

**ESTRUTURA DA VARIAÇÃO DE FORMA E RELAÇÕES
ALOMÉTRICAS DE OTÓLITOS *SAGITTA* EM ESTOQUES
PESQUEIROS DE PEIXES DA FAMÍLIA SCIAENIDAE**

MARCELLE DE AZEVEDO OLIVEIRA

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

Campos dos Goytacazes - RJ

Março/2009

**ESTRUTURA DA VARIAÇÃO DE FORMA E RELAÇÕES
ALOMÉTRICAS DE OTÓLITOS *SAGITTA* EM ESTOQUES
PESQUEIROS DE PEIXES DA FAMÍLIA SCIAENIDAE**

MARCELLE DE AZEVEDO OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biotecnologia, da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Rabello Monteiro

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Madeira Di Beneditto

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

Março/2009

**ESTRUTURA DA VARIAÇÃO DE FORMA E RELAÇÕES
ALOMÉTRICAS DE OTÓLITOS SAGITTA EM ESTOQUES
PESQUEIROS DE PEIXES DA FAMÍLIA SCIAENIDAE**

MARCELLE DE AZEVEDO OLIVEIRA

Dissertação apresentada ao Centro de
Biotecnologia e Biociências, da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 24 de março de 2009.

Comissão Examinadora,

Prof. Carlos Ramon Ruiz-Miranda (Dr. em Comportamento Animal) - UENF

Prof. Dácio Ricardo de Andrade (Dr. em Morfologia) - UENF

Prof. Luiz Ricardo Gaelzer (Dr. em Biociências e Biotecnologia) - IEAPM

Prof^a. Ana Paula Madeira Di Beneditto (Dr^a. em Biociências e Biotecnologia) -UENF
(Co-Orientadora)

Prof. Leandro Rabello Monteiro (Dr. em Zoologia) - The University of Hull
(Orientador)

Dedico essa dissertação a Alexandre
Gomes Ferreira pelo seu amor,
incentivo, orientação e por ser sempre o
meu porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Leandro Rabello Monteiro pela confiança e orientação. Sua dedicação ao trabalho, sua ética e sua força de vontade são exemplos que irei levar durante toda a minha caminhada.

Ao José Louvise Gomes Júnior por ter se tornado um grande amigo e companheiro. Obrigada por todo conhecimento transmitido!

Aos meus pais, Lourdes Helena H. de A. Oliveira e Jair de Oliveira Filho, por sempre acreditarem em mim e por estarem ao meu lado em todos os momentos. Tudo o que eu conquistei devo a vocês!

A minha irmã Maíra de A. Oliveira pelo apoio e carinho.

Ao Eduardo B. Fagundes Neto por ter cedido às amostras de Rio das Ostras e por todo apoio logístico na análise de determinação das idades.

Aos meus companheiros de laboratório Fábio Bissaro, Natália Sampaio e Priscila pela ajuda na execução das atividades no laboratório e por tornar o ambiente de trabalho muito agradável e descontraído.

A Prof.^a Ana Paula Madeira Di Beneditto pela parceria nesse trabalho e pelas sugestões que contribuíram para o enriquecimento desse estudo.

Aos meus colegas de pós-graduação Roberta Miranda, Danielle Barbiero, Rita Wetler, Beatriz Araújo, Anandra Silva, Danilo Santos, Maurício Lima e Frederico.

A Prof.^a Ilana Rosental Zalmon por ter aceitado ser revisora desse trabalho.

Aos Professores Dálcio Andrade, Carlos Ruiz-Miranda, Luiz Ricardo Gaelzer e Ana Paula M. Di Beneditto por aceitarem participar da banca examinadora.

Ao CNPq e FAPERJ pelo apoio financeiro e a CAPES pela bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

Ítem	Pág.
Agradecimento.....	IV
Sumário.....	V
Lista de Figuras.....	VI
Lista de Tabelas.....	IX
Resumo.....	XI
Abstract.....	XII
1 Introdução.....	1
1.1 Aspectos gerais da Família Sciaenidae.....	4
2 Objetivo.....	6
3 Justificativa.....	6
4 Material e Métodos.....	6
4.1 Área de estudo.....	6
4.2 Coleta e processamento do material biológico.....	9
4.3 Determinação da idade.....	9
4.4 Análises geométricas e estatísticas.....	10
4.5 Fator de Condição.....	14
5 Resultados.....	14
5.1 Comprimento padrão e peso total dos indivíduos.....	14
5.2 Comprimento dos otólitos e idade dos indivíduos.....	15
5.3 Relações alométricas.....	17
5.4 Análise Discriminante.....	21
5.5 Agrupamentos baseados em modelos de misturas gaussianas..	25
5.6 Fator de Condição.....	31
6 Discussão.....	33
7 Conclusão.....	41
8 Bibliografia.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1 <i>Paralanchurus brasiliensis</i> (Steindacher, 1875) - Maria-luisa.....	5
2 <i>Stellifer rastrifer</i> (Jordan, 1889) - Cangoá.....	5
3 <i>Isopisthus parvipinnis</i> (Cuvier, 1830) - Pescadinha.....	5
4 Área de estudo onde foi realizada as coletas dos peixes estudados	8
5 Serra metalográfica (<i>Buelher isomet</i>) utilizada para secção dos otólitos.....	10
6 Otólito direito de <i>P. brasiliensis</i> mostrando os pontos de referência (landmarks) e pontos ao longo do contorno (semilandmarks) utilizados.....	12
7 Otólito direito de <i>S. rastrifer</i> mostrando os pontos de referência (landmarks) e pontos ao longo do contorno (semilandmarks) utilizados.....	13
8 Otólito direito de <i>I. parvipinnis</i> mostrando os pontos de referência (landmarks) e pontos ao longo do contorno (semilandmarks) utilizados.....	13
9 Diagrama box-plot para o tamanho dos otólitos das três populações de <i>P. brasiliensis</i>	16
10 Diagrama box-plot para o tamanho dos otólitos das três populações de <i>S. rastrifer</i>	16
11 Diagrama box-plot para o tamanho dos otólitos das três populações de <i>I. parvipinnis</i>	17
12 Corte transversal de otólito de <i>S. rastrifer</i> mostrando os anéis de crescimento.....	17
13 Diagrama de dispersão mostrando as trajetórias alométricas dos otólitos dos indivíduos de <i>P. brasiliensis</i> . A) Mudança de forma associada ao sentido positivo da regressão; B) Mudança de forma associada ao sentido negativo da regressão.....	19
14 Diagrama de dispersão mostrando as trajetórias alométricas dos otólitos dos indivíduos de <i>S. rastrifer</i> . A) Mudança de forma associada ao sentido positivo da regressão; B) Mudança de forma associada ao sentido negativo da regressão.....	20

- 15 Diagrama de dispersão mostrando as trajetórias alométricas dos otólitos dos indivíduos de *I. parvipinnis*. **A)** Mudança de forma associada ao sentido positivo da regressão; **B)** Mudança de forma associada ao sentido negativo da regressão..... 20
- 16 Diagrama de dispersão com dois eixos canônicos mostrando a distribuição das três populações de *P. brasiliensis*. Grades de transformação abaixo do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (**A**) e aos escores positivos (**B**) da variável canônica 1. Grades de transformação ao lado do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (**C**) e aos escores positivos (**D**) da variável canônica 2.... 23
- 17 Diagrama de dispersão com dois eixos canônicos mostrando a distribuição das três populações de *S. rastrifer*. Grades de transformação abaixo do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (**A**) e aos escores positivos (**B**) da variável canônica 1. Grades de transformação ao lado do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (**C**) e aos escores positivos (**D**) da variável canônica 2.... 24
- 18 Diagrama box-plot para os escores mostrando a distribuição das duas populações de *I. parvipinnis* no eixo discriminante. Grades de transformação ao lado do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores positivos (**A**) e aos escores negativos (**B**).. 25
- 19 Resultados da análise de agrupamentos baseados em modelos para os estoques de *P. brasiliensis*. Foram utilizados os dois primeiros componentes principais das coordenadas alinhadas após correção estatística para alometria dentro dos grupos. No diagrama de classificação, os triângulos azuis correspondem ao grupo 1, os quadrados vermelhos ao grupo 2, os círculos verdes ao grupo 3 e a cruz azul claro ao grupo 4 da Tabela 6..... 28

20	Resultados da análise de agrupamentos baseados em modelos para os estoques de <i>S. rastrifer</i> . Foram utilizados os dois primeiros componentes principais das coordenadas alinhadas após correção estatística para alometria dentro dos grupos. No diagrama de classificação, os triângulos azuis correspondem ao grupo 1 e os quadrados vermelhos ao grupo 2 da Tabela 7.....	29
21	Resultados da análise de agrupamentos baseados em modelos para os estoques de <i>I. parvipinnis</i> . Foram utilizados os dois primeiros componentes principais das coordenadas alinhadas após correção estatística para alometria dentro dos grupos. No diagrama de classificação, os triângulos azuis correspondem ao grupo 1, os quadrados vermelhos ao grupo 2 e os círculos verdes ao grupo 3 da Tabela 8.....	30
22	Diagrama boxplot para o fator de condição (K) para <i>P.brasiliensis</i> ...	31
23	Diagrama boxplot para o fator de condição (K) para <i>S. rastrifer</i>	32
24	Diagrama boxplot para o fator de condição (K) para <i>I. parvipinnis</i>	32

LISTA DE TABELAS

Tabela	Pág.
1 Número de espécimes coletados nas áreas estudadas.....	9
2 Valores médios, máximos e mínimos do peso total e comprimento padrão de <i>P. brasiliensis</i>	14
3 Valores médios, máximos e mínimos do peso total e comprimento padrão de <i>S. rastrifer</i>	15
4 Valores médios, máximos e mínimos do peso total e comprimento padrão de <i>I. parvipinnis</i>	15
5 Resultados da regressão multivariada entre forma e comprimento dos otólitos. O coeficiente de determinação mostra a porcentagem de variação de forma explicada pela regressão. O P (regressão) mostra a significância da regressão baseada em 10000 permutações aleatórias. O P (paralelismo) mostra a significância das diferenças entre coeficientes de regressão baseada em uma análise de covariância.....	18
6 Classificação dos indivíduos de <i>P. brasiliensis</i> , de acordo com a validação cruzada da análise discriminante. A procedência original está listada nas linhas e a classificação nas colunas.....	21
7 Classificação dos indivíduos de <i>S. rastrifer</i> , de acordo com a validação cruzada da análise discriminante. A procedência original está listada nas linhas e a classificação nas colunas.....	21
8 Classificação dos indivíduos de <i>I. parvipinnis</i> , de acordo com a validação cruzada da análise discriminante. A procedência original está listada nas linhas e a classificação nas colunas.....	22
9 Resultado dos agrupamentos baseados em modelos para <i>P. brasiliensis</i>	27
10 Resultado dos agrupamentos baseados em modelos para <i>S. rastrifer</i>	27

11	Resultado dos agrupamentos baseados em modelos para <i>I. parvipinnis</i>	27
12	Percentual de classificação correta dos estoques pesqueiros através da forma dos otólitos observados na literatura. A coluna “Método” indica o tipo de variáveis utilizadas na discriminação: F = coeficientes de Fourier, M = medições lineares (incluindo ângulos curvaturas e outras medidas geométricas excluindo coordenadas de marcos anatômicos).....	34

RESUMO

Estudos de morfometria geométrica utilizando otólitos são importantes ferramentas para a identificação e discriminação de estoques pesqueiros. Os peixes da família Sciaenidae vêm sendo utilizados em estudos sobre a variação de forma nos otólitos, por possuírem otólitos relativamente grandes e dependerem da audição para comunicação intraespecífica. Os sciaenídeos são peixes demersais que vivem em áreas estuarinas e costeiras ao longo da Costa Atlântica da América do Sul. O objetivo deste estudo é analisar as diferenças de forma e relações alométricas nos otólitos de estoques de três espécies de sciaenídeos (*Paralanchurus brasiliensis*, *Stellifer rastrifer* e *Isopisthus parvipinnis*) para identificar padrões de distribuição populacional na costa do Estado do Rio de Janeiro. Os espécimes foram coletados em três áreas contíguas com características ambientais singulares: Farol de São Tomé, Atafona e Rio das Ostras. A forma dos otólitos foi quantificada por coordenadas geométricas de pontos ao longo do contorno e marcos anatômicos. As variáveis de forma foram submetidas a uma regressão sobre os tamanhos dos otólitos e seus resíduos foram utilizados em análises discriminantes e em análises de agrupamentos baseados em modelos de misturas gaussianas. As diferenças entre trajetórias alométricas foram testadas por análise de covariância entre as variáveis de forma e o comprimento dos otólitos (agrupando por estoque). O padrão alométrico observado em todas as espécies mostrou um crescimento positivo no eixo ântero-posterior e um aumento relativo da área ocupada pelo óstio. A análise discriminante foi altamente significativa para todas as espécies, identificando 99-100% dos espécimes corretamente em relação ao local amostrado. A análise de agrupamento sugeriu que os estoques de *P. brasiliensis* e *S. rastrifer* apresentam diferentes estruturas de covariância, ao passo que os estoques de *I. parvipinnis* apresentaram divergência proeminente em relação às médias. As técnicas utilizadas neste estudo revelaram resultados com maior eficiência quando comparadas com outras previamente utilizadas para identificação de estoques. A singularidade na estrutura de variação de forma e relações alométricas dos otólitos das espécies estudadas sugerem a existência de características ambientais específicas na região do Cabo de São Tomé, que a diferenciam em relação a Rio das Ostras e a Atafona. Neste contexto, para o propósito de gerenciamento pesqueiro na região sugere-se que as áreas estudadas sejam tratadas de forma distintas.

ABSTRACT

Morphometric geometric studies using otoliths are powerful tools to discriminate fisheries stock. The Sciaenid fish are widely used in studies about otolith shape variation because they have relatively large otoliths and depend on hearing for intraspecific communication. The Sciaenids are demersal fishes that live in estuarine and coastal areas along the South American Atlantic Coast. The goal of this study is to analyze the differences in shape and allometric relationships of otoliths from stocks of three sciaenid species (*Paralichthys brasiliensis*, *Stellifer rastrifer* and *Isopisthus parvipinnis*) in order to identify populational distribution patterns on the coast of the Rio de Janeiro State. The specimens were collected in three contiguous areas with singular environmental characteristics: Farol de São Tomé, Atafona e Rio das Ostras. Otolith shape was quantified by geometric coordinates of contour points and anatomical landmarks. The shape variables were regressed on otolith size and their residues were used in a discriminant analysis and in a cluster analysis based on gaussian mixture models. The differences among allometric trajectories were tested by an analysis of covariance between the shape variables and otolith size (grouping by stock). The allometric shape changes observed in all species showed a relative increase in the antero-posterior axis and a relative increase of the ostium area. The discriminant analysis among stocks was highly significant for all species, identifying 99-100% specimens correctly in relation to sample site. The model-based cluster analysis showed that the stocks of *P. brasiliensis* and *S. rastrifer* present different covariance structures, whereas the stocks of *I. parvipinnis* showed prominent divergence in relation to mean shapes. The techniques used in this study revealed more efficient results when compared with those previously used for the identification of stocks. The singularity of shape variation patterns and allometric trajectories of the species studied suggest the existence of specific environmental characteristics in the region of Farol de São Tomé, which set it apart from Atafona and Rio das Ostras. For the purpose of fisheries management, the stocks from these areas should be treated as different populations.

1- INTRODUÇÃO

Otólitos são concreções de carbonato de cálcio localizadas no ouvido interno dos peixes que contribuem para a percepção de sons e para o equilíbrio corporal. Estas estruturas crescem a partir da deposição de camadas concêntricas de carbonato de cálcio durante o desenvolvimento somático dos peixes e ocorrem em três pares assim denominados: *lapillus*, *sagitta* e *asteriscus* (Bizerril e Costa, 2001).

O par *lapillus* está localizado no *utricullus*, na porção dorsal do ouvido interno dos teleósteos, sendo utilizado primariamente para detectar a força gravitacional e os sons. O par *sagitta* e *asteriscus* estão situados no *sacullus* e na *lagena*, respectivamente, na porção ventral do ouvido interno. Esta região é utilizada para detectar sons e na transmissão acústica. O otólito *sagitta*, na sua porção medial, contém uma reentrância característica chamada de sulco acústico, o qual se encontra ligado a uma membrana acelular denominada membrana otolítica, que por sua vez conecta-se a um epitélio nervoso constituído por células ciliadas, conhecido como mácula. Desse ponto estendem-se inervações responsáveis pela condução do estímulo nervoso (Popper e Lu, 2000).

Vibrações sonoras são capazes de afetar diferentemente o otólito devido à sua elevada densidade relativa quando comparada ao fluido que preenche a cavidade otolítica. Tais estímulos provocam o deslocamento do otólito no interior da cavidade, de forma que quando em contato com o epitélio ciliado da mácula, haja a transformação das ondas sonoras em estímulos sensoriais transmitidos pelo nervo auditivo até o cérebro (Popper e Lu, 2000).

