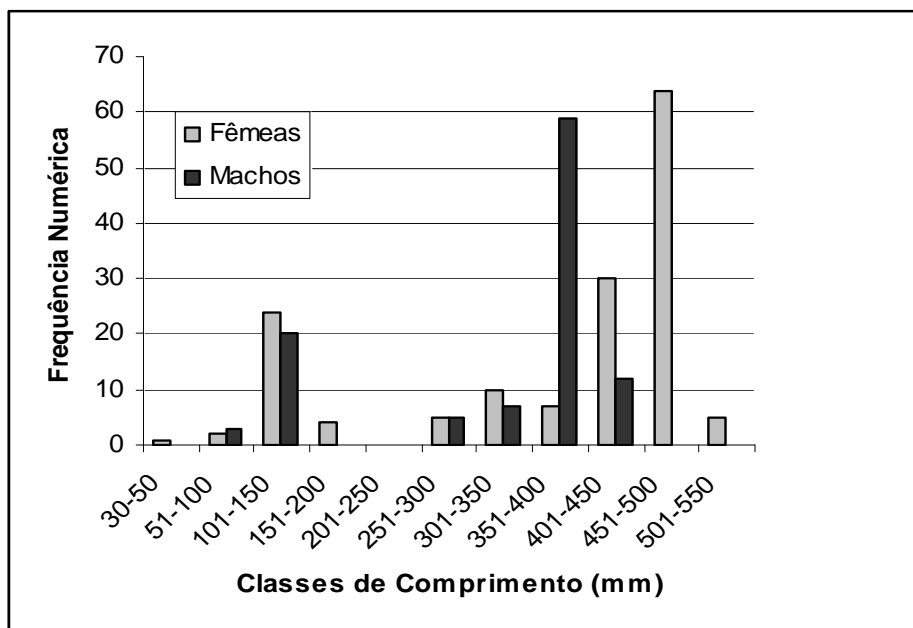


Figura 9: Distribuição de frequência de comprimento, por sexos, da amostra total de *Rioraja agassizi*.

De todos os exemplares analisados, 75 de *Z. brevirostris* e 51 de *R. agassizi*, 75 não puderam ter a maturidade definida. Dos restantes, 150 animais restantes para *Z. brevirostris*, 27 (18%) eram adultos e 123 (82%) jovens. Quanto à sub-amostra, 42 exemplares eram jovens, 16 adultos e 2 neonatos. Para *R. agassizi*, dos 207 animais que puderam ser sexados, 17 (8,21%) eram neonatos, 27 (13,05%) jovens e 163 (78,74%) adultos.

Do total amostrado para *Z. brevirostris*, pode-se determinar o sexo de 99,56% dos exemplares, constatando-se que 53,33% (120 animais) eram fêmeas e 46,22% (104 animais) eram machos, resultando em uma proporção sexual de 1:1.15 em favor das fêmeas. Apenas um exemplar em mau estado de conservação não pode ser sexado. Já para *R. agassizi*, todos os exemplares amostrados tiveram sexo definido, sendo que 58,91% (152 animais) eram fêmeas e 41,09% (106 animais) eram machos, resultando em uma proporção sexual de 1:1.43 em favor das fêmeas. Em alguns outros estudos considerando espécies da família Rhinobatidae (e.g. Abdel-Aziz, Khalil e Abdel-Maguid (1993), com *Rhinobatos rhinobatos*) no Mar Mediterrâneo, a proporção sexual observada indica 1:1,42 em favor das fêmeas), sugerindo números semelhantes aos aqui encontrados com relação a esse aspecto (Figura 10).

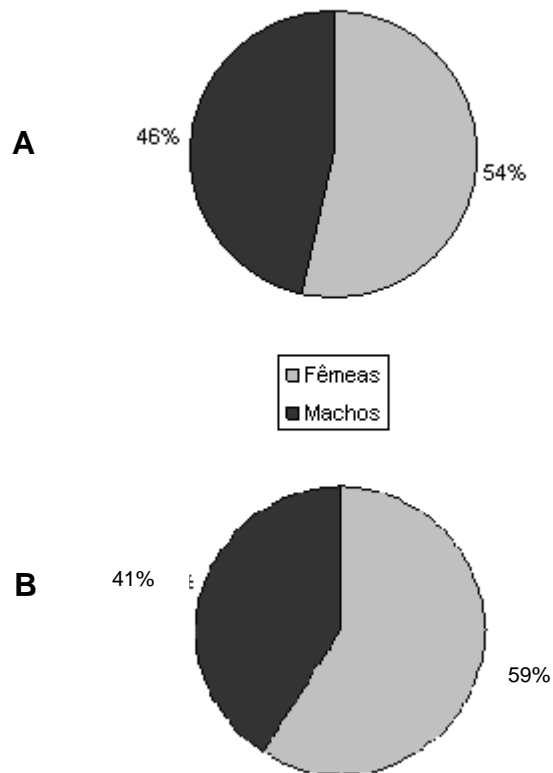


Figura 10: Proporção sexual de *Zapteryx brevirostris* (A) e de *Rioraja agassizi* (B).

Não existem informações destacadas na literatura sobre segregação sexual marcante em nenhuma das duas famílias às quais as espécies estudadas pertencem, possivelmente porque a maioria das espécies destas famílias sejam habitantes de águas costeiras e a segregação sexual em elasmobrânquios tem sido frequentemente reportada para espécies oceânicas ou mesmo de hábitos pelágicos sobre a plataforma continental (LESSA, SANTANA & PAGLEANI, 1999), ao contrário das espécies aqui consideradas, costeiras demersais. Uma possível segregação por batimetria poderia explicar alguns casos, mas dados sobre tal característica não estão disponíveis na literatura

Quando se avaliam os dados de *Z. brevirostris* correspondentes às classes acima de 350 mm, nota-se maior quantidade de machos, revelando proporção sexual de 1:1,16 a favor dos machos. Já em *R. agassizi*, nas classes acima de 300 mm percebe-se maior quantidade de fêmeas, levando a uma proporção sexual de 1:1,32 a

favor das fêmeas, dado contrário ao que ocorreu com *Z. brevirostris* sugerindo possível segregação sexual apenas nestas partes da populações. Machado & Sant'anna (2001), no Rio de Janeiro, porém, encontraram proporção sexual muito favorável à fêmeas (1:3,6) e a amostra dos referidos autores foi composta majoritariamente por exemplares maiores do que 330 mm, o que não vai de acordo com os dados aqui sugeridos para *Z. brevirostris*, mas corrobora os dados encontrados para *R. agassizi*.

A distribuição sazonal mostrou, para ambas as espécies maior ocorrência de exemplares durante a primavera e verão, com um número pouco superior de exemplares na primavera. No inverno se verificou-se um declínio acentuado na captura. A proporção sexual não exibiu diferenças significativas em nenhuma estação. No período invernal essa tendência se mantém, mesmo observando uma discreta inversão na proporção sexual para *Z. brevirostris*, com vantagem no número de machos (Figura 11), porém, para *R. agassizi*, o número de fêmeas foi sempre maior que o número de machos (Figura 12).

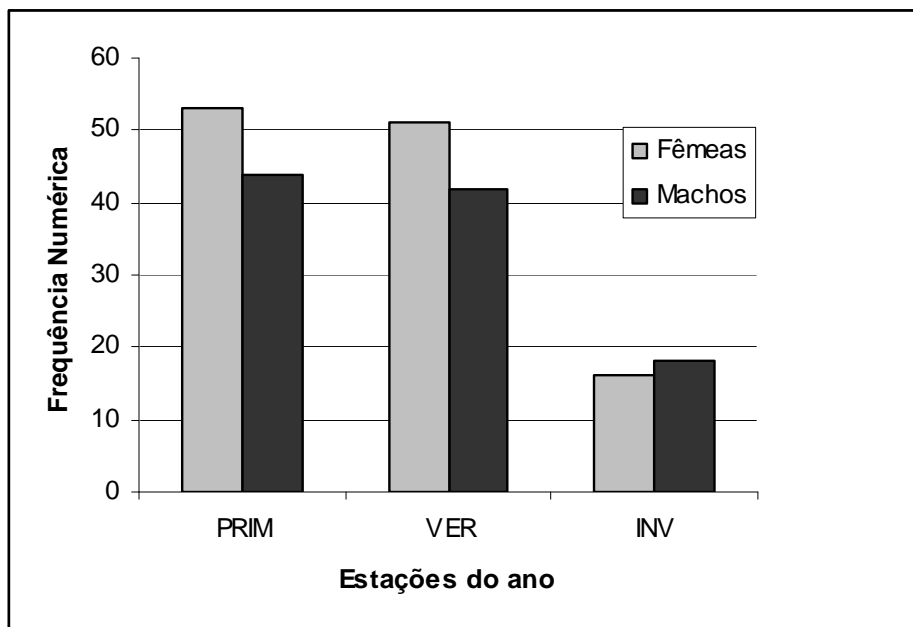


Figura 11: Distribuição dos exemplares de *Zapteryx brevirostris* por estações do ano e sexo.

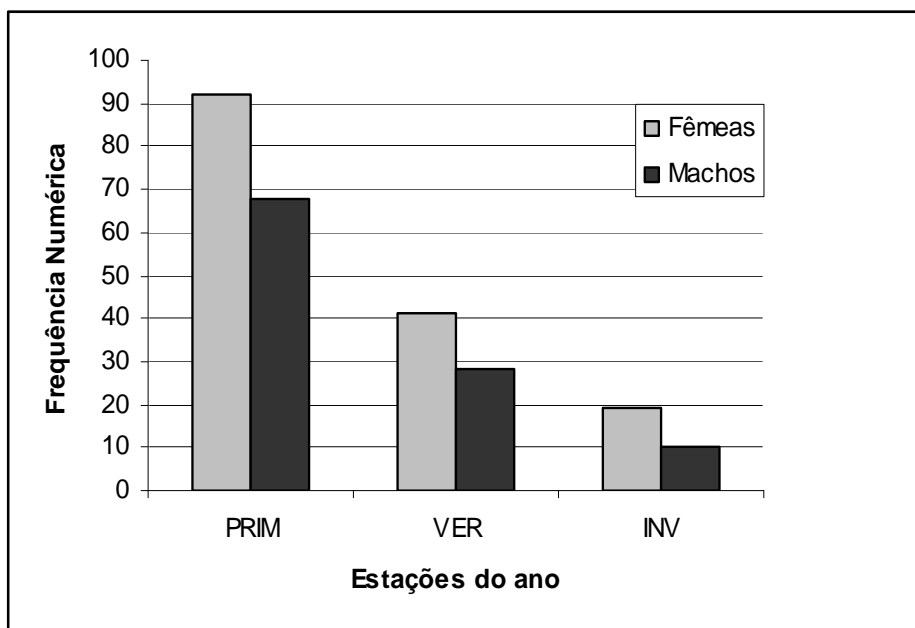


Figura 12: Distribuição dos exemplares de *Rioraja agassizi* por estações do ano e sexo.

Já a sazonalidade das classes etárias mostrada nas Figuras 13 e 14, indica que exemplares com até 350 mm, portanto, sub-adultos, são mais comuns na primavera e verão para *Z. brevirostris* e primavera e inverno para *R. agassizi*, enquanto adultos com mais de 450 mm ocorrem mais comumente no inverno para a primeira espécie e na primavera a verão para a segunda espécie. Todos os exemplares de *Z. brevirostris* considerados como pertencentes à faixa da população que corresponde aos neonatos, foram capturados na primavera e verão, diferentemente do que ocorreu para *R. agassizi*, que teve todos os seus neonatos capturados na estação de primavera, o que com certeza está relacionado com a biologia reprodutiva das espécie.

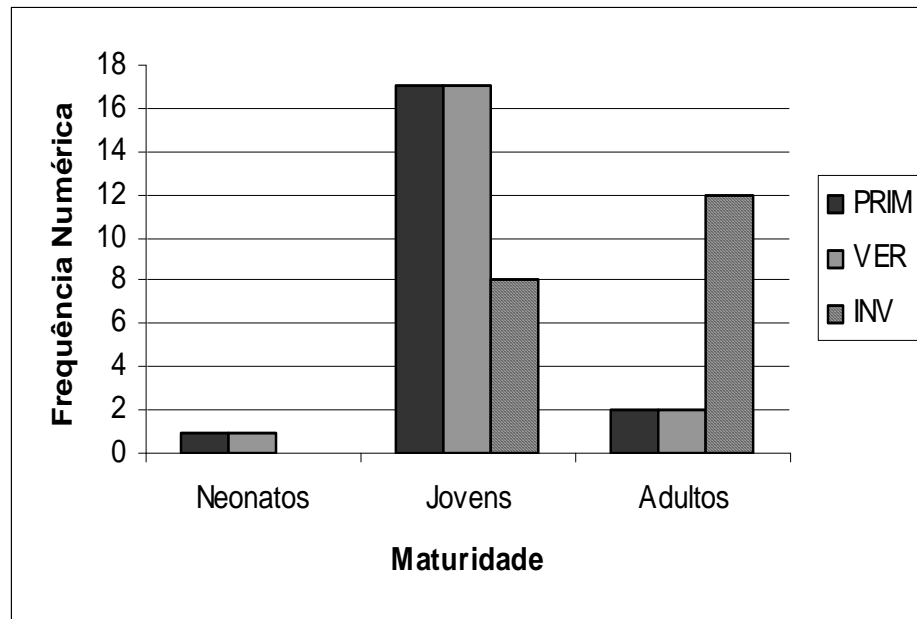


Figura 13: Distribuição dos exemplares de *Zapteryx brevirostris* por maturidade e estações do ano.

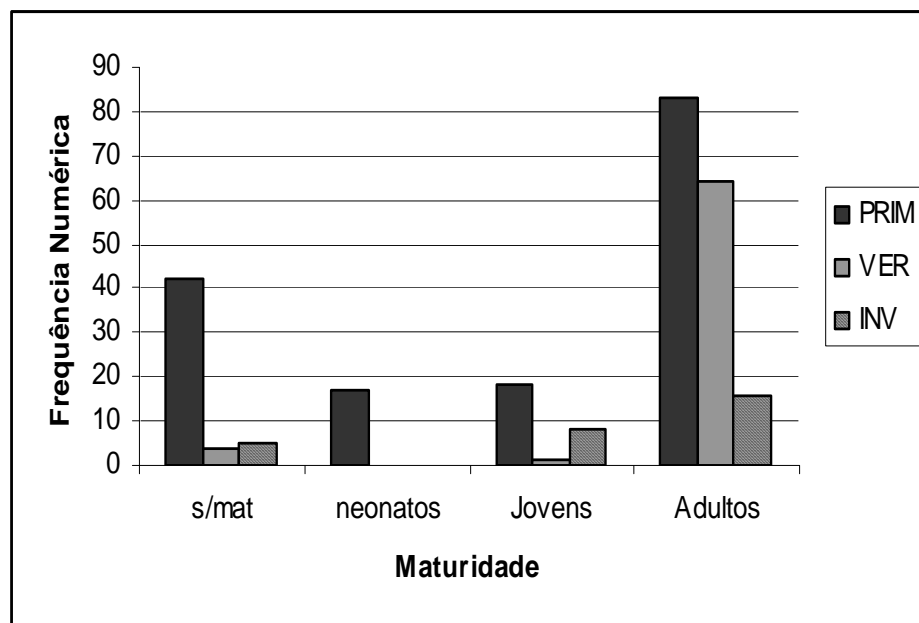


Figura 14: Distribuição dos exemplares de *Rioraja agassizi* por maturidade e estações do ano.

ALIMENTAÇÃO

Para o estudo de alimentação de *Z. brevirostris* foi preciso estabelecer uma sub-amostra, como dito anteriormente, devido à grande quantidade de estômagos com Grau de Repleção alto, o que não ocorreu para *R. agassizi* já que toda a mostra para esta espécie pode ser analisada. Foram analisados 60 estômagos de *Z. brevirostris* (30 machos e 30 fêmeas), o que representa cerca de 26,67% do total de animais amostrados e analisados; e 223 estômagos de *R. agassizi* (94 machos e 129 fêmeas), o que representa cerca de 86,43% do total de animais amostrados.

No que diz respeito à quantidade de estômagos vazios, constatou-se baixo número de estômagos vazios para as duas espécies analisadas (1,33% dos exemplares de *Z. brevirostris* e 1,35% dos exemplares de *R. agassizi*), sendo que nenhum deles foi selecionado na sub-amostra de *Z. brevirostris*. O mesmo não ocorreu, por exemplo, nos estudos com *Raja clavata* e *Galeorhinus galeus* (Morato *et al.*, 2003), onde cerca de 37% dos estômagos estavam vazios para *R. clavata* e 47,7% para *G. galeus*; e *Dipturus chilensis* (Lucifora *et al.*, 2000) onde essa mesma porcentagem atingiu 17,24%.

Estudos realizados com raias demersais da plataforma continental de São Paulo, *Rioraja agassizii* e *Psamobatis extenta* Muto, Soares & Goitein (2001), mostraram também porcentagens baixas de estômagos vazios, como ocorreu neste estudo, sendo que para *P. extenta* não foi encontrado nenhum estômago vazio e para *R. agassizii* apenas 0,9% estavam sem algum conteúdo.

Castello (1971), estudando *Zapteryx brevirostris* da costa Argentina, também encontrou números baixíssimos de estômagos sem nenhum conteúdo. Entretanto, dados preliminares sobre a alimentação de *Z. brevirostris* analisados no litoral de Niterói, Rio de Janeiro (MACHADO & SANT'ANNA, 2001) revelaram média de 30% dos estômagos com GR igual a zero. As razões para uma diferença tão marcante entre os estudos citados acima e o presente trabalho podem estar relacionadas a diferenças metodológicas ou mesmo a características ambientais que determinem diferenças na disponibilidade de alimento. Como os dados de Machado & Sant'anna (2001) foram apresentados em forma de resumos de evento científico, não existem dados disponíveis sobre características da pesca ou estrutura da população capturada, que

permitissem discutir de forma mais adequada estas diferenças. O GR não foi apresentado no trabalho de Batista (1984), também um resumo de congresso.

Carvalho Neta & Almeida (2001) atribuíram o alto número de estômagos com conteúdo de *Dasyatis guttata* estudadas na costa maranhense a uma atividade alimentar contínua ou, conjugadamente, a realização da captura coincidente com o horário de alimentação dos animais. Talvez, *Zapteryx brevirostris*, bem como as raias estudadas por Muto, Soares & Goitein (2001) sigam esse padrão de alimentação contínua.

Adicionalmente, a baixa quantidade de estômagos vazios também foi explicada por Muto, Soares & Goitein (2001) em função do fato de que existe uma alta atividade alimentar baseada em itens alimentares com alta abundância e baixo valor energético, exigindo atividade de predação constante. Desse modo, uma alimentação contínua seria ideal para manutenção de necessidades diárias de energia. Pillay (1952) também encontrou explicações para a baixa porcentagem de estômagos vazios. Segundo este autor, a natureza dos alimentos ingeridos depende, primeiramente, da morfologia e comportamento alimentar da espécie, e segundo, da composição e quantidade de alimento disponível.

GRAU DE REPLEÇÃO

Para a amostra total de *Z. brevirostris* e *R. agassizi*, o Grau de repleção foi determinado e comparado entre os sexos, tamanho e estações do ano. Observou-se que 86,24% dos exemplares de *Zapteryx brevirostris* e 65% dos exemplares de *Rioraja agassizi* capturados apresentavam GR igual ou maior que III, e, que 13,76% e 35%, respectivamente, apresentavam GR inferior a III (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4: Distribuição do Grau de Repleção para indivíduos da amostra de *Zapteryx brevirostris* (machos, fêmeas, jovens, adultos, neonatos, primavera, verão e inverno)

	I	II	III	IV	V
Machos	1	12	16	21	41
Fêmeas	2	11	30	13	42
Jovens	2	17	24	18	48
Adultos	1	2	9	2	12
Neonatos	0	0	0	1	1
Primavera	3	12	18	13	41
Verão	0	4	21	16	30
Inverno	0	7	7	5	12

Tabela 5: Distribuição do Grau de Repleção para indivíduos da amostra de *Rioraja agassizi* (machos, fêmeas, jovens, adultos, neonatos, primavera, verão e inverno)

	I	II	III	IV	V
Machos	0	32	26	14	22
Fêmeas	3	43	36	20	27
Jovens	0	0	2	2	7
Adultos	0	11	7	4	3
Neonatos	3	57	40	23	21
Primavera	3	42	44	21	32
Verão	0	30	12	10	9
Inverno	0	3	6	3	8

Verificou-se, através do Teste G para *Z. brevirostris*, e Análise Log-Linear de tabelas de frequência para *R. agassizi*, que a distribuição das categorias de GR para machos e fêmeas; jovens, adultos e neonatos; e entre as estações do ano não variou significativamente para ambas as espécies ($p=0,1964$), o que indica que não existe diferença significativa na alimentação entre machos e fêmeas, entre jovens adultos e neonatos, ou entre as estações do ano na amostra total utilizada. Essa mesma análise não pode ser realizada para determinar diferenças entre estações do ano pelo fato de não haver número suficiente de animais em determinada estação da amostra total utilizada. Apesar de não haver diferença significativa entre o GR das classes, pode-se verificar através dos dados obtidos que existe uma tendência ao aumento do número de exemplares de acordo com o aumento de GR.

Entre os representantes de machos e fêmeas de toda a amostra, cerca de 85,71% de machos e 86,73% das fêmeas de *Z. brevirostris* e 96,9% de machos e 64,34% das fêmeas de *R. agassizi* apresentavam GR igual ou acima de III. Esses

números na sub-amostra de *Z. brevirostris* Não se mostraram estatisticamente diferentes do que foi encontrado para a amostra total.

Na amostra total de *Z. brevirostris*, houve indivíduos que não tiveram sua maturidade definida devido ao fato de que a análise em laboratório nem sempre permite tal procedimento. Daqueles que apresentaram maturidade sexual verificável, 123 eram jovens, 27 eram adultos e 2 neonatos. Aproximadamente 73,17% dos indivíduos jovens da amostra apresentaram GR igual ou superior a III, 85,18% dos adultos apresentaram GR acima de III e todos os indivíduos neonatos tinham GR acima de III. Já para *R. agassizi*, 25 eram jovens, 144 eram adultos e 11 eram neonatos. Todos os indivíduos neonatos apresentaram GR igual ou maior que III. Exatamente 56% dos indivíduos jovens da amostra apresentaram GR igual ou superior a III, e 58,33% dos adultos apresentaram GR igual ou acima de III.

Dos 42 indivíduos jovens da sub-amostra de *Z. brevirostris*, 80,95% apresentaram GR igual ou superior a III. Já para os 16 indivíduos adultos desta sub-amostra, esse número passa para 93,75%. Os dois indivíduos neonatos seguem o padrão apresentando GR igual a IV e V (Tabela 6).

