

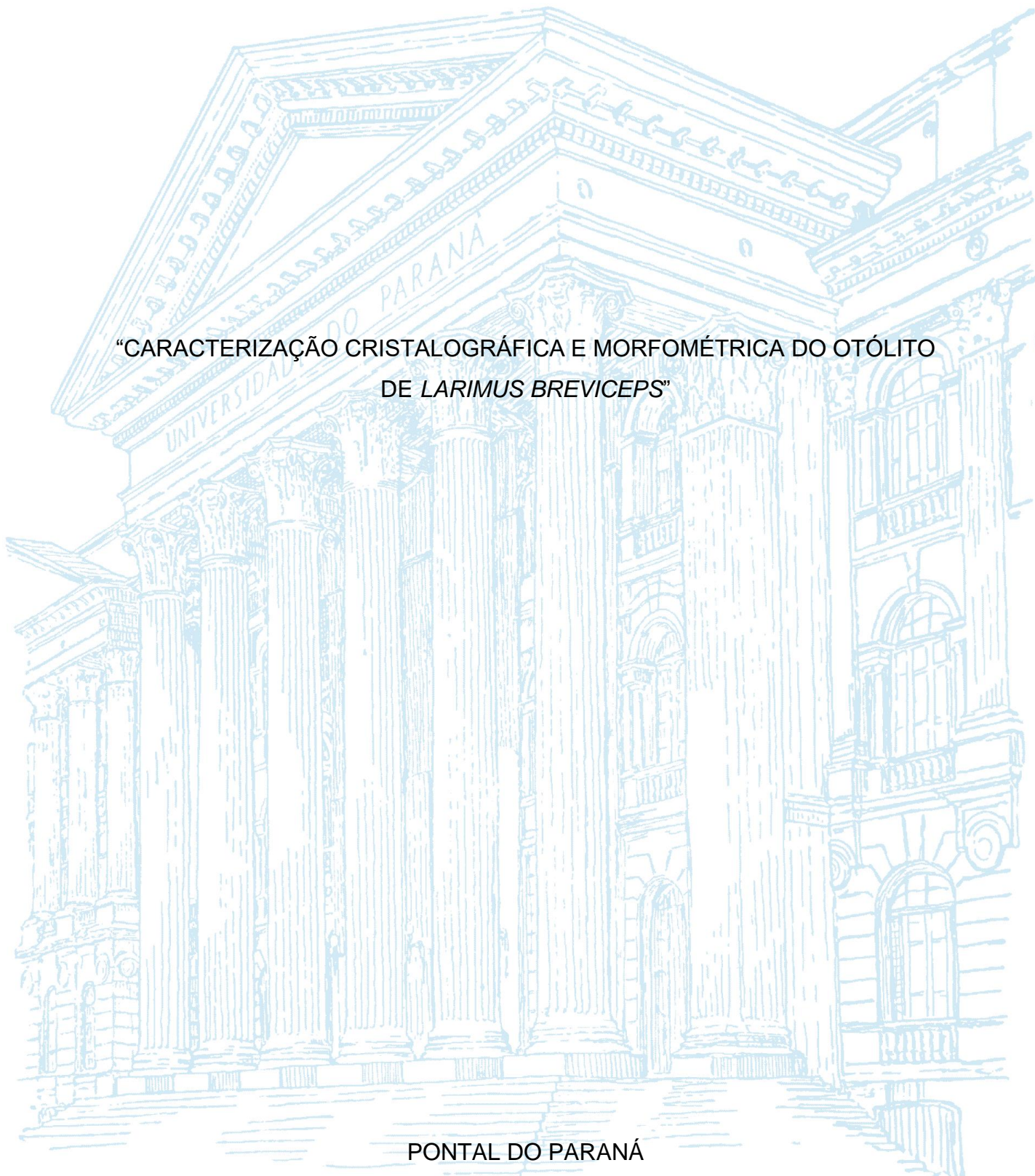
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Yasmim Christine Conrado Barbieri

“CARACTERIZAÇÃO CRISTALOGRÁFICA E MORFOMÉTRICA DO OTÓLITO
DE *LARIMUS BREVICEPS*”