Alguns autores sugerem que a forma do otólito apresenta pequena variação entre indivíduos da mesma espécie, permitindo a identificação específica de exemplares a partir de análises dessa estrutura (Gauldie, 1988; Aguirre e Lombarte, 1999; Lychakov e Rebane, 2000). A razão para esta estabilidade intra-específica pode estar associada à função de transmissão sonora (Gauldie, 1988), ou seja, diferentes formas de otólitos resultam em diferentes sensibilidades para a audição de determinadas frequências sonoras (Popper e Lu, 2000). Um exemplo característico é a razão entre o tamanho do otólito e o tamanho da mácula, que é relativamente constante entre indivíduos da mesma espécie, mas apresenta variações entre espécies diferentes (Gauldie, 1988).

Apesar da forma dos otólitos *sagitta* ser considerada espécie-específica, existem controvérsias sobre a contribuição relativa do desenvolvimento ontogenético e dos fatores genéticos e ambientais para a diferenciação de forma entre indivíduos da mesma espécie (Gaemers, 1984). O tamanho e a forma dos otólitos *sagitta* podem ser influenciados pelos seguintes fatores ambientais: profundidade, tipo de substrato (Aguirre e Lombarte, 1999; Paxton, 2000; Torres *et al.*, 2000; Gauldie e Crampton, 2002; Volpedo e Echeverria, 2003), temperatura da água e dieta, sendo estes últimos através de influência indireta no crescimento do peixe (Lombarte *et al.*, 2003; Cardinale *et al.*, 2004).

A procedência de estoques pesqueiros é uma importante informação no auxílio ao gerenciamento da pesca e para estudos sobre a evolução das populações de peixes (Cadrin, 2000). Por sua vez, os otólitos *sagitta* são amplamente utilizados em estudos de biologia pesqueira por possibilitarem a discriminação de animais provenientes de diferentes estoques (Devries *et al.*, 2002; Cardinale *et al.*, 2004; Ponton, 2006; Pothin *et al.*, 2006; Tracey *et al.*, 2006; Gonzalez-Salas e Lenfant, 2007). Deste modo, a forma dos otólitos vem sendo utilizada com algum sucesso para este propósito, assim como uma combinação de outras informações biológicas, como, por exemplo, os marcadores genéticos e os aspectos biométricos (Cadrin, 2000; Monteiro *et al.*, 2005; Pothin *et al.*, 2006; Tuset *et al.*, 2006; Gonzalez-Salas e Lenfant, 2007).

Os otólitos *sagitta* também podem ser utilizados para identificar itens alimentares de predadores, pois a sua decomposição pelas enzimas digestivas ocorre em um período de tempo maior em relação a outras estruturas (Cottrell *et al.*, 1996; Di Benedetto *et al.*, 2001). Por serem estruturas consideradas espécie-específicas, alguns autores vêm também utilizando os otólitos *sagitta* como instrumento de avaliação de relações taxonômicas entre diferentes espécies (Torres *et al.*, 2000; Tuset *et al.*, 2006). Da mesma forma, por apresentarem uma estrutura de crescimento contínuo caracterizada por deposições de camadas concêntricas de carbonato de cálcio na forma de anéis de crescimento, outros autores associam diretamente o número de camadas depositadas com a idade dos peixes (Gauldie, 1994; Radebe *et al.*, 2001). Devido à influência de fatores ambientais sobre aspectos morfométricos dos otólitos, relações ecomorfológicas vêm sendo estudadas através desta estrutura (Torres *et al.*, 2000; Volpedo e Echeverria, 2003).

A maioria dos estudos sobre a forma dos otólitos analisa relações alométricas do sulco acústico (a razão área do sulco/área do otólito) ou a forma de contornos através de pontos sem correspondência biológica, no otólito ou no sulco acústico (Torres *et al.*, 2000; DeVries *et al.*, 2002; Gauldie e Crampton, 2002; Cardinale *et al.*, 2004). A revolução nos métodos morfométricos iniciada no final da década de 80 a partir da introdução de conceitos geométricos de forma e tamanho, permitiu a combinação de dados provenientes de contornos e pontos com correspondência biológica (marcos anatômicos) (Bookstein, 1997). Esses métodos possibilitaram um aumento considerável na qualidade da informação biológica extraída de estruturas como os otólitos, que apresentam variação na forma dos contornos e na posição relativa de pontos de referência anatômicos (Monteiro *et al.*, 2004; 2005). O algoritmo que estende o método de deformações (*thin plate splines*) para permitir o deslizamento de pontos em contornos (semilandmarks) proposto por Bookstein (1997) se insere neste contexto e tem sido aplicado em estudos sobre a quantificação das diferenças de forma entre grupos de populações ou espécies (Monteiro *et al.*, 2004; 2005; Ponton, 2006; Tracey *et al.*, 2006).

A morfometria geométrica também vem sendo utilizada em estudos sobre diferenciação de estoques pesqueiros através da variação de forma nos otólitos, por ser considerada uma ferramenta rápida, de baixo custo e robusta (Tracey *et al.*, 2006). A aplicação das técnicas morfométricas em estudos sobre a discriminação de populações de peixes gera uma quantidade considerável de dados, aumentando o poder estatístico e conseqüentemente à compreensão sobre os processos biológicos e fatores de influência na variação de forma dos otólitos (Monteiro e Reis, 1999; Monteiro *et al.*, 2004; 2005; Ponton, 2006). Desta forma, o avanço de novas técnicas morfométricas está em consonância com o desenvolvimento dos métodos de identificação de estoques pesqueiros, complementando as abordagens genéticas e ambientais na discriminação de estoques (Cadrin, 2000), fazendo com que o estudo morfométrico dos otólitos seja uma alternativa interessante a ser aplicado ao gerenciamento de estoques pesqueiros (DeVries *et al.*, 2002; Monteiro *et al.*, 2004).

1.1- Aspectos gerais da Família Sciaenidae

Os peixes da família Sciaenidae são demersais e comumente encontrados associados a fundos arenosos em áreas costeiras ou estuarinas, por toda a costa Atlântica da América do Sul. A dieta desses organismos consiste principalmente de invertebrados bênticos e outros peixes (Menezes e Figueiredo, 1980).

Os sciaenídeos possuem otólitos de grande tamanho relativo (Luczkovich *et al.*, 1999), apresentam diferenças interespecíficas na forma dessa estrutura (Monteiro *et al.*, 2005) e utilizam comunicação sonora intraspecífica (Luczkovich *et al.*, 1999), sendo considerados modelos apropriados para estudos sobre variação de forma e função nos otólitos (Ramcharitar *et al.*, 2001; Cruz e Lombarte, 2004). Otólitos de diferentes espécies desta família foram utilizados em estudos relacionados a variações alométricas (Aguirre, 2003; Monteiro *et al.*, 2005; Bervian *et al.*, 2006), diferenças de forma (Monteiro *et al.*, 2005), correlações entre tamanho e produção de sons (Cruz e Lombarte, 2004), tamanho e habitat (Hoff e Buiman, 1993; Paxton, 2000), sistemática de grupos (Paxton, 2000), assim como para a identificação de presas em conteúdos estomacais (Laerm *et al.*, 1997).

As espécies *Paralanchurus brasiliensis* (Maria-Luisa) (Figura 1), *Stellifer rastrifer* (Cangoá) (Figura 2) e *Isopisthus parvipinnis* (Pescadinha) (Figura 3) são Sciaenídeos encontrados em todo o litoral brasileiro (Menezes e Figueiredo, 1980), sendo comumente capturadas por redes de arrasto, principalmente como produto de captura acidental na pesca do camarão (Paiva-Filho e Schimigelow, 1986; Branco e Verani, 2006). Borges (2006), em estudo sobre a ictiofauna acompanhante do camarão na costa Norte do Estado do Rio de Janeiro, identificou a família Sciaenidae como a mais representativa, sendo predominantes os indivíduos de *P. brasiliensis* e *I. parvipinnis*. Com a exceção de *I. parvipinnis* (Di Benedetto, 2000), essas espécies não apresentam valor comercial significativo, mas o conhecimento da sua biologia é importante pela sua participação em diferentes cadeias tróficas, colaborando para o equilíbrio dos ecossistemas marinhos (Paiva-Filho e Schimigelow, 1986). Essas espécies também já foram descritas como sendo itens alimentares de pequenos cetáceos no litoral Norte Fluminense (Di Benedetto, 2000).



Figura 1: *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner, 1875) - Maria-Luisa



Figura 2: *Stellifer rastrifer* (Jordan, 1889) - Congoá



Figura 3: *Isopisthus parvipinnis* (Cuvier, 1830) - Pescadinha.

2- OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi analisar as diferenças de forma e relações alométricas nos otólitos *sagitta* em estoques pesqueiros de três espécies de peixes da família Sciaenidae (*P. brasiliensis*, *S. rastrifer* e *I. parvipinnis*). Tais diferenças foram utilizadas na identificação de grupos populacionais segregados no litoral do Estado do Rio de Janeiro.

Este estudo pretende identificar uma possível barreira à movimentação das espécies estudadas entre áreas geográficas contíguas na região e também aumentar o conhecimento sobre a aplicação de técnicas morfométricas no gerenciamento pesqueiro, quando comparadas a outras técnicas já descritas na literatura.

3- JUSTIFICATIVA

Pesquisas sobre a variação de forma e relações alométricas de otólitos, assim como o estabelecimento de novas metodologias aplicáveis a estudos morfométricos, fornecem importantes informações para o gerenciamento pesqueiro e estudos ecológicos associados.

4- MATERIAL E MÉTODOS

4.1- Área de estudo

A costa brasileira pode ser dividida em duas grandes áreas, de acordo com suas regiões marinhas e características climáticas correspondentes: tropical (5° N – 23° S) e subtropical (23° S – 35° S). Neste contexto, identifica-se uma zona de transição faunística (18° S – 35° S), na qual a costa do Estado do Rio de Janeiro (Figura 4) está inserida e onde há uma grande diversidade de organismos estuarinos e marinhos (Palacio, 1982).

A linha costeira do Estado do Rio de Janeiro possui 850 km de extensão e área de 18.292 Km² (Weber, 2001), representando cerca de 8 % da costa brasileira. Esta região é a terceira produtora nacional de pescado, sendo os peixes da família

Sciaenidae capturados com freqüência nas atividades pesqueiras (Di Benedetto *et al.*, 1998).

Geograficamente, a região costeira do Estado do Rio de Janeiro pode ser dividida em quatro setores: Litoral Sul, Litoral da Baía de Guanabara, Litoral da Região dos Lagos e Litoral Norte Fluminense (Weber, 2001).

O litoral da Região dos Lagos está dividido em dez municípios em torno das lagoas de Araruama, Saquarema e Maricá. Dentre os municípios, destaca-se Rio das Ostras (22°31' S; 41°56' W), o qual teve a pesca como principal atividade econômica até meados do século XIX. Atualmente, o turismo é o principal fator de desenvolvimento sócio-econômico da cidade (Weber, 2001).

O Litoral Norte Fluminense é composto pelos municípios de São Francisco de Itabapoana, São João da Barra, Campos, Quissamã, Carapebus e Macaé (Weber, 2001). A zona costeira Fluminense compreende ecossistemas singulares de grande importância para a sobrevivência de inúmeras espécies de fauna e flora marinha e para a qualidade de vida do homem (Weber, 2001). A pesca artesanal é uma das principais atividades econômicas da região, envolvendo todas as comunidades litorâneas. Neste contexto, Atafona (21°37' S; 41°03' W) e Farol de São Thomé (22°05' S; 41°00' W), localizados nos municípios de São João da Barra e Campos dos Goytacazes, respectivamente, constituem portos importantes na produção pesqueira do Estado do Rio de Janeiro (Di Benedetto e Ramos, 2001).

O litoral Norte Fluminense pode ser dividido em duas áreas contíguas: a Área I se estendendo de Barra do Itabapoana até o Cabo de São Tomé e a Área II do Cabo de São Tomé até Macaé. A Área I é influenciada pela descarga fluvial dos rios Paraíba do Sul e Itabapoana e apresenta menor profundidade média (a isóbata de 20m chega a 50 km de distância da costa). A Área II é influenciada pela ressurgência das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) e apresenta maior profundidade média (a isóbata de 20m chega ao máximo a 15 km de distância da costa). A diferença ambiental entre as áreas, combinada com o prolongamento da isóbata de 10m a 12 km da costa na altura do Cabo de São Thomé (gerando uma alta hidrodinâmica no local) foi citado por Di Benedetto (2003) como provável fator inibidor da migração de pequenos cetáceos.

A zona costeira que abrange o município de Atafona até o município de Rio das Ostras é banhada pela Corrente Costeira, com temperatura superior a 18°C e salinidade inferior a 36 UPS, sendo também influenciada pelas águas oligotróficas

da Corrente do Brasil, com temperatura e salinidade acima de 18°C e 36 UPS respectivamente. Nesta região a temperatura superficial da água varia em torno de 21°C a 22°C e a salinidade entre 35,5 UPS a 36 UPS. As mais importantes desembocaduras fluviais do estado estão concentradas nesta área e são referentes aos rios Itabapoana, Paraíba do Sul, Macaé e São João (Valentin e Monteiro- Ribas, 1993).

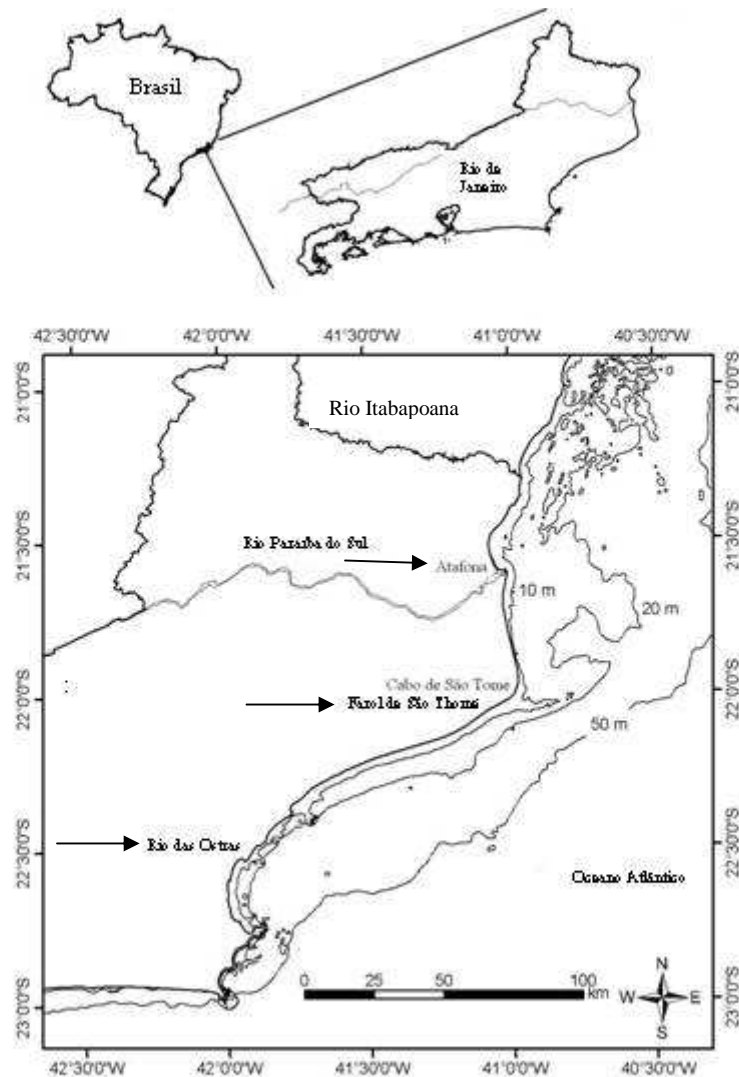


Figura 4: Área de estudo com indicação (setas) onde foram realizadas as coletas dos peixes estudados.

4.2- Coleta e processamento do material biológico

Os organismos estudados foram coletados a partir do descarte (capturas acidentais) da pesca de camarão em redes de arrasto em duas áreas contíguas: Atafona (no ano de 1998) e Farol de São Thomé (no ano de 2004). Em 2007, na região de Rio das Ostras, foram capturados somente indivíduos de *P. brasiliensis* e *S. rastrifer* (Tabela 1).

Os espécimes foram transportados até o laboratório, onde foram identificados, pesados e medidos (comprimento padrão). Seus otólitos foram removidos, limpos e medidos (maior comprimento). Os otólitos do lado direito foram fotografados em um fundo preto para melhor contraste, utilizando-se uma câmera digital (CANON- 10 Megapixels) de alta resolução conectada a um microscópio estereoscópico (Zeiss), com aumento de 2x. As imagens dos otólitos foram calibradas de modo a associar distâncias em pixels a distâncias em milímetros.

Tabela 1: Número de espécimes coletados nas áreas estudadas.

Espécies	Atafona	Farol de São Thomé	Rio das Ostras
<i>P. brasiliensis</i>	103	89	35
<i>S. rastrifer</i>	60	46	50
<i>I. parvipinnis</i>	90	95	—

4.3- Determinação da idade

As relações entre forma e tamanho podem ser influenciadas pelas taxas de crescimento, as quais em geral variam de acordo com a idade dos indivíduos. Para determinar a estrutura etária das amostras foi realizada a determinação da idade relativa, através da contagem dos anéis de crescimento dos otólitos *sagitta*, em quinze indivíduos de cada uma das oito populações estudadas, totalizando 120 observações.