Tabela 6: Distribuição do Grau de Repleção para indivíduos da sub-amostra de *Zapteryx brevirostris* (machos fêmeas, jovens, adultos, neonatos, primavera, verão e inverno)

	I	II	III	IV	V
Machos	0	5	5	10	10
Fêmeas	0	4	9	3	14
Jovens	0	8	9	12	13
Adultos	0	1	5	1	9
Neonatos	0	0	0	1	1
Primavera	0	3	3	6	8
Verão	0	1	7	5	7
Inverno	0	5	4	3	8

Para os dados referentes às estações do ano também podemos perceber que, apesar de não haver diferença significativa de GR entre primavera, verão e inverno, observou-se que a amostra total mostrou que cerca de 82,75% dos indivíduos da primavera, 94,33% dos indivíduos de verão e 77,42% dos indivíduos de inverno

apresentaram GR igual ou acima de III. Já para a sub amostra estes dados foram de: 85% para primavera, 95% para verão e 75% para inverno.

Silva, Viana & Furtado Neto (2001), estudando a alimentação da raia *Dasyatis guttata* da costa cearense, verificaram que a minoria (22,7%) dos 97 indivíduos analisados apresentava mais da metade do estômago repleto por alimento. Entretanto, no presente estudo, encontrou-se para *Zapteryx brevirostris*, 86,24% dos exemplares de *Z. brevirostris* e 65,02% dos exemplares de *R. agassizi* apresentavam Grau de Repleção igual ou acima de III (26% - 100%).

Abdel-Aziz, Khalil & Abdel-Maguid (1993) compararam a alimentação de machos e fêmeas de *Rhinobatos rhinobatos* em período pré reprodutivo, notando que fêmeas se alimentam menos que machos. Esse fato foi atribuído à necessidade que as fêmeas possuem de ter espaço na cavidade abdominal para as gônadas em desenvolvimento e conteúdo uterino (ovos e embriões). Os dados obtidos para *Z. brevirostris* e *R. agassizi* no presente estudo, mostram que fêmeas não apresentam muitos indivíduos com GR baixo ou igual a zero, da mesma forma que os machos, revelando que as espécies podem não ter sido capturadas em período pré-reprodutivo, ou então, não seguem o padrão apresentado por *R. rhinobatos*.

ANÁLISE DO CONTEÚDO ESTOMACAL

A análise do conteúdo estomacal permitiu observar a ocorrência de 18 categorias de presas para *Z. brevirostris*, e 12 categorias para *R. agassizi*. Para a primeira espécie, duas categorias foram identificadas ao nível de Filo (Nematoda e Polychaeta), duas ao nível de Classe (Bivalvia e Osteichthyes), cinco em nível de Ordem (Amphipoda, Cumacea e Crustacea Não Identificado), seis em nível de Sub Ordem (Dendrobranchiata e Pleocyemata), e três não identificadas (Massa orgânica Digerida Não Identificada, Itens Não Identificados e Sedimento). Para *R. agassizi*, uma foi identificada em nível de Filo (Polychaeta), duas em nível de Sub-Classe (Copepoda e Actinopterygii), duas em nível de Ordem (Cumacea e Isopoda), quatro em nível de Sub Ordem (Dendrobranchiata Gammaridea), uma em nível de Infra-Ordem (Brachyura) e duas outras categorias não animais (Itens NI e Sedimento) (Tabelas 7 e 8) .

Foram encontrados exemplares do Filo Nematoda que não foram considerados como itens alimentares devido à sua condição parasítica no estômago do animal. O item Sedimento foi considerado item alimentar devido à sua frequência ser muito comum. Lonardoní *et al.* (2006) também encontrou elevada quantidade do que chamou de detrito/sedimento, justificando esse tipo de item alimentar como de ocorrência acidental, sendo consumida durante a ingestão de presas associadas ou próximas ao substrato.

Tabela 7: Itens Alimentares encontrados nos estômagos de *Zapteryx brevirostris*.

POLYCHAETA
MOLLUSCA
Classe Bivalvia
CRUSTACEA
Ordem Decapoda
Dendrobranchiata
Camarão 1
Camarão 2
Camarão 3
Camarão NI
Pleocyemata
Caridea
Caranguejo NI
Ordem Amphipoda
Amphipoda 1
Amphipoda 2
Ordem Cumacea
Cumacea 1
Cumacea 2
Crustácea NI
CHORDATA
Classe Osteichthyes
MASSA ORGÂNICA DIGERIDA NI
ITENS NI
SEDIMENTO

Tabela 8: Itens Alimentares encontrados nos estômagos de *Rioraja agassizi*.

POLYCHAETA
CRUSTACEA
Ordem Decapoda
Dendrobranchiata
Camarão 1
Camarão 2
Camarão 3
Pleocyemata
Brachyura
Ordem Cumacea
Ordem Isopoda
Ordem Amphipoda
Gammaridea
Copepoda
CHORDATA
Classe Osteichthyes
Actinopterygii
ITENS NI
SEDIMENTO

Os itens encontrados como conteúdo estomacal das duas espécies utilizadas neste estudo também foram encontrados em outros estudos realizados com raias: *Rioraja agassizii* e *Psamobatis extenta* (MUTO, SOARES & GOITEIN, 2001) e *Rhinobatos horkelli* (GOITEIN, TORRES & SIGNORINI, 1998), na plataforma continental norte de São Paulo; *Dasyatis guttata* (SILVA, VIANA & FURTADO NETO, 2001), na costa do Ceará; e *Dipturus chilensis* (ALONSO et al., 2001), na Argentina.

Ainda para *Z. brevirostris*, os estudos de Castello (1971) no litoral argentino e Batista (1984) e Machado & Sant'anna (2001) na costa do Rio de Janeiro, revelam basicamente a ocorrência de anelídeos poliquetas e crustáceos, da mesma forma que

no presente estudo. Destaca-se no estudo de Castello (1971) e Batista (1984) a ocorrência importante de Cephalochordata (anfioxo) em 38.6% no primeiro, mas sem valores apresentados para o caso do Rio de Janeiro. O fato de Machado & Sant'anna (2001) não terem encontrado Cephalochordata na mesma área de estudo de Batista (1984) pode estar relacionado ao motivo de que os primeiros capturaram basicamente exemplares de classes etárias adultas e que podem não se alimentar de Cephalochordata, ou mesmo porque não tenham sido feitas análises mais detalhadas do conteúdo estomacal, já que, segundo estes mesmos autores, os resultados apresentados eram preliminares. Na amostra aqui estudada, embora não tenha sido efetuada a identificação em nível mais específico, todos os itens foram morfologicamente diferenciados e não se constatou a presença de Cephalochordata na sub-amostra considerada.

A profundidade de captura também pode ser um fator determinante no tipo de presa encontrada. De qualquer modo, as diferenças importantes encontradas nos itens observados como conteúdo estomacal desta espécie em diferentes áreas podem estar associadas, muito mais do que fatores ontogenéticos ou sexuais, à disponibilidade de determinada presa no ambiente no qual a espécie ocorre. *Zapteryx brevirostris* é uma espécie de distribuição restrita à plataforma continental abaixo do Rio de Janeiro até a Argentina (FIGUEIREDO, 1977) e é possível que ao longo de sua distribuição a sua dieta varie de acordo com a distribuição das diferentes espécies que compõem os principais grupos taxonômicos de sua dieta.

O presente estudo considerou apenas os grandes grupos para que as devidas análises estatísticas pudessem ser realizadas. Se tal procedimento fosse realizado para cada um dos itens alimentares encontrados para as duas espécies, os resultados apresentar-se-iam muito diluídos. Tal procedimento foi adotado para as análises estatísticas referentes a %V e %FO.

ANÁLISE DE %V PARA OS ITENS ALIMENTARES

Os dados sobre %V estão apresentados na Tabela 10.

A informação sobre %V para os principais itens alimentares não pode ser discutida com os prévios trabalhos sobre alimentação de *Zapteryx brevirostris*

(CASTELLO, 1971; BATISTA, 1984; MACHADO & SANT'ANNA, 2001) e espécies da Família Rajidae e de elasmobrânquios (BRICKLE *et al.*, 2003; PEDERSEN, 1995; MORATO *et al.*, 2003) porque estes autores não consideraram %V em suas análises, ao invés disso, usam %W (Porcentagem de peso) para os itens alimentares. Esse tipo de análise seria impossível em um trabalho como esse, onde os itens alimentares dispõem de tamanho e peso muito baixos para que se use porcentagem de peso.

Os dados gerais mostram que no que se refere ao volume ingerido, os principais itens alimentares foram Crustacea Total e Polychaeta para *Z. brevirostris* e Crustacea Total e Sedimento. O item Sedimento, apesar de apresentar %FO importante para ambas as espécies, tem baixo volume como item estomacal do total de material ingerido.

Para *Z. brevirostris*, as referidas análises mostraram não haver diferença significativa na alimentação entre machos e fêmeas, jovens, adultos e neonatos, e entre as estações do ano. Há que se considerar que a sub-amostra pode apresentar limitações para a obtenção de dados de %V, daí não serem encontradas diferenças significativas neste aspecto.

No que diz respeito à *R. agassizi*, tais análises diagnosticaram diferenças marcantes no que se refere à distribuição de %V entre estações do ano, maturidade e sexos. A %V de Crustáceos no verão declina acentuadamente devido ao aumento de %V para o item Osteichthyes. A mesma %V para Crustáceos obteve valores menores em adultos devido ao mesmo fato já citado.

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA - %FO

Os dados de %FO para as espécies estão dispostos na Tabela 10.

Os resultados encontrados para ambas as espécies, considerando valores totais mostram que o item alimentar identificado mais frequente foi Crustacea Total, ocorrendo em 98,33% dos estômagos analisados de *Z. brevirostris* e 95,96% dos estômagos de *R. agassizi*, seguido de Polychaeta, com 80% de ocorrência para a primeira espécie e de Sedimento com 93,72% para a segunda espécie.

Estes dados concordam com o que foi encontrado por Castello (1971), para a Argentina e Batista (1984) no Rio de Janeiro, onde Crustacea e Polychaeta foram os

itens mais frequentes. Do ponto de vista estatístico não houve diferenças significativas na %FO destes itens alimentares, considerando os sexos ($p > 0,05$) para *Z. brevirostris*, no entanto, as análises das classes etárias e sazonal detectaram diferenças estatísticas na frequência alimentar dos indivíduos ($p < 0,001$). A análise estatística feita não permite dizer para qual ou quais itens ocorreu essa diferença.

Como foi discutido anteriormente para as duas espécies, alguns itens não identificados, como Massa Digerida Não Identificada e Itens Não Identificados exibem %FO importante e sua participação volumétrica é ainda mais significativa. Devido à identificação ter sido razoavelmente fácil, este item não foi encontrado em uma grande porcentagem de estômagos analisados. Para o primeiro caso, é razoável assumir que em 100% dos estômagos analisados fossem encontrados restos digeridos de massa orgânica e que, itens não digeridos não identificados fossem menos frequentes.

O item Sedimento aparece em mais de 93% dos estômagos analisados para ambas as espécies, e está totalmente relacionado ao modo de vida de ambas, associado ao substrato das áreas onde ocorrem (CASTELLO, 1971; FIGUEIREDO, 1977) e devem ingerir sedimento com suas presas, as quais capturam junto ou mesmo poucos centímetros abaixo da camada mais superficial do substrato. Machado & Sant'anna (2001) sugerem que as espécies sejam iliófagas, no entanto não apresentam dados sobre o percentual volumétrico ou mesmo a %FO deste item. Apesar do alto %FO encontrado no presente trabalho, o baixo %V permite questionar a condição iliófaga para espécie, ao menos na área que cobre o presente estudo. Vale lembrar que o termo iliófago se refere a uma forma particular de ingestão de alimento, onde o animal literalmente come o sedimento, o que é o caso de muitos peixes ósseos capazes de separar a matéria orgânica das partículas de sedimento ingeridas. Para fins de nomeação, usaremos neste caso o termo comedor de fundo, que apenas associa as espécies estudadas ao modo de vida relacionado ao substrato.

Vale a pena enfatizar que o corpo achatado e a boca ventral das raias sugerem hábito alimentar bentônico. Além disso, apresentam mecanismos de sucção oral que os tornam aptos a se alimentar de invertebrados marinhos. (MOYLE & CECH-JR, 1988)

ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA RELATIVA

Para IRI, obtiveram-se dados que são apresentados em uma tabela divididos de acordo com as variáveis machos, fêmeas, neonatos, jovens, adultos, indivíduos capturados na primavera, no verão e no inverno. Para *R. agassizi*, o IRI do item Itens NI não pode ser calculado pois ocorreu em um número pequeno de exemplares da amostra.

O item Crustacea Total obteve maior IRI para machos tanto em *Z. brevirostris* (48,51) quanto em *R. agassizi* (0,51), seguido pelo item Polychaeta (20,49) na primeira espécie e Sedimento (0,49) na segunda. Os itens alimentares com menor IRI foram Osteichthyes e Mollusca (0,01). Para fêmeas foram observados valores de 48,77 para Crustacea Total em *Z. brevirostris* 0,45 em *R. agassizi*. O menor valor de IRI verificado para fêmeas da primeira espécie foi para Osteichthyes (= 0), e para a última foi o relatado para Polychaeta (0,001).

A análise de IRI feita para indivíduos neonatos revelou que os dois grupos com maior IRI foram Crustacea Total e Massa Orgânica digerida NI com 43,13 e 19,6 respectivamente para *Z. brevirostris*. Ainda para neonatos desta espécie, se encontrou IRI igual a 0 para Nematoda e Osteichthyes. Para indivíduos jovens, as categorias que apresentaram maiores IRI foram Crustacea Total (34,28) e Massa Orgânica Digerida NI (13,95), porém Mollusca apresentou IRI igual a 0. Os adultos de *Z. brevirostris* apresentaram maior IRI para a categoria Crustacea Total com 29,95, seguido por Polychaeta com 15,18. O menor valor de IRI revelado para indivíduos adultos se refere ao item Osteichthyes.

Já no que se refere à análise do IRI feita para neonatos de *R. agassizi*, observou-se que os grupos com maior IRI foram Crustacea e Sedimento, ambos com 0,5 respectivamente. Ainda para neonatos encontrou-se IRI igual a 0 para todos os outros itens restantes: Polychaeta, Osteichthyes e Itens NI. Para indivíduos jovens, as categorias que apresentaram maiores IRI foram Crustacea Total (0,46) e Sedimento (0,44), porém Osteichthyes (0,09), Polychaeta (0,002) e Itens NI (0) apresentaram os menores valores. Os adultos de *R. agassizi* apresentaram maior IRI para a categoria Crustacea Total com 0,45, seguido por Sedimento com 0,44. O menor valor de IRI revelado para indivíduos adultos se refere ao item Itens NI (0).

Entre as estações, observou-se que, o item com maior IRI revelado para primavera foi Crustacea Total em ambas as espécies, com 48,96 para *Z. brevirostris* e 0,51 para *R. agassizi*; o item com segundo maior IRI foi Polychaeta (21,3). Mollusca e Osteichthyes apresentaram IRI igual a 0 para *Z. brevirostris* e Osteichthyes e Polychaeta apresentaram valores baixos de IRI, 0,002 e 0,001 respectivamente para *R. agassizi*. O menor IRI apresentado para a estação verão foi Mollusca (0) para a primeira espécie e Polychaeta para a segunda. Para indivíduos pertencentes à estação inverno, o item alimentar com maior IRI para as duas espécies foi Crustacea Total, com IRI de 46,52 para *Z. brevirostris* e 0,45 para *R. agassizi* (Tabelas 11 a 16).

Considerando todas as variáveis aqui estudadas, os itens Crustacea Total e Polychaeta, dos identificáveis, são os dois mais importantes para *Z. brevirostris*, exceto para neonatos e isso provavelmente está relacionado ao fato de que a sub-amostra de neonatos foi pequena ou talvez seja explicado em função da presença importante do item Massa Orgânica Não Identificada, que pode prejudicar a análise. De qualquer modo, tanto Crustacea Total como Polychaeta aparecem como alimentos importantes para *Zapteryx brevirostris*. Se neonatos não se alimentam de Polychaeta por razões relacionadas ao tamanho do corpo, isso só poderá ser verificado quando a amostra desta classe etária for maior e também quando o nível de identificação for mais refinado, permitindo a identificação de categorias taxonômicas mais específicas.

Já para *R. agassizi*, os itens Crustacea Total e Sedimento, dos que puderam ser identificados, são os dois mais importantes, exceto para neonatos e isso provavelmente também pode ser explicado da mesma forma como foi para a outra espécie. Mesmo assim pode-se afirmar com certeza de que estes dois itens alimentares são os mais importantes para esta segunda espécie.

A observação de que os recursos alimentares com maiores percentuais de volume apresentaram, simultaneamente, os maiores percentuais de ocorrência, indica que as espécies utilizaram os itens alimentares em concordância com a teoria do forrageamento ótimo (GERKING, 1994), ou seja, aqueles mais frequentes apresentariam, também, elevada contribuição energética em decorrência de sua maior participação em volume.

Tabela 9: Frequência de ocorrência (%FO), Porcentagem volumétrica (%V) e Índice de Importância Relativa (IRI), dos itens alimentares para machos e fêmeas de *Zapteryx brevirostris*.

	Itens Alimentares	%FO	%V	IRI
MACHOS	Nematoda	16,67	1,32	0,24
	Polychaeta	83,33	22,45	20,49
	Mollusca	3,33	0,41	0,01
	Crustacea Total	100	44,28	48,51
	Osteichthyes	3,33	0,41	0,01
	Massa Orgânica Digerida NI	100	18,12	19,85
	Itens NI	40	4,16	1,82
	Sedimento	93,33	8,85	9,05
FÊMEAS	Nematoda	23,33	2,79	0,73
	Polychaeta	76,67	21,24	18,35
	Mollusca	3,33	0,3	0,01
	Crustacea Total	96,67	44,77	48,77
	Osteichthyes	0	0	0
	Massa Orgânica Digerida NI	100	18,15	20,45
	Itens NI	33,33	3,59	1,35
	Sedimento	100	9,17	10,34

Tabela 10: Frequência de ocorrência (%FO), Porcentagem volumétrica (%V) e Índice de Importância Relativa (IRI), dos itens alimentares para neonatos, jovens e adultos de *Zapteryx brevirostris*.

	Itens Alimentares	%FO	%V	IRI
NEONATOS	Nematoda	0	0	0
	Polychaeta	50	1,49	0,98
	Mollusca	0	0	0
	Crustacea Total	100	32,83	43,13
	Osteichthyes	0	0	0
	Massa Orgânica Digerida NI	100	14,92	19,6
	Itens NI	50	1,49	0,98
	Sedimento	100	4,47	5,88
JOVENS	Nematoda	4,76	0,19	0,01
	Polychaeta	78,57	13,99	13,48
	Mollusca	0	0	0
	Crustacea Total	97,62	28,63	34,28
	Osteichthyes	2,38	0,19	0,01
	Massa Orgânica Digerida NI	100	11,37	13,95
	Itens NI	40,48	2,64	1,31
	Sedimento	95,24	5,42	6,33
ADULTOS	Nematoda	62,5	3,86	2,97
	Polychaeta	87,5	14,09	15,18
	Mollusca	12,5	0,73	0,11
	Crustacea Total	100	24,32	29,95
	Osteichthyes	0	0	0
	Massa Orgânica Digerida NI	100	10,33	12,72
	Itens NI	25	1,98	0,61
	Sedimento	100	6,05	7,45

Tabela 11: Frequência de ocorrência (%FO), Porcentagem volumétrica (%V) e Índice de Importância Relativa (IRI), dos itens alimentares para indivíduos de *Zapateryx brevirostris* capturados na primavera, verão e inverno

	Itens Alimentares	%FO	%V	IRI
PRIMAVERA	Nematoda	10	1,25	0,13
	Polychaeta	90	22,22	21,3
	Mollusca	0	0	0
	Crustacea Total	100	45,97	48,96
	Osteichthyes	0	0	0
	Massa Orgânica Digerida NI	100	17,64	18,78
	Itens NI	40	4,58	1,95
	Sedimento	100	8,33	8,87
VERÃO	Nematoda	10	1,07	0,12
	Polychaeta	75	22,55	19,32
	Mollusca	0	0	0
	Crustacea Total	95	45,86	49,78
	Osteichthyes	5	0,61	0,04
	Massa Orgânica Digerida NI	100	17,18	19,63
	Itens NI	40	4,29	1,96
	Sedimento	95	8,44	9,16
INVERNO	Nematoda	40	4,06	1,82
	Polychaeta	75	20,64	17,38
	Mollusca	10	1,14	0,13
	Crustacea Total	100	41,43	46,52
	Osteichthyes	0	0	0
	Massa Orgânica Digerida NI	100	19,73	22,15
	Itens NI	30	2,6	0,88
	Sedimento	95	10,42	11,12

Tabela 12: Frequência de ocorrência (%FO), Porcentagem volumétrica (%V) e Índice de Importância Relativa (IRI), dos itens alimentares para neonatos, jovens e adultos de *Rioraja agassizi*.

	Itens Alimentares	%FO	%V	IRI
MACHOS	Polychaeta	0	0	0
	Crustacea Total	96,8	78,46	0,51248
	Osteichthyes	10,64	10,81	0,001005
	Itens NI	8,51	1,7	-
	Sedimento	94,68	9,03	0,486515
FÊMEAS	Polychaeta	4,65	1,12	0,00127
	Crustacea Total	95,35	73,07	0,447754
	Osteichthyes	24,03	15,12	0,112718
	Itens NI	7,75	1,77	-
	Sedimento	93,02	8,92	0,438257

Tabela 13: Frequência de ocorrência (%FO), Porcentagem volumétrica (%V) e Índice de Importância Relativa (IRI), dos itens alimentares para neonatos, jovens e adultos de *Rioraja agassizi*.

	Itens Alimentares	%FO	%V	IRI
NEONATOS	Polychaeta	0	0	0
	Crustacea Total	100	88,76	0,5
	Osteichthyes	0	0	0
	Itens NI	0	2,15	-
	Sedimento	100	9,09	0,5
JOVENS	Polychaeta	4	0,56	0,001886
	Crustacea Total	100	88,43	0,461984
	Osteichthyes	8	1,49	0,093537
	Itens NI	4	0,56	-
	Sedimento	8	8,96	0,442593
ADULTOS	Polychaeta	2,78	0,88	0,0004
	Crustacea Total	93,75	66,14	0,448786
	Osteichthyes	25,69	22,01	0,110062
	Itens NI	6,94	1,92	-
	Sedimento	92,36	9,05	0,440752

Tabela 14: Frequência de ocorrência (%FO), Porcentagem volumétrica (%V) e Índice de Importância Relativa (IRI), dos itens alimentares para neonatos, jovens e adultos de *Rioraja agassizi*.