PONTAL DO PARANÁ

2021



YASMIM CHRISTINE CONRADO BARBIERI

CARACTERIZAÇÃO CRISTALOGRÁFICA E MORFOMÉTRICA DO OTÓLITO
DE *LARIMUS BREVICEPS*

TCC apresentado ao curso de Graduação em Oceanografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Henry Louis Spach

Coorientadora: Profa. Dra. Barbara Maichak de Carvalho

PONTAL DO PARANÁ

2021

TERMO DE APROVAÇÃO

Yasmim Christine Conrado Barbieri

“CARACTERIZAÇÃO CRISTALOGRÁFICA E MORFOMÉTRICA DO OTÓLITO DE *Larimus breviceps*”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharela em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:



Prof. Dr. Henry Louis Spach
Prof. Orientador - Centro de Estudos do Mar - UFPR



Dr. Johnatas Adelir-Alves
Instituto COMAR - Conservação Marinha do Brasil

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Taynara Franco', with a stylized, cursive script.

Dra. Taynara Franco
Pós-doutoranda na UFRRJ

Pontal do Paraná, 15 de dezembro de 2021

RESUMO

Este estudo teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica e cristalográfica dos otólitos *sagittae* de *Larimus breviceps*. Para este estudo foram coletados 82 exemplares de *L. breviceps* em distintos locais do litoral paulista e paranaense respectivamente, sendo eles: Peruíbe (24° 19' 12" S, 46° 59' 54" O) e São Sebastião (23° 45' 40" S, 45° 24' 44" O), em Pontal do Paraná (25° 40' 24" S, 48° 30' 39" O) e Matinhos (25° 49' 8" S, 48° 32' 29" O). Foi utilizado a espectrometria Raman para verificar quais tipos de carbonato de cálcio foram depositados no otólito *sagitta* e a variação morfométrica dos otólitos foi testada utilizando os índices de forma de Razões de Aspecto e Elipticidade para verificar as proporções entre comprimento dos otólitos e dos peixes, as tendências de forma e de crescimento dos otólitos. Os espectros de Raman foram realizados em exemplares coletados apenas em Matinhos e demonstraram deposição apenas de aragonita tanto nos otólitos normais quanto nos com alterações morfológicas. Os otólitos apresentam variação de forma entre os locais amostrados (PERMANOVA; $F = 23,76$; $p < 0,0001$). O teste de Bonferroni não demonstrou interação significativa entre os índices de forma de Peruíbe-São Sebastião com Matinhos ($p > 0,005$), porém apresentou valor significativo entre Peruíbe-São Sebastião, Matinhos com Pontal do Paraná. A análise discriminante linear apresentou 61,73% de acertos global para reclassificação dos otólitos por locais de amostragem, maiores similaridades na forma do otólito foram observadas entre Peruíbe, São Sebastião e Matinhos. A aragonita é o carbonato que se deposita nos otólitos de *L. breviceps*, porém não é possível afirmar que existe diferença da forma dos otólitos entre os locais amostrados devido a influência do tamanho dos exemplares.

Palavras-chave: Plataforma Continental. Sciaenidae. Índice de forma.

ABSTRACT

This study aimed to carry out the morphometric and crystallographic characterization of the sagittal otoliths of *Larimus breviceps*. For this study, 82 specimens of *L. breviceps* were collected in different locations along the coast of São Paulo and Paraná, respectively: Peruíbe (24° 19' 12" S, 46° 59' 54" W) and São Sebastião (23° 45' 40" S, 45° 24' 44" W), in Pontal, do Paraná (25° 40' 24" S, 48° 30' 39" W) and Matinhos (25° 49' 8" S, 48° 32' 29" W). Raman spectrometry was used to verify which types of calcium carbonate were deposited in the sagitta otolith and the morphometric variation of the otoliths was tested using the shape indices of Aspect Ratios and Ellipticity to verify the proportions between the length of the otoliths and fish, trends in shape, and growth of otoliths. Raman spectra were performed on specimens collected only in Matinhos and showed deposition only of aragonite in both normal and morphologically altered otoliths. The otoliths show variation in shape between the sampled locations (PERMANOVA; $F = 23.76$; $p < 0.0001$). This one from Bonferroni showed no significant interaction between the shape indices of Peruíbe-São Sebastião and Matinhos ($p > 0.005$), however it showed a significant value between Peruíbe-São Sebastião, Matinhos and Pontal do Paraná. The linear discriminant analysis showed 61.73% of correct answers for the reclassification of otoliths by sampling sites, greater similarities in the shape of the otolith were observed between Peruíbe, São Sebastião, and Matinhos. Aragonite is the carbonate that is deposited in the otoliths of *L. breviceps*, but it is not possible to say that there is a difference in the shape of the otoliths between the sampled sites due to the influence of the size of the specimens.