Os otólitos *sagitta* foram emblocados em resina poliéster para facilitar o manuseio nas etapas seguintes. Os otólitos foram seccionados transversalmente, passando-se próximo ao núcleo, utilizando-se uma serra metalográfica de baixa

rotação com lâminas adiantadas (Figura 5). De cada amostra retirou-se um corte fino (aproximadamente 0,2mm), os quais foram lixados manualmente com lixas de granulações decrescentes (nº280, 400, 600 e 1200) e polidas com Alumina.

O material foi examinado no microscópio estereoscópio (aumento 4x) com fundo preto e luz refletida. Para melhor visualização dos anéis de crescimento, os cortes foram observados em óleo de imersão.

A contagem dos anéis foi realizada de forma independente por dois leitores, com o objetivo de obter uma melhor precisão.



Figura 5: Serra metalográfica utilizada para secção dos otólitos.

4.4- Análises geométricas e estatísticas

As imagens dos otólitos foram binarizadas para extração automática dos contornos através do programa Image J (Rasband, 2002). Após este processo, 50 pontos sem correspondência biológica (semilandmarks) foram calculados em intervalos regulares ao longo do contorno do otólito, com auxílio de um programa criado especificamente para este propósito (Mainsignal- L. Rivera). Após essa etapa, utilizando o programa TPS Dig (Rohlf, 2006), quatro marcos anatômicos foram digitalizados manualmente, correspondendo a pontos de referência no sulco acústico (Figuras 6, 7 e 8). As coordenadas cartesianas dos 54 pontos foram armazenadas para análise morfométrica.

As coordenadas cartesianas obtidas através da digitalização dos pontos foram importadas para o TPSRelw (Rohlf, 2007), permitindo o deslizamento dos semilandmarks e superposição dos pontos de referência. O relaxamento do algoritmo *thin plate splines* (Bookstein, 1997), através do processo de deslizamento dos pontos ao longo do contorno, resolveu o problema da falta de correspondência biológica entre os pontos ao longo do contorno, criando uma correspondência matemática entre os semilandmarks. Paralelamente, foi realizada a remoção dos parâmetros indesejáveis para as análises estatísticas de forma (tamanho, posição e orientação) através da superposição dos quadrados mínimos (Superposição de Procrustes) sobre a forma média geral dos otólitos (Monteiro e Reis, 1999). As coordenadas alinhadas foram utilizadas como variáveis de forma e importadas para o MorphoJ (Klingenberg, 2008), onde foram realizadas as regressões multivariadas e as análises discriminantes.

A variação de forma alométrica (causada por diferenças de tamanho) foi testada por uma regressão multivariada das coordenadas alinhadas no comprimento dos otólitos (Monteiro, 1999; Monteiro *et al.*, 2005; Drake e Klingenberg, 2008). A influência da variação de tamanho sobre a variação de forma foi mensurada pelo coeficiente de determinação multivariado, o qual é expresso como uma porcentagem de variação explicada pelo modelo de regressão. A significância estatística do modelo de regressão multivariada foi testada a partir de 10.000 permutações aleatórias do conjunto de dados original, utilizando o teste *F* de Goodall como estatística de interesse (Monteiro, 1999). Diferenças nos coeficientes alométricos (regressões entre forma e tamanho) entre as populações foram testadas, pois foram consideradas também fortes evidências de separação entre estoques, além de sugerir a influência de diferentes fatores sobre a forma dos otólitos nas diferentes populações. A comparação de trajetórias alométricas foi realizada por uma análise de covariância entre os escores de regressão e o comprimento dos otólitos, separando-as de acordo com os estoques pesqueiros de origem (Monteiro, 1999; Monteiro *et al.*, 2005).

A regressão multivariada da forma sobre os tamanhos dos otólitos (regressão combinada dentro dos grupos) removeu o efeito da alometria (variação de forma associada ao tamanho dos otólitos) apenas dentro dos grupos (Klingenberg, 2008). Os resíduos da regressão supracitada foram utilizados como variáveis na análise discriminante (*I. parvipinnis*) e na análise das variáveis canônicas (*P. brasiliensis* e

S. rastrifer), para a classificação dos espécimes oriundos de diferentes áreas. A visualização das diferenças de forma entre grupos foi realizada através da regressão multivariada das variáveis de forma sobre os escores discriminantes (Monteiro, 1999).

Os dois primeiros componentes principais dos resíduos da regressão no comprimento dos otólitos foram utilizados em uma análise de agrupamentos baseado em modelos de misturas gaussianas, através do pacote Mclust do programa estatístico R (Fraley e Raftery, 2008). As análises baseadas em modelos permitem inferir a existência de diferenças entre as médias, a forma, o tamanho e orientação das distribuições dos agrupamentos. Este método consiste em ajustar e comparar os dados a uma série de misturas gaussianas com diferentes números de grupos, utilizando o Critério de Informação Bayesiano (BIC) como estimativa de performance dos modelos. Os agrupamentos de indivíduos podem ser esféricos ou elipsoidais, com volumes, formas e orientações iguais ou variáveis, denotando diferenças nas matrizes de covariância dentro dos grupos. O número de grupos inicial varia entre 1 e 9 e o BIC é calculado para todos os modelos com diferentes parâmetros para as misturas gaussianas (Fraley e Raftery, 1999; 2007).

Para verificar as diferenças no comprimento dos otólitos entre as populações de uma mesma espécie foi realizada uma análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico R.

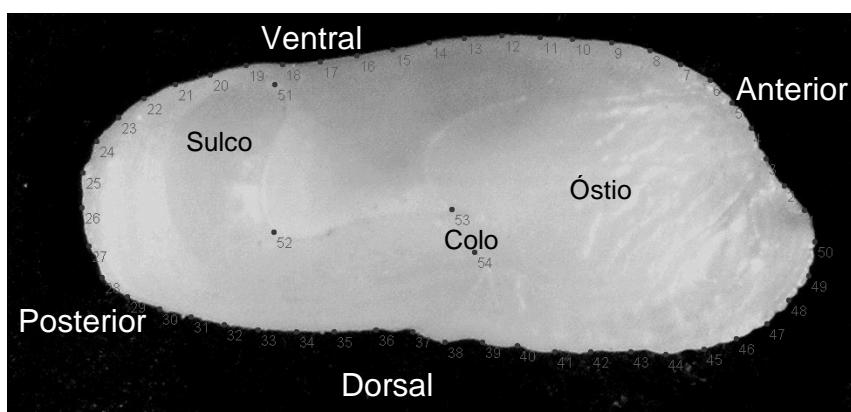


Figura 6: Otólito direito de *P. brasiliensis* mostrando os pontos de referência (landmarks) e pontos ao longo do contorno (semilandmarks) utilizados.

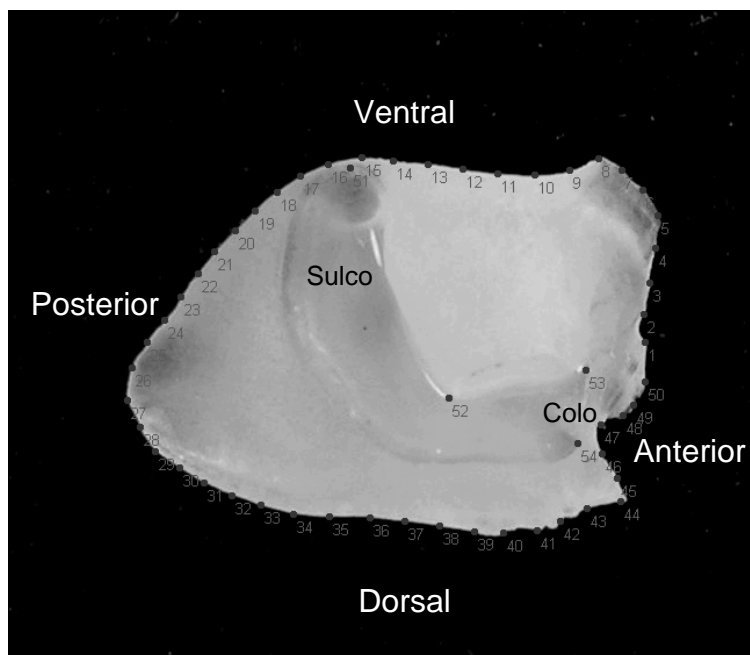


Figura 7: Otólito direito de *S. rastrifer* mostrando os pontos de referência (landmarks) e pontos ao longo do contorno (semilandmarks) utilizados.

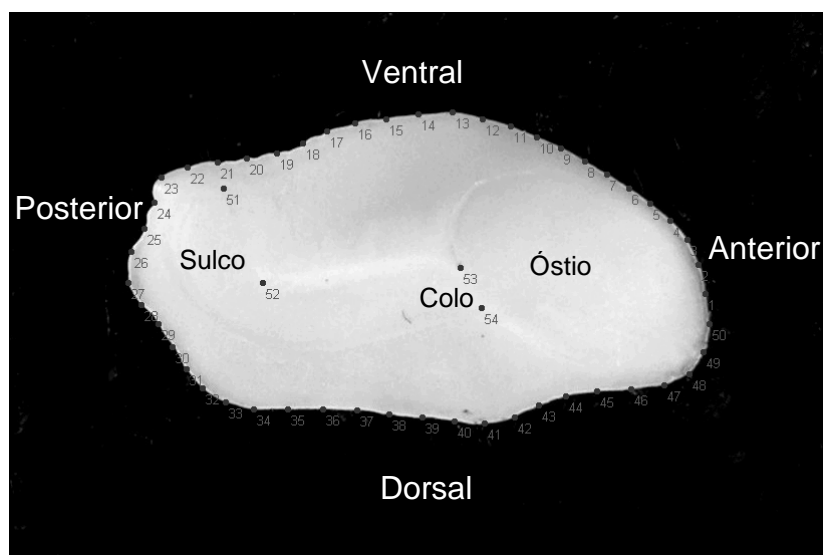


Figura 8: Otólito direito de *I. parvipinnis* mostrando os pontos de referência (landmarks) e pontos ao longo do contorno (semilandmarks) utilizados.

4.5- Fator de Condição

O fator de condição para cada indivíduo foi calculado através da seguinte fórmula:

$$K = Cp/P^b \times 100$$

Por definição, P é o peso em gramas, Cp é o comprimento padrão, e b é o coeficiente alométrico da relação comprimento-peso ($P = aCp^b$) (Cardinale *et al.*, 2004). Para a comparação dos estoques foi utilizada a média geométrica dos coeficientes b calculados separadamente para cada amostra. Para eliminar as possíveis variações temporais no fator de condição, as amostras utilizadas foram coletadas no mesmo período do ano (entre setembro e dezembro de 1998, 2004, ou 2007).

5- RESULTADOS

5.1- Comprimento padrão e peso total dos indivíduos

As tabelas 2, 3 e 4 mostram os dados biológicos de comprimento padrão e peso total para as espécies estudadas em todas as localidades amostradas. Os indivíduos coletados no Farol apresentaram valores de comprimento e peso significativamente menores ($p < 0,0001$) em comparação aos espécimes oriundos de outras áreas.

Tabela 2: Valores médios, máximos e mínimos do peso total e comprimento padrão de *P. brasiliensis*.

Local	Peso médio	Peso máximo	Peso mínimo	Comprimento médio	Comprimento máximo	Comprimento mínimo
Atafona	64,0	160,0	7,0	15,0	19,4	7,2
Farol	15,89	63,1	2,5	9,25	16,3	6,3
Rio das Ostras	58,0	103,2	19,3	15,6	18,2	10,6

Tabela 3: Valores médios, máximos e mínimos do peso total e comprimento padrão de *S. rastrifer*.

Local	Peso médio	Peso máximo	Peso mínimo	Comprimento médio	Comprimento máximo	Comprimento mínimo
Atafona	55,49	121,22	20,2	12,63	16,8	9,1
Farol	10,52	22,3	4,0	7,55	10,4	5,6
Rio das Ostras	41,75	105,8	19,9	12,37	15,5	9,0

Tabela 4: Valores médios, máximos e mínimos do peso total e comprimento padrão de *I. parvipinnis*.

Local	Peso médio	Peso máximo	Peso mínimo	Comprimento médio	Comprimento máximo	Comprimento mínimo
Atafona	34,71	118,9	8,6	12,5	17,8	8,3
Farol	8,72	39,9	2,3	7,68	13,3	5,0

5.2- Comprimento dos otólitos e idade dos indivíduos

O comprimento dos otólitos apresentou grande variação entre amostras para todas as espécies. As Figuras 9, 10 e 11 representam os valores médios do comprimento destas estruturas e seus respectivos desvios padrões para todas as espécies nas áreas estudadas. Pode-se observar que os comprimentos médios dos otólitos das amostras obtidas no Farol foram significativamente menores ($p < 0,0001$) que para os demais locais de coleta, nas três espécies. Apesar da diferença de tamanho, não foram constatadas diferenças significativas entre as populações com relação à distribuição etária (Teste de Qui-quadrado, $p > 0,5$). Em todas as populações, os indivíduos apresentaram de três a quatro anéis de crescimento (Figura 12).

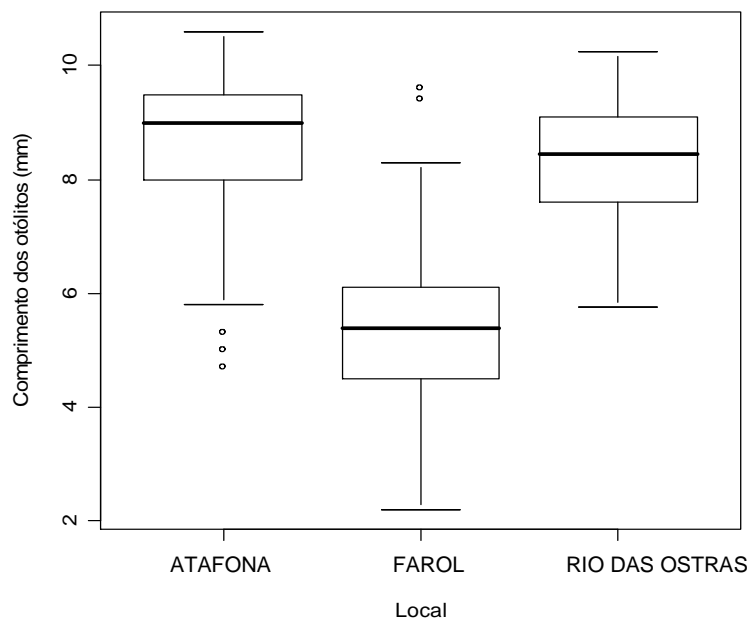


Figura 9: Diagrama box-plot para o tamanho dos otólitos das três populações de *P. brasiliensis*.

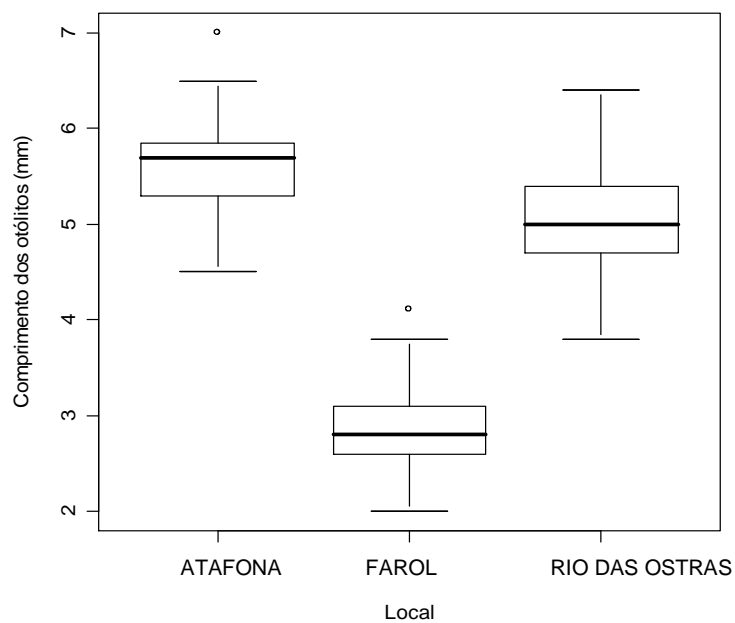


Figura 10: Diagrama box-plot para o tamanho dos otólitos das três populações de *S. rastrifer*.