	Itens Alimentares	%FO	%V	IRI
PRIMAVERA	Polychaeta	3,52	0,74	0,0017448
	Crustacea Total	97,18	85,47	0,514526
	Osteichthyes	7,04	3,17	0,0026937
	Itens NI	8,45	1,5	-
	Sedimento	94,36	9,12	0,4810355
VERÃO	Polychaeta	1,64	0,68	0,0001132
	Crustacea Total	93,44	42,99	0,4222925
	Osteichthyes	45,9	44,71	0,1597741
	Itens NI	9,83	3,15	-
	Sedimento	90,16	8,48	0,4178202
INVERNO	Polychaeta	0	0	0
	Crustacea Total	100	87,89	0,4528986
	Osteichthyes	15	2,95	0,0942029
	Itens NI	0	0	-
	Sedimento	100	9,17	0,4528986

AMPLITUDE E SOBREPOSIÇÃO DE NICHOS

Para os cálculos referentes à amplitude e sobreposição de nicho, foram utilizados valores do índice alimentar, que são ótimos descritores da dieta de organismos pois revelam grande relação deste tipo de análise com o IRI (índice de Importância Relativa), reforçando o poder destes dois itens na descrição da dieta de uma espécie.

Os dados referentes ao tamanho de nicho ocupado por cada um das categorias estabelecidas para cada espécie estão apresentados na Tabela 15. Os dados gerais apresentados por *Z. brevirostris* relatam que a espécie possui amplitude de nicho significativamente maior do que a amplitude apresentada por *R. agassizi*, e que a utilização de recursos da primeira é muito mais equitativa (J') que da segunda. Para as duas espécies, adultos são capazes de explorar nichos maiores que jovens, e isso pode estar fortemente relacionado com o fato de que animais maiores conseguem ingerir presas maiores e em maior quantidade por possuírem boca maior; e talvez possuam a capacidade de explorar ambientes mais amplos.

Tanto para peixes ósseos, como para elasmobrânquios, o tamanho máximo da presa depende invariavelmente do tamanho da boca e de seu crescimento através da ontogenia (WAINWRIGHT, 1988; OSENBURG & MITTELBAACH, 1989).

Tabela 15: Valores de amplitude de nicho (H') e equitabilidade (J') para categorias consideradas para *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

	<i>Zapteryx brevirostris</i>		<i>Rioraja agassizi</i>	
	H'	J'	H'	J'
Machos	1.304	0.6272	0.4063	0.2931
Fêmeas	1.316	0.6761	0.5225	0.3246
Neonatos	0.9823	0.6103	0.3092	0.4461
Jovens	1.285	0.6603	0.5974	0.3712
Adultos	1.435	0.7375	0.6167	0.3832
Primavera	1.294	0.722	0.3341	0.2076
Verão	1.334	0.6853	0.9448	0.587
Inverno	1.361	0.6996	0.3404	0.3098

Machos das duas espécies também foram mais eficazes na ocupação de nichos tróficos que as fêmeas, apesar de não ser comum a segregação entre espécies de elasmobrânquios costeiras. Algumas espécies oceânicas podem se encontrar em diferentes lugares em diferentes períodos de tempo (LESSA, SANTANA & PAGLERANI, 1999). Outra explicação razoável repousa no fato de que fêmeas ocupam diferentemente o nicho alimentar durante o ciclo reprodutivo.

É esperado que na condição de simpatria de organismos taxonomicamente próximos, a similaridade dos requerimentos ecológicos conduza as espécies a se diferenciarem no uso de recursos quando estes se apresentam escassos, evitando interações competitivas (GAUSE, 1934; MacARTHUR, 1972; PIANKA, 2000). Este processo justificaria o valor moderado encontrado para o índice de sobreposição de nichos de Pianka utilizado (Tabela 16), e ainda é plausível propor a hipótese de que tenham ocorrido modificações nas estratégias de exploração dos recursos em resposta a tais processos competitivos.

Tabela 16: Valores de sobreposição de nicho para categorias consideradas para *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

	Sobreposição (Γ)	
	<i>Z. brevirostris</i>	<i>R. agassizi</i>
M x F	0.39553	0.27116
N x J x A	0.36122	0.24253
P x V x I	0.38692	0.29549

Não se sabe ao certo quanto as espécies poderiam sobrepor seus nichos e, ainda sim continuar existindo, já que pouquíssimos estudos se referem á uma análise de longo período e que avalie tal característica. Apesar disto, houve no passado, uma tentativa de se estimar a capacidade de sobreposição de espécies (MacARTHUR, 1972), porém nenhuma sequência importante foi dada ao estudo e pouco se sabe hoje sobre o assunto.

Muitas hipóteses são discutidas para explicar a alta ou baixa sobreposição de nicho entre as espécies. Neste estudo, um dos principais objetivos era demonstrar se as duas espécies estudadas eram capazes de conviver simpatricamente, partilhando

recursos de maneira que a competição não limitasse nenhuma das duas espécies, e se isso acontecesse, entender se era devido à diferenças morfológicas ou simplesmente elas evitavam competir por recursos. Como pudemos observar neste capítulo, *Z. brevirostris* e *R. agassizi* utilizam os recursos (itens alimentares) de forma muito parecida e quantitativamente equivalente, evitando possível competição e partilhando o habitat eficazmente.

CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

No que diz respeito à alimentação das espécies *Z. brevirostris* e *Rioraja agassizi*, o item alimentar mais importante consumido por ambas foi Crustáceos, revelando que as espécies apresentam clara tendência carcinófaga.

A presença de peixes foi constatada apenas em indivíduos jovens e adultos, o que indica que animais maiores possuem maior capacidade de capturar presas maiores e mais ágeis. O sexo não influenciou a alimentação das espécies no que se refere às estações do ano, ao sexo e à maturidade.

Outra coisa que se deve ressaltar é a presença de sedimento na maioria dos estômagos das duas espécies, provavelmente associado ao modo de vida bentônico associado completamente ao substrato, e à capacidade das raias de promover eventos de sucção durante a alimentação. Desta forma o sedimento é ingerido junto ao alimento que se encontra apoiado ou enterrado neste substrato, revelando grande capacidade muscular da região cefálica.

Deve-se ressaltar que a maior acuidade na identificação de alguns itens alimentares poderá trazer mais informações sobre a alimentação das duas espécies, o que pode levar a inferências sobre seu habitat e suas relações tróficas.

Quanto à amplitude e sobreposição de nicho, para as duas espécies, machos e adultos são mais capazes de ocupar nichos alimentares maiores. As duas espécies são capazes de conviver simpatricamente e evitar possível competição por itens alimentares, apresentando moderado grau de sobreposição entre os nichos.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ABDEL-AZIZ, S. H.; KHALIL, A. N.; ABDEL-MAGUID, S. A. **Food and feeding habits of the common guitarfish *Rhinobatos rhinobatos* in the Egyptian Mediterranean waters.** *Indian Journal of Marine Sciences*, v. 22, p. 287-290, 1993.
- AGNEW, D. J.; NOLAN, C. P.; BEDDINGTON, J. R.; BARANOWSKI, R. **Approaches to the assessment and management of multispecies skate and ray fisheries using the Falkland Islands fishery as an example.** *Canadian Journal of Fishery, Aquaculture and Science*, v. 57, p. 429-440, 2000.
- ALONSO, M. K.; CRESPO, E. A.; GARCÍA, N. A.; PEDRAZA, S. N.; MARIOTTI, P. A.; BERÓN V. B.; MORA, N. J. **Food habits of *Dipturus chilensis* (Pisces: Rajidae) off Patagonia, Argentina.** *Journal of Marine Science*, v. 58 p. 288-297, 2001.
- BATISTA, V. S. **Dados sobre o hábito alimentar de *Zapteryx brevirostris* Muller & Henle, 1841 (Pisces, Rhinobatidae), no litoral do Rio de Janeiro, Brasil.** In: *XI Congresso Brasileiro de Zoologia*, Belém, Pará, p. 254-255, 1984.
- BONFIL, R. **Overview of world elasmobranch fisheries.** FAO, *Fisheries Technical Papers*. Rome. 1994. 341p.
- BRICKLE, P.; LAPTIKHOVSKY, V.; POMPERT, J.; BISHOP, A. **Ontogenetic changes in the feeding habits and dietary overlap between three abundant rajid species on the Falkland Islands shelf.** *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, p. 1119-1125, 2003.
- BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. **Invertebrates.** Massachusetts, *Sinauer Associates Publishers*, Massachusetts. 2003. 936p.
- CAPITOLI, R. R.; RUFINO, M. L.; VOOREN, C. M. **Alimentação do tubarão *Mustelus schimitti* na plataforma costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** *Atlântica*, v. 17, p. 109-122, 1995.
- CARVALHO-NETA, R. N. F.; ALMEIDA, Z. S. **Aspectos da alimentação de *Dasyatis guttata* (Elasmobranchii, Dasyatidae) na costa maranhense.** *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 14 e 15, p. 77-98, 2001.

- CASARINI, L.M. **Distribuição, abundância, morfometria e aspectos da pesca de raias do gênero Raja (Elasmobranchii, Rajidae) da fauna acompanhante da pesca de arrasto na costa Sudeste e Sul do Brasil.** *Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo.* 1999. 69p.
- CASTELLO, H. P. **Contribucion al conocimiento sistemático e biológico de *Zapteryx brevirostris* (Müller & Henle, 1841) de la costa Atlántica Marplatense (Chondrichthyes, Rhinobatidae).** *Physiscian*, v. 30, n. 80, p. 619-629, 1971.
- CEDROLA, P.V.; GONZÁLEZ, A.M.; PETTOVELLO, A.D. **Bycatch of skates (Elasmobranchii: Arhynchobatidae, Rajidae) in the Patagonian red shrimp fishery.** *Fisheries Research*, v. 71, p. 141-150, 2005.
- FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I - Introdução. Cações, Raias e Quimeras.** *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo.* 1977. 104 p.
- FRISK, M. G.; MILLER, T. J.; FOGARTY, M. J. **The population dynamics of little skate *Leucoraja erinacea*, winter skate *Leucoraja ocellata*, and barndoor skate *Dipturus laevis*: predicting exploitation limits using matrix analyses.** *Journal of Marine Science*, v. 59, p. 576-586, 2002.
- GADIG, O. B. F. **Peixes Cartilaginosos do Estado de São Paulo.** *Revista Ceciliana*, v. 8, n. 9, p. 41-51, 1998.
- GAUSE, G. F. **The struggle for existence.** London: Hafner Publishing Company, 1934.
- GERKING, S. D. **Feeding ecology of fish.** Academic Press, San Diego, 1994.
- GOITEIN, R.; TORRES, F. S.; SIGNORINI, C. A. **Morphological aspects related to feeding of two marine skate, *Narcine brasiliensis* Olfers and *Rhinobatos horkelli* Muller & Henle.** *Acta Scientiarum*, v. 20, n. 2, p. 165-169, 1998.
- HYNES, H. B. N. **The food of fresh-water sticklebacks *Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*.** *Journal of Animal Ecology*, v. 19, p. 36-58, 1950.
- HYSLOP E. J. **Stomach contents analysis – a review of methods and their application.** *Journal of Fishery Biology*, v. 17, p. 411-429, 1980.
- IBAÑEZ-AGUIRRE, A. I.; CABRAL-SOLIS, E.; GALLARDO-CABELLO, M. & ESPINO-BARR, E. **Comparative morphometrics of two populations of *Mugil curema***

- (Pisces: Mugilidae) on the Atlantic and Mexican coasts.** *Scientia Marina*, Barcelona, v. 70, n. 1, p. 139-145, 2006.
- KAWAKAMI E.; VAZZOLER, G. **Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes.** *Boletim do Instituto Ocenografico*, v. 29, n. 2, p. 205-207, 1980.
- LLEONART, J.; SALAT, J. & TORRES, G. J. **Removing allometric effects of body size in morphological analysis.** *Journal of Theoretical Biology*, v. 205, p. 85-93, 2000.
- LESSA, R.; SANTANA, F. M., PAGLERANI, R. **Biology and morphometry of the oceanic whitetip shark, *Carcharhinus longimanus* (Carcharhinidae), off North-Eastern Brazil.** *Cybiurn*, v. 23, n. 4, p. 353-368, 1999.
- LONARDONI, A. P.; GOULART, E.; OLIVEIRA, E. F. & ABELHA, M. C. F. **Hábitos alimentares e sobreposição trófica das raias *Potamotrygon falkneri* e *Potamotrygon motoro* (Chondrichthyes, Potamotrygonidae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil.** *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 28, n. 3, p. 195-202, 2006.
- LUCIFORA, L. O.; VALERO, J. L.; BREMEC, C. S. & LASTA, M. L. **Feeding habits and prey selection by the skate *Dipturus chilensis* (Elasmobranchii: Rajidae) from the south-western Atlantic.** *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, v. 80, p. 953-954, 2000.
- MacARTHUR, R. H. **Geographical ecology: patterns in the distributions of species.** Princeton: Princeton University Press, 1972.
- MACHADO, V. O.; SANT´ANNA, V.B. **Dieta da raia *Zapteryx brevirostris* (Muller & Henle, 1841) (Rhinobatiformes, Rhinobatidae) no litoral de Niterói – RJ. Dados preliminaries.** In: *XVI Encontro Brasileiro de Ictiologia*. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul. Resumos. 2001. Não paginado.
- MANTELATTO, F. L. M.; CHRISTOFOLETTI, R. A. **Natural feeding activity of the crab *Callinectes ornatus* (Portunidae) in Ubatuba Bay (São Paulo, Brazil): influence of season, sex, size and molt stage.** *Marine Biology*, v. 138, p. 585-594, 2001.

- MARSHALL, S. & ELLIOT, M. **A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intraespecific feeding relationships in estuarine fish.** *Journal of Fish Biology*, v. 51, p. 526-245, 1997.
- MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro.** *Plêiade / Fapesp*, São Paulo. 1996. 604p.
- MELO, G. A. S. **Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro.** *Plêiade / Fapesp*, São Paulo. 1999. 551p.
- MENNI, R.; STEHMANN, M. **Distribution, environment and biology of batoid fishes off Argentina, Uruguay and Brazil. A review.** *Revista do Museu Argentino de Ciencias Naturales*, v. 2, n. 1, p. 69-109, 2000.
- MORATO, T.; SOLÁ, E.; GRÓS, M. P.; MENEZES, G. **Diets of thornback ray (*Raja clavata*) and tope shark (*Galeorhinus galeus*) in the bottom longline fishery of the Azores, northeastern Atlantic.** *Fisheries Bulletin*, v. 101, p. 590-602, 2003.
- MOYLE, P. B.; CECH-JR, J. J. **Fishes: an introduction to ichthyology.** *Prentice Hall*, New Jersey. 1988. 559p.
- MUTO, E.Y.; SOARES, L. S. H.; GOITEIN, R. **Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizii* (Müller & Henle, 1841) and *Psammobatis extenta* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-Eastern Brazil.** *Revista Brasileira de Biologia*, v. 61, n. 2, p. 217-278, 2001.
- MUTO, E. Y. **Alimentação das raias *Raja agassizi* e *Psammobatis glansdissimilis* (Chondrichthyes: Rajidae) da região costeira de Ubatuba, São Paulo, Brasil.** *Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Unesp, Rio Claro, São Paulo.* 1993. 128p.
- NAMORA, R. C. **Hábitos alimentares do cação-frango, *Rhizoprionodon lalandii* (Elasmobranchii, Carcharhinidae) na costa sul de São Paulo.** *Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Unesp, Rio Claro.* 2003. 170p.
- OSENBERG, C. W. & MITTELBACH, G. G. **Effects of body size on the predator-prey interaction between pumpkinseed sunfish and gastropods.** *Ecological Monographs*, v. 59, n. 4, p. 405-432, 1989.

- PEDERSEN, S. A. **Feeding habits of starry Ray (*Raja radiata*) in West Greenland waters.** *Journal of Marine Science*, v. 52, p. 43-53, 1995.
- PIANKA, E. R. **Evolutionary ecology.** 6ed., San Francisco, Addison Wesley Longman, 2000.
- PILLAY, T. V. R. **A critique of the methods of study of food fishes.** *Journal of the Zoological Society of India*, v. 4, p. 185-200, 1952.
- PONZ-LOURO, M. **Estratégias e táticas reprodutivas de elasmobrânquios no ecossistema de Ubatuba, SP, Brasil.** *Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo*, v. 2, p. 1-95, 1995.
- QUEIRÓZ, E. L. **Estudo comparativo de alimentação de *Sympterygia acuta* Garman, 1877 e *S. bonapartei* Muller & Henle, 1841 (Pisces, Rajiformes) com relação a: distribuição, abundância, morfologia e reprodução, nas águas litorâneas do Rio Grande do Sul.** *Dissertação de Mestrado, Fundação Universidade do Rio Grande*. 1986. 326p.
- SILVA, M. O. **Estudo comparativo da dieta alimentar de *Rhizoprionodon lalandii* Valenciennes (Carcharhinidae) e de jovens de *Sphyrna lewini* Griffith & Smith (Sphyrnidae), desembarcados na Praia das Astúrias, Guarujá - SP.** *Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo*. 1997. 95p.
- SILVA, G. B.; VIANNA, M.S. R.; FURTADO-NETO, M. A. A. **Morfologia e alimentação da raia *Dasyatis guttata* (Chondrichthyes: Dasyatidae) in Mucuripe Bay, Ceará State, Brazil.** *Arquivos de Ciência do Mar, Instituto de Biociências*, v. 34, p. 67-75, 2001.
- SOARES, L. S. H.; VAZZOLER, A. E. A. M.; CORREA, A. R. **Diel feeding chronology of the skates *Raja agassizi* (Müller & Henle, 1841) (Pisces: Elasmobranchii) on the continentalshelf of Ubatuba, Southern Brazil.** *Revista Brasileira de Zoologia*, v.16, n. 1, p. 201-212, 1999.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: the principles and practices of statistics in biological research.** São Francisco, *W. H. Freeman*. 1969. 776p.

- VASKE-JÚNIOR, T. V.; RINCÓN, G. R. **Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prinauce glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no Sul do Brasil.** *Revista Brasileira de Biologia*, v. 58, n. 3, p. 445- 452, 1998.
- VIANNA, M.; ARFELLI, C. A.; AMORIM, A. F. **Feeding of *Mustelus canis* (Elasmobranchii, Triakidae) caught off south-southeast coast of Brazil.** *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 26, n. 1, p. 79-84, 2000.
- WAINWRIGHT, P. C. **Morphology and ecology: functional basis of feeding constraints in caribbean labrid fishes.** *Ecology*, v. 69, n. 3, p. 635-645, 1988.
- WALLACE JR., R.K. **An assessment of diet-iverlap indexes.** *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 110, p. 72-76, 1981.

Capítulo 2

ECOMORFOLOGIA

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A diversidade de táxons existentes em uma comunidade biológica está intimamente relacionada à disponibilidade de recursos (e.g. alimento e habitat) e às diferentes interações ecológicas entre os organismos, tais como a predação e a competição interespecífica (PIET, 1998). Como produto da evolução, adaptações fisiológicas, comportamentais e morfológicas desenvolveram-se em espécies com padrões ecológicos semelhantes, atenuando ou eliminando a potencialidade de competição por recursos do ambiente e garantindo, desse modo, a coexistência de diferentes populações em uma determinada comunidade biológica (SCHOENER, 1970; PIET, 1998).

A ecomorfologia é um ramo da biologia comparativa que busca compreender as interações existentes entre os atributos morfológicos e o ambiente que um dado organismo ocupa e explora, uma vez que o *design* funcional constitui um dos papéis determinantes na caracterização e realização do nicho deste organismo (WAINWRIGHT & RICHARD, 1995; RICKLEFS & MILES, 1994; MOTTA *et al.*, 1995; NORTON, 1995).

Entender a estrutura básica e função dos organismos é uma das mais velhas e ainda mais ativas áreas da Biologia. Apesar disso, morfologistas se mantinham acreditando que era possível entender a evolução e classificação dos organismos através da comparação da forma morfológica pura, não estando interessados na análise da funcionalidade nem no exame de detalhes da relação entre diversidade de atributos dos organismos (BOCK, 1994). No começo dos anos 1950, uma mudança lenta na maneira como se tratava a morfologia de vertebrados aconteceu (BOCK, 1990). Primeiro se desenvolveu a anatomia funcional usando uma diversidade de técnicas observacionais e experimentais, e trazendo à tona questões que foram mais cuidadosamente tratadas. Depois outros tipos de profissionais, que não morfologistas, começaram a se embrenhar na área, interessados primariamente em questões evolucionárias e ecológicas focando a morfologia como fonte de dados empíricos.

Em uma comunidade de peixes, a diversidade de formas corpóreas e amplas diversificações de adaptações morfológicas, produto de divergências evolutivas, resultaram em dissimilaridades nos padrões de utilização dos recursos ambientais disponíveis, tais como o habitat e o alimento (WOOTTON, 1990).

Um dos focos da ecomorfologia, na biologia comparativa de peixes, é avaliar como, quantitativa e qualitativamente, estas variações morfológicas favorecem a existência mútua de grupos inter e intra-específicos, em um particular ambiente (MOTTA *et al.* 1995). Diversos trabalhos têm apresentado congruência com a hipótese ecomorfológica em peixes (KEAST & WEBB, 1966; GATZ, 1979; WATSON & BALON, 1984; MOTTA *et al.*, 1995; PIET, 1998; LIMA-JUNIOR & GOITEIN, 2003; BHAT, 2005; WARD-CAMPBELL & BEAMISH, 2005), demonstrando consistente relação entre padrões morfo-funcionais e o seu papel ecológico num dado sistema aquático, sobretudo em termos tróficos e em termos espaciais (PLATELL & POTTER, 1999 e 2001; PLATELL *et al.*, 1997 e 1998).

Ao se observar a relação funcional morfologia-ecologia entre espécies de peixes, deve-se considerar o fato de que os estágios ontogenéticos de cada espécie frequentemente apresentam padrões ecológicos distintos (WERNER & GILLIAN, 1984; STONER & LIVINGSTON, 1984 e 1995; SILVA, 1999). A existência em diferentes habitats e/ou micro-habitats, alterações nas tolerâncias ambientais, frente às adaptações fisiológicas, bem como mudanças no padrão alimentar são comuns em populações de peixes, ao longo do desenvolvimento ontogenético (WERNER & GILLIAN, 1984; STONER & LIVINGSTON, 1984; WOOTON, 1990).

A relação entre forma e função ecológica é bem documentada para uma variedade de atributos morfológicos, sobretudo em teleósteos (GATZ, 1979; WEBB, 1984; WAINWRIGHT & RICHARD, 1995). Keast & Webb (1966) foram um dos primeiros a discutir a correlação ecológica de variações morfológicas em peixes ao nível faunístico. A ecologia alimentar, modo de natação e até mesmo uso de habitat pelo peixe podem ser inferidos através do exame de sua morfologia (MOTTA *et al.*, 1995). A forma do corpo de um peixe e de suas nadadeiras podem ser usadas para predizer seu comportamento natatório e sua preferência alimentar ou por habitat (WEBB, 1984; GATZ, 1979).

As propriedades funcionais de inúmeros aspectos morfológicos de peixes têm sido reveladas por estudos de laboratório sobre a morfologia funcional alimentar (LIEM, 1974). A ecomorfologia opera sobre a premissa de que relações ecológicas podem ser inferidas através de uma gama apropriada de aspectos morfológicos.