Keywords: Continental shelf. Sciaenidae. Shape index.

Sumário

1 REVISÃO DE LITERATURA	8
1.1 GENERALIDADES DA ESPÉCIE	8
1.2 OTÓLITOS	8
1.3 ESPECTROMETRIA RAMAN	10
2 MANUSCRITO FORMATADO PARA FUTURA SUBMISSÃO NA REVISTA:	
JOURNAL OF APPLIED ICHTHYOLOGY	12
REFERÊNCIAS.....	26

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 GENERALIDADES DA ESPÉCIE

A família Sciaenidae compreende a comunidade de peixes demersais mais importante das águas costeiras do sudeste e sul do Brasil (SOARES, 1999), contém peixes teleósteos que habitam águas marinhas, salobras e fluviais (especialmente na América do Sul); nos oceanos Atlântico, Índico e Pacífico, esta família inclui cerca de 270 espécies distribuídas em 70 gêneros (NELSON, 2006). Geralmente são encontradas em águas rasas de plataforma continental, próximas às desembocaduras de estuários, algumas espécies são dependentes de ambientes estuarinos em diferentes períodos de seu ciclo de vida (COSTA *et al.*, 2012).

A espécie *Larimus breviceps* (CUVIER, 1830), objeto deste estudo, é comumente conhecida no Brasil como “Oveva” e possui baixo valor comercial, sendo um típico constituinte da fauna acompanhante (VIANNA *et al.*, 2005). Diferentemente, outras espécies da família Sciaenidae apresentam grande importância na atividade pesqueira em várias partes do mundo (LUCZKOVICH *et al.*, 2008). Habitualmente vive em fundos de areias e lama das águas costeiras e estuarinas em profundidades de até 50 m. Encontra-se amplamente distribuída nas áreas rasa do Oceano Atlântico ocidental, entre a Costa Rica ao estado de Santa Catarina, Brasil (MENEZES *et al.*, 2003).

Essa espécie pode atingir 30 cm de comprimento total e 500g de peso (CERVIGON, 1992), em relação ao tamanho da primeira maturação, a *L. breviceps* mostra que normalmente cerca de 50% da população está apta a desovar aos 12,0 cm, e que todos os indivíduos acima de 13,5 cm provavelmente são capazes de desovar (ANTUNES DE OLIVEIRA, 2012; SOUZA *et al.*, 2008). É uma espécie bentofágica que se alimenta principalmente de crustáceos como os camarões (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

1.2 OTÓLITOS

Os otólitos são estruturas constituídas essencialmente por carbonato de cálcio (CaCO₃), normalmente precipitam na forma de aragonita, mas podem precipitar também na forma de vaterita e calcita. Essa estrutura está presente no ouvido interno dos peixes teleósteos, e compreendem parte fundamental nos

mecanismos que captam movimento e posicionamento dos peixes em relação à gravidade, além disso também é um órgão de percepção de som (POPPER *et al.*, 2005).

Essa estrutura está localizada na parte ventral do cérebro, do lado direito e esquerdo da cabeça, é constituído por um labirinto membranoso com três canais semicirculares e três câmaras denominadas como órgãos otolíticos, sendo sáculo (*sacculus*), utrículo (*utrículus*) e lagena (*lagena*) (POPPER *et al.*, 2000). Dentro de cada uma dessas câmaras existe um par de otólitos, que são denominados *sagittae*, *lapillus* e *asteriscus* (POPPER *et al.*, 2000; Tuset *et al.*, 2008).

O otólito *sagittae* geralmente é mais utilizado em estudos de ictiologia por ser mais desenvolvido que o *lapillus* e *asteriscus* (MANIZADEH *et al.*, 2018), além de ser o maior par de otólitos, também possui característica da morfologia interespecífica, permitindo que o *sagitta* seja utilizado para identificar e caracterizar estoques pesqueiros e identificar espécies de presas em itens alimentares dos predadores (COTTRELL *et al.*, 1996).