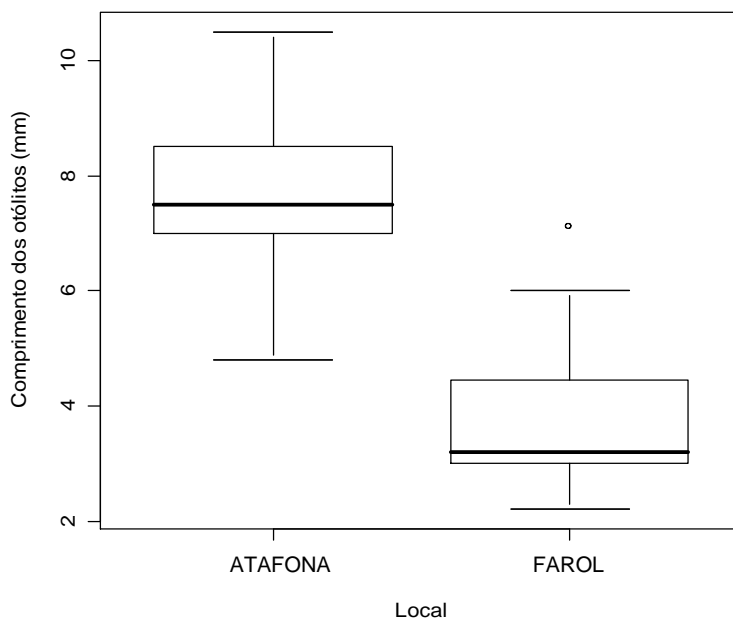


Figura 11: Diagrama box-plot para o tamanho dos otólitos das duas populações de *I. parvipinnis*.

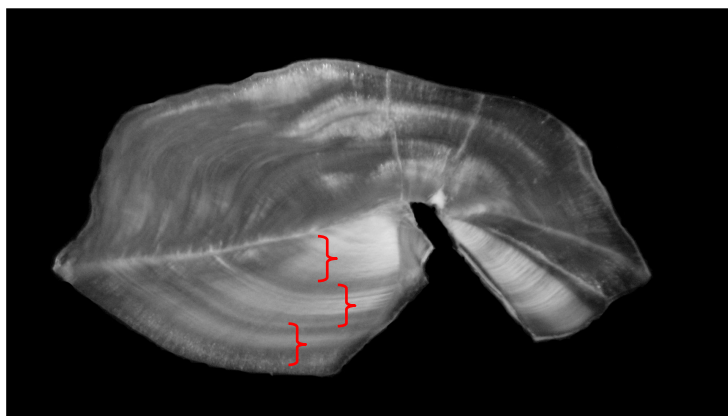


Figura 12: Corte transversal de otólito de *S. rastrifer* mostrando os anéis de crescimento, com a indicação das chaves em vermelho.

5.3- Relações alométricas

As populações de *P. brasiliensis* e *I. parvipinnis* apresentaram uma associação altamente significativa entre forma e comprimento dos otólitos (Tabela 5). Para a amostra de *P. brasiliensis*, 38,37% da variação de forma foi explicada pela alometria, enquanto para *I. parvipinnis* esta porcentagem foi de 50,23%. Por sua vez, a amostra de *S. rastrifer* apresentou reduzida influência alométrica dentro dos

grupos, com apenas 8,27% da variação de forma explicada pelo comprimento dos otólitos. Os coeficientes de regressão (trajetórias alométricas) nos estoques das três espécies apresentaram diferenças significativas.

Tabela 5: Resultados da regressão multivariada entre forma e comprimento dos otólitos. O coeficiente de determinação mostra a porcentagem de variação de forma explicada pela regressão. O P (regressão) mostra a significância da regressão baseada em 10.000 permutações aleatórias. O P (paralelismo) mostra a significância das diferenças entre coeficientes de regressão baseada em uma análise de covariância.

Espécie	R ² (em %)	P (regressão)	P (paralelismo)
<i>P. brasiliensis</i>	38,37	< 0.0001	< 0.0001
<i>S. rastrifer</i>	8,27	0.0181	0.0039
<i>I. parvipinnis</i>	50,23	< 0.0001	< 0.0001

As amostras do Farol apresentaram os maiores coeficientes alométricos para todas as espécies estudadas (Figuras 13, 14 e 15), evidenciando que o desenvolvimento alométrico é mais acelerado nessa área. Isso significa que os otólitos dos espécimes oriundos do Farol sofrem alterações de forma em uma taxa maior que os indivíduos das demais populações, apesar de possuírem menor tamanho em média.

Através da comparação entre as trajetórias alométricas dos otólitos, constatou-se que os estoques de *P. brasiliensis* e *S. rastrifer* provenientes de Atafona e Rio das Ostras, apresentam desenvolvimento ontogenético semelhante. No entanto, para as três espécies estudadas, o desenvolvimento ontogenético das amostras obtidas no Farol diferiu das populações de outras localidades, visto que as trajetórias não são paralelas (Figuras 13, 14 e 15).

A variação de forma associada ao comprimento, para as três espécies estudadas, mostra que os indivíduos localizados no extremo positivo do vetor (aqueles associados a um maior tamanho do otólito) apresentam um crescimento alométrico positivo no eixo antero-posterior (eixo horizontal). Com isso, há uma modificação nos contornos, fazendo com que os mesmos tornem-se relativamente

estreitos na medida em que o tamanho do otólito aumenta (Figuras 13A, 14A e 15A). Outra alteração pode ser observada em relação à posição anterior do otólito, através do crescimento na região do óstio. Este fato pode ser evidenciado devido à alteração no posicionamento dos pontos do sulco acústico, com um deslocamento dos mesmos em direção a região posterior do otólito. Esta tendência pode ser notada claramente para *P. brasiliensis* e *I. parvipinnis*.

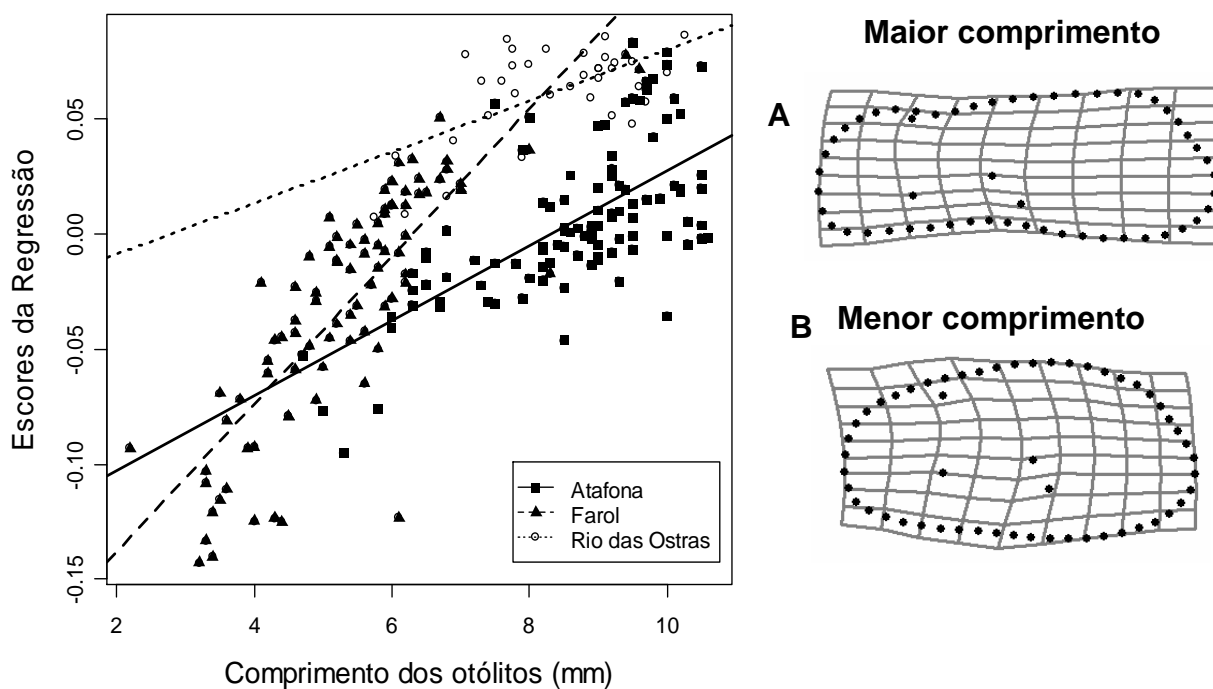


Figura 13: Diagrama de dispersão mostrando as trajetórias alométricas dos otólitos dos indivíduos de *P. brasiliensis*. **A)** Mudança de forma associada ao sentido positivo da regressão; **B)** Mudança de forma associada ao sentido negativo da regressão.

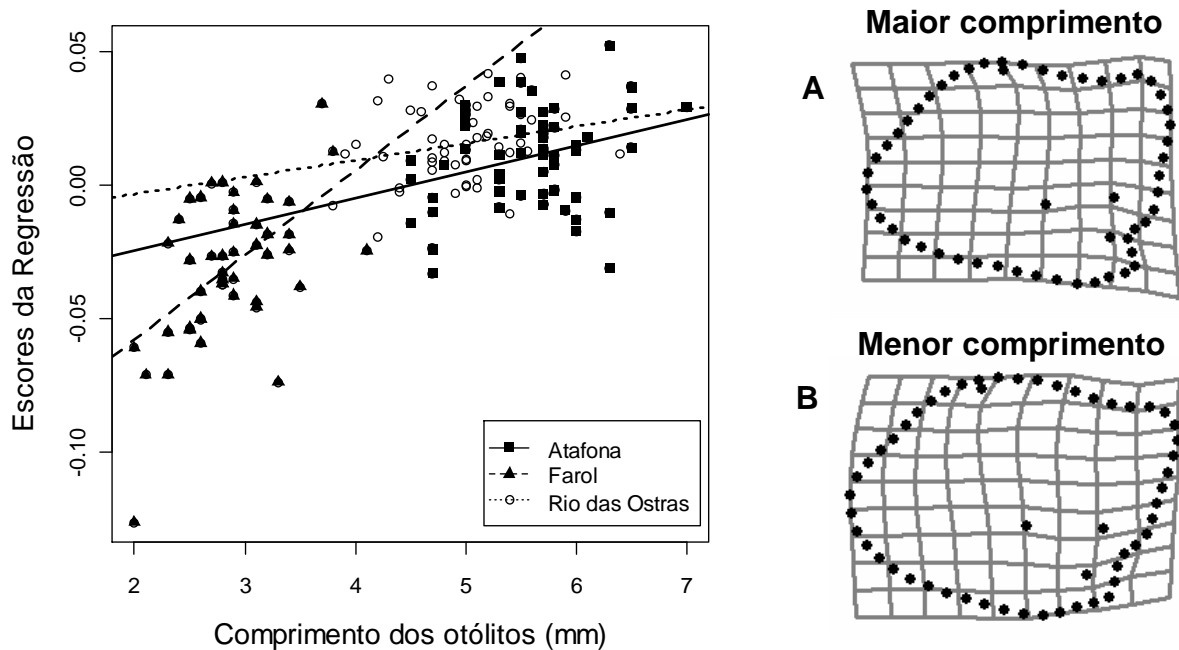


Figura 14: Diagrama de dispersão mostrando as trajetórias alométricas dos otólitos dos indivíduos de *S. rastrifer*. **A)** Mudança de forma associada ao sentido positivo da regressão; **B)** Mudança de forma associada ao sentido negativo da regressão.

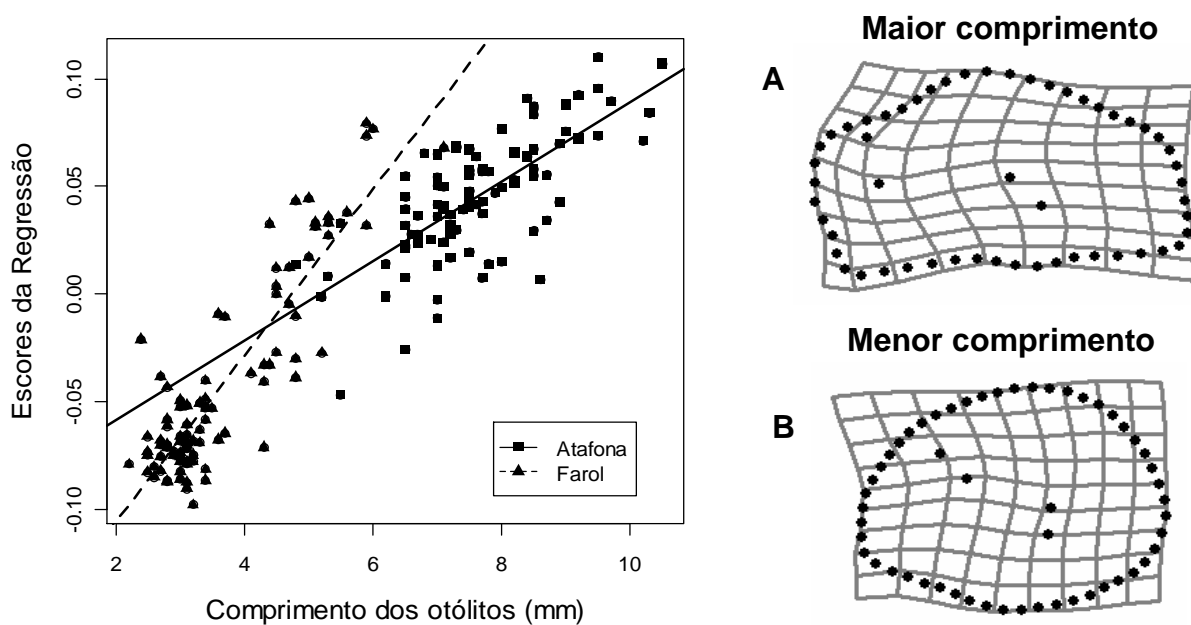


Figura 15: Diagrama de dispersão mostrando as trajetórias alométricas dos otólitos dos indivíduos de *I. parvipinnis*. **A)** Mudança de forma associada ao sentido positivo da regressão; **B)** Mudança de forma associada ao sentido negativo da regressão.

5.4- Análise Discriminante

A análise discriminante foi altamente significativa para todas as espécies ($p=0,0001$), classificando os indivíduos em relação ao local de origem. Os resultados mostram uma confiabilidade de identificação de aproximadamente 100% para as variáveis de forma corrigidas para alometria dentro dos grupos. A amostra de *P. brasiliensis* apresentou 99,55% dos espécimes classificados corretamente (Tabela 6). Em relação ao *S. rastrifer*, 99,35% dos indivíduos foram classificados adequadamente (Tabela 7). Para *I. parvipinnis* 100% dos indivíduos foram distribuídos corretamente de acordo com a procedência (Tabela 8).

Tabela 6: Classificação dos indivíduos de *P. brasiliensis*, de acordo com a validação cruzada da análise discriminante. A procedência original está listada nas linhas e a classificação nas colunas.

	Atafona	Farol	Rio das Ostras	% corretas
Atafona	102	1	0	99,03
Farol	0	89	0	100
Rio das Ostras	0	0	35	100
Total				99,55

Tabela 7: Classificação dos indivíduos de *S. rastrifer*, de acordo com validação cruzada da análise discriminante. A procedência original está listada nas linhas e a classificação nas colunas.

	Atafona	Farol	Rio das Ostras	% corretas
Atafona	57	0	3	95
Farol	0	46	0	100
Rio das Ostras	0	0	50	100
Total				99,35

Tabela 8: Classificação dos indivíduos de *I. parvipinnis*, de acordo com a validação cruzada da análise discriminante. A procedência original está listada nas linhas e a classificação nas colunas.

	Atafona	Farol	% corretas
Atafona	90	0	100
Farol	0	95	100
Total			100

A variável canônica 1 representou o eixo de maior variação de forma (aproximadamente 60%) entre as amostras na análise discriminante para *P. brasiliensis* e *S. rastrifer*. Como *I. parvipinnis* foi representado por somente duas amostras, apenas um eixo discriminante é calculado para a diferenciação das mesmas. Para *P. brasiliensis* e *I. parvipinnis*, os escores discriminantes negativos corresponderam aos indivíduos provenientes de Atafona e Rio das Ostras e os escores discriminantes positivos foram associados à população do Farol (Figuras 16 e 18). Um padrão inverso foi observado para *S. rastrifer* (Figura 17).

As regressões multivariadas entre as variáveis de forma e os escores discriminantes mostraram diferenças expressivas nos contornos e no posicionamento dos marcos anatômico no sulco acústico. Nas amostras de *P. brasiliensis* e *I. parvipinnis*, os indivíduos oriundos do Farol possuem o otólito mais arredondado em relação aos espécimes de outras localidades (Figuras 16A e B; 18A e B, respectivamente). Os otólitos de *P. brasiliensis* da amostra de Atafona e Rio das Ostras possuem os dois marcos da região do colo (junção entre o sulco e o óstio) localizados próximos da região posterior e a curvatura do sulco posicionada adjacente à região dorsal, caracterizando um crescimento relativamente maior na área do óstio nessas populações. Análogo a *P. brasiliensis*, os espécimes de *I. parvipinnis* também diferem no posicionamento do sulco acústico entre os estoques. A população de *I. parvipinnis* oriunda de Atafona possui os pontos do sulco acústico localizados posteriormente, evidenciando um óstio proporcionalmente maior nos indivíduos dessa localidade. Os estoques de *S. rastrifer* de Atafona e Rio das Ostras podem ser caracterizados por possuir uma projeção da região anterior (óstio) maior em comparação aos espécimes do Farol (Figuras 17A e B). Em relação ao sulco

acústico observa-se que o tamanho relativo dos pontos do colo é proporcionalmente mais largo nos indivíduos localizados no Farol.