Teoricamente, como novas espécies são adicionadas a comunidades saturadas, elas podem reduzir a competição interespecífica durante os períodos de limitação de recursos usando novos métodos para aquisição de recursos alternativos. Ou seja, a competição por recursos pode permanecer constante com a adição de espécies se a especialização ecológica resultar em um uso de recursos em escala mais refinada.

São escassos os trabalhos sobre ecomorfologia de elasmobrânquios e que levem em conta principalmente aspectos morfométricos. Em sua maioria, estes trabalhos tratam de morfologia associada à locomoção, considerando aspectos relacionados à forma do corpo e nadadeiras ou mesmo utilizando-se de caracteres anatômicos, sobretudo do aparato mandibular, para compreensão de hábitos alimentares e captura de presas (eg., CAMPBELL, 1951; MOTTA & WILGA, 2001; WILGA, 2005; WILGA & LAUDER, 2002; WILGA & MOTTA, 1998; WILGA, WAINWRIGHT & MOTTA, 2000).

Existe enorme necessidade de lembrar que a habilidade que um animal possui de se alimentar de forma satisfatória está fortemente correlacionada com a capacidade de lidar com a presa (captura e deglutição, envolvendo morfologia da cabeça e boca) e com a natação para sua captura. Este último, sendo importantíssimo na aquisição de nutrientes necessários, já que um animal que se locomove melhor possui maior possibilidade de obtenção de itens alimentares mais energéticos.

Mais de 1200 espécies de elasmobrânquios são conhecidas nos dias de hoje, e têm colonizado uma enorme variedade de ambientes, desde bentônicos até oceanos abertos (HENNEMANN, 2001; COMPAGNO, 2002). Este sucesso evolutivo está, também, extremamente relacionado à enorme variabilidade interespecífica na morfologia do corpo, que determina a diversidade de modos natatórios e nichos utilizados (alimentar e habitat) entre os peixes cartilagosos (HENNEMANN, 2001).

A diversidade nos modos natatórios entre tubarões vem sendo estudada por alguns autores (BREder, 1926; BUDKER, 1971; THOMSON, 1976; THOMSON & SIMANEK, 1977; LINDSEY, 1978; WEBB & KEYES, 1982; WEBB, 1984; WEBB & BLAKE, 1985; BLAKE, 2004), que tentaram, gradualmente, esclarecer os principais fatores relacionados principalmente com a determinação da natação de tubarões.

O presente trabalho tenta acrescentar à idéia de que relações entre características corporais, habilidade locomotora e nicho ocupado podem ser esperadas quando se consideram animais evolutivamente bem sucedidos como os elasmobrânquios, como sugerido pela classificação morfológica de Thomson & Simanek (1977).

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Este capítulo teve como principais objetivos:

- Avaliar o modo de crescimento de um conjunto de variáveis morfológicas e as implicações destes atributos fenotípicos na ecologia trófica, bem como nos mecanismos de segregação trófica entre estas espécies;

- Demonstrar relação entre morfologia e dieta para as espécies estudadas;

- Demonstrar estatisticamente a diferença conhecida entre as variáveis morfométricas analisadas para as duas espécies, sabendo que estas análises podem ser muito eficazes no estudo de espécies que não sejam tão diferentes morfologicamente, tomando as espécies deste estudo como um modelo gritante de diferença morfológica;

- estabelecer um protocolo de medidas ecomorfológicas potencialmente úteis que poderão ser utilizadas posteriormente no estudo da ecomorfologia de elasmobrânquios, já que tal metodologia ainda se encontrava ausente na época de proposição deste projeto.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAL E MÉTODOS

Os animais analisados para esta parte do projeto foram capturados como *bycatch* (fauna acompanhante, ser sem alvo da pesca) da pesca de arrasto de parelha de fundo operante na plataforma continental do Estado de São Paulo. Os exemplares fazem parte de um projeto intitulado PROVIOLA, que engloba raias de outras espécies e utiliza todo o material para diversos estudos de alimentação, morfometria, idade e crescimento, anatomia e reprodução. As coletas ocorreram por dois anos (setembro de 2007 a setembro de 2009) com a finalidade de se obter uma boa distribuição dos exemplares através das classes de comprimento e tornar possíveis estudos que comparassem a variação de determinadas variáveis ao longo de estações do ano e ciclos reprodutivos de um ou mais anos.

Vale ressaltar que o material coletado neste projeto foi capturado pelo arrasto antes dos seguintes decretos e resoluções seguintes: 1) DECRETO Nº 53.525, DE 8 DE OUTUBRO DE 2008, que cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte e a Área de Relevante Interesse Ecológico de São Sebastião, e dá providências correlatas; 2) DECRETO Nº 53.526, DE 8 DE OUTUBRO DE 2008, que cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro, e dá providências Correlatas; 3) DECRETO Nº 53.527, DE 8 DE OUTUBRO DE 2008, que cria a Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Sul e a Área de Relevante Interesse Ecológico do Guará, e dá providências correlatas, e 4) Resolução SMA Nº69, de 28 DE SETEMBRO DE 2009, que define os parâmetros técnicos que estabelecem a proibição da pesca de arrasto, com utilização de sistema de parelha de barcos de grande porte, e a pesca com compressor de ar ou outro equipamento de sustentação artificial nas Áreas de Proteção Ambiental Marinhas do Litoral do Estado de São Paulo, criadas pelos Decretos nº 53.525, 53.526 e 53.527, todos de 8 de outubro de 2008, e dá outras providências.

As operações foram realizadas desde o Litoral Norte, próximo ao município de Ilhabela, até o Litoral Sul, próximo ao município de Cananéia (24°00' S, 45°15' W e 25°10' S, 47°52' W respectivamente); as isóbatas contempladas variaram de 10 a 50 metros, abrangendo quase que completamente a distribuição batimétrica de *Zapteryx brevirostris* e *Rioraja agassizi*.

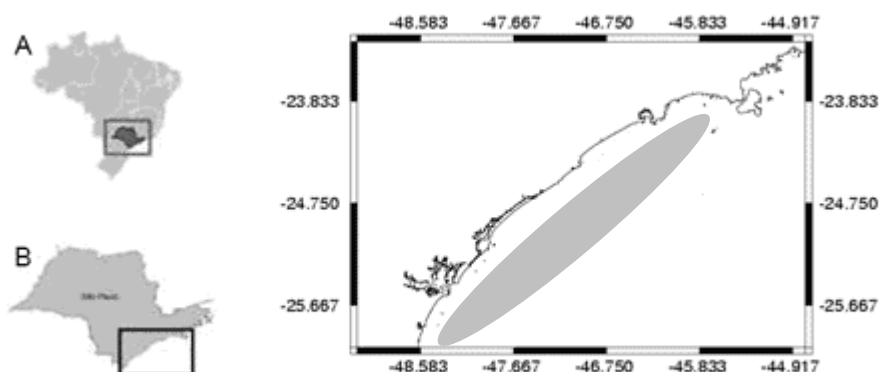


Figura 15: Mapa do estado de São Paulo. Em destaque mapa do Brasil (A e B) e área de coleta delimitada com círculo.

Em laboratório, todos os exemplares capturados pelo PROVIOLA foram pesados (PT), medidos quanto ao Comprimento Total (CT) e Largura de Disco (LD) e sexados, recebendo etiqueta individual com número crescente sequencial e separados individualmente em sacos plásticos. Todos os animais pertencentes à mesma espécie foram agrupados em sacos ainda maiores, também devidamente etiquetados por espécie. Todos os animais foram identificados quanto à espécie de acordo com Figueiredo (1977) e Gomes (2002).

Para a realização desta parte do projeto foram analisados 10 exemplares pertencentes a cada uma das categorias determinadas, para cada uma das espécies, sendo elas: machos jovens, machos adultos, fêmeas jovens e fêmeas adultas. Vale ressaltar que esse número excede a média de número de exemplares utilizados em estudos de anatomia e ecomorfologia que consideram grande número de variáveis. O número de animais analisados também dependeu, quase que exclusivamente, da arte de pesca utilizada que se mostrou pouco eficiente quando se trata de capturar animais jovens e de pequeno porte, apesar de terem sido realizados dois anos de coleta.

Através do conhecimento e experiência prévia sobre biologia e morfologia de elasmobrânquios por parte dos autores deste projeto e a ausência de literatura que pudesse fornecer subsídio adequado para o estabelecimento de metodologia ajustada aos objetivos pretendidos, intencionou-se criar um protocolo de medidas que pudessem

ser relevantes para o estudo da ecomorfologia alimentar de raias e, quem sabe, outros Elasmobranchii. A proposição das medidas tomadas dos exemplares examinados considerou a possível importância destas variáveis no que diz respeito à aquisição e escolha de determinado tipo de alimento e capacidade de natação e captura das presas, levando ao estabelecimento de um protocolo inédito composto por um conjunto de 39 medidas morfométricas a fim de identificar as diferenças morfológicas associadas com o habitat e alimentação das espécies envolvidas neste estudo.

As medidas propostas neste protocolo são listadas e descritas a seguir para total entendimento de seu uso na metodologia de trabalho em laboratório e interpretação dos dados: **1) Comprimento total (CT, em mm):** distância da ponta do focinho até a ponta do lobo superior da nadadeira caudal (em *Zapteryx*) e extremidade caudal (em *Rioraja*); **2) Peso total (PT, em g):** peso do indivíduo medido com precisão de 0,01 g; **3) Comprimento do disco (CD, em mm):** distância da ponta do focinho até a extremidade mais posterior da margem da nadadeira peitoral; **4) Largura do disco (LD, em mm):** maior distância entre as extremidades laterais das nadadeiras peitorais; **5) Altura máxima do disco (AMD, em mm):** medida vertical tomada na região mais alta do disco, posteriormente ao crânio, normalmente coincidindo com a área mediana da cintura peitoral ou muito próximo a ela; **6) Peso do disco (PD, em mm):** peso do disco medido com precisão de 0,01 g; a definição de disco aqui considera toda a parte anterior do corpo que envolve cabeça e nadadeiras peitorais; exclui-se nadadeiras pélvicas e região pós cloacal; **7) Peso das nadadeiras peitorais direita e esquerda (PNP, em g):** peso medido com precisão de 0,01 g; a definição de nadadeira peitoral em raias é muitas vezes subjetiva, em função da fusão externa dessa estrutura com a região cefálica; deste modo, a definição de nadadeira peitoral aqui adotada é anatômico-funcional, ou seja, envolve os elementos esqueléticos e musculares associados à locomoção; para esta definição adotou-se o trabalho de SCHAEFER & SUMMERS (2005); para a separação da nadadeira peitoral do restante do disco, será previamente identificada, por dissecação e radiografia, a área externa do corpo associada aos elementos músculo-esqueléticos em alguns exemplares até que esse procedimento não seja mais necessário; o peso só será tomado de uma das nadadeiras (lado esquerdo do corpo) e o valor multiplicado por 2; **8) Volume das nadadeiras**

peitorais direita e esquerda (VNP, em cm³): volume medido através do deslocamento de líquido no interior de recipiente graduado; **9) Área das nadadeiras peitorais direita e esquerda (ANP, em mm²):** a nadadeira já destacada será colocada sobre uma folha de papel e seu contorno demarcado para posterior cálculo da área; **10) Inclinação vertical do focinho (IVF):** determinado a partir de duas retas, uma referente à superfície ventral do corpo e outra que acompanha o contorno anterior do focinho dorsalmente, ambas no sentido longitudinal do eixo do corpo; **12) Comprimento pré-oral (CPO, em mm):** distância da ponta do focinho até a margem superior da boca; **13) Largura da boca (LB, em mm):** distância entre as regiões comissurais da boca; **14) Distância internasal (DI, em mm):** distância entre as margens internas das fendas nasais; **15) Largura das narinas direita e esquerda (LN, em mm):** distância entre a extremidade anterior (lobo incorrente) e extremidade posterior (lobo escorrente) das fendas nasais; **16) Comprimento do pedúnculo caudal (CPC, em mm):** distância da linha transversal imaginária que une as axilas das nadadeiras peitorais até a origem do lobo superior da nadadeira caudal (em *Zapteryx*) e a extremidade da cauda em *Rioraja*; **17) Altura máxima anterior do pedúnculo caudal (AMaP, em mm):** medida vertical tomada na região da linha transversal imaginária que une as axilas das nadadeiras peitorais; **18) Largura máxima anterior do pedúnculo caudal (LMaP, em mm):** medida da linha transversal imaginária que une as axilas das nadadeiras peitorais; **19) Altura máxima mediana do pedúnculo caudal (AMmP, em mm):** medida vertical tomada no pedúnculo a partir do ponto médio entre a linha transversal imaginária que une as axilas das nadadeiras peitorais até a origem do lobo superior da nadadeira caudal (em *Zapteryx*) e a extremidade da cauda em *Rioraja*; **20) Largura máxima mediana do pedúnculo caudal (LMmP, em mm):** largura do pedúnculo no ponto médio entre a linha transversal imaginária que une as axilas das nadadeiras peitorais até a origem do lobo superior da nadadeira caudal (em *Zapteryx*) e a extremidade da cauda em *Rioraja*; **21) Altura máxima posterior do pedúnculo caudal (AMpP, em mm):** medida vertical tomada no pedúnculo na origem do lobo superior da nadadeira caudal (em *Zapteryx*) e na extremidade da cauda em *Rioraja*; **22) Largura máxima posterior do pedúnculo caudal (LMpP, em mm):** largura do pedúnculo na origem do lobo superior da nadadeira caudal (em *Zapteryx*) e na extremidade da cauda em *Rioraja*; **23) Peso do pedúnculo**

caudal (PP, em g): peso medido com precisão de 0,01 g; definição de pedúnculo caudal no item 17 deste protocolo; o peso do pedúnculo será tomado sem a inclusão das nadadeiras dorsais (*Zapteryx* e *Rioraja*) e caudal (*Zapteryx*); **24) Volume do pedúnculo caudal (VP, em cm³):** volume medido através do deslocamento de líquido no interior de recipiente graduado; o volume do pedúnculo será tomado sem a inclusão das nadadeiras dorsais (*Zapteryx* e *Rioraja*) e caudal (*Zapteryx*); **25) Área da primeira nadadeira dorsal (APD, em mm²):** a nadadeira já destacada será colocada sobre uma folha de papel e seu contorno demarcado para posterior cálculo da área; **26) Área da segunda nadadeira dorsal (ASD, em mm²):** a nadadeira já destacada será colocada sobre uma folha de papel e seu contorno demarcado para posterior cálculo da área; **27) Área da nadadeira caudal (ANC, em mm²):** o mesmo procedimento do item anterior; **28) Protrusão da mandíbula (PROT, em mm):** medida tomada a partir da protrusão total da mandíbula e medida com fita métrica; **29) Comprimento do Condrocrânio (COND, em mm):** medida da ponta do focinho até o fim do condrocrânio, externamente sensível através do côndilo occipital; **30) Comprimento da Cabeça (CC, em mm):** medida da ponta do focinho à linha imaginária que passa pelo último par de fendas branquiais (5ª fendas branquiais); **31) Área do Pedúnculo caudal (APC, em mm²):** tomada através de procedimento descrito anteriormente; **32) Peso da primeira nadadeira dorsal (P1D, em g):** peso da primeira nadadeira dorsal medido com precisão de 0,01 g; **33) Peso da segunda nadadeira dorsal (P2D, em g):** peso da segunda nadadeira dorsal medido com precisão de 0,01 g; **34) Peso da nadadeira caudal (PC, em g):** peso da nadadeira caudal (para *Zapteryx*) medido com precisão de 0,01 g; **35) Volume da primeira nadadeira dorsal (V1D, em ml):** volume da primeira nadadeira dorsal medido através de deslocamento de líquido como explicado anteriormente (apenas para *Zapteryx*, já que as nadadeiras dorsais de *Rioraja* não apresentavam volume suficiente para deslocar qualquer quantidade de líquido dentro de provetas volumetradas); **36) Volume da segunda nadadeira dorsal (V2D, em ml):** volume da segunda nadadeira dorsal medido através de deslocamento de líquido como explicado anteriormente (apenas para *Zapteryx*, já que as nadadeiras dorsais de *Rioraja* não apresentavam volume suficiente para deslocar qualquer quantidade de líquido dentro de provetas volumetradas), e **37) Volume da nadadeira caudal (VC, em**

ml): volume da nadadeira caudal medido através de procedimento citado anteriormente. Segue, a partir de agora, a parte metodológica referente à aquisição de todas as medidas acima descritas.

Os animais utilizados foram descongelados e mantidos inteiros até que algumas das medidas fossem obtidas antes que a dissecação afetasse suas aquisições. Cada animal foi então colocado sobre uma folha de papel sulfite de forma que seu disco ficasse todo apoiado sobre a folha para que seu contorno pudesse ser delineado, possibilitando o cálculo de sua área (CUNICO & AGOSTINHO, 2006). Quando não foi possível apoiar o disco completamente sobre uma única folha de papel sulfite, foram utilizadas folhas extras colocadas juntas para que todo o contorno do disco pudesse ser delineado. Scacco, La Mesa & Vacchi (2010) confirmam a confiabilidade da utilização da área como uma ferramenta importante para o estudo da capacidade natatória e alimentar para elasmobrânquios.



Figura 16: Animais embalados e congelados recém chegados das embarcações pesqueiras. Sacos separados por espécie e por lances de coleta.

Ainda inteiro, o animal foi colocado sobre um ictiômetro para que o comprimento do disco fosse medido. Foram então aferidas as seguintes medidas: comprimento pré-oral, largura da boca, distância internasal, largura das narinas (direita e esquerda), protrusão da mandíbula, comprimento do condrocânio, comprimento da cabeça, abertura da boca e inclinação vertical do focinho (com a ajuda de um compasso).

Cada animal foi então eviscerado através de corte circular na região ventral circundando toda a cavidade abdominal. Todos os órgãos internos foram retirados para poder facilitar a tomada das medidas restantes e a separação das partes individuais utilizadas. Material biológico referente à futuros estudos como vértebras, aparelho reprodutor, aparelho digestório, cláspers para estudos anatômicos, foram retirados e armazenados separadamente e devidamente etiquetados. O pedúnculo caudal foi separado do corpo, assim como as nadadeiras dorsais (primeira e segunda) e a nadadeira caudal para que se pudesse repetir o processo de aquisição dos dados referentes à área de tais estruturas. O comprimento do pedúnculo caudal (sem a nadadeira caudal) foi mensurado e esta estrutura foi colocada, junto com as nadadeiras citadas acima, sobre folha de papel sulfite tendo seus contornos delineados para que, como o disco, suas áreas fossem adquiridas.

O disco foi pesado separadamente, já sem as vísceras do animal, e as duas nadadeiras peitorais (lembrando que se considerou os limites das nadadeiras apontados por SCHAEFER & SUMMERS, 2005) foram separadas da cabeça com a ajuda de bisturi e a altura máxima do disco foi medida com paquímetro. Ambas as nadadeiras peitorais foram também colocadas sobre papel, tendo seu contorno delineado da mesma forma que as outras nadadeiras.

Todas as folhas sulfite, contendo o contorno do disco e das nadadeiras adquiridos em laboratório, tiveram seu conteúdo passado para folha de papel vegetal que fora colocada por cima das folhas de sulfite tendo seu contorno copiado. As folhas de papel vegetal foram então copiadas em “scanner”, e todos os contornos de disco e de cada uma das nadadeiras de todos os indivíduos foram analisados através do programa de análise de imagens IMAGE J, sendo que os resultados foram dados em cm^2 .

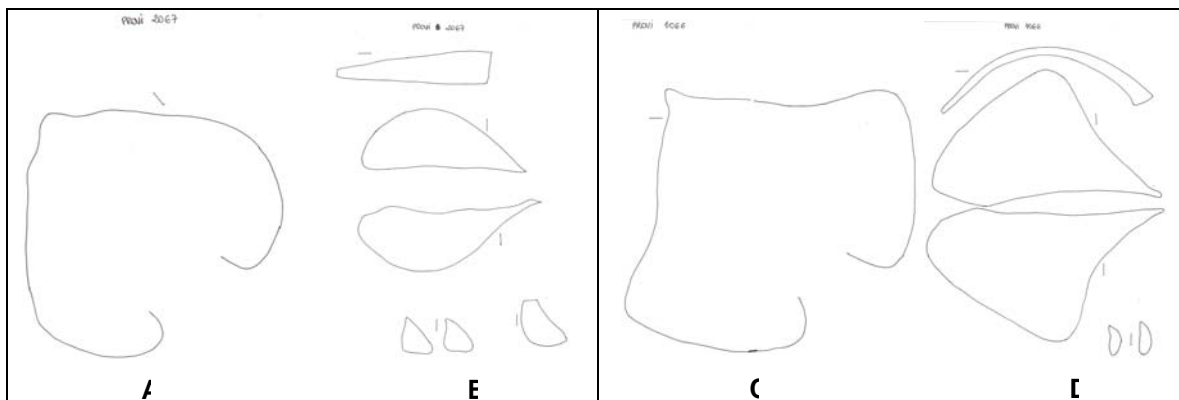


Figura 17: Exemplo de figuras copiadas em “scanner” obtidas para *Zapteryx brevirostris* (**A**- disco e **B**- conjunto de nadadeiras) e *Rioraja agassizi* (**C**- disco e **D**- conjunto de nadadeiras)

Após todos os dados de área terem sido adquiridos, tomou-se então os dados referentes ao peso e ao volume das estruturas anatômicas utilizadas: disco, nadadeiras peitorais, pedúnculo e nadadeiras dorsais e caudal. O peso, em gramas, das estruturas anatômicas foi mensurado com balança de precisão (0,001g) e o volume foi conseguido através do deslocamento de líquido em proveta volumetrada (segundo conceito de Arquimedes). Cada uma das estruturas foi colocada dentro de proveta de tamanho adequado (X, W e Y ml), com água. O volume foi calculado através da subtração do volume final indicado e volume inicial.

A partir desse conjunto de medidas, foram obtidos sete índices, representando atributos morfológicos que refletem conhecidamente a ecologia de peixes (GATZ, 1979). Os métodos de obtenção e as interpretações de cada atributo são apresentados abaixo, de acordo com GATZ (1979), e os dados serão avaliados em sua utilidade para estudos deste tipo em elasmobrânquios.

- **1) Índice de compressão (IC):** razão entre a altura máxima do corpo e a largura máxima do corpo. Altos valores indicam forte compressão lateral do peixe, comum em peixes que ocupam habitats com água em baixa velocidade;
- **2) Altura relativa do corpo (ARC):** razão entre a altura máxima do corpo e o comprimento total. Está inversamente relacionado à velocidade desenvolvida pelo animal e diretamente relacionado à capacidade de fazer giros verticais;

- **3) Comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC):** razão entre o comprimento do pedúnculo caudal e o comprimento total. Está relacionado com a habilidade natatória;
- **4) Índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC):** razão entre a altura e a largura do pedúnculo caudal. Este índice relaciona-se inversamente com a velocidade de natação e diretamente com a capacidade de realizar manobras;
- **5) Comprimento relativo da cabeça (CRC):** razão entre o comprimento da cabeça e o comprimento total. Está relacionado com o tamanho da presa consumida;
- **6) Largura relativa da boca (LRB):** razão entre a largura da boca e o comprimento total;
- **7) Altura relativa da boca (ARB):** razão entre a altura da boca e o comprimento total. Os dois últimos índices relacionam-se com o tamanho das presas.