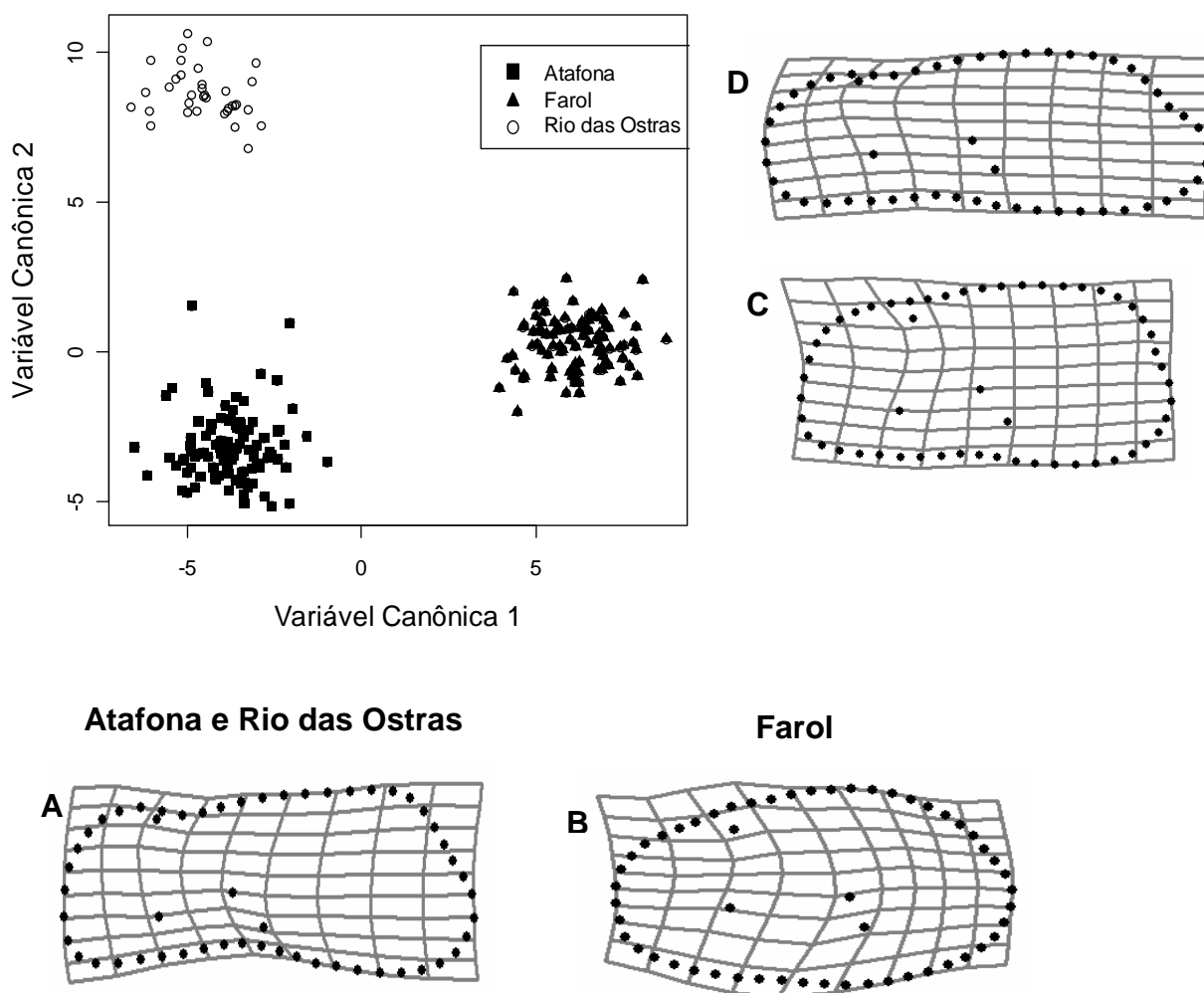


Figura 16: Diagrama de dispersão com dois eixos canônicos mostrando a distribuição das três populações de *P. brasiliensis*. Grades de transformação abaixo do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (A) e aos escores positivos (B) da variável canônica 1. Grades de transformação ao lado do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (C) e aos escores positivos (D) da variável canônica 2.

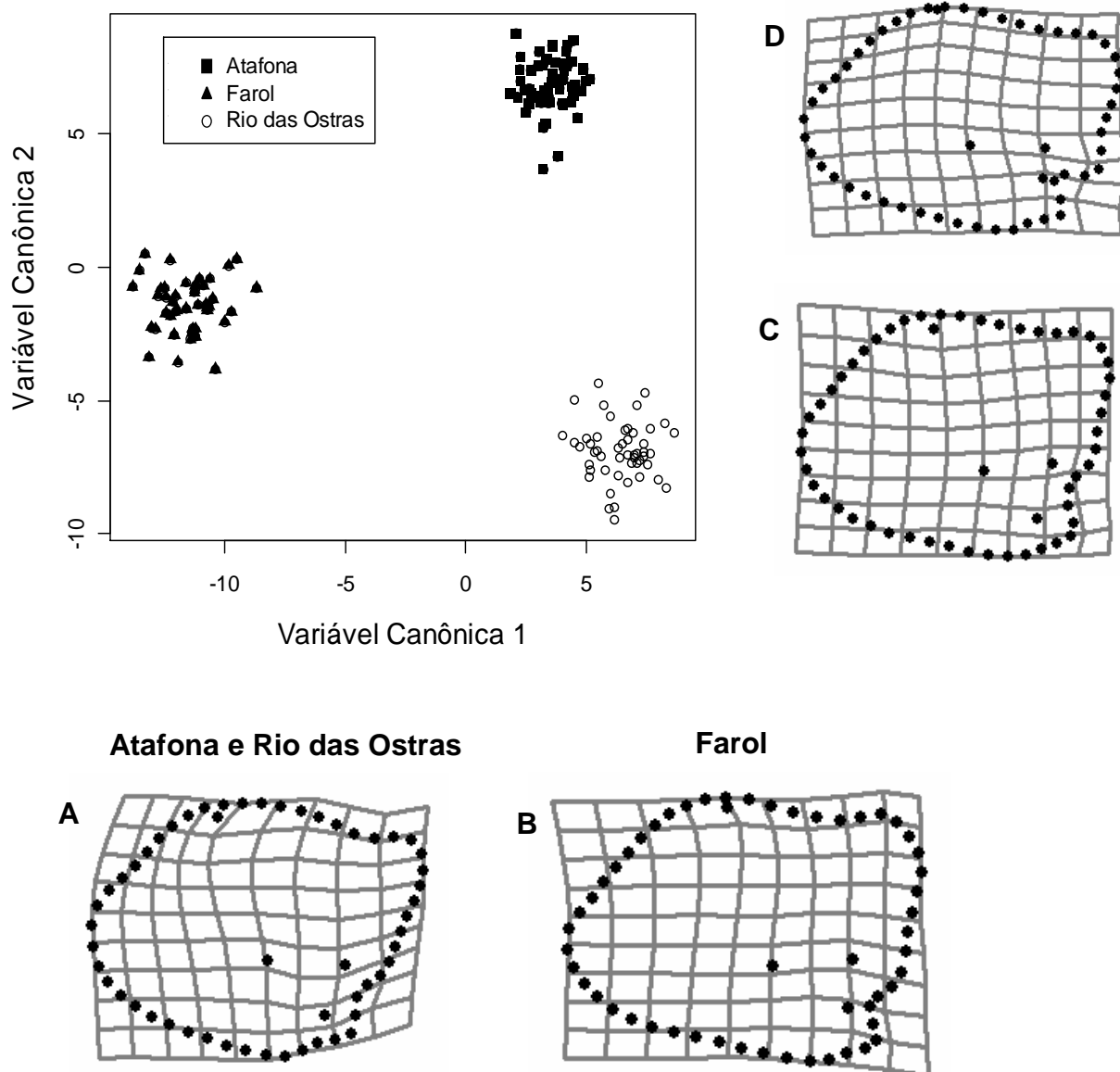


Figura 17: Diagrama de dispersão com dois eixos canônicos mostrando a distribuição das três populações de *S. rastrifer*. Grades de transformação abaixo do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (**A**) e aos escores positivos (**B**) da variável canônica 1. Grades de transformação ao lado do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores negativos (**C**) e aos escores positivos (**D**) da variável canônica 2.

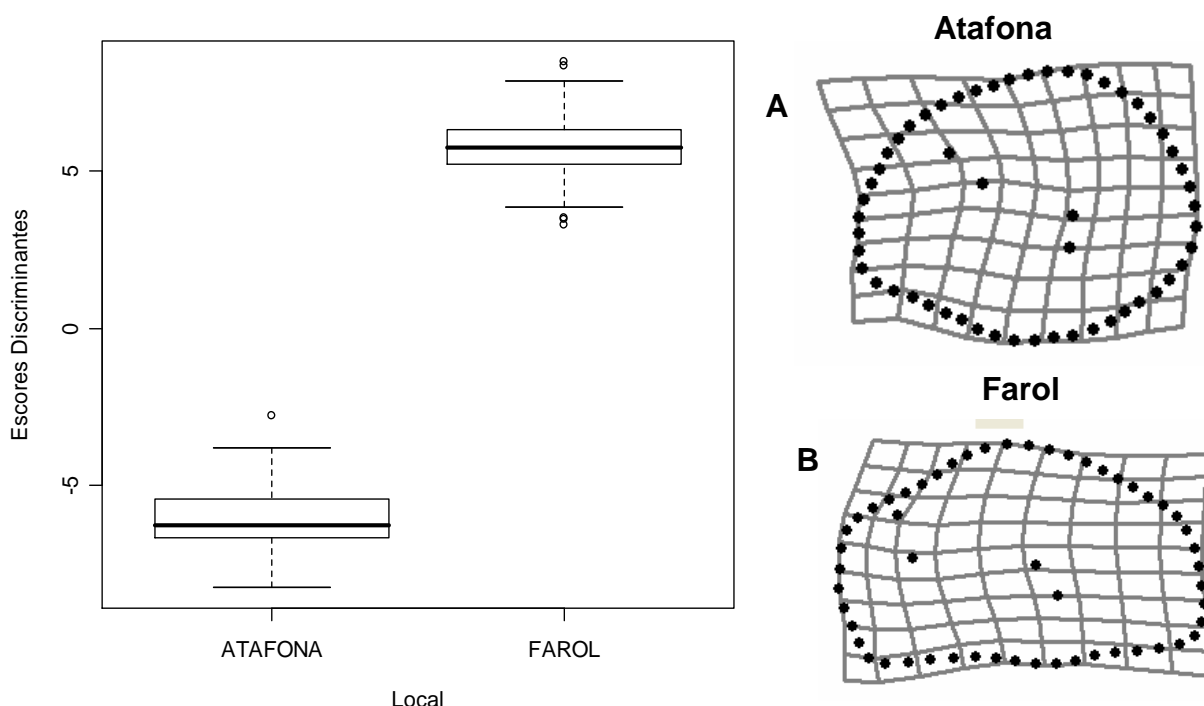


Figura 18: Diagrama box-plot para os escores mostrando a distribuição das duas populações de *I. parvipinnis* no eixo discriminante. Grades de transformação ao lado do gráfico mostram as mudanças de forma associadas aos escores positivos **(A)** e aos escores negativos **(B)**.

5.5- Agrupamentos baseados em modelos de misturas gaussianas

O modelo mais adequado para a diferenciação de *P. brasiliensis* foi o EEV (elipsoidal, volumes iguais, formas iguais, orientação variável) com quatro grupos, pois o mesmo apresentou o maior valor de BIC (Tabela 9, Figura 19). Este modelo representa uma mistura de distribuições gaussianas multivariadas em forma de elipses (existem eixos de maior variação entre os grupos) de igual volume e forma, porém com orientações diferentes (os eixos de maior variação não estão alinhados). A Tabela 9 mostra a relação entre a procedência original e os agrupamentos obtidos através dessa análise em números absolutos para os dados de *P. brasiliensis*. De acordo com estes resultados o maior percentual dos indivíduos oriundos de Atafona encontram-se no grupo 1 (84,5%), tendo o restante (15,5%) reunido no grupo 2. Em

relação à população do Farol, 1,1% dos espécimes localizam-se no grupo 1, 73% no grupo 2 e 25,9% no grupo 3. No caso das amostras provenientes de Rio das Ostras 100% dos indivíduos foram classificados no grupo 4. De acordo com o diagrama de contorno das densidades (Figura 19) o grupo 4 encontra-se separado dos demais grupos ao longo do eixo das componentes principais. Contudo, quanto à distribuição, os grupos 2 e 3 estão conectados, não chegando a formar um pico de distribuição próprio como constatados para os grupos 1 e 2. Os dois componentes principais explicaram 72% da variação de forma (após correção para alometria). Essas duas variáveis conseguiram identificar 85% dos indivíduos de Atafona, 99% do Farol e 100% dos espécimes de Rio das Ostras.

Assim como o *P. brasiliensis*, o modelo com maior BIC para a identificação das populações de *S. rastrifer* foi também o EEV, porém com dois componentes (Tabela 10, Figura 20). O grupo 1 reuniu 100% das amostras de Atafona e Rio das Ostras e apenas 8,7% dos espécimes do Farol. O grupo 2 foi formado somente por indivíduos originados do Farol (91,3%). A diferenciação dos dois grupos foi bem representada no diagrama de densidades. Apesar das duas componentes principais explicarem 57% da variação de forma (não alométrica), essas duas variáveis identificaram quase perfeitamente os indivíduos por procedência.

Para a discriminação dos estoques de *I. parvipinnis* o melhor modelo foi VII com três componentes (esférico, volume variável, forma igual). De acordo com esse modelo as distribuições gaussianas dos três grupos são esféricas (sem eixo de maior variação entre os grupos), com forma igual e com volumes variáveis, ou seja, os grupos apresentam diferentes variâncias (Tabela 11, Figura 21). A diferenciação das populações de *I. parvipinnis* foi bastante evidente, com 98% dos indivíduos originados de Atafona formando o grupo 1, os 2% restantes de Atafona e 29% do Farol distribuídos no grupo 2 e os 71% dos espécimes do Farol compondo o grupo 3. O diagrama de densidades mostra a separação dos dois grupos ao longo do primeiro componente principal, com os indivíduos de Atafona com os escores negativos e os do Farol com os escores positivos. Os dois primeiros componentes principais explicam 59% da variação de forma (após correção para a alometria), conseguindo identificar 98% dos espécimes de Atafona e 100% dos indivíduos do Farol.

Tabela 9: Resultado dos agrupamentos baseados em modelos para *P. brasiliensis*.

Grupo original	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Atafona	87	16	0	0
Farol	1	65	23	0
Rio das Ostras	0	0	0	35

Tabela 10: Resultado dos agrupamentos baseados em modelos para *S. rastrifer*.

Grupo original	Grupo 1	Grupo 2
Atafona	60	0
Farol	4	42
Rio das Ostras	50	0

Tabela 11: Resultado dos agrupamentos baseados em modelos para *I. parvipinnis*.

Grupo original	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Atafona	88	2	0
Farol	0	28	67

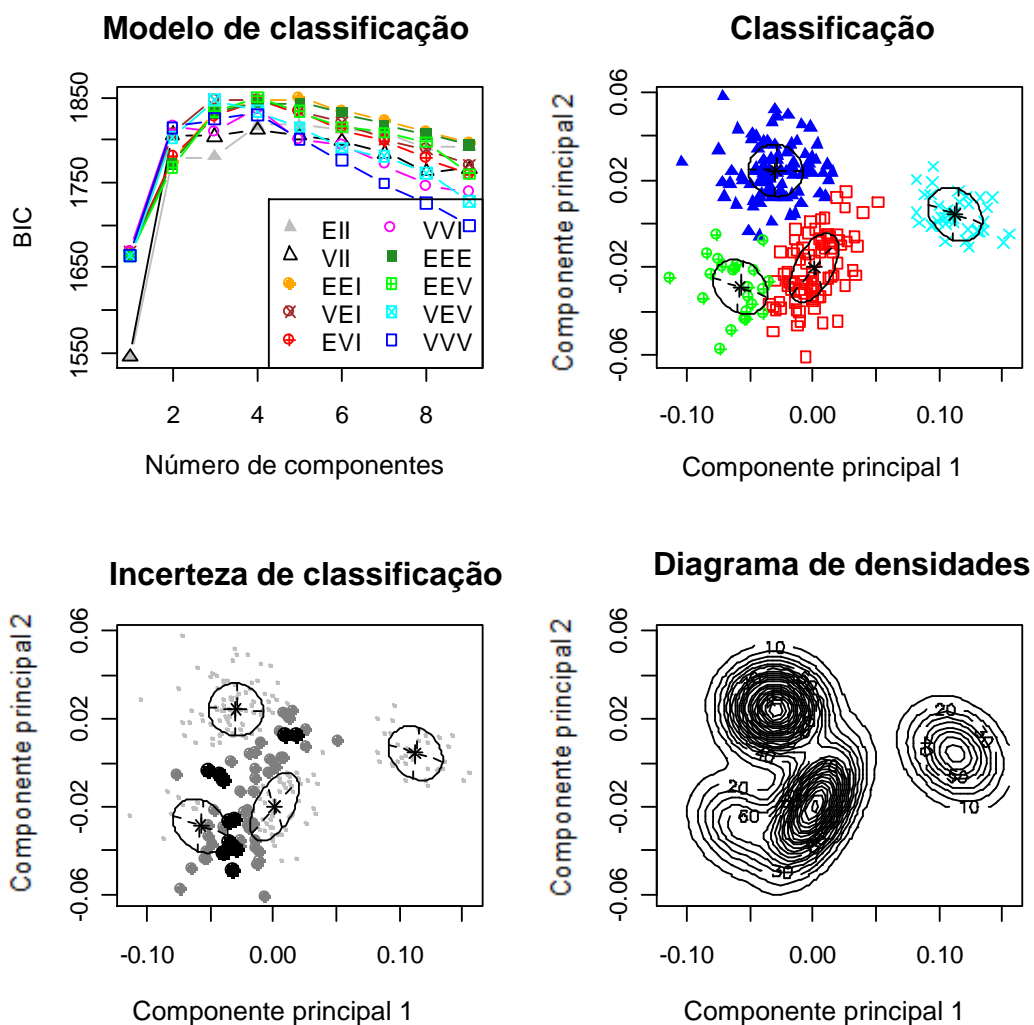


Figura 19: Resultados da análise de agrupamentos baseados em modelos para os estoques de *P. brasiliensis*. Foram utilizados os dois primeiros componentes principais das coordenadas alinhadas após correção estatística para alometria dentro dos grupos. No diagrama de classificação, os triângulos azuis correspondem ao grupo 1, os quadrados vermelhos ao grupo 2, os círculos verdes ao grupo 3 e a cruz azul claro ao grupo 4 da Tabela 9.

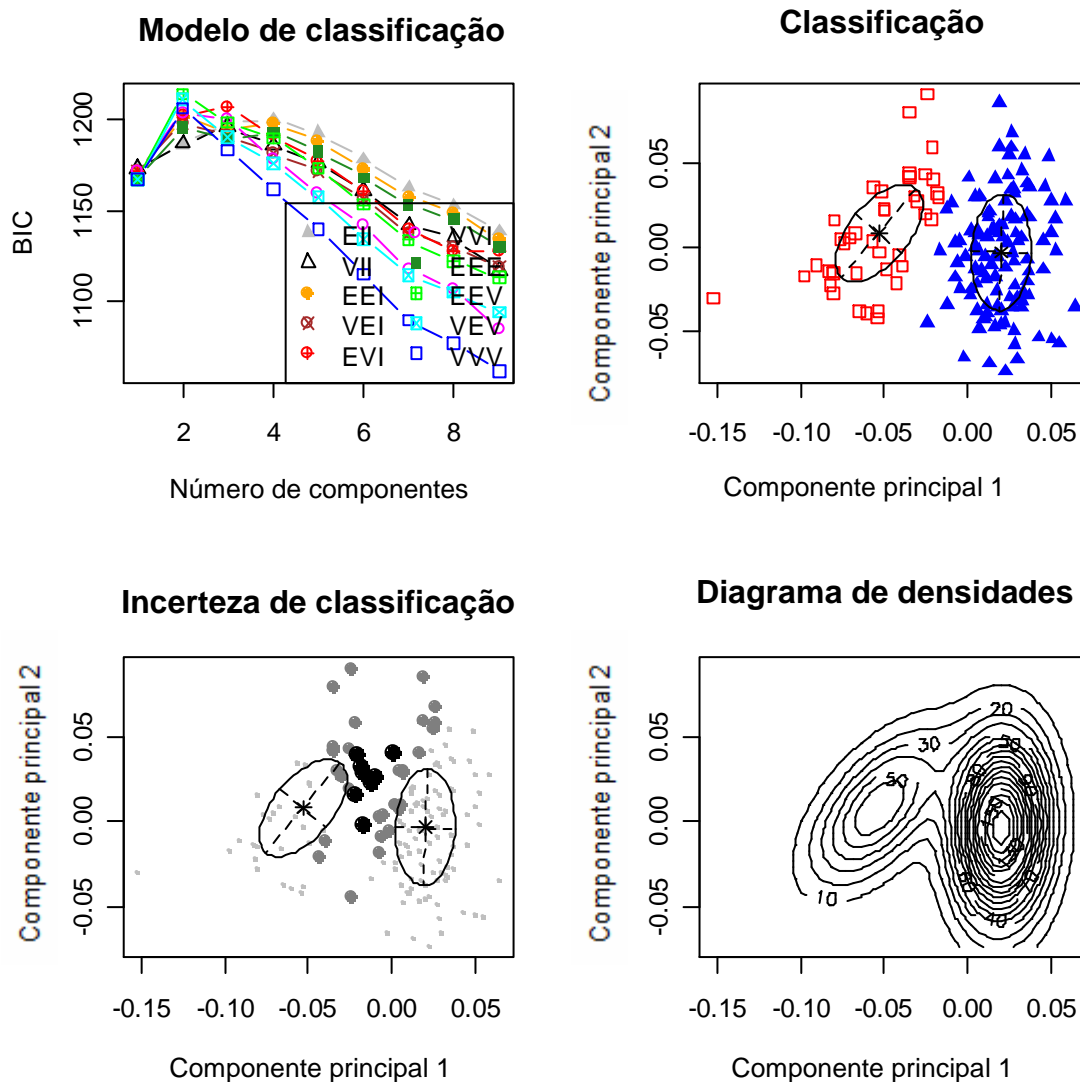


Figura 20: Resultados da análise de agrupamentos baseados em modelos para os estoques de *S. rastrifer*. Foram utilizados os dois primeiros componentes principais das coordenadas alinhadas após correção estatística para alometria dentro dos grupos. No diagrama de classificação, os triângulos azuis correspondem ao grupo 1 e os quadrados vermelhos ao grupo 2 da Tabela 10.

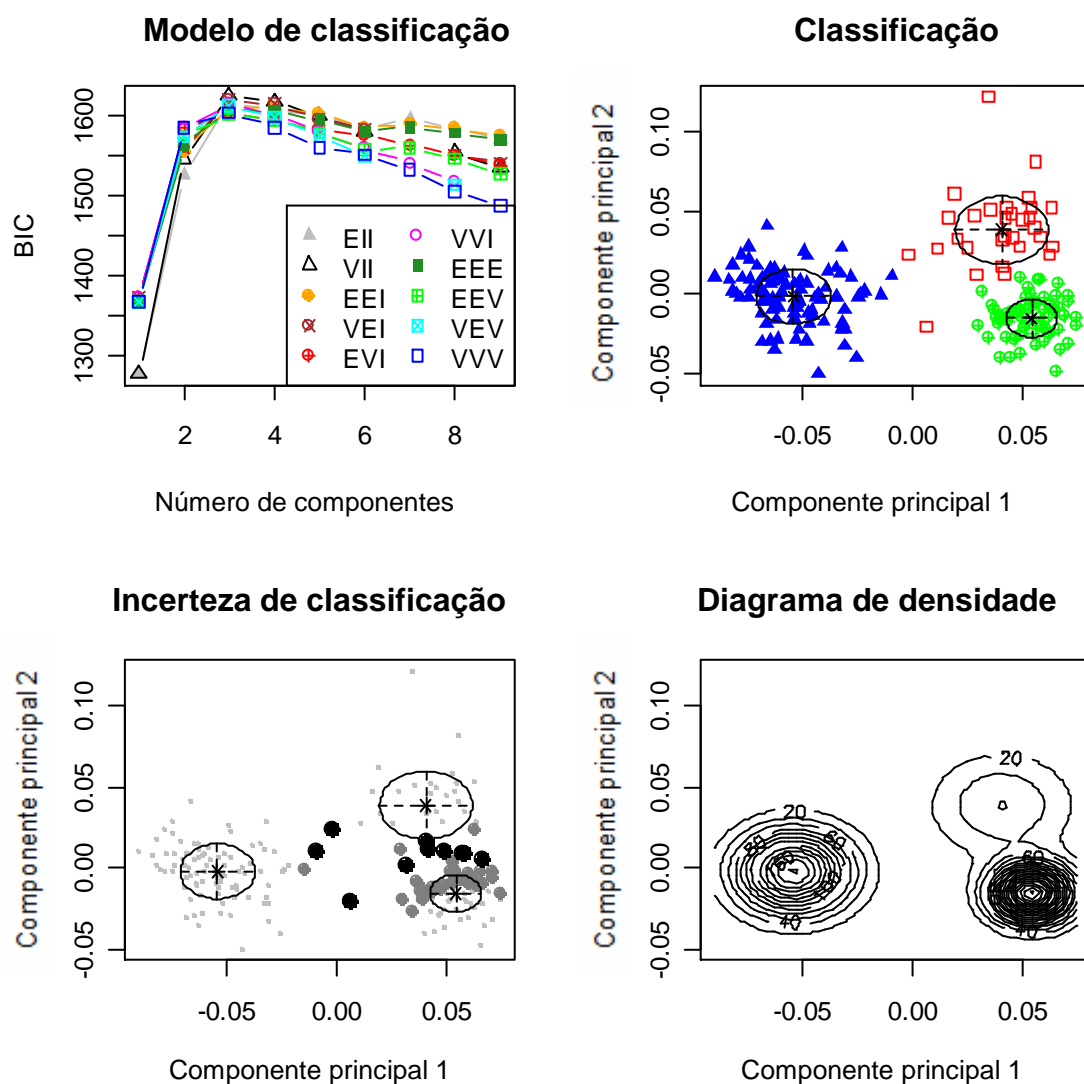


Figura 21: Resultados da análise de agrupamentos baseados em modelos para os estoques de *I. parvipinnis*. Foram utilizados os dois primeiros componentes principais das coordenadas alinhadas após correção estatística para alometria dentro dos grupos. No diagrama de classificação, os triângulos azuis correspondem ao grupo 1, os quadrados vermelhos ao grupo 2 e os círculos verdes ao grupo 3 da Tabela 11.

5.6- Fator de Condição

Para todas as espécies o valor médio do fator de condição das amostras obtidas no Farol foi significativamente menor ($p < 0,0001$) em relação aos demais locais de coleta (Figuras 22, 23 e 24).

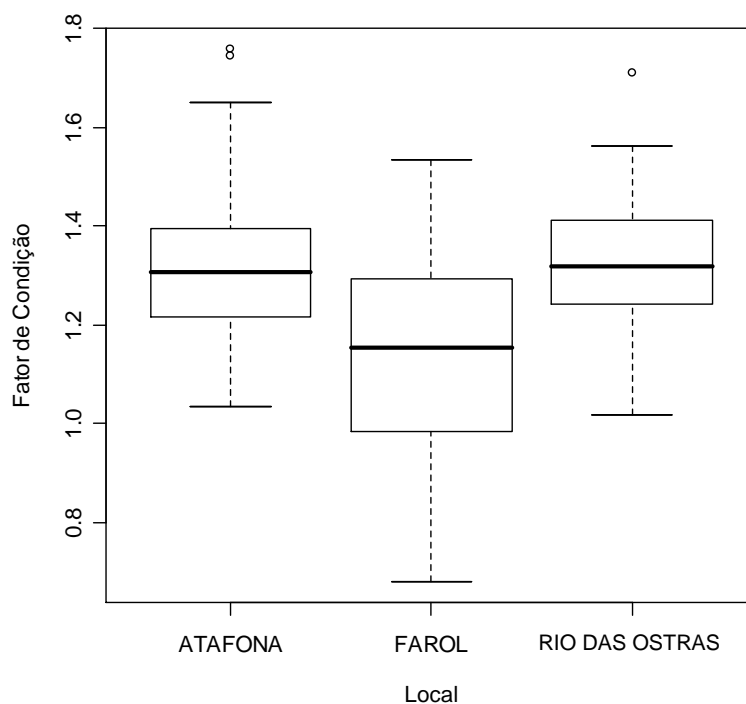


Figura 22: Diagrama boxplot para o fator de condição (K) para *P. brasiliensis*.

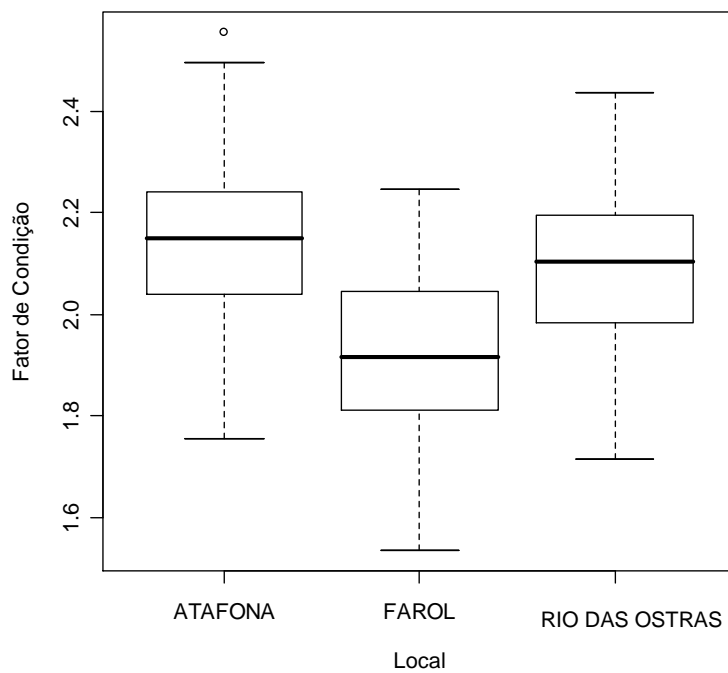


Figura 23: Diagrama boxplot para o fator de condição (K) para *S. rastrifer*.

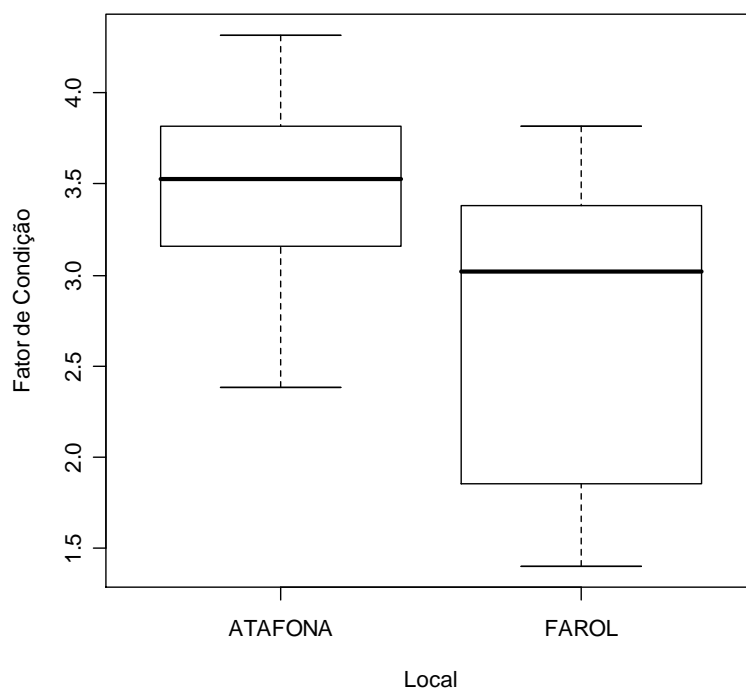


Figura 24: Diagrama boxplot para o fator de condição (K) para *I. parvipinnis*.

6- DISCUSSÃO

Métodos morfométricos têm sido historicamente aplicados com sucesso no gerenciamento pesqueiro e estudos ecológicos associados (Cadrin, 2000). Estoques pesqueiros são definidos como grupos dentro de uma população com características similares de história de vida que podem responder de forma distinta à exploração pesqueira (Begg e Waldman, 1999; Cadrin, 2000). A resposta de uma população de peixes à exploração depende dos padrões de crescimento e estratégias reprodutivas, determinados pela interação entre fatores genéticos e ambientais (Begg e Waldman, 1999). Neste contexto, a identificação de estoques pesqueiros deve ser realizada a partir de uma abordagem multidisciplinar que envolve a genética, biometria e estudos de história de vida (Cadrin, 2000). Tendo em vista que as interações entre fatores genéticos e ambientais produzem diferenças de forma dentro das espécies (Cadrin, 2000), as técnicas morfométricas tornaram-se uma importante ferramenta na diferenciação dos estoques. Através dessa abordagem é possível elaborar um planejamento pesqueiro que possa garantir a preservação da biodiversidade dos organismos que são submetidos à interferência antrópica (Begg e Waldman, 1999).

A maior parte dos estudos sobre morfometria dos otólitos baseia-se apenas na forma geral do contorno externo da estrutura, como por exemplo, a decomposição trigonométrica de Fourier (Aguirre e Lombarte, 1999; Cardinale, *et al.*, 2004). Com isso, esses métodos não abordam características importantes como à forma e tamanho relativo do sulco acústico, considerados importantes para estudos ecomorfológicos (Lombarte, 1992), ontogenéticos (Aguirre, 2003) e para discriminação de estoques (Torres *et al.*, 2000). Através de uma combinação de metodologias foi possível inferir sobre a estrutura das distribuições e as taxas de desenvolvimento da forma em relação ao tamanho dos otólitos. A aplicação da análise de deslizamento dos semilandmarks e conseqüentemente a combinação de informações provenientes de marcos anatômicos e contornos mostraram diferenças de forma relevantes para a identificação da procedência dos indivíduos. Desta forma, os métodos utilizados nesse trabalho para a diferenciação de forma e tamanhos médios foram considerados satisfatórios para o propósito de identificação dos estoques.