Todos os dados foram plotados em planilhas específicas, facilitando o trabalho estatístico e observação da distribuição dos dados. Regressões lineares serão estabelecidas entre as variáveis morfométricas e o comprimento total, com o objetivo de observar o tipo de crescimento da variável (isométrico, alométrico positivo ou alométrico negativo) em função do desenvolvimento ontogenético para cada espécie.

No que se refere às comparações de variáveis morfológicas entre as duas espécies, as medidas referentes à nadadeira caudal não puderam ser analisadas simplesmente pelo fato de *R. agassizi* não apresentar essa estrutura. A apresentação dos dados e sua discussão sobre tal estrutura serão apresentados apenas para *Z. brevirostris*. Outras medidas que não puderam ser tomadas foram volume da primeira e segunda nadadeira dorsal de *R. agassizi*, já que, através do método empregado para aferimento de tais medidas não se conseguiu nenhum deslocamento de líquido devido ao seu volume diminuto. Foi realizada uma correlação entre os dados obtidos para volume e peso das nadadeiras dorsais de *Z. brevirostris*, e como o resultado foi extremamente significativo, ou seja, as medidas estão positivamente correlacionadas, o peso foi utilizado como medida principal para estas estruturas em *R. agassizi* juntamente com a área.

Empregou-se a análise canônica de discriminância para contrastar simultaneamente as espécies em função de seus atributos morfológicos integrados (previamente reduzidos) (IBAÑEZ-AGUIRRE *et al.*, 2006). Esta análise baseia-se em funções discriminantes que maximizam diferenças entre os grupos baseado nas variáveis morfométricas, cabendo às primeiras funções a maior explicação da variabilidade dos dados (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983). A significância das funções discriminantes na segregação das espécies no morfo-espço foi avaliada pelo cálculo do critério λ . Adicionalmente, as médias de cada atributo morfológico foram comparadas pela análise de variância (ANOVA) e teste *a posteriori* Tukey (SOKAL & RHOLF, 1995).

O impacto das variáveis morfométricas sobre a mudança ontogenética intraespecífica na composição alimentar foi descrito pela análise de correlação canônica (CCA) (MILES & RICKLEFS, 1984; PIET, 1998; XIE *et al.*, 2001), considerando a contribuição volumétrica percentual das categorias alimentares e os valores absolutos das variáveis morfométricas. O efeito dos atributos morfométricos sobre diferenças interespecíficas na composição alimentar também foi descrita pela CCA, utilizando os valores da contribuição volumétrica percentual das categorias alimentares e os valores reduzidos das variáveis morfométricas. Raízes canônicas foram elaboradas a partir de combinações lineares das variáveis morfológicas e tróficas originais determinando que as primeiras raízes expliquem a maior variabilidade dos dados (MILES & RICKLEFS, 1984). O coeficiente de correlação canônica, R^2 , que calcula a proporção de associação entre as variáveis, foi testado segundo a hipótese nula na qual a w -ésima correlação, bem como as seguintes, são iguais a zero, pelo cálculo do critério λ (MILES & RICKLEFS, 1984). Precedendo a CCA, os dados tróficos foram transformados na forma $\ln(x + 1)$ (LEGENDRE & LEGENDRE, 1983).

Para a realização das análises estatísticas deste estudo, foram utilizados os *softwares* PRIMER v. 6.1.6, STATISTICA v. 7.0 e ECOSIM v. 700, e sempre se considerou intervalos de confiança de 95%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados morfométricos utilizados neste estudo foram comparados entre as espécies (interespecífica) e entre os sexos e a maturidade em cada espécie (intraespecífica), a fim de se determinar quais variáveis morfométricas seriam capazes de descrever a diferença anatômica apresentada pelas duas espécies estudadas. Além da capacidade de revelar diferenças morfológicas, as variáveis foram discutidas quanto à sua utilidade e facilidade de aquisição em trabalho laboratorial.

Todas as análises estatísticas foram feitas excluindo-se as medidas relacionadas à nadadeira caudal, já que esta estrutura está ausente em *R. agassizi*. Esta estrutura teve suas medidas comparadas apenas no que se refere à comparação intraespecífica para *Z. brevisrostris*, entre os sexos e maturidade.

COMPARAÇÃO MORFOMÉTRICA INTRAESPECÍFICA

As análises estatísticas realizadas (ANOVA) demonstraram que, indivíduos jovens e adultos de *Z. brevisrostris*, independentemente do sexo, não apresentaram diferença significativa em nenhuma medida morfométrica obtida, resultado esse que corre de forma antagônica ao que se poderia prever para qualquer organismo. Animais jovens ainda não são capazes de externar caracteres sexuais secundários como espinhos alares e diferente angulação da boca em machos, o que deveria de alguma forma influenciar medidas tomadas do corpo entre estas duas categorias.

Dois fatores podem ser responsáveis, ou ao menos explicar essa divergência entre os dados esperados e os obtidos: 1) talvez o número de exemplares tenha sido considerado baixo pela sensibilidade dos testes estatísticos, fazendo com que as diferenças mais marcantes entre animais jovens e adultos não pudessem ser detectadas ou; 2) os exemplares jovens utilizados neste estudo não pertençam às menores classes de comprimento relatadas para esta espécie. Alguns estudos que não consideraram diferentes maturidades (GATZ, 1979; WIKRAMANAYAKE, 1990; WINEMILLER, 1991), confirmaram a importância do tamanho da boca na seleção de presas, mesmo sem poder considerar diferenças marcantes.

Para *R. agassizi*, apenas uma das variáveis morfométricas diferiu de maneira significativa entre categorias de jovens e adultos: largura máxima anterior do pedúnculo. Provavelmente, esta diferença está relacionada com a presença de órgãos copuladores nos machos, já que a inserção dos mesmos no corpo ocorre no limite entre nadadeira pélvica e pedúnculo caudal. Esta teoria é corroborada quando se compara a mesma variável morfométrica entre machos e fêmeas ($p= 0.017$). Para estes dois grupos, a largura máxima anterior do pedúnculo também foi considerada estatisticamente diferente, portanto machos adultos poderiam ser os responsáveis pela diferença encontrada nos resultados.

Quando se considerou, em *Z. brevisrostris*, as diferenças entre machos e fêmeas, pode-se constatar diferença significativa em 16 variáveis analisadas. São elas: largura do disco ($p=0.025$); comprimento do disco ($p= 0.004$); peso ($p= 0.003$); comprimento pré-oral ($p=0.012$); largura da narina direita ($p= 0.024$); comprimento do pedúnculo ($p= 0.002$); altura máxima posterior do pedúnculo ($p= 0.009$); largura máxima posterior do pedúnculo ($p= 0.046$); área disco ($p=0.035$); área da peitoral direita ($p= 0.000$); área da peitoral esquerda ($p=0.028$); peso do disco ($p=0.0007$); peso da peitoral direita ($p=0.001$); peso da peitoral esquerda ($p= 0.0004$); volume da peitoral direita ($p= 0.0002$) e volume da peitoral esquerda ($p= 0.000$).

No que se refere à *R. agassizi*, algumas variáveis também foram consideradas significativamente quando comparadas entre machos e fêmeas para esta espécie foram: largura de disco ($p=0.014$); comprimento de disco ($p=0.003$); comprimento pré-oral ($p=0.0015$); comprimento do pedúnculo caudal ($p= 0.0006$); área da primeira nadadeira dorsal ($p= 0.006$); peso da primeira nadadeira dorsal ($p= 0.005$) e peso da segunda nadadeira dorsal ($p=0.004$).

Esta forte diferença encontrada para machos e fêmeas em muitas das variáveis analisadas pode indicar alguma plasticidade fenotípica espécie-específica (HIGHAM, 2007) em resposta às mudanças nos efeitos ecológicos atuantes nas duas espécies simpátricas. Algumas das diferenças encontradas nestas comparações podem facilmente ser explicadas através da observação do dimorfismo sexual entre os sexos. A largura de disco e comprimento do disco estão totalmente relacionadas ao tamanho do animal, e, como fêmeas alcançam maiores tamanhos que os machos (KLIMLEY,

1987) na maioria dos elasmobrânquios, estas medidas certamente acompanham o crescimento alométrico do animal, sendo estatisticamente maiores.

MARTINS, MARTINS & LEME (2005) reportam uma provável explicação para que machos sejam menores que as fêmeas. Segundo os autores, os machos alocariam energia para crescer e atingir a maturação sexual em menores comprimentos, e as fêmeas precisariam possuir maior tamanho de corpo para poder alocar ovos ou embriões durante o período de gestação.

Outra medida explicada pelo dimorfismo sexual é o comprimento pré-oral. Esta medida, na maioria dos elasmobrânquios, é diferente entre machos e fêmeas pois os machos apresentam a boca muito mais angulosa que as fêmeas, o que diminuiria a distância entre a boca e a ponta do focinho. No que diz respeito ao disco e nadadeiras peitorais (medidas altamente correlacionadas, já que boa parte do disco é formada pelas nadadeiras peitorais), todas as medidas referentes, área, peso e volume, foram significativamente diferentes entre machos e fêmeas para *Z. brevirostris* e *R. agassizi*. Machos apresentam, na região mais anterior do disco, margem muito mais côncava que as fêmeas, o que, conseqüentemente, reflete menor quantidade de musculatura, menor área, peso e volume destas estruturas.

Considerando que todas as medidas que incluíam a nadadeira caudal não foram comparadas para as duas espécies, pois esta estrutura se encontra ausente em *R. agassizi*, realizou-se uma análise exclusiva para *Z. brevirostris* envolvendo área, peso e volume da nadadeira caudal, comparada entre machos e fêmeas e jovens e adultos. Tanto no que se refere à comparação entre machos e fêmeas e jovens e adultos, apenas o peso da nadadeira foi considerado significativo nas análises ($p=0.000207$ e $p=0.000214$, respectivamente), área e volume não apresentaram diferença. Considerando que todas as medidas que incluíam a nadadeira caudal não foram comparadas para as duas espécies, pois esta estrutura se encontra ausente em *R. agassizi*, realizou-se uma análise exclusiva para *Z. brevirostris* envolvendo área, peso e volume da nadadeira caudal, comparada entre machos e fêmeas e jovens e adultos. Tanto no que se refere à comparação entre machos e fêmeas e jovens e adultos, apenas o peso da nadadeira foi considerado significativo nas análises ($p=0.000207$ e $p=0.000214$, respectivamente), área e volume não apresentaram diferença.

Considerando que todas as medidas que incluíam a nadadeira caudal não foram comparadas para as duas espécies, pois esta estrutura se encontra ausente em *R. agassizi*, realizou-se uma análise exclusiva para *Z. brevirostris* envolvendo área, peso e volume da nadadeira caudal, comparada entre machos e fêmeas e jovens e adultos. Tanto no que se refere à comparação entre machos e fêmeas e jovens e adultos, apenas o peso da nadadeira foi considerado significativo nas análises ($p= 0.000207$ e $p=0.000214$, respectivamente), área e volume não apresentaram diferença.

A nadadeira caudal apresenta diversidade considerável entre peixes ósseos (DRUCKER & LAUDER, 2005), o que também ocorre com elasmobrânquios no que se refere ao tamanho desta estrutura. Um grande número de estudos hipotetizaram a função locomotora das nadadeiras dorsais (GOSLINE, 1971) realizando experimentos em laboratório. O grande número de variáveis que diferiram entre machos e fêmeas das duas espécies torna possível hipotetizar um possível comportamento locomotor/alimentar relacionado ao sexo dos indivíduos.

COMPARAÇÃO MORFOMÉTRICA INTERESPECÍFICA

De acordo com as análises referentes à diferenciação morfológica entre as duas espécies, *Z. brevirostris* e *R. agassizi*, constatou-se que todas as medidas morfológicas tomadas foram consideradas estatisticamente diferentes, exceto pela protrusão mandibular.

A medida que permaneceu constante estatisticamente possui extrema ligação com a capacidade alimentar, já que se refere ao hábito de sucção que ambas as espécies possuem na aquisição de seus itens alimentares (Figura 18). Considerando-se a dieta das espécies analisada no capítulo 1 deste trabalho, era esperado que *Z. brevirostris* e *R. agassizi* se iguallassem morfológicamente em pelo menos uma variável considerada, já que as diferenças na dieta das mesmas são pouco expressivas.

A protrusão da mandíbula é extremamente importante quando se considera a capacidade de realização da sucção, que ocorre quando a mandíbula é protraída e volume bucal é aumentado rapidamente, fazendo com que um fluxo incorrente de água entre pela boca do animal. Elasmobrânquios, em geral, empregam uma grande variedade de mecanismos na captura de presas: mordida, “golpeamento” (quando o

animal nada com a boca aberta e abocanha sua presa), e sucção; e muitos podem usar uma combinação destes três tipos dependendo do tamanho e tipo de presa (WILGA *et al.*, 2001).

Sucção é, aparentemente, o modo mais basal de captura de presas em todas as raias, exceto em espécies filtradoras (SASKO *et al.*, 2006), e a formação de um microhabitat sobre a presa (OSSE & MULLER, 1980) para que este fenômeno possa ocorrer requer grande estabilidade do corpo do animal. A transição de raias basais para raias mais derivadas é marcada pela redução da altura da nadadeira caudal, redução da locomoção axial-ondulatória, e aumento do tamanho e uso da nadadeira peitoral (SASKO *et al.*, 2006).

Muitos estudos (LAUDER, & CLARK, 1984; NORTON & BRAINERD, 1993; WEBB, 1984; WERNER, 1977; HUSKEY & TURINGAN, 2001; NORTON, 1995) têm tentado interpretar a relação entre sucção e sua relação com a ecologia de algumas espécies, mas muitos deles apresentam dados puramente observacionais, não sendo capazes de descrever quantitativamente a relação entre morfologia e performance exercida pelo animal na sucção. A ausência de conhecimento geral e quantitativo das bases morfológicas da alimentação por sucção limita a interpretação funcional da morfologia do peixe associada, suas implicações e evolução.

Outra importante revelação sobre a sucção como meio de captura de presas, revela o fato de que presas elusivas ou que se encontrem a uma distância maior de seu predador estão mais susceptíveis à predação por sucção do que por captura através de perseguição. As forças exercidas através da sucção agem no objeto alvo (presa), manipulando o fluxo de água ao seu redor e fazendo com que seja quase impossível escapar (HOWLAND, 1974; WEIHS & WEBB, 1984)

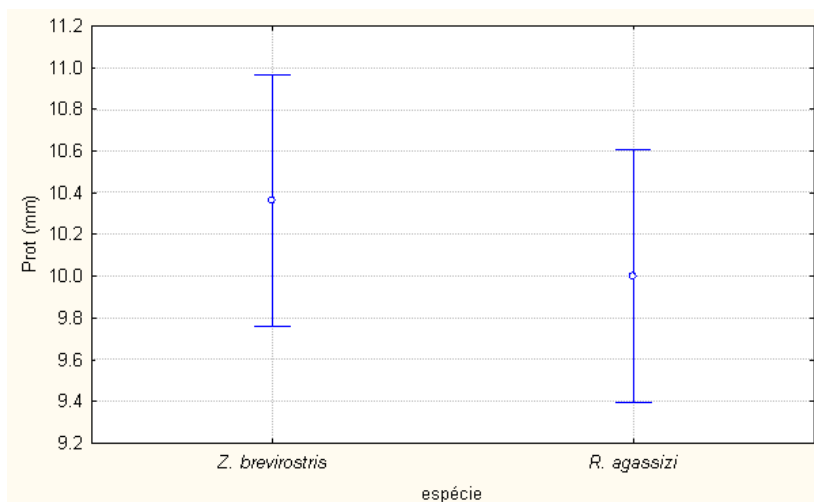


Figura 18: Diferença da variável morfológica Protrusão entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

Apesar de as duas espécies diferirem no que diz respeito ao peso total (Figura 19), isso é facilmente relacionado ao tamanho máximo atingido por cada espécie. Obviamente, animais que atingem maior comprimento total (*Z. brevirostris*) acabariam por apresentar maior peso que animais que atingem menores valores para comprimento total (*R. agassizi*). Outra explicação para a diferença nesta variável repousa no fato de que, normalmente, animais maiores são mais capturados pela arte de pesca utilizada nesta parte do projeto (parelha de fundo), o que tornaria quase impossível capturar jovens muito pequenos de ambas as espécies, e o peso maior apresentado, inclusive por jovens, de *Z. brevirostris* se sobre colocaria quando comparado ao peso de exemplares de *R. agassizi*.

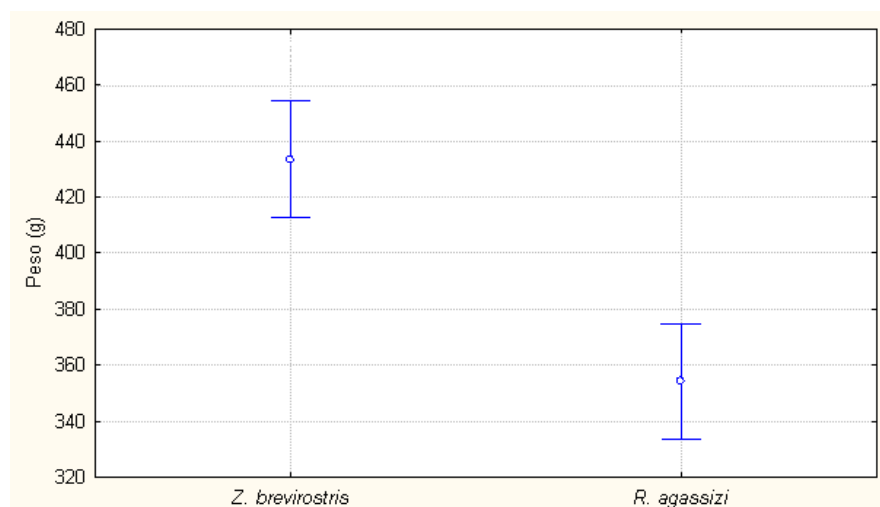


Figura 19: Diferença da variável morfológica peso entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

Quando se trata do comprimento pré-oral, externamente já percebe-se que *Z. brevirostris* apresenta menores valores que *R. agassizi*, que por sua vez possui uma maior projeção na parte anterior da cabeça. Isso se reflete claramente nas medidas obtidas, mesmo que não ocorram variações entre sexos (Figura 20). Esta medida é extremamente importante quando se utiliza o rostro como uma das principais características para separação entre espécies, o que é o caso de *Z. brevirostris* e as espécies do gênero *Rhinobatos*, diferenciadas principalmente pelo comprimento do rostro (bem maior nas últimas) (McEACHRAN & CARVALHO, 2002; BIGELOW & SCHROEDER, 1953; GOMES & GADIG, 2003). Pantano Neto (2001) encontrou, trabalhando com espécies de raias de água-doce, diferença na distância internasal e no comprimento oral entre as espécies, sendo que fêmeas apresentaram os maiores valores que machos. O autor não oferece nenhuma explicação funcional ou ecológica, mas certamente existe relação desta medida morfológica com a alimentação do animal.

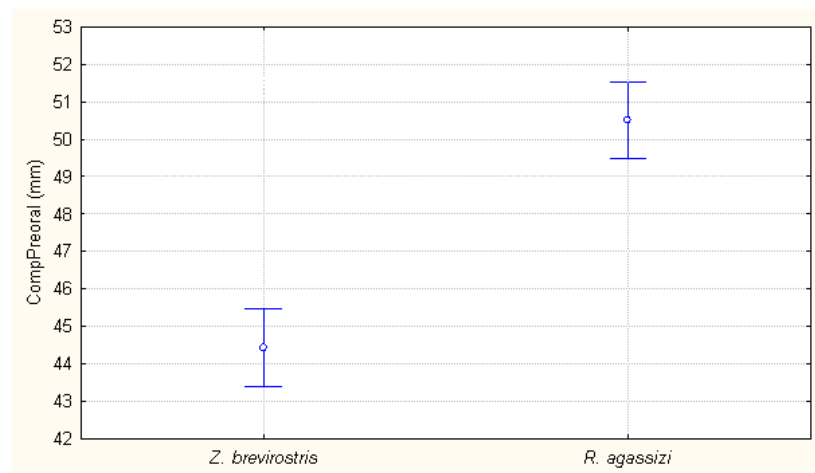


Figura 20: Diferença da variável morfológica comprimento pré-oral entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

Assim como todas as medidas relacionadas ao tamanho da boca, a largura e abertura da boca estão diretamente relacionadas com o tamanho da presa ingerida (LUCIFORA, *et al.*, 2001). *Z. brevirostris* apresentou valores maiores quando comparada com *R. agassizi*, porém foram encontradas presas com tamanho relativo considerável na alimentação das duas espécies, o que nos remete ao fato de que,

mesmo possuindo boca menos larga, *R. agassizi* foi capaz de se alimentar dos mesmos itens alimentares de *Z. brevirostris* (Figura 21).

Silva (2006) estudando raias de água doce, também encontrou diferenças morfométricas no que diz respeito ao tamanho da boca e associou tais diferenças à diferentes estratégias de obtenção de alimento. Pantano Neto (2001) demonstrou diferenças morfo-anatômicas entre duas espécies de raias de água doce e relacionou-as à composição da dieta, sendo que foi identificada diferença significativa na largura da boca.

Segundo Frazzetta e Prange (1987), animais que capturam presas pequenas utilizam muito a sucção, já que as presas devem apresentar diâmetro menor que a boca e bocas com abertura menor aumentam o sucesso na captura por sucção através do aumento na velocidade do fluxo de água para dentro da boca (MOTTA & WILGA, 2001). Motta e Wilga (1999) afirmam que boca e dentes relativamente pequenos podem ser considerados especializações para sucção.

As características morfológicas relacionadas à boca indicam a estrutura trófica dominante de uma assembléia. Hugueny & Pouilly (1999) obtiveram resultados satisfatórios relacionando a dieta de peixes à sua forma em assembléias de peixes africanas. Devido à grande importância de mudanças na capacidade de abrir a boca em indivíduos jovens e seu efeito no tamanho da presa, mudanças no tamanho da boca durante a ontogenia têm sido muito bem documentadas para uma ampla variedade de espécies de peixes ósseos (HUNTER, 1980; YOSHIYAMA, 1980; KEAST, 1985).

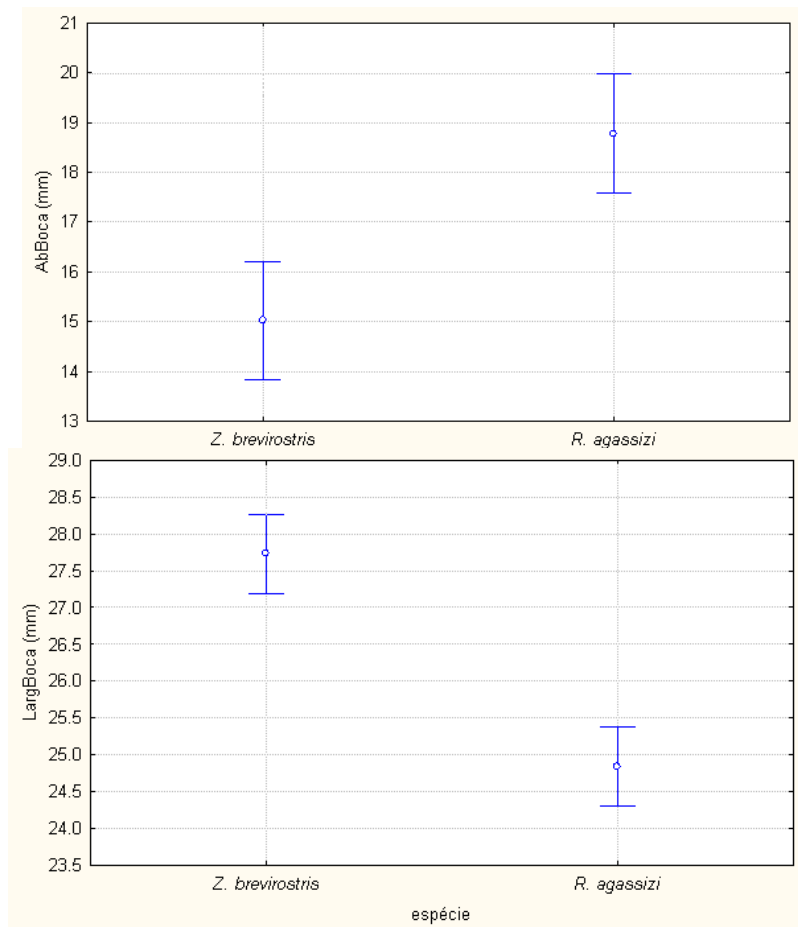


Figura 21: Diferença das variáveis morfológicas abertura e largura da boca entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

A altura máxima do disco (Figura 22) exhibe, anatomicamente, extensa relação com a quantidade e tamanho da presa ingerida, já que limitaria o espaço interno destinado à parte do trato digestório do animal. *Z. brevirostris* apresentou valores muito mais altos que *R. agassizi*, um animal muito mais achatado dorsoventralmente.

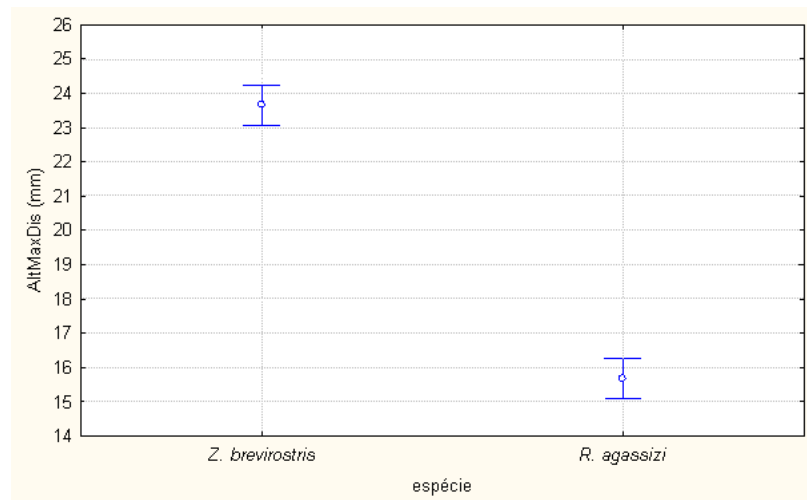


Figura 22: Diferença da variável morfológica altura máxima do disco entre *Z. brevisrostris* e *R. agassizi*.

Quando se trabalha com a capacidade alimentar de alguma espécie, deve-se avaliar sua capacidade não só em capturar a presa, mas sim de encontrá-la. A distância internasal e a largura das narinas se relacionam de maneira completamente direta com a percepção ambiental de estímulos que possam levar à captura de presas e fuga de predadores. Quanto maiores os valores apresentados para estas variáveis, maior seria a capacidade de percepção da espécie, neste caso *Z. brevisrostris*, e maior sua eficiência alimentar (Figura 23).

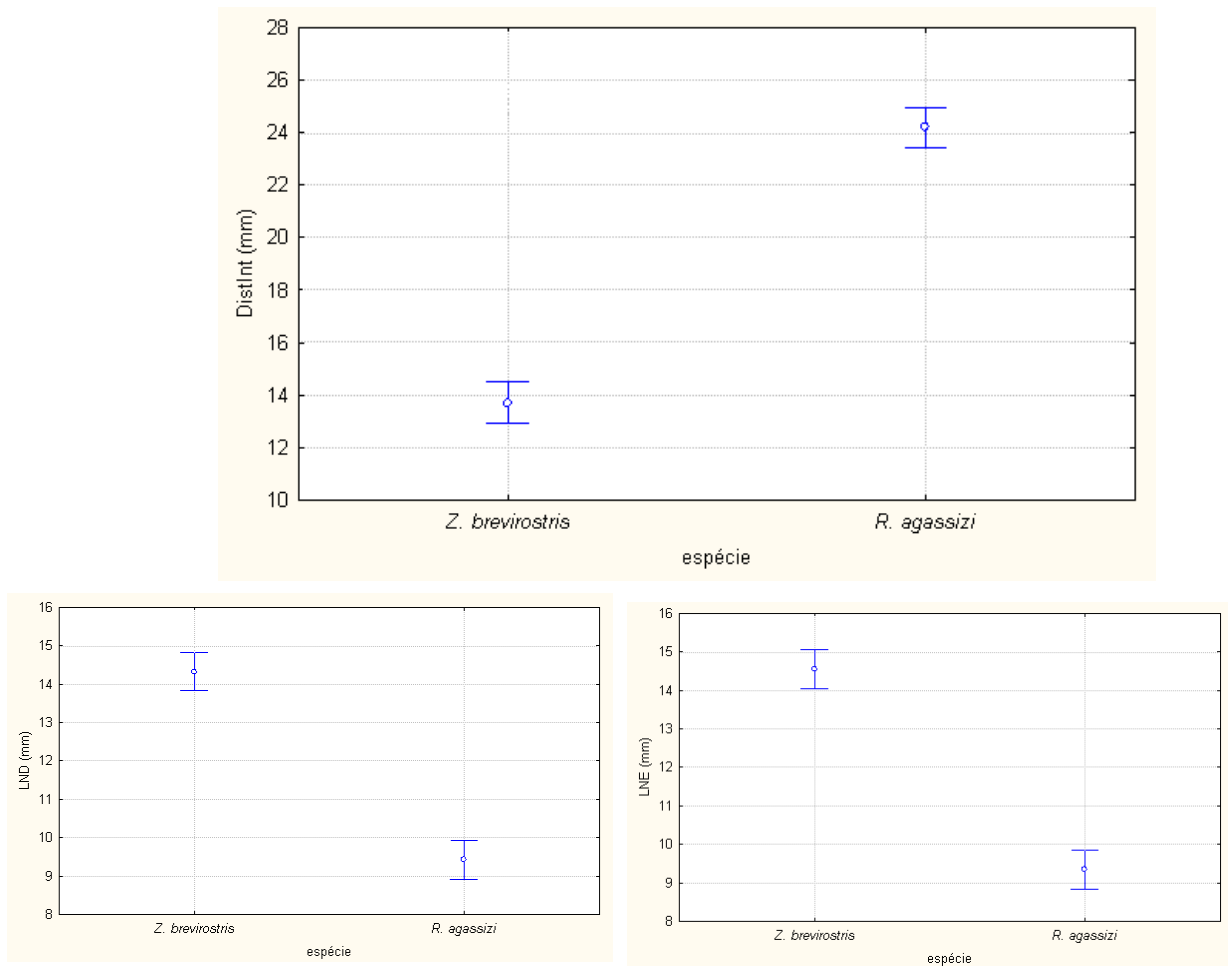


Figura 23: Diferença das variáveis morfológicas distância internasal, e largura das narinas direita e esquerda entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

O comprimento do condrocânio, juntamente com o comprimento externo da cabeça até a 5ª fenda branquial (Figura 24) variaram de maneira muito semelhante quando comparados entre as duas espécies. Como *R. agassizi* apresenta maior projeção do rosto no focinho, seus resultados deveriam mesmo ser maiores que os de *Z. brevirostris*, espécie notadamente conhecida por possuir rosto curto.

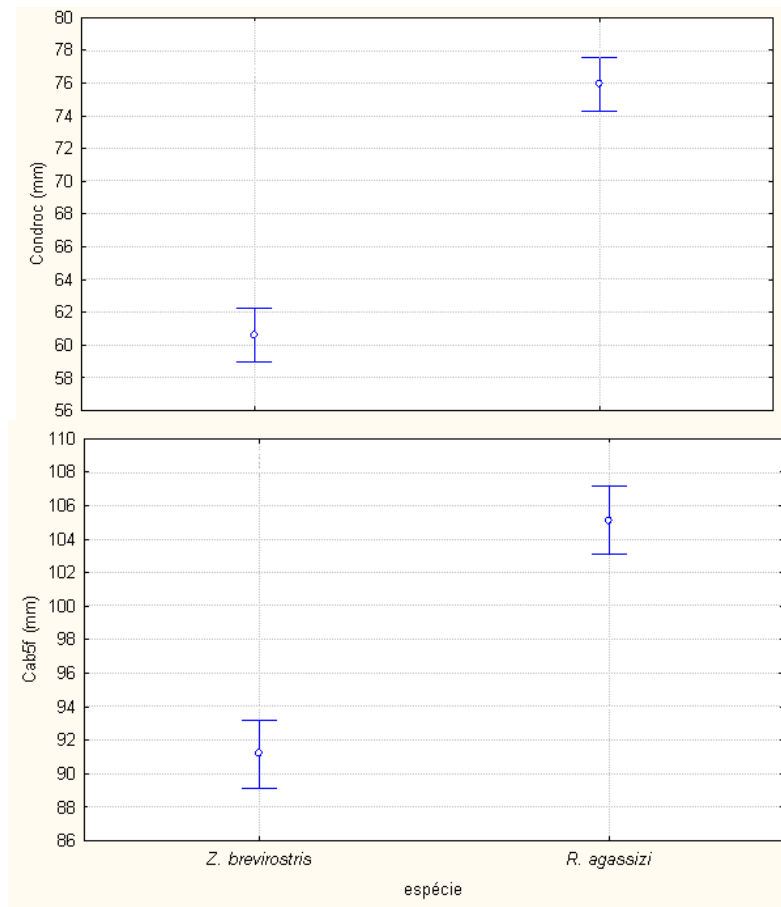


Figura 24: Diferença das variáveis morfológicas comprimento do condrocânio e comprimento da cabeça entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

A diferença encontrada para as espécies quando se considera qualquer variável relacionada ao disco (Figura 25) e ao pedúnculo caudal, evidencia bem a diferença morfológica observada externamente entre elas. *R. agassizi* e *Z. brevirostris* possuem formas de locomoção bem distintas. A primeira utiliza movimento ondulatório das nadadeiras peitorais, sem quase nenhuma ajuda do pedúnculo caudal para obtenção de impulso; a segunda utiliza natação axial primariamente dependente do pedúnculo como estrutura locomotora e com alguma oscilação nas nadadeiras peitorais. Essa discrepância no modo locomotor das duas espécies é refletida em todas as medidas referentes ao disco (e aqui incluímos as nadadeiras peitorais) e ao pedúnculo, se

apresentando com maior importância para *Z. brevirostris* quando se discute o pedúnculo, e para *R. agassizi* quando se discute o disco e as nadadeiras peitorais.

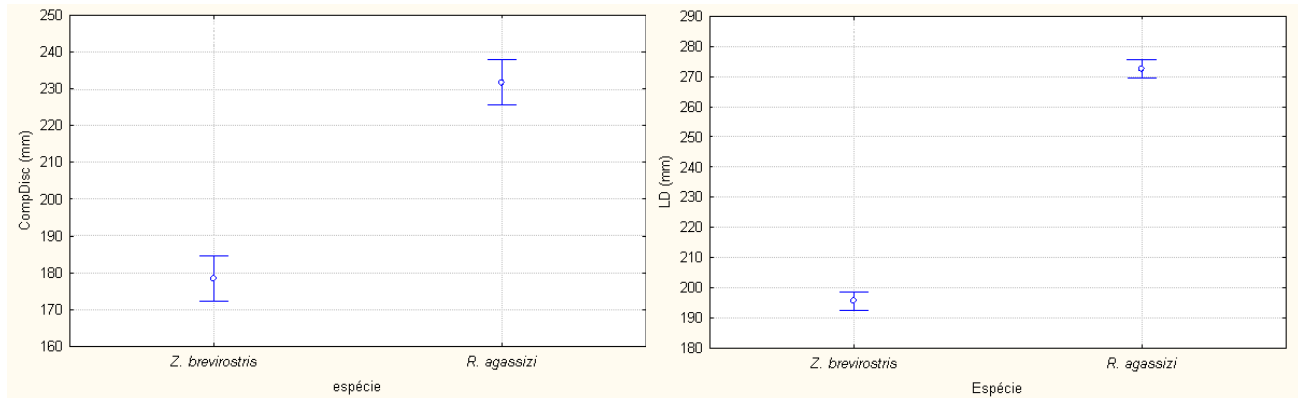


Figura 25: Diferença das variáveis morfológicas comprimento e largura do disco entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

Existe uma tendência evolucionária à restrição da parte caudal do corpo em executar movimentos laterais. O grau de liberdade do pedúnculo caudal e nadadeira caudal são reduzidos pela extensão dos espinhos neural e hemal (WEBB, 2002). Nadadeiras dorsais e anais forneceriam cinemática complementar à locomoção (STANDEN & LAUDER, 2005), e diferenças na forma destas nadadeiras podem contribuir de maneira importante na formação de ondas que as percorrem e impulsionam o corpo do animal (Figura 26 e 27).

Schrank & Webb (1998) mostraram que peixes possuem nadadeiras flexíveis e com alta capacidade de propulsão (maior área, volume ou peso) a fim de induzir manobras e estabilizar a trajetória de natação. Essa teoria é enfatizada pelo trabalho de Webb *et al.* (1996), que comenta que o uso múltiplo de um sistema comum (conjunto pedúnculo e nadadeiras) é provavelmente mais efetivo para animais com estruturas propulsoras mais poderosas, o que seria o caso de *Z. brevirostris* neste estudo.

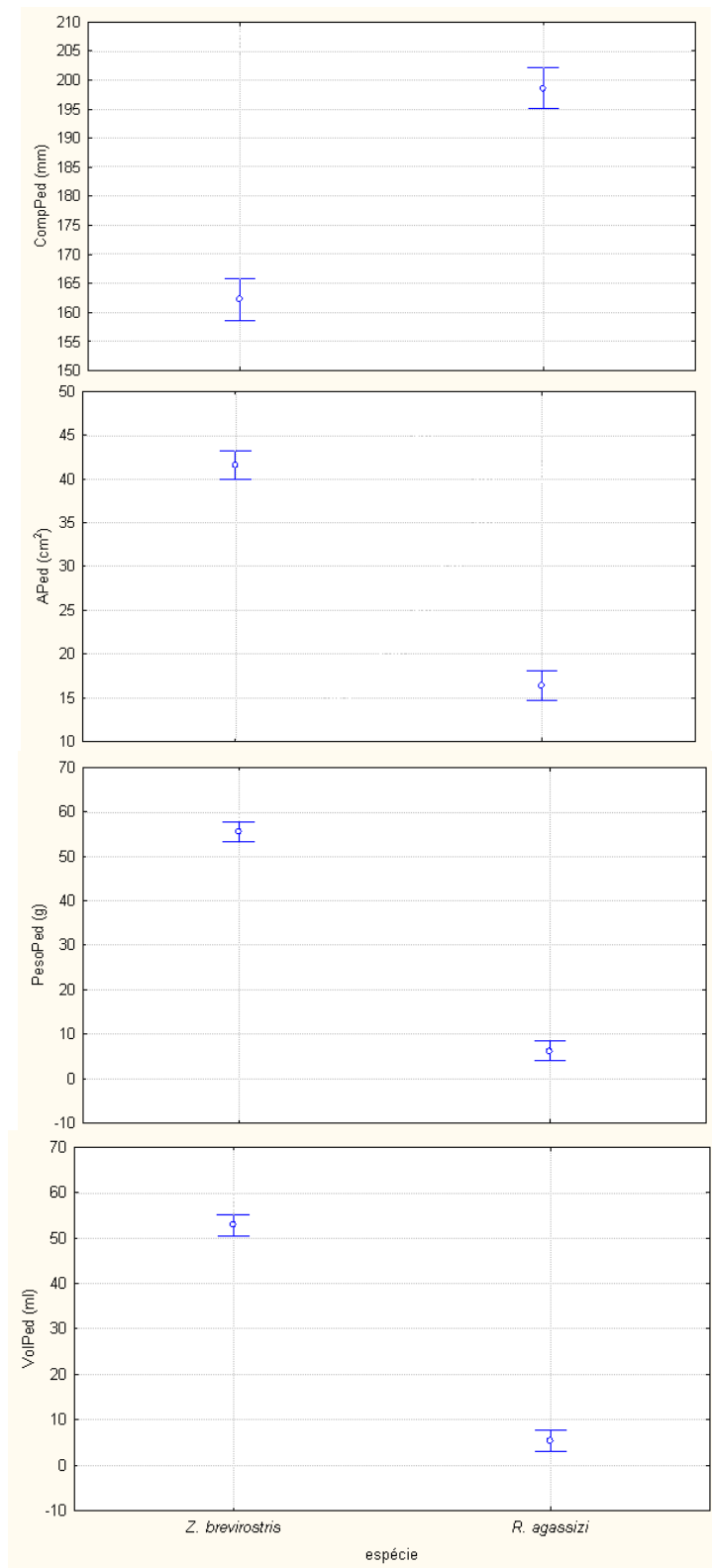


Figura 26: Diferença das variáveis relacionadas as pedúnculo caudal Protrusão entre *Z. brevisrostris* e *R. agassizi*.

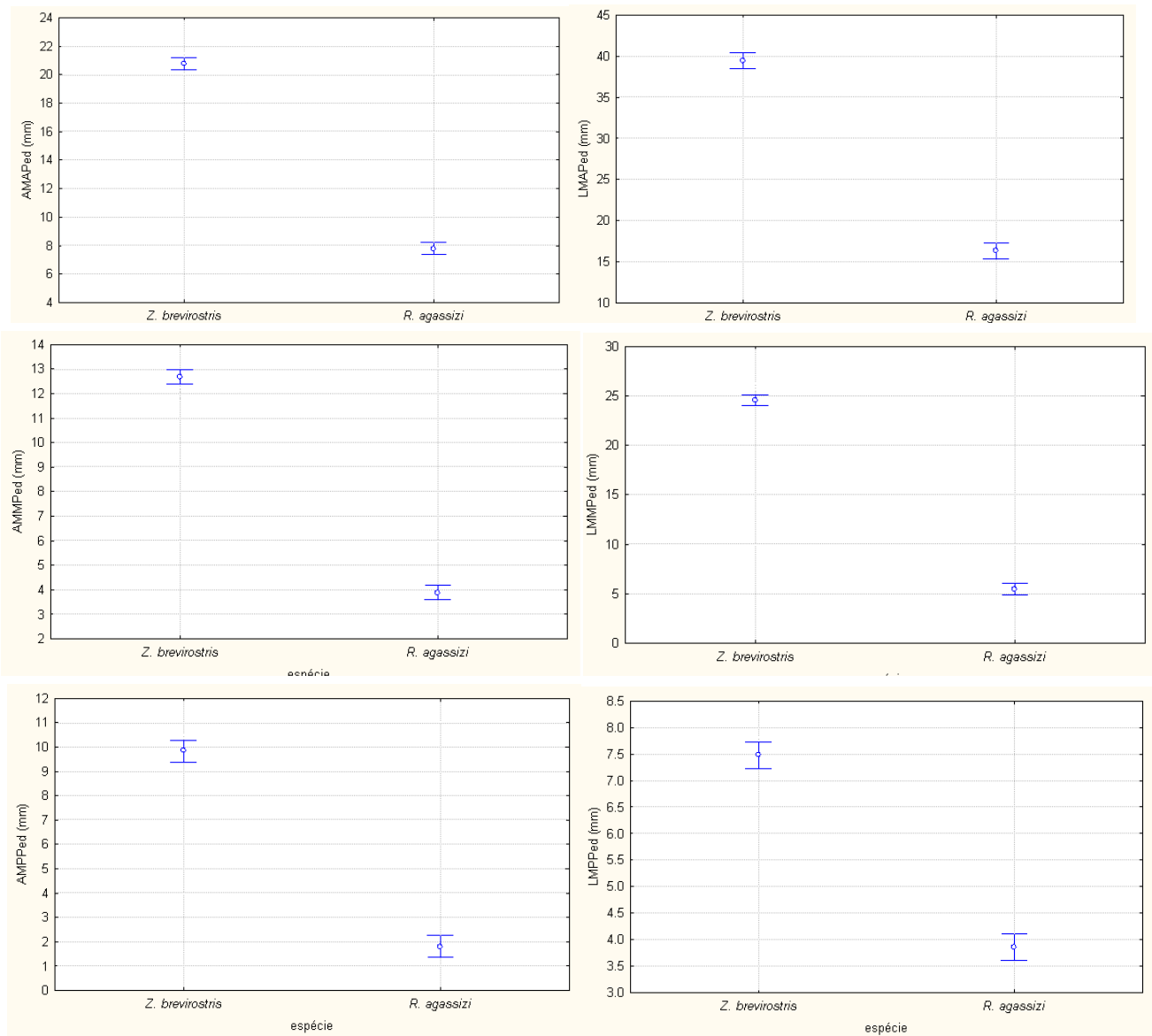


Figura 27: Diferença das variáveis relacionadas as pedúnculo caudal Protrusão entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

A função da nadadeira dorsal (Figura 28), associada nas raias ao pedúnculo caudal, diminui com o aumento da velocidade do animal, já que foi umas das estruturas responsáveis por geração de força locomotora nos primeiros movimentos lentos do peixe (DRUCKER & LAUDER, 2005).