A Tabela 12 apresenta uma revisão da literatura, contendo o percentual de classificação correta utilizando a variação de forma dos otólitos para a comparação entre estoques pesqueiros. Os valores medianos mostrados na tabela supracitada (60,5- 86,8%) foram menores que os encontrados nos resultados do presente estudo (99-100%). Este fato pode ser explicado considerando que a análise combinando marcos anatômicos e semilandmarks incorpora mais informação sobre as diferenças de forma dos otólitos, pois os marcos ao longo do sulco acústico variam consideravelmente entre estoques. Entretanto, como citado anteriormente, as análises de Fourier baseiam-se apenas na forma geral do contorno externo, não considerando a variação no sulco acústico.

Tabela 12: Percentual de classificação correta dos estoques pesqueiros através da forma dos otólitos observados na literatura. A coluna “Método” indica o tipo de variáveis utilizadas na discriminação: F = coeficientes de Fourier, M = medições lineares (incluindo ângulos curvaturas e outras medidas geométricas excluindo coordenadas de marcos anatômicos).

Espécie	Menor %	Maior %	Método	Referência
<i>Clupea harengus</i>	81	100	F	Burke <i>et al.</i> , 2008
<i>Engraulis encrasicolus</i>	81	81	F	Kristoffersen e Margoulas, 2008
<i>Gadus morhua</i>	75,8	84,7	F	Cardinale <i>et al.</i> , 2004
<i>Gadus morhua</i>	38	89	F	Galley <i>et al.</i> , 2006
<i>Gadus morhua</i>	60	81	F	Stransky <i>et al.</i> , 2008b
<i>Latris lineata</i>	43,28	78,76	F	Tracey <i>et al.</i> , 2006
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	61	83	M	Begg <i>et al.</i> , 2001
<i>Merluccius gayi</i>	86,7	93,1	F	Torres <i>et al.</i> , 2000
<i>Merluccius hubbsi</i>	51,7	91,1	F	Torres <i>et al.</i> , 2000
<i>Merluccius merluccius</i>	92,9	100	F	Torres <i>et al.</i> , 2000
<i>Solea solea</i>	51,9	62,0	F+M	Mérigot <i>et al.</i> , 2007
<i>Trachurus trachurus</i>	31	95	F	Stransky <i>et al.</i> , 2008a
Mediana	60,5	86,8		

Através dos resultados do presente estudo constatou-se a influência do crescimento no processo de variação de forma do *P. brasiliensis*, *S. rastrifer* e *I. parvipinnis*. O padrão alométrico observado apresenta um crescimento positivo no eixo antero-posterior (eixo horizontal) e um aumento relativo da área ocupada pelo óstio. Monteiro *et al.* (2005) encontraram padrões semelhantes para outras espécies de scianídeos. Segundo Lombarte e Fortuno (1992) e Torres *et al.* (2000), o aumento relativo do óstio pode estar relacionado a uma maior necessidade de compensação sensorial dos adultos que vivem em águas mais profundas quando comparados com os juvenis. Em relação ao crescimento localizado na região antero-posterior, este poderia resultar de um padrão de crescimento alométrico negativo na largura do otólito, comumente observado em outras espécies (Lombarte e Leonart, 1993; Monteiro *et al.* 2005). Gauldie e Nelson (1990) descrevem que o contato físico do crânio com a base do otólito restringe o crescimento da margem ventral deste último, sem, no entanto limitar o crescimento do sulco acústico. A variação ontogenética na posição relativa dos pontos anatômicos do sulco, observada nas três espécies, pode gerar uma diferença funcional na audição de peixes de diferentes tamanhos (Gauldie, 1988). Segundo Monteiro *et al.* (2005) as alterações na posição relativa do sulco acústico podem indicar uma mudança na orientação do epitélio sensorial, que por sua vez, tem uma importância fundamental na localização da origem do som.

Os estoques de *S. rastrifer*, por outro lado, apresentaram pouca influência alométrica dentro dos grupos, com uma regressão alométrica marginalmente significativa. Este resultado corrobora aqueles descritos por Monteiro *et al.* (2005), o qual descreve a inexistência de alometria para esta mesma espécie. Ramcharitar *et al.* (2006), em estudo sobre a bioacústica de peixes da família Scianidae, relataram que o gênero *Stellifer* apresenta a estrutura do aparato auditivo diferente dos demais gêneros, onde as células do epitélio sacular estão distribuídas tridimensionalmente ao redor do otólito. Com isso, no caso de um aumento relativo da área do óstio, este poderia ocorrer em um plano perpendicular aos das fotografias dos otólitos utilizadas nas análises de forma.

Em muitos estudos que abordam a diferenciação de estoques pesqueiros, a alometria é considerada uma interferência indesejável e a exclusão dessa variável da análise é realizada através de diversas estratégias, como por exemplo, a regressão combinada dentro dos grupos (Cardinale *et al.*, 2004; Stransky *et al.*,

2008a) ou a comparação de grupos etários similares (Burke *et al.*, 2008; Kristoffersen e Magoulas, 2008). A razão para a remoção da alometria é a existência da interação entre a variável de tamanho e a variável classificadora (onde se identificam os grupos). No entanto, as modificações no tamanho e na forma dos organismos também podem refletir respostas ontogenéticas relacionadas às condições ambientais experimentadas pelos indivíduos de diferentes populações (Strauss, 1992). Neste contexto, o estudo das trajetórias alométricas é importante para a compreensão da influência de fatores ecológicos no desenvolvimento dos organismos (Strauss, 1992), auxiliando assim na identificação dos estoques pesqueiros (Cadrin, 2000).

Para todas as espécies estudadas, a trajetória alométrica dos otólitos dos indivíduos do Farol diferiu dos demais locais de coleta. Comparativamente, os otólitos oriundos do Farol apresentaram maiores coeficientes alométricos, sugerindo um desenvolvimento mais rápido nestes indivíduos. Segundo Hendry (2001) e Sampaio (2007), a aceleração no desenvolvimento somático pode ser resultado da abundância de predadores ou disponibilidade de alimentos, ocasionando um adiantamento da maturação sexual. Esta diferença nos coeficientes alométricos faz com que os indivíduos dentro da mesma classe de tamanho, onde haja sobreposição entre os estoques, apresentem formas diferentes.

A variação alométrica observada para todas as espécies parece não corresponder a uma alometria ontogenética, mas sim a um padrão de alometria estática, ou seja, causada por diferenças de tamanho entre indivíduos do mesmo grupo etário. Este fato pode ser confirmado pela leitura dos anéis de crescimento nos otólitos que indicaram que os indivíduos pertencem às mesmas classes etárias em todas as amostras. Entretanto, sugere-se que futuras pesquisas sobre identificação de estoques contemplem diferentes classes etárias com o objetivo de utilizar a variação alométrica ontogenética (causada pelo crescimento) como evidência de diferenciação entre os estoques.

A análise de agrupamento baseado em modelos de misturas gaussianas, diferente da análise discriminante, agrupa as observações sem considerar a classificação *a priori* (a procedência original). Com isso, a relação entre a procedência original e os agrupamentos é inferida por comparação após a análise. Os resultados dos agrupamentos baseados em modelos permitiram a inferência de diferenças não apenas entre as formas médias dos estoques, mas também sobre o

número de componentes (grupos), classificação dos indivíduos e sobre a estrutura das misturas gaussianas que compõem a amostra total. No presente estudo, *P. brasiliensis* e *S. rastrifer* apresentaram um modelo de distribuições Gaussianas em forma de elipses, enquanto *I. parvipinnis* se adequou à versão esférica para a estrutura de covariância. Elipsóides correspondem a estruturas de covariância em que existe um eixo de maior variação dentro do grupo, ao passo que estruturas esféricas indicam que não existe um eixo de maior variação dentro do grupo. O tamanho dos elipsóides indica a variabilidade dentro de cada grupo enquanto a forma indica o quanto o eixo de maior variação é maior que os outros eixos da nuvem de pontos. Por fim, a orientação dos elipsóides corresponde à direção do eixo de maior variação no espaço formado pelas variáveis estudadas.

Através da análise de agrupamento das amostras avaliadas entre os locais de coleta, constatou-se que os estoques de *P. brasiliensis* e *S. rastrifer* não compartilham as mesmas covariâncias, ou seja, os grupos são formados por componentes gaussianos com diferentes propriedades estruturais, sendo considerado o parâmetro mais relevante, as diferenças de orientação. Por sua vez, para as amostras de *I. parvipinnis* obtidas no Farol e Atafona, constatou-se que os estoques apresentam maior diferenciação em termos de médias do que quanto à forma das distribuições.

Segundo Johnson (2001), a variação morfológica apresentada por populações de uma mesma espécie pode ser causada por diferenças genéticas. Diversos autores (Endler, 1986; Brodie *et al.*, 1995; Clegg *et al.* 2002) descrevem que as diferenças morfológicas causadas por fatores genéticos são principalmente originárias da seleção natural ou por evolução neutra causada pela separação geográfica entre as populações. Por sua vez, Cardinale *et al.* (2004) descrevem que diferenças genéticas estão principalmente associadas a variações da forma do otólito, enquanto que as condições ambientais alteram a taxa de crescimento do otólito, que conseqüentemente podem alterar a forma desta estrutura carbonática.

Outros autores também citam as alterações ambientais como causa para distinção morfológica entre populações (Fermon e Cibert, 1998; Monteiro *et al.*, 2003, Svanbäck e Eklöv, 2004). A interferência do ambiente no desenvolvimento morfológico sugere a indução de fenótipos diferentes para um mesmo genótipo, incluindo entre populações de uma mesma espécie. Isto justificaria a existência de uma plasticidade fenotípica entre populações (Peres-Neto e Magnan, 2004). Desta

forma, as diferenças observadas nas estruturas de covariância dentro dos grupos de *P. brasiliensis*, *I. parvipinis* e *S. rastrifer*, em conjunto com as diferentes alometrias, são sugestivas de que a divergência entre os estoques pode ter sido influenciada por fatores ambientais, seja por seleção direcional ou por plasticidade fenotípica.

A influência de variáveis ambientais na diferenciação morfológica dos otólitos foi principalmente estudada no bacalhau do atlântico (*Gadus morhua*) e parece estar principalmente relacionada à variação fisiológica causada por diferenças de temperatura e alimentação (Pepin e Carr, 1993; Cardinale *et al.*, 2004; Stransky *et al.*, 2008a). Esses autores sugerem que diferenças nas condições ambientais são fatores determinantes e condicionantes sobre como o crescimento do otólito ocorre, e conseqüentemente podem afetar a forma dessa estrutura. A modificação nas variáveis de forma conduzida por diferentes condições ambientais nem sempre está associada a uma segregação específica de genes (Begg e Waldman, 1999). Leslie e Grant (1990) não encontraram diferenças genéticas entre exemplares de *Lophius vomerinus* oriundas de diferentes áreas da costa da África do Sul, contrastando com a evidente variação das características morfométricas observadas. Esse fato foi igualmente corroborado em um estudo sobre estoques de *Clupea harengus harengus*, onde os autores concluíram que as variações fenotípicas encontradas podem ser atribuídas à influência das condições ambientais, pois não foi constatada nenhuma diferenciação genética entre os estoques (Saford e Booke, 1992).

Fatores ambientais tendem a influenciar as características fenotípicas. Desta forma, as variações fenotípicas entre estoques são geralmente associadas com a região geográfica ocupada pela espécie (Begg e Waldman, 1999). Stransky *et al.* (2008a) citam que as influências ambientais entre estoques de *G. morhua* são mais evidentes em áreas com características fisiográficas distintas - citando como exemplo o caso de fiordes semi-fechados – quando comparados a ambientes com condições de mar aberto. Os autores também citam as diferenças de temperatura nas massas d'água como importante agente indutor da forma e crescimento dos otólitos.

Analisando as características geográficas costeiras para as áreas estudadas, nota-se uma singularidade marcante entre Atafona e Rio das Ostras quando comparado à região do Cabo de São Tomé. Este último é caracterizado por um prolongamento da isóbata de 10m a uma distância da costa de cerca de 12km, causando uma hidrodinâmica peculiar no local que pode impedir ou dificultar o

movimento de indivíduos ao sul deste ponto. Este fato foi descrito por Di Benedetto (2003) para pequenos cetáceos, sendo corroborado por Souza (2000) que descreve que a Corrente do Brasil avança no sentido norte-sul próxima a costa brasileira até o Cabo de São Tomé (22° S), afastando-se a partir deste ponto em direção ao talude continental estendendo-se por volta de 100Km distante da costa. Por sua vez, as regiões de Atafona e Rio das Ostras são caracterizadas pela influência marcante dos rios Paraíba do Sul (no norte Fluminense) das Ostras e São João (na baixada litorânea), todos contribuindo com o aporte de nutrientes oriundos de suas bacias de drenagem com diferentes graus de influência antrópica. Somado a estas características fisiográficas, um aumento da profundidade a uma curta distância da costa, característico da região do Cabo de São Tomé, pode gerar uma influência modificadora do ambiente, capaz de induzir alterações no desenvolvimento das espécies e conseqüentemente na forma e no tamanho dos otólitos. Estas suposições foram descritas por Lombarte (1992), Torres *et al.* (2000) e Lombarte e Cruz (2007) os quais sugerem que a forma e o tamanho do otólito covariam com a profundidade média habitada pelos peixes, devido a uma seleção para a acuidade ou para manter a audição específica a determinadas freqüências. Esta seleção poderia ser motivada nos sciaenídeos tanto para a detecção de predadores (Popper e Lu, 2000) quanto para o reconhecimento de conespecíficos para acasalamento (Ramcharitar *et al.*, 2006).

Considerando os resultados até aqui discutidos quanto às trajetórias alométricas, as análises discriminantes e as análises de agrupamento, pode-se inferir que os padrões de divergência se repetem para as três espécies estudadas, evidenciando a singularidade das amostras coletadas no Farol. Este padrão pode estar associado às características ambientais do Cabo de São Tomé, marcado principalmente pelas características do relevo da plataforma continental em sua porção litorânea e pelas condições de correntes marítimas costeiras que podem governar inclusive a dinâmica de nutrientes nesta zona, e conseqüentemente a disponibilidade de alimento para as espécies da ictiofauna nerítica. Para corroborar esta hipótese, foi analisado o fator de condição dos peixes dos diferentes estoques em todas as áreas de estudo. Por definição, o fator de condição é um parâmetro baseado na relação entre o peso e o comprimento corporal de uma dada espécie e que determina o grau de bem estar do peixe, permitindo comparar populações que estão submetidas a diferentes condições ambientais, como clima, temperatura,

alimentação, entre outros (Rocha *et al.* 2005). Os resultados analisados evidenciaram diferenças significativas para as três espécies, onde os indivíduos provenientes do Farol apresentaram menor fator de condição quando comparado aos demais locais de coleta, sugerindo um déficit nutricional para os espécimes coletados neste local. Resultados semelhantes foram descritos por Gaudie e Nelson (1990) que atribuíram às diferenças nas formas dos otólitos de estoques distintos às diferenças regionais nas atividades metabólicas dos peixes que, conseqüentemente, alteram o padrão de crescimento e a forma dos otólitos (alometria dos otólitos). Neste contexto, as análises morfométricas dos otólitos fornecem uma importante base fenotípica para a separação dos estoques, sendo, portanto uma relevante ferramenta para o manejo pesqueiro (Begg e Waldman 1999).

Tendo em vista os resultados descritos e com base nas condições geográficas e ambientais que caracterizam os diferentes locais estudados, sugere-se que o Cabo de São Tomé funcione como uma barreira geográfica para o isolamento dos estoques do Farol e Atafona. Diferenças ambientais podem também dificultar a mobilidade dos estoques entre áreas sem barreiras físicas definidas, como entre Farol e Rio das Ostras, exacerbando ainda mais as divergências entre estoques.

7- CONCLUSÃO

As análises da variação de forma e relações alométricas nos otólitos *sagitta* das três espécies de peixes analisadas revelaram a existência de diferenças significativas entre os estoques avaliados nas áreas estudadas. Através destes resultados, foi possível identificar a segregação de grupos populacionais distintos entre a região costeira de Atafona e Rio das Ostras.

O padrão de singularidade encontrado entre as espécies estudadas, demonstrou a existência de características ambientais específicas na região do Cabo de São Tomé, que a diferenciam em relação a Rio das Ostras e a Atafona. Neste contexto, para o propósito de gerenciamento pesqueiro na região sugere-se que as áreas estudadas sejam tratadas de forma distintas.

As técnicas de morfometria geométrica utilizadas nesse trabalho mostraram-se mais eficazes que os métodos previamente utilizados na literatura para este mesmo propósito. Desta forma, a aplicação do estudo da morfometria geométrica de otólitos para as espécies estudadas contribuiu para o aumento do conhecimento acerca da dinâmica costeira destas populações.