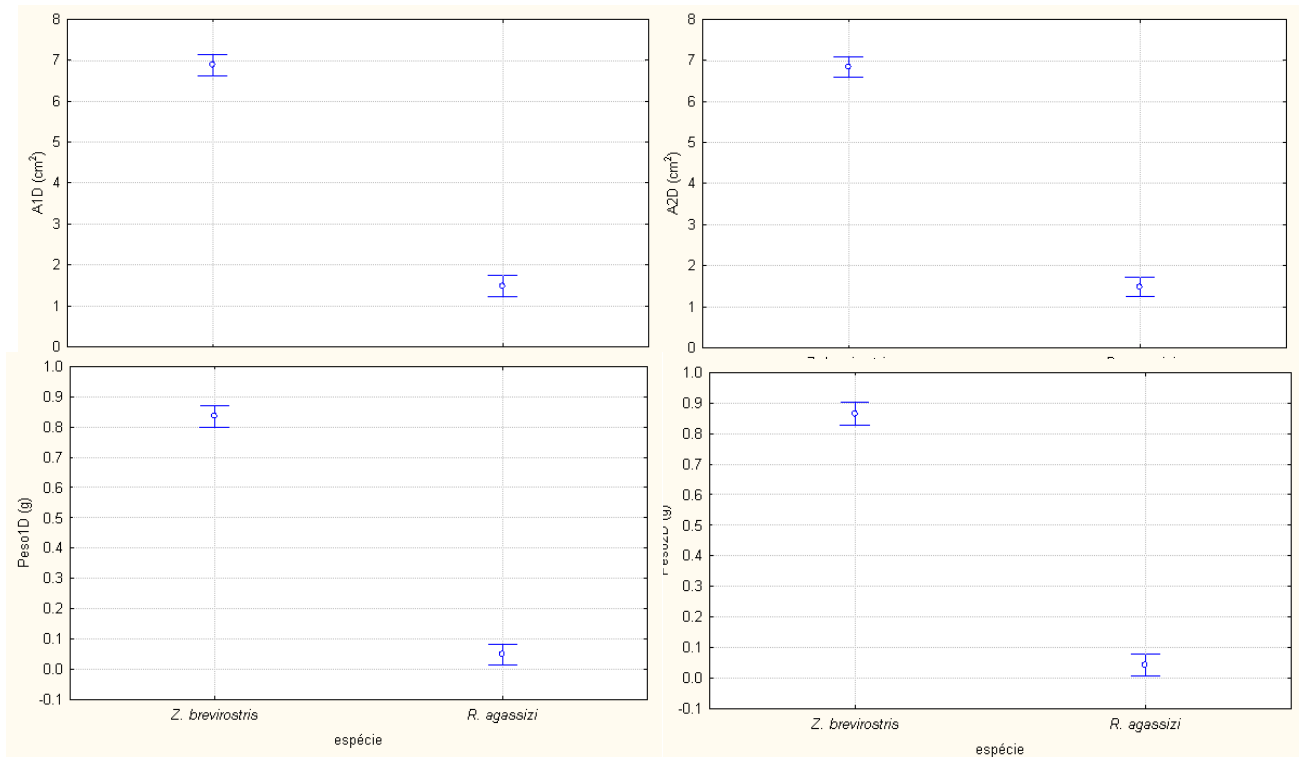


Figura 28: Diferença das variáveis relacionadas as nadadeiras peitorais entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

Da mesma forma que discutido anteriormente, o tamanho e área do disco está altamente correlacionado com o tamanho e área das nadadeiras peitorais, já que estas estruturas são responsáveis pela formação do disco e fusionadas à ele (Figura 29). A posição, amplitude e estrutura de nadadeiras pares (LIGHTHILL, 1970; WEBB & KEYES, 1982; WEBB, 1984) e ímpares (LINGHAM-SOLIAR, 2004; LINGHAM-SOLIAR & PLODOWSKI, 2007), assim como a forma do corpo (THOMSON & SIMANEK, 1977) possuem um importante papel na natação e cinemática de elasmobrânquios.

A necessidade de se manter o corpo estabilizado pode ter um papel extremamente importante no gasto de energia de um animal, por isso a grande importância das nadadeiras peitorais que, quanto maiores, maior estabilidade fornecerão ao animal. Raias mais derivadas possuem peitorais bem flexíveis e com maior papel na locomoção e captura de presas (SASKO *et al.*, 2006). O tamanho das

nadadeiras peitorais costuma ser maior em espécies bentônicas e/ou demersais (SASKO *et al.*, 2006).

Em espécies basais e intermediárias, o disco pode ser usado na manipulação da presa, com o grau de uso da peitoral refletindo flexibilidade. Neste caso haveria redução da chance de escape da presa, estabilização do corpo durante a captura, e menor uso do sistema locomotor (SASKO *et al.*, 2006).

Segundo Klausewitz (1964), normalmente as peitorais modificadas são usadas para locomoção, e, dependendo do número de ondas que se movem através da nadadeira peitoral durante a natação contínua, podemos dizer se a locomoção é ondulatória ou oscilatória (ROSEMBERGER, 2001).

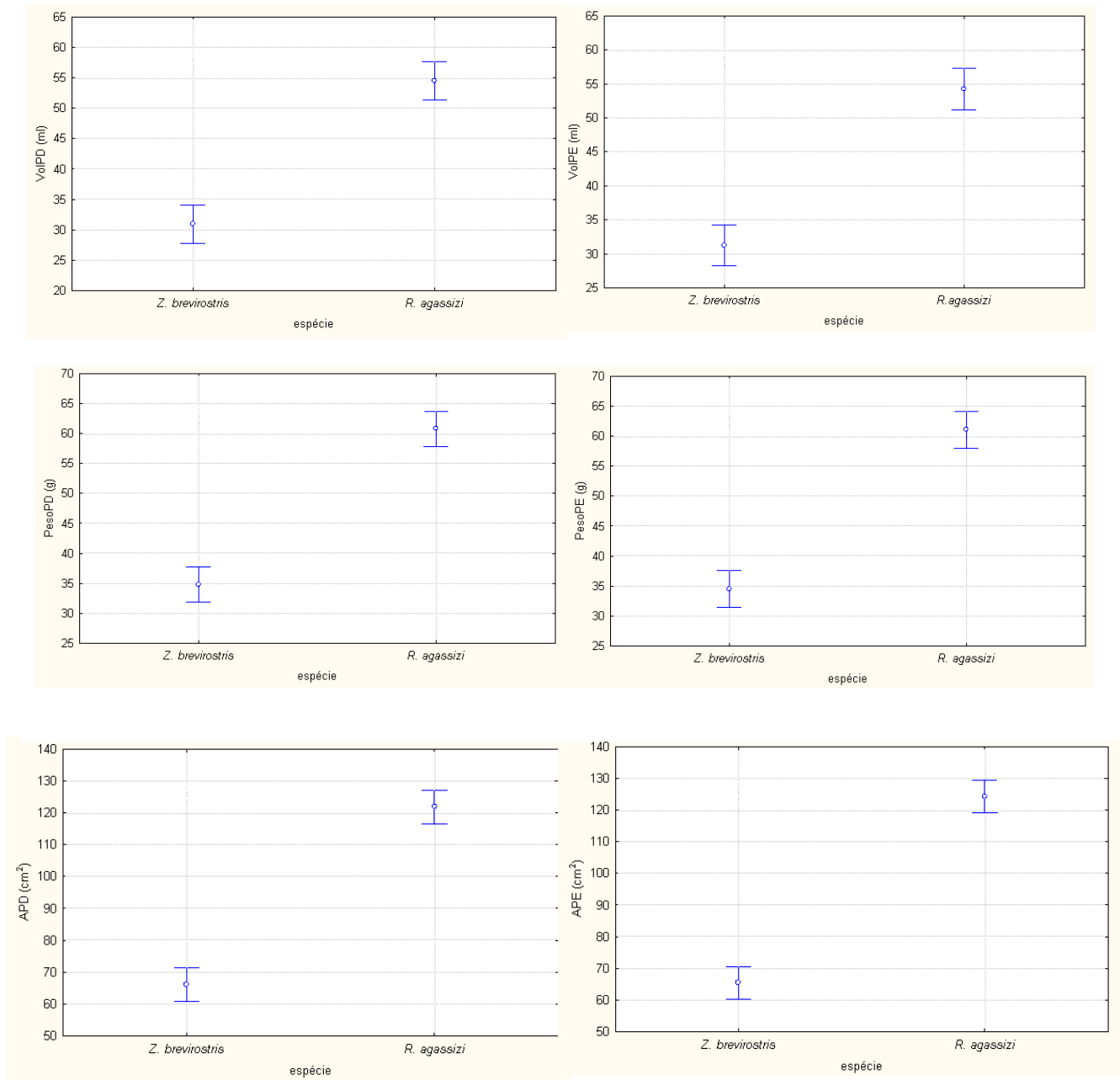


Figura 29: Diferença das variáveis relacionadas às nadadeiras dorsais entre *Z. brevirostris* e *R. agassizi*.

RELAÇÃO DIETA-MORFOLOGIA

Neste momento, se discute os pontos mais importantes no que diz respeito aos principais objetivos deste trabalho. Como o animal se alimenta e que O fato de se considerar variáveis morfométricas diretamente relacionadas à locomoção, e aparentemente desligadas da alimentação, se explica quando se considera o conjunto ecológico de ações que um animal precisa executar para poder utilizar da melhor forma

os recursos disponíveis dentro de seu habitat. Para isso, é extremamente importante que ações como fuga de predadores e captura de presas sejam realizadas com maior probabilidade de sucesso. Logo, a locomoção influencia diretamente a performance alimentar, mas o sistema alimentar pode também influenciar a performance locomotora através do aumento da altura do corpo que aumenta a manobrabilidade do animal (WALKER, 2004).

Uma melhor eficiência locomotora, acaba criando pressão seletiva para peitorais maiores capazes de maximizar a estabilidade e atrito com o substrato, porém poucos estudos avaliam a relação entre morfologia da nadadeira e comportamento alimentar (HIGHAM, 2007). A possível relação entre características morfológicas e eficiência na alimentação seguem as correlações entre variáveis morfológicas e itens alimentares. A comparação, então destas duas categorias de dados realizada neste estudo, deixa transparecer a fortíssima ligação entre dieta e morfologia para as espécies estudadas.

Como se pode perceber através da Tabela 17, algumas variáveis morfológicas apresentam maior ou menor relação com os itens alimentares consumidos pelas duas espécies analisadas

Tabela 17: Componentes da análise de correlação canônica (CCA) entre a dieta e atributos morfológicos de *Z. brevisrostris* e *R. agassizi*. Os valores em negrito ressaltam os coeficientes das principais associações dieta-morfologia.

	Raiz 1	Raiz 2	Raiz 3
Categorias Tróficas	Coefficientes		
Crustacea Total	0.395388	-0.39598	0.767442
Polychaeta	-0.55095	-0.13147	-0.71133
Osteichthyes	0.261914	-0.06397	-0.37938
Mollusca	-0.12428	0.16641	0.247649
Itens não identificados	-0.7705	0.411281	-0.10919
Sedimento	-0.23012	0.02115	-0.25951
Variáveis Morfométricas	Coefficientes		
Largura disco	0.967131	0.023536	0.013842
Comprimento disco	0.808735	-0.07499	-0.02071
Peso	-0.52292	0.136037	0.025656
Alt. máxima disco	-0.9093	-0.01723	0.197191
Comp. pré-oral	0.685372	0.166048	0.005892
Largura Boca	-0.64918	0.104818	-0.06936
Dist. Internasal	0.905233	0.012439	0.051636
Larg. Narina direita	-0.84384	-0.06147	-0.05508
Larg. Narina esquerda	-0.85172	-0.05957	0.064156
Protrusão	-0.11225	0.075808	-0.11727
Comp. Condrocânio	0.828071	0.115409	-0.10793
Abertura Boca	0.743205	-0.07467	-0.04419
Comp. Pedúnculo	0.443902	-0.08953	0.105764
Comp. Cabeça até 5fenda	0.854252	-0.12753	-0.03929
Alt. Máx. anterior do pedúnculo	-0.98041	-0.01379	0.025964
Larg. Máx. anterior do pedúnculo	-0.96585	-0.03774	-0.05599
Alt. Máx mediana do pedúnculo	-0.98082	-0.0287	0.047282
Larg. Máx.mediana do pedúnculo	-0.98546	-0.02074	0.045771
Alt. Máx posterior do pedúnculo	-0.94068	-0.07641	-0.00031
Larg. Máx. posterior do pedúnculo	-0.9181	0.052085	-0.066
Área disco	0.737851	-0.09307	-0.10389
Área peitoral direita	0.855257	0.15457	-0.0321
Área peitoral esquerda	0.874932	0.034773	-0.08789
Área primeira dorsal	-0.96192	-0.01344	-0.00819
Área segunda dorsal	-0.96531	0.000127	-0.04562
Área pedúnculo	-0.92558	-0.03013	-0.03228
Peso disco	0.296187	0.040861	-0.08494
Peso peitoral direita	0.811636	-0.00966	0.117127
Peso peitoral esquerda	0.801797	0.015153	0.025884
Peso pedúnculo	-0.9643	-0.05069	0.02327
Peso primeira dorsal	-0.96331	-0.00269	0.030662
Peso segunda dorsal	-0.96458	-0.08156	0.002574
Volume peitoral direita	0.764973	0.097781	0.025601
Volume peitoral esquerda	0.762868	0.069163	-0.01436
Volume pedúnculo	-0.95843	-0.09752	-0.01338
R- canônico	0.999186	0.813133	0.732052
Autovalor	0.998373	0.661186	0.535900
χ^2	566.3862	197.1706	134.9382

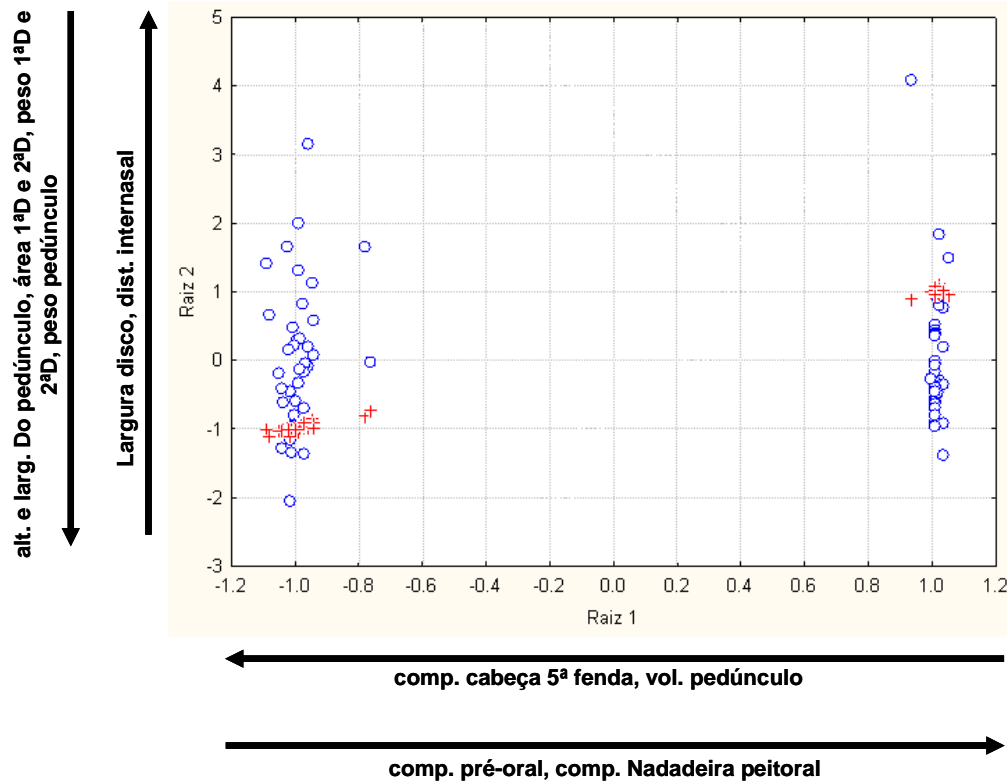


Figura 30: Resultados das análises discriminantes para os atributos morfológicos de *Z. brevisrostris* e *R. agassizi* reduzidos pelo CT.

Hugueny & Pouilly (1999) obtiveram resultados satisfatórios relacionando a dieta de peixes à sua forma em assembléias de peixes africanas. Devido à grande importância de mudanças na capacidade de abrir a boca em indivíduos jovens e seu efeito no tamanho da presa, mudanças no tamanho da boca durante a ontogenia têm sido muito bem documentadas para uma ampla variedade de espécies de peixes ósseos (HUNTER, 1980; YOSHIYAMA, 1980; KEAST, 1985).

Como já discutido por Higham (2007) e Domenici *et al.* (2007), características como locomoção e alimentação causam estresse pequeno porém constante em organismos aquáticos e atuam como fatores de seleção para mudanças morfológicas adaptativas (GOULD & ELDREDGE, 1977), mesmo que se considere pequenos períodos de tempo (GOULD & ELDREDGE, 1977).

O hábito de vida associado ao substrato, como é o caso das espécies aqui estudadas, pode influenciar a capacidade natatória e alimentar de organismos já que a densidade da água do mar aumenta em águas mais profundas, e isso poderia representar uma força de seleção ecológica forte (ALBERCH *et al.*, 1979). Outro fator importante a ser destacado é o alto nível trófico que estes animais alcançam, que

poderia representar uma vantagem secundária no que diz respeito à área da nadadeira caudal ou uma adaptação independente à disponibilidade das presas neste ambiente.

Forma e postura do corpo, atuação das nadadeiras pares e forma do pedúnculo caudal todos são capazes de gerar forças envolvidas na locomoção e captura do alimento (FISH & SHANNAHAN, 2000).

O espectro alimentar de peixes pode ser influenciado tanto pela morfologia e comportamento alimentar de cada espécie como pela composição e abundância dos recursos disponíveis (LONARDONI *et. Al.*, 2006). As conseqüências funcionais destas mudanças através da ontogenia ainda são pouco entendidas e, como a mudança em uma estrutura morfológica afeta sua função não foi estabelecido para muitas espécies. Em elasmobrânquios, os estudos ainda caminham com passos vagarosos no que se refere ao entendimento por completo da relação função-morfologia.

Muitas espécies utilizam uma combinação de natação e sucção para capturar suas presas (ALEXANDER, 1967; NYBERG, 1971; DROST, 1987), o que é o caso de muitas espécies de raias, que se alimentam de organismos associados ou enterrados no substrato, ainda que este comportamento seja muito variável mesmo entre espécies próximas filogeneticamente (NORTON, 1991; NORTON & BRAINERD, 1993)

Vale lembrar que, segundo Lauder (1983), possíveis mudanças no modo de alimentação e na composição da dieta de uma espécie são muito mais complexas do que se pode inferir através da morfologia externa, e envolvem também modificações anatômicas e musculares.

Quando examinamos a estrutura trófica de uma comunidade de peixes e a relação com entre morfologia e alimentação, deve ser percebido que, comparado à outros vertebrados como morcegos (MILES & RICKLEFS, 1984), os peixes ocupam uma posição única, e isso se deve à duas razões: 1) a diversidade de itens alimentares disponíveis para peixes é maior que para muitos grupos de vertebrados (NIKOLSKY, 1963), então deve-se esperar especializações consideráveis na estrutura e funcionamento do comportamento alimentar a fim de otimizar a alimentação; 2) peixes variam muito no tamanho do corpo, e frequentemente passam por mudanças drásticas na morfologia e ecolgia com a maturação (WERNER, 1986)

ÍNDICES MORFOLÓGICOS

Foram utilizados sete índices morfológicos descritos na literatura (GATZ, 1979), capazes de descrever relações ecológicas entre a anatomia do animal e sua relação com meio ambiente em que vive. Com base no conhecimento do significado de cada valor obtido para todos os índices, para ambas as espécies, foram estabelecidas comparações entre machos X fêmeas e jovens X adultos para as duas espécies estudadas, e entre as espécies.

Nenhum trabalho prévio sobre ecomorfologia de raias, dos poucos que foram realizados durante a execução do presente estudo, utilizou algum destes índices morfométricos. De fato, são índices que costumeiramente aparecem em estudos com peixes ósseos, e uma tentativa de adaptação para raias está sendo feita aqui. A ausência de trabalhos publicados dificulta muito a discussão dos dados obtidos por não haver dados de referência e comparação. Os resultados são descritos e comparados apenas entre as espécies e entre sexo e maturidade dentro de cada espécie.

No que diz respeito ao índice de compressão lateral (IC), pode-se notar que as fêmeas adultas de *Z. brevirostris* apresentaram os menores valores para a espécie, apesar de não apresentar grande diferença dos valores encontrados para as outras categorias. Este índice está fortemente relacionado com o habitat frequentado pelos animais, e neste caso os valores apresentados foram extremamente baixos, independentemente da categoria, indicando que os animais vivem em ambiente onde a velocidade da água é relativamente alta. Os exemplares de *R. agassizi* adultos apresentaram valores mais altos que os dos exemplares jovens, mas ainda os valores gerais desta espécie são bem menores que os de *Z. brevirostris*.

Quando se trata do índice altura relativa do corpo (ARC), a relação entre altura e largura do corpo se torna interessante, já que valores mais baixos tornariam o animal mais veloz e diminuiriam a sua capacidade de fazer giros verticais. Realmente, talvez este índice deva ser muito mais relacionado a peixes ósseos e alguns elasmobrânquios (tubarões) do que às raias, que, normalmente, não apresentam o tipo de performance que inclui giros verticais. Os resultados apontaram que indivíduos jovens de *Z. brevirostris* apresentaram valores mais altos com relação aos indivíduos adultos, porém

o mesmo não foi percebido para *R. agassizi*, que teve machos e fêmeas adultos apresentando maiores resultados. Exemplares adultos de *Z. brevirostris* e jovens de *R. agassizi* possuiriam, de acordo com este índice e sem prévios estudos de laboratório, maior facilidade em movimentos verticais e menor velocidade de natação.

Quando se trata do comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPC), os resultados para as duas espécies foram muito semelhantes, com machos (independentemente da maturidade) apresentando pedúnculos caudais com comprimento maiores em relação ao corpo. Obviamente, essa característica está relacionada à capacidade natatória do animal, que utilizaria um maior pedúnculo para impulsionar o corpo na água. Poderiam ser esperados dados maiores para *Z. brevirostris*, já que esta espécie realmente utiliza muito mais o pedúnculo caudal para natação do que *R. agassizi*, que utiliza ondulação das nadadeiras peitorais para impulsionar o corpo. Outra possível explicação para que o pedúnculo, relativamente ao tamanho do corpo, de machos seja maior que os das fêmeas é a proximidade desta estrutura com os órgãos reprodutivos (cláspers), que poderiam oferecer maior resistência ao fluxo de água, atrapalhando a natação e precisando ser compensada pelo maior comprimento do pedúnculo.

No que se refere ao índice de compressão do pedúnculo caudal (ICPC), *R. agassizi* apresentou resultados relativamente maiores que os de *Z. brevirostris*, o que deveria refletir em menos velocidade de natação e maior manobrabilidade. Machos de *R. agassizi*, apresentaram valores um pouco maiores que as fêmeas. A importância deste índice repousa sobre o fato de que ele explica uma excelente forma de compensação, já que um animal que possui menor velocidade apresentaria enorme desvantagem se não pudesse, ao menos, efetuar manobras que poderiam ser importantes na captura da presa e na evasão de predadores. Segundo Schrank & Webb (1998), a habilidade de se mover em pequenos espaços e a velocidade com a qual o animal realiza estas manobras (manobrabilidade) são comportamentos essenciais para sobrevivência, captura de presas, e capacidade de fuga de predadores. O mesmo autor considera essa alta capacidade de realizar manobras inversamente proporcional à estabilidade que o animal possa ter.

No que diz respeito ao comprimento relativo da cabeça (CRC), pode-se notar que exemplares jovens de *Z. brevirostris* possuem CRC levemente maior que os adultos, o que pode estar relacionado a uma etapa do crescimento do animal onde a cabeça acaba atingindo proporção relativa da cabeça maior que nos adultos. Em *R. agassizi*, não houve diferença que pudesse ser considerada importante, tanto no que se refere ao sexo quanto no que se refere à maturidade. Seria de se esperar que os exemplares adultos apresentassem maiores valores para este índice, já que são capazes de utilizar itens alimentares maiores e mais elusivos como recurso trófico. Vale ressaltar que as medidas utilizadas como base para realização dos cálculos destes índices não foram corrigidas para retirada da influência da alometria.

Não foi constatada nenhuma importante diferença nos resultados relacionados ao índice largura relativa da boca (LRB). Os dados para as duas espécies se apresentaram muito consistentes tanto quando se considerou as diferenças entre os sexos, como quando se considerou a diferença entre os estádios de maturidade. Novamente, os resultados esperados deveriam favorecer exemplares adultos, independente da espécie, já que essa medida está relacionada com o tamanho da presa consumida.

Quando se trabalha com o índice altura relativa da boca (ARB), a importância desta estrutura na aquisição de itens alimentares é avaliada de forma especial. O tamanho da boca, incluindo altura e largura, são medidas capazes de restringir o tamanho de presa a ser consumida. Para *Z. brevirostris*, fêmeas adultas apresentaram maiores resultados que machos adultos, o que não aconteceu para a outra espécie. Quando comparam-se os dados relativos aos jovens, não se nota nenhuma diferença importante, o que pode colocar à prova a importância desta medida morfológica para a determinação do tamanho das presas nestes animais.

Como resultado, alimentação e locomoção podem ser consideradas atividades que co-evoluíram para organismos aquáticos, como os elasmobrânquios (HIGHAM, 2007), o que pode ser avaliado neste trabalho através das análises morfológicas e alimentares.

SUGESTÃO DE PROTOCOLO DE MEDIDAS ÚTEIS PARA ESTUDOS ECOMORFOLÓGICOS EM ELASMOBRÂNQUIOS

Como proposto como objetivo principal deste capítulo, segue uma sugestão de protocolo de medidas que podem ser essenciais e muito descritivas de variáveis morfológicas importantes para estudos que queiram analisar ecomorfologia de elasmobrânquios, pelo menos no que se refere à alimentação e locomoção destes animais.

- BOCA: largura, abertura e, em alguns casos orientação
- COMPRIMENTO PRÉ-ORAL
- COMPRIMENTO DA CABEÇA
- ALTURA E LARGURA DO PEDÚNCULO CAUDAL
- DISCO: área e peso
- NADADEIRAS PEITORAIS: área e peso
- NADADEIRA CAUDAL: área e peso

Como não havia nenhum tipo de trabalho ou protocolo que conseguisse alocar todas as variáveis morfológicas importantes neste tipo de estudo quando o projeto foi proposto, idealizou-se utilizar quaisquer medidas que pudessem vir a ter alguma influência na alimentação e locomoção de raias. Através do trabalho laboratorial, percebeu-se que muitas das medidas apresentavam forte correlação entre si, o que dispensaria a aquisição de pelo menos algumas delas. O volume foi utilizado com a finalidade de se contrabalancear as medidas de área e de peso, já que uma estrutura poderia apresentar área extensa e peso reduzido influenciando os dados e podendo levar à equívocos na interpretação dos dados. Apesar disso, esta variável não apresentou variação significativamente diferente do peso e da área que justificasse sua utilização para futuros estudos. Além disso, a aquisição de dados volumétricos é extremamente elaborada e difícil de ser realizada em laboratório. Os materiais adequados para medição de volume quase sempre são considerados impróprios por não possuírem divisão de unidades (ml) suficientemente pequenas para medir volumes de estruturas pequenas, como foi o caso das nadadeiras dorsais de *R. agassizi*.

Por sua vez, peso e área se apresentam como bons descritores das diferenças encontradas nas variáveis analisadas neste estudo, apesar de serem medidas de mais fácil aquisição em laboratório.

CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

- Todas as medidas apresentadas para as duas espécies foram estatisticamente significativas, corroborando a idéia principal de que as duas espécies sugeridas utilizam mesmo diferentes tipos de locomoção.
- As medidas relacionadas à cabeça, boca, pedúnculo caudal e disco (incluindo nadadeiras peitorais) são as mais descritivas da relação dieta-morfologia para as espécies estudadas, e possivelmente responsáveis pela explicação que a morfologia pode fornecer para a alimentação de ambas.
- O volume não é uma medida que se aplica de forma fácil em laboratório, e, por possuir alta correlação com os dados de peso e área, pode ser descartado de protocolos laboratoriais.
- Foi sugerido um protocolo de medidas com alta relação com alimentação e locomoção para futuros estudos sobre a ecomorfologia de elasmobrânquios quando se considera estes dois fatores da ecologia das espécies.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, R. M. **Functional design in fishes.** 1967, London: Hutchinson University Library.
- BHAT, A. **Ecomorphological correlates in tropical stream fishes of southern India.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 73, p. 211-225, 2005.
- BLAKE, R. W. **Fish functional design and swimming performance.** *Journal of Fish Biology*, v. 65, p. 1193-1222, 2004.
- BIGELOW, H. B. & SCHROEDER, W. C. **Fishes of Western Atlantic – Part two: sawfishes, guitarfishes and rays.**
- BREDER, C. M. **Locomotion of fishes.** *Zoologica*, v. 4, p. 159-297, 1926.
- BOCK, W. J. **Concepts and methods in ecomorphology.** *Journal of Biosciences*, v. 19, n. 4, p. 403-413, 1994.
- BUDKER, P. **The life of sharks.** Columbia University press.
- CAMPBELL, B. **The locomotor behavior of spinal elasmobranches with an analysis of stinging in *Urobatis*.** *Copeia*, v. 1951, n. 4, p. 277-184, 1951.
- COMPAGNO, L. J. V. **Sharks. Key to families occurring in the area.** In CARPENTER, K. E (ed.): *FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Atlantic: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras*, 2002, v. 1, p. 363-505.
- CUNICO, A. M. & AGOSTINHO, A. A. **Morphological patterns of fish and their relationships with reservoirs hydrodynamics.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 49, n. 1, p. 125-134, 2006.
- DOMENINI, P.; CLAIREAUX, G. & MACKENZIE, D. J. **Environmental constraints upon locomotion and predator–prey interactions in aquatic organisms: an introduction.** *Philos. Trans. Roy. Soc. B*, v. 362, p. 1929-1936, 2007.
- DROST, M. R. **Relation between aiming and catch success in larval fishes.** *Canadian Journal of Fish Aquatic Science*, v. 44, p. 304-315, 1987.

- DRUCKER, E. G. & LAUDER, G. V. **Locomotor function of the dorsal fin in rainbow trout: kinematic patterns and hydrodynamic forces.** *Journal of Experimental Biology*, v. 208, p. 4470-4494, 2005.
- FIGUEIREDO, J. L. **Manual de Peixes Marinhos do Sudeste do Brasil. I - Introdução. Cações, Raias e Quimeras.** *Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo*, São Paulo. 1977. 104 p.
- FISH, F. E. & SHANNAHAN, L. D. **The role of pectoral fins in body trim of sharks.** *Journal of Fish Biology*, v. 56, n. 5, p. 1062-1073, 2000.
- FRAZZETTA, T. H. & PRANGE, C. D. **Movements of cephalic components during feeding in some requiem sharks (Carcharhiniformes, Carcharhinidae).** *Copeia*, p. 979-993, 1987.
- GATZ, A. J. **Ecological Morphology of freshwater stream fishes.** *Tulane Studies in Zoology and Botany*, v. 21, p. 91-124, 1979.
- GOMES, U. L. **Revisão taxonômica da família Rajidae no Brasil (Chondrichthyes, Elasmobranchii, Rajiformes).** *Tese de Doutorado, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro. 2002. 286p.
- GOMES, U. L.; GADIG, O. B. F. **Família Rhinobatidae.** In: MENEZES, N. A.; BUCKUP, P. A.; FIGUEIREDO, J. L. & MOURA, R. L. *Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo*, São Paulo. 2003. 30p.
- GOSLINE, W. A. **Functional morphology and classification of teleostean fishes.** University of Hawaii Press, Honolulu.
- GOULD, S. J. & ELDREDGE, N. **Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered.** *Paleobiology*, v. 3, p. 115-151, 1977.
- HENNERMANN, R. M. **Sharks and rays: Elasmobranch guide of the world.** 2001. IliKANan- Unterwasserarchiv, Frankfurt.
- HIGHAN, T. E. **The integration of locomotion and prey capture in vertebrates: Mmorphology, behaviour, and performance.** *Integrated. Comparative Biology*, v. 47, n. 1, p. 82-95, 2007.

- HOWLAND, H. C. **Optimal strategies for predator avoidance – relative importance of speed and maneuverability.** *Journal of Theoretical Biology*, v 47, p. 333-350, 1974.
- HUGUENY, B. & POUILLY, M. **Morphological correlates of diet in an assemblage of West African freshwater fishes.** *Journal of Fish Biology*, v. 54, p. 1310-1325, 1999.
- HUNTER, J. R. **The feeding behaviour and ecology of marine fish larvae. Fish behaviour and its use in the capture and culture of fishes.** *International Center for Living aquatic Resources Management*, 1980.
- HUSKEY, S. H. & TURINGAN, R. G. **Variation in prey resource utilization and oral jaw gape between two populations of largemouth bass, *Micropterus salmoides*.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 61, p. 185-194.
- HYSLOP E. J. **Stomach contents analysis – a review of methods and their application.** *Journal of Fishery Biology*, v. 17, p. 411-429, 1980.
- IBAÑEZ-AGUIRRE, A. I.; CABRAL-SOLIS, E.; GALLARDO-CABELLO, M. & ESPINO-BARR, E. **Comparative morphometrics of two populations of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) on the Atlantic and Mexican Pacific coasts.** *Scientia Marina*, v. 70, n. 1, p. 139-145, 2006.
- KARAKULAK, F. S.; ERK, H.; BILGIN, B. **Length-weight relationships for 47 coastal fish species from the northern Aegean Sea, Turkey.** *Journal of Applied Ichthyology*, v. 22, p. 274-278, 2006.
- KEAST, A. & WEBB, D. **Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario.** *J. Fish. Res. Bd. Can.*, v. 23, p. 1845-1874, 1966.
- KEAST, A. **development of dietary especializations in a summer community of juvenile fishes.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 13, p. 211-224, 1985.
- KEAST, A. **The piscivore feeding guild of fishes in small freshwater ecosystems.** *Environmental, Biology of Fishes*, v. 12, p. 119-129, 1985.
- KLAUSEWITZ, W. **Der lokomotions modus der Flugelrochen (Myliobatoidei).** *Zool. Anz. V.* 173, p. 110-120, 1964.

- KLIMLEY, A. P. **The determinants of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 18, p. 27-40, 1987.
- LAUDER, G. V. & CLARCK, B. D. **Water flow patterns during prey capture by teleost fishes.** *Journal of Experimental Biology*, v. 113, p. 143-150, 1984
- LAUDER, G. V. **Functional and morphological bases of trophic specialization in sunfishes (Teleostei, Centrarchidae).** *Journal of Morphology*, v. 178, p. 1-22, 1983.
- LAUDER, G. V. **Prey capture hydrodynamics in fishes: experimental tests of two models.** *Journal of Experimental Biology*, v. 104, p. 1-13, 1983.
- LAGENDRE, L & LEGENDRE, P. **Numerical ecology.** Elsevier, New York, 1983, 419p.
- LIEM, K. F. **Adaptative significance of intraspecific and interspecific differences in the feeding repertoires of cichlid fishes.** *American Zoologist*, v. 20, p. 295-314, 1980.
- LIGHTHILL M. J. **Aquatic animal propulsion of high hydromechanical efficiency.** *Journal of Fluid Mechanics*, v. 44, p. 265-301, 1970.
- LIMA-JUNIOR, S.E.; GOITEIN, R. **Ontogenetic diet shifts of a Neotropical catfish, *Pimelodus maculatus*. (Siluriformes, Pimelodidae): An ecomorphological approach.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 68, p. 73-79, 2003.
- LINDSEY, C. C. **Form, function and locomotory habits in fish.** In: HOAR, W. S. & RANDALL, D. J. (eds.), *Fish Physiology*, v. 7, p. 1-100, 1978, Academic Press.
- LINGHAM-SOLIAR, T. & PLODOWSKI, G. **Taphonomic evidence for high-speed adapted fin in thunniform ichthyosaurs.** *Naturwissenschaften*, v. 94, p. 65-70, 2007.
- LINGHAM-SOLIAR, T. **Caudal fin allometry in the white shark *Carcharodon carcharias*: implications for locomotory performance and ecology.** *Naturwissenschaften*, v. 92, p. 231-236, 2004.
- LUCIFORA, L. O.; VALERO, J. L.; BREMEC, C. S. & LASTA, M. L. **feeding habits and prey selection by the skate *Dipturus chilensis* (Elasmobranchii: Rajidae) from the south-western Atlantic.** *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, v. 80, p. 953-954, 2000.

- LUCIFORA, L. O.; VALERO, J. L.; BREMEC, C. S.; LASTA, M. L. **Feeding habits and prey selection by the skate *Dipturus chilensis* (Elasmobranchii: Rajidae) from the south-western Atlantic.** *Journal Marine Biology Association of United Kingdom*, v. 80, p. 953-954, 2000.
- MARTINS, I. A.; MARTINS, C. L.; LEME, M.H. A. **Biological parameters and population structure of *Psammobatis extenta* in Ubatuba region, north coast of the State of São Paulo, Brazil.** *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, v. 85, p. 1113-1118, 2005.
- MOTTA, P. J. & WILGA, C. D. **Anatomy of the feeding apparatus of the lemmon shark, *Negaprion brevirostris* (Chondrichthyes, Carcharhinidae).** *Journal of Morphology*, v. 226, p. 309-329, 1999.
- MOTTA, P. J.; WILGA, C. D. **Advances in the study of feeding behaviors, mechanisms, and mechanics of sharks.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 60, p. 131-156, 2001.
- MOTTA, P.J.; NORTON, S.F.; LUCZKOVICH, J.J. **Perspectives on the ecomorphology of bony fishes.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 44, p. 11-20, 1995.
- NORTON, S. F. & BRAINERD, E. L. **Convergence of feeding mechanisms of ecomorphologically similar species in the Centrarchidae and Cichlidae.** *Journal of experimental Biology*, v. 176, p. 11-29, 1993.
- NORTON, S. F. **Capture success and diet of cottid fishes: the role of predator morphology and attack kinematics.** *Ecology*, v. 72, p. 1807-1819, 1991.
- NORTON, S.F. **Functional approach to ecomorphological patterns of feeding in cottid fishes.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 44, p. 61-78, 1995.
- NYBERG, D. W. **Prey capture of largemouth bass.** *American Midl. Nature*, v. 86, p. 128-144, 1971.
- OSSE, J. W. M. & MULLER, M. **A model of suction feeding in teleostean fishes with some implications for ventilation.** In: ALI, M. A. (ed.), *Environmental Physiology of Fishes*. New York, Plenum Publishing Corporation.
- PIET, G.J. **Ecomorphology of a size-structured tropical fish community.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 51, p. 67-86, 1998.

- PLATELL, M. E.; POTTER, I. C. **Partitioning of food resource amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on lower west coast of Australia.** *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 261, p. 31-54, 2001.
- PLATELL, M. E.; POTTER, I. C. **Partitioning of habitat and prey by abundant and similar-sized species of the Triglidae and Pempherididae (Teleostei) in coastal waters.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 48, p. 235-252, 1999.
- PLATELL, M. E.; POTTER, I. C.; CLARKE, K. R. **Do the habitats, mouth morphology and diets of the mullids *Upeneichthys stotti* and *U. lineatus* in coastal waters of south-western Australia differ?** *Journal of Fish Biology*, v. 52, p. 398-418, 1998.
- PLATELL, M. E.; SARRE, G. A.; POTTER, I. C. **The diets of two co-occurring marine teleosts, *Parequula melbournensis* and *Pseudocaranx wrighti*, and their relationships to body size and mouth morphology, and the season and location of capture.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 49, p. 361-376, 1997.
- RICKLEFS, R. E.; MILES, B. M. **Ecological and Evolutionary Inferences from Morphology: An Ecological Perspective.** In: WAINWRIGHT, P. C.; REILLY, S. M. *Ecological Morphology, Integrative Organismal Biology*, University of Chicago Press, Chicago, p. 13-41, 1994.
- ROSEMBERGER, L. J. **Pectoral fin locomotion in batoid fishes: undulation versus oscillation.** *Journal of Experimental Biology*, v. 204, p. 379-394, 2001.
- SASKO, D. E.; DEAN, M. N.; MOTTA, P. J. & HUETER, R. E. **Prey capture behavior and kinematics of the Atlantic cownose ray, *Rhinoptera bonasus*.** *Zoology*, v. 109, p. 171-181, 2006.
- SCHAEFER, J. T. & SUMMERS, A. P. **Batoid wing skeletal structure: novel morphologies, mechanical implications and phylogenetic patterns.** *Journal of Morphology*, v. 264, p. 298-313, 2005.
- SCHRANK, A. J. & WEBB, P. W. **Do body and fin form affect the abilities of fish to stabilize swimming during maneuvers through vertical and horizontal tubes?** *Environmental Biology of Fishes*, v. 53, p. 365-371, 1998.

- SILVA, M. O. **Estudo comparativo da dieta alimentar de *Rhizoprionodon lalandii* Valenciennes (Carcharhinidae) e de jovens de *Sphyrna lewini* Griffith & Smith (Sphyrnidae), desembarcados na Praia das Astúrias, Guarujá - SP.** *Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo.* 1999. 95p.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, W. H. **Biometry.** Freeman and Company, New York, 1995. 887p.
- STANDEN, E. M. & LAUDER, G. V. **Dorsal and anal fin function in bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*: three-dimensional kinematics during propulsion and maneuvering.** *Journal of Experimental Biology*, v. 208, p. 2753-2763, 2005.
- STONER, A. W.; LIVINGSTON, R. J. **Ontogenetic pattern in diet and feeding morphology in sympatric sparid fishes from seagrass meadows.** *Copeia*, v. 1984, n. 1, p. 174-187, 1984.
- THOMSON, K. S. & SIMANEK, D. **Body form and locomotion in sharks.** *American Zoologist*, v. 17, p. 343-354, 1977.
- THOMSON, K. S. **On the heterocercal tail in sharks.** *Paleobiology*, v. 2, p. 19-38, 1976.
- WAINWRIGHT, P. C.; RICHARD, B. A. **Predicting patterns of use from morphology of fishes.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 44, p. 97-113, 1995.
- WALKER, T. I. **A fishery simulation model for sharks applied to the gummy shark, *Mustelus antarticus* Gunther, from southern Australian waters.** *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, v. 43, p. 195-212, 1992.
- WARD-CAMPBELL, B. M. S.; BEAMISH, F. W. H. **Ontogenetic changes in morphology and diet in the snakehead, *Channa limbata*, a predatory fish in western Thailand.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 72, p. 251-257, 2005.
- WATSON, D. J.; BALON, E. K. **Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo.** *Journal of Fish Biology*, v. 25, p. 371-384, 1984.
- WEBB P. W. **Body form, locomotion, and foraging in aquatic vertebrates.** *American Zoologist*, v. 24, p. 107-120, 1984.

- WEBB, P. W. & BLAKE, R. W. **Swimming.** In: HILDEBRAND, M. BRAMBLE, D. M. LIEM, K. F. & WAKE, D. B. (eds.) *Functional vertebrate morphology*, Harvard University Press.
- WEBB, P. W. **Control of posture, depth and swimming trajectories of fishes.** *Integrated and Comp. Biology*, v. 42, p. 94-101, 2002.
- WEBB, P. W.; Laliberté, G. D. & SCHRANK, A. J. **Does body and fin form affect the maneuverability of fish traversing vertical and horizontal slits?** *Environmental Biology of Fishes*, v. 46, p. 7-14, 1996.
- WEBB, P.W. & KEYES, S. T. **Swimming kinematics of sharks.** *Fishery Bulletin*, v. 80, p. 803-812, 1982.
- WEBB, P.W. **Form and function in fish swimming.** *Sci. Am.*, v. 251, p. 58-68, 1984.
- WEIHS, D. & WEBB, P. W. **Optimal avoidance and evasion tactics in predator-prey interactions.** *Journal of Theoretical Biology*, v. 106, p. 189-206, 1984.
- WERNER, E. E. **Species packing and niche complementary in three sunfishes.** *Am. Nat.* v. 111, p. 553-578, 1977.
- WERNER, E. E.; GILLIAM, J. F. **The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations.** *Annual Review of Ecological Systems*, v. 15, p. 393-425, 1984.
- WILGA, C. D. **Morphology and Evolution of the Jaw Suspension in Lamniform Sharks.** *Journal of Morphology*, v. 265, p. 102-119, 2005.
- WILGA, C. D.; HUETER, R. E.; WAINWRIGHT, P. C & MOTTA, P. J. **Evolution of upper jaw mechanisms in elasmobranchs.** *American Zoologist*, v. 41, p. 1248-1257, 2001.
- WILGA, C. D.; LAUDER, G. V. **Function of the heterocercal tail in sharks: quantitative wake dynamics during steady horizontal swimming and vertical maneuvering.** *Journal of Experimental Biology*, v. 205, p. 2365-2374, 2002.
- WILGA, C. D.; MOTTA, P. J. **Feeding mechanism of the atlantic guitarfish *Rhinobatos lentiginosus*: modulation of kinematics and motor activity.** *Journal of Experimental Biology*, v. 201, p. 3167-3184, 1998.

- WILGA, C. D.; WAINWRIGHT, P. C.; MOTTA, P. J. **Evolution of jaw depression mechanics in aquatic vertebrates: insights from Chondrichthyes.** *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 71, p. 165-185, 2000.
- WOOTTON, R. J. **Ecology of Teleost Fishes.** 2nd ed. Amsterdam: *Kluwer Academic Publishers*, 1999. 351p.
- YOSHIYAMA, R. M. **Food habits of three species of rocky intertidal sculpins (Cottidae) in Central California.** *Copeia*, p. 515-525, 1980.