Estudos complementares incluindo a análise de novas espécies, a utilização de técnicas de captura-marcação-recaptura, a utilização de marcadores moleculares para a identificação dos padrões genéticos dos diferentes grupos e a determinação do modelo de desenvolvimento ontogenético, podem ser conduzidos no futuro com o objetivo de investigar de forma mais criteriosa a influência dos fatores ambientais e genéticos responsáveis pela estrutura populacional das espécies exploradas.

8-BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, H. Allometric growth of the sulcus in *Cynoscion spp.*(Sciaenidae). *Journal of Fish Biology*, v. 63, p. 1341–1346, 2003.
- AGUIRRE, H.; LOMBARTE, A. Ecomorphological comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. *Journal of Fish Biology*, v. 55, p. 105-114, 1999.
- BEGG, G. A.; OVERHOLTZ, W. J.; AND MUNROE, N. J. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank. *Fishery Bulletin*, v. 99, p. 1-14, 2001.
- BEGG, G. A.; WALDMAN, J. R. An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*, v. 43, p. 35-44, 1999.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N. F.; HAIMOVICI, M. Statistical model of variable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). *Journal of Fish Biology*, v. 68, p. 196–208, 2006.
- BIZERRIL, C. R. F. S.; COSTA, P. A. S. *Peixes marinhos do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: SEMADS, 234 p, 2001.
- BOOKSTEIN, F. L. Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, v. 1, p. 225-243, 1997.
- BORGES, M. V. *Caracterização da ictiofauna associada à pesca do camarão no Porto do Farol de São Thomé*. 39 p. Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2006.

- BRANCO, J. O.; VERANI, J. R. Análise quali-quantitativa da ictiofauna acompanhante na pesca do camarão sete-barbas, na Armação do Itapocoroy, Penha, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 23 n. 2, p. 381-391, 2006.
- BRODIE, E. D.; MOORE, A. J.; JANZEN F. J. Visualizing and quantifying the natural selection. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 10, p. 313–318, 1995.
- BURKE, N.; BROPHY, D.; KING, P. A. Shape analysis of otolith annuli in Atlantic herring (*Clupea harengus*); a new method for tracking fish populations. *Fisheries Research*, v. 91, p. 133-143, 2008.
- CADRIN, S. X. Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 10, p. 91-112, 2000.
- CARDINALE, M.; DOERING-ARJES, P.; KASTOWSKY, M.; MOSEGAARD, H. Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, v. 61, p. 158-167, 2004.
- CLEGG, S. M.; DEGNAN, S. M., MARITZ, C.; ESTOUP, A.; KIKKAWA, J.; OWENS, I. P. F. Microevolution in island forms: the roles of drift and directional selection in morphological divergence of a passerine bird. *Evolution*, v. 56, p. 2090-2099, 2002.
- COTTRELL, P. E.; TRITES, A. W.; MILLER, E. H. Assessing the use of hard parts in faeces to identify harbour seal prey: results of captive-feeding trials. *Canadian Journal of Zoology*, v. 74, p. 875-880, 1996.
- CRUZ, A.; LOMBARTE, A. Otolith size and their relationship with colour pattern and sound production. *Journal of Fish Biology*, v. 65, p.1512-1525, 2004.

- DEVRIES, D. A.; GRIMES, C. B.; PRAGER, M. H. Using otolith shape analysis to distinguish eastern Gulf of Mexico and Atlantic Ocean stocks of king mackerel. *Fisheries Research*, v. 57, p. 51-62, 2002.
- DI BENEDITTO, A. P. M. Ecologia alimentar de *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) na Costa Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. 173p. Tese de Doutorado- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2000.
- DI BENEDITTO, A. P. M. Interactions between gillnet fisheries and small cetaceans in Northern Rio de Janeiro, Brazil: 2001-2002. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, v. 2, n. 2, p. 79-86, 2003.
- DI BENEDITTO, A. P. M.; RAMOS, R. M. A. *Biologia e Conservação de pequenos cetáceos no Norte do Estado do Rio de Janeiro*. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Ciências Ambientais, 2001.
- DI BENEDITTO, A. P. M.; RAMOS, R. M. A.; WILLE-LIMA, N. R. Fishing activity on Northern Rio de Janeiro State (Brazil) and its relation with small cetaceans. *Brazilian Archives of Biological Technology*, v. 41, n. 3, p. 296-302, 1998.
- DI BENEDITTO, A. P. M.; RAMOS, R. M. A.; WILLE-LIMA, N. R. *Os golfinhos: origem, classificação, captura acidental, hábito alimentar*. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2001.
- DRAKE, A. G.; KLINGENBERG, C. P. The pace of morphological change: historical transformation of skull shape in St. Bernard dogs. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 275, p. 71-76, 2008.
- ENDLER, J. A. *Natural selection in the wild*. Princeton University Press, New Jersey. 1986.

- FERMON, Y. CIBERT, C. Ecomorphological individual variation in a population of *Haplochromis nyererei* from the Tanzanian part of Lake Victoria. *Journal of Fish Biology*, v. 53, p. 66-83, 1998.
- FRALEY, C.; RAFTERY, A. E. "mclust: Software for Model-based Cluster Analysis." *Journal of Classification*, v. 16, p. 297-306, 1999.
- FRALEY, C.; RAFTERY, A. E. Model-based Methods of Classification: Using the mclust Software in Chemometrics. *Journal of Statistical Software*, v. 18, p. 1-13, 2007.
- FRALEY, C.; RAFTERY, A. Mclust: Model-Based Clustering / Normal Mixture Modeling. R package version 3.1-3.
<http://www.stat.washington.edu/fraley/mclust>, 2008.
- GAEMERS, P. A. M. Taxonomic position of Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. *Netherlands Journal of Zoology*, v. 34, p. 566-595, 1984.
- GALLEY, E. A.; WRIGHT, P. J.; GIBB, F. M., Combined methods of otolith shape analysis improve identification of spawning areas of Atlantic cod. *ICES Journal of Marine Science*, v. 63, p. 1710-1717, 2006.
- GAULDIE, R. W. The morphological basis of fish age estimation methods based on the otolith of *Nemadactylus macropterus*. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences*, v. 51, p. 2341-2362, 1994.
- GAULDIE, R. W. Function, form and time keeping properties of fish otoliths. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 91A, p. 395-402, 1988.
- GAULDIE, R. W.; CRAMPTON, J. S. An eco-morphological explanation of individual variability in the shape of the fish otolith: comparison of the otolith of *Hoplostethus atlanticus* with other species by depth. *Journal of Fish Biology*, v. 60, p. 1204-1221, 2002.

GAULDIE, R.W.; NELSON, D.G.A. Otolith growth in fishes. *Comp. Biochem. Phys.*, v. 97A, p. 119-135, 1990.

GONZALEZ-SALAS, C.; LENFANT, P. Interannual variability and intraannual stability of the otolith shape in European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L.) in the Bay of Biscay. *Journal of Fish Biology*, v. 70, p. 35-49, 2007

HENDRY, A. P., Adaptive divergence and the evolution of reproductive isolation in the wild: an empirical demonstration using introduced sockeye salmon. *Genetica*, v. 112-113, p. 515-534, 2001.

HOFF, G. R.; BUIMAN, L. A. Morphometry and composition of red drum otoliths: changes associated with temperature, somatic growth rate, and age. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 106A, n. 2, p. 209-219, 1993.

JOHNSON, J. B. Hierarchical organization of genetic variation in the Costa Rica livebearing fish *Brachyrhaphis rhabdophora* (Poeciliidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, v. 72 p. 519-527. 2001.

KLINGENBERG, C. P. MorphoJ. Faculty of Life Sciences, University of Manchester, UK. Version (2008).

Disponível em: http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_page.htm. Acessado em 12 de ago. de 2008.

KRISTOFFERSEN, J. B.; MARGOULAS, A. Population structure of anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Mediterranean Sea inferred from multiple methods. *Fisheries Research*, v. 91, p. 187-195, 2008.

LAERM, J.; WENZEL, F.; CRADDOCK, J. E.; WEINAND, D.; MCGURK, J.; HARRIS, M. J.; EARLY, G. A.; MEAD, J. G.; POTTER, C. W.; BARROS, N. B. New prey species for northwestern Atlantic humpback whales. *Marine Mammal Science*, v. 13, p. 705–711, 1997.

- LESLIE, R. W.; GRANT, W. S. Lack of congruence between genetic and morphological stock structure of the Southern African anglerfish *Lophius vomerinus*. *Sth. Afr. J. Mar. Sci.*, v. 9, p. 379-398, 1990.
- LOMBARTE, A., Changes in otolith area – sensory area ratio with body size and depth. *Environmental Biology of Fishes*, v. 33, p. 405-410, 1992.
- LOMBARTE, A.; CRUZ, A., Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. *Journal of Fish Biology*, v. 71, p. 53-76, 2007.
- LOMBARTE, A.; FORTUNO, J.M. Differences in Morphological Features of the Sacculus of the Inner-Ear of two Hakes (*Merluccius capensis* and *M. paradoxus*, Gadiformes) Inhabits from Different Depth of Sea. *Journal of Morphology*, v. 214, p. 97-107, 1992.
- LOMBARTE, A.; LLEONART, J. Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environ. Biol. Fish*, v.37, p. 297-306, 1993.
- LOMBARTE, A.; TORRES, G. J.; MORALES-NIN, B. Specific *Merluccius* otolith growth patterns related to phylogenetic and environmental factors. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v.83, p. 277-281, 2003
- LUCZKOVICH, J. J.; SPRAGUE, M. W.; JOHNSON, S. E.; PULLINGER, R. C. Delimiting spawning areas of weakfish *Cynoscion regalis* (family Sciaenidae) in Pamlico Sound, North Carolina using passive hydroacoustic surveys. *Bioacoustics*, v. 10, p. 143-160, 1999.
- LYCHAKOV, D. V.; REBANE, Y. T. Otolith regularities. *Hearing Research*, v. 143, p. 83-102, 2000.
- MENEZES, N. A.; FIGUEIREDO, L. L. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia de São Paulo, 1980. 96p

- MÉRIGOT, B.; LETOURNER, Y.; LECOMTE-FINIGER, R. Characterization of local populations of the common sole *Solea solea* (Pisces, Soleidae) in the NW Mediterranean through otolith morphometrics and shape analysis. *Marine Biology*, v. 151, p. 997-1008, 2007.
- MONTEIRO, L. R. Multivariate regression models and geometric morphometrics: the search for causal factors in the analysis of shape. *Systems Biology*, v. 48, p. 192-199, 1999.
- MONTEIRO, L. R.; DI BENEDITTO, A. P. M.; GUILHERMO, L. H.; RIVERA, L. A. Allometric changes and shape differentiation of sagitta otolithis in sciaenid fishes. *Fisheries Research*, v. 74, p. 288-299, 2005.
- MONTEIRO, L. M.; DUARTE L. C.; REIS, S. F. Environmental correlates of geographical variation in skull and mandible shape of the punaré rat *Thrichomys apereoides* (Rodentia: Echimyidae). *Journal of Zoology*, v. 261, p. 47-57, 2003.
- MONTEIRO, L. R.; GUILHERMO, L. H.; RIVERA L. A.; DI BENEDITTO, A. P. M. Geometric methods combining contour and landmark information in the statistical analysis of biological shape. *Proceedings of the Third Brazilian Symposium on Mathematical and Computational Biology*. E-papers, Rio de Janeiro, p. 336-355, 2004.
- MONTEIRO, L. R.; REIS, S.F. *Princípios de morfometria geométrica*. Ribeirão Preto: Editora Holos, 198p, 1999.
- PAIVA-FILHO, A. M.; SCHIMIGELOW, J. M. M. Estudo sobre a ictiofauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyert*) nas proximidades da Baía de Santos, SP. 1. Aspectos quantitativos. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, v. 34, p. 78-85, 1986.
- PALACIO, F., P. Revisión Zoogeográfica Marina Del Sur Del Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, São Paulo, v. 31, p. 69-92, 1982.

- PAXTON, J. R. Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat, and/or luminescence? *Philosophical Transactions of The Royal Society of London B*, v. 355, p. 1299-1303, 2000.
- PEPIN, P.; CARR, S. M. Morphological, meristic, and genetic analysis of stock structure in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Newfoundland Shelf. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v. 50, p. 1924-1933, 1993.
- PERES-NETO, P. R.; MAGNAN, P. The influencing in swimming demand on phenotypic plasticity and morphological integration: a comparison of two polymorphic charr species. *Oecologia*, v. 140, p. 36-45, 2004.
- PONTON, D. Is Geometric Morphometrics Efficient for Comparing Otolith shape of Different Fish Species? *Journal of Morphology*, v. 267, p. 750-757, 2006.
- POPPER, A. N.; LU, Z. Structure-function relationships in fish otolith organs. *Fisheries Research*, v. 46, p. 15-25, 2000.
- POTHIN, K.; GONZALEZ-SALAS, C.; CHABANET, P. Distinction between *Mulloidichthys flavolineatus* juveniles from Reunion Island and Mauritius Island (south-west Indian Ocean) based on otolith morphometrics. *Journal of Fish Biology*, v. 69, p. 38-53, 2006.
- RADEBE, P. V.; MANN, B. Q.; BECKLEY, L. E.; GOVENDER, A. Age and Growth of *Rhabdosargus sarba* (Pisces: Sparidae) from KwaZulu- Natal, South Africa. *Fisheries Research*, v. 1333, p. 01-09, 2001.
- RAMCHARITAR, J.; HIGGS, D. M.; POPPER, A. N. Sciaenid inner ears: a study in diversity. *Brain Behavior and Evolution*, v. 58, p. 152-162, 2001.
- RAMCHARITAR, J.; GANNON, D. P.; POPPER, A. N., Bioacoustics of fishes of the family sciaenidae (croakers and drums). *Transactions of the American Fisheries Society*, v. 135, p. 1409-1431, 2006.

- RASBAND, W., 2002. NIH ImageJ. Research Service Branch, National Institute of Mental Health, National Institute of Health, Bethesda. MD. Disponível online em <http://rsb.info.nih.gov/ij/docs/intro.html> (verificado 13 de Agosto, 2008).
- ROCHA, M. A.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; BOROSKY, J. C.; RUBIN, K. C. P. Use of the allometric and the Fulton condition factors to compare the carp (*Cyprinus carpio*) considering sexes and ages. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 26, p. 429-434, 2005.
- ROHLF, F. TPSDig. Versão 1.17. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. 2006.
- ROHLF, F. TPSRelw. Versão 1.45. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook. 2007
- SAFORD, S. E.; BOOKE, H. Lack of biochemical genetic and morphometric evidence for discrete stocks of Northwest Atlantic herring *Clupea harengus harengus*. *Fish. Bull.*, v. 90, p. 210-230, 1992.
- SAMPAIO, N. N. *Padrões alométricos de Poecilia vivipara (Teleostei, Poeciliidae) em Lagoas do Norte Fluminense*. 31p. Monografia de Licenciatura em Ciências Biológicas- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2007.
- SOUZA, M. C. A. *A corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas*. 178 p. Dissertação de mestrado em Ciências, área de Oceanografia Física - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- STRANSKY, C.; BAUMANN, H.; FEVOLDEN, S.; HARBITZ, A.; HOIE, H.; NEDREAAS, K. H.; SALBERG, A.; SKARSTEIN, T. H. Separation of Norwegian coastal cod and Northeast Arctic cod by outer otolith shape analysis. *Fisheries Research*, v. 90, p. 26-35, 2008a.

- STRANSKY, C.; MURTA, A. G.; SCHLICKEISEN, J.; ZIMMERMANN, C., Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Fisheries Research*, v. 89, p. 159-166, 2008b.
- STRAUSS, R. E. Developmental variability and heterochronic evolution in poeciliid fishes (Ciprinodontiformes). Mayden, R. L. (ed.) In Systematics historical Ecology, and North American Freshwater Fishes. *Palo Alto Stanford University Press*, p. 492-514, 1992.
- SVANBÄCK, R.; EKLÖV, P. Morphology in perch affects habitat specific feeding efficiency. *Functional Ecology*, v. 18, p. 503-510, 2004.
- TORRES, G. J.; LOMBARTE, A.; MORALES-NIN, B. Variability of the sulcus acusticus in the sagittal otolith of the genus *Merluccius* (Merlucciidae). *Fisheries Research*, v. 46, p. 5-13, 2000.
- TRACEY, S. R.; LYLE, J. M.; DUHAMEL, G. Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Fisheries Research*, v. 77, p. 138-147, 2006.
- TUSET, V. M.; ROSIN, P. L.; LOMBARTE, A. Sagittal otolith shape used in the identification of fishes of the genus *Serranus*. *Fisheries Research*, v. 81, p. 316-325, 2006.
- VALENTIN, J. L.; MONTEIRO-RIBAS, W. M. Zooplankton community on the east-southeast Brazilian continental shelf (18-23°S latitude). *Continental Shelf Research*, v. 13, p. 407-424, 1993.
- VOLPEDO, A.; ECHEVERRIA, D. D. Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentina. *Fisheries Research*, v. 60, p. 551-560, 2003.

WEBER, W. *Ambientes das águas no Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: SEMADS, 230p, 2001.