Apesar da forma dos otólitos ser considerada espécie-específica, algumas diferenças podem ser observadas quanto ao desenvolvimento ontogenético, por fatores genéticos e ambientais causando variação de forma entre os indivíduos da mesma espécie (GAEMERS, 1984). Sendo assim, a forma e tamanho dos otólitos *sagittae* podem ser influenciados pelos seguintes fatores ambientais: profundidade, tipo de substrato (VOLPEDO, 2003; PAXTON, 2000; TORRES *et al.*, 2000), temperatura da água e dieta, tendo influência indireta através do crescimento do peixe (LOMBARTE *et al.*, 2003).

A morfometria dos otólitos é um instrumento quantitativo que permite a realização de análises que podem explicar a maneira pela qual diferentes processos biológicos, como o desenvolvimento ontogenético, maturidade e a adaptação aos fatores geográficos, causam mudanças nos otólitos dos indivíduos ou em parte deles (ZELDITCH *et al.*, 2012).

Este método científico tem sido amplamente utilizado na caracterização da diversidade de comunidades (TUSET, 2015), identificação de espécies (LOMBARTE, 2011), em estudos de ecologia trófica de ictiófagos (BUSTOS *et al.*, 2012; MIOTTO *et al.*, 2017), na identificação de estoques pesqueiros por meio de métodos morfológicos e morfométricos (AVIGLIANO *et al.*, 2015; ZISCHKE *et al.*, 2016), padrões e uso de habitat (AVIGLIANO *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2017),

conectividade entre populações (TANNER *et al.*, 2013; DAVOREN; HALDEN 2014) e idade e crescimento (VAZ-DOS-DANTOS; ROSSI-WONGTSCHWSKI, 2007; EGBERT; RULIFSON, 2017).

A morfometria pode ser realizada por métodos lineares e de contorno. Nos métodos lineares são utilizadas medidas morfométricas do otólito que permitem calcular os índices de forma (descriptor de forma), geralmente relacionando as dimensões entre as medidas dos otólitos e o comprimento do peixe. Tal informação torna-se importante quando consideramos que os otólitos são úteis porque seu crescimento está relacionado ao aumento do tamanho dos peixes e geralmente segue um aumento alométrico do tamanho (CHILTON; BEAMISH, 1982).

A avaliação do contorno dos otólitos pode ser realizada através de diferentes métodos, como: coordenadas polares (LOMBARTE e TUSET, 2015), landmarks (MONTEIRO *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2015), harmônicos de Fourier (LIBUNGAN *et al.*, 2015; BOSE *et al.*, 2016; ADELIR-ALVES *et al.*, 2019; SOETH *et al.*, 2019) e wavelets (SADIGHZADEH *et al.*, 2014; TUSET *et al.*, 2015). Os harmônicos de Fourier mostram melhores resultados em espécies filogeneticamente distantes enquanto wavelets são mais eficientes na diferenciação de espécies próximas e na identificação de variações intraespecíficas (SADIGHZADEH *et al.*, 2012).

Os índices de forma são métodos lineares utilizados para verificar mudanças na forma dos otólitos (TUSET *et al.*, 2003; 2008), fornecendo uma ferramenta poderosa para analisar a variabilidade dos padrões de população de peixes e do ciclo de vida. Os índices de forma apesar de não apresentar elevada sensibilidade tanto quanto os métodos de contorno são muito utilizados na ictiologia (ALMEIDA *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019; AVIGLIANO *et al.*, 2015; CARVALHO *et al.*, 2019; 2020; CARVALHO; CORRÉA, 2014; ZISCHKE *et al.*, 2016; VAZ-DOS-SANTOS *et al.*, 2017; RONDON *et al.*, 2014; CAÑAS *et al.*, 2012).

1.3 ESPECTROMETRIA RAMAN

A espectrometria é usualmente utilizada na identificação, caracterização e demonstração de estrutura de moléculas e compostos, e também no monitoramento e controle de reações químicas. Essa técnica é fundamentada na propriedade que os átomos e moléculas possuem em absorver ou emitir energia de um determinado

local do espectro eletromagnético, isso oferece informações sobre a composição química e estrutura cristalina da amostra (FARIA *et al.*, 2002).

Quando a radiação atinge o corpo, os estados de energia podem diferir e, dependendo da região onde a energia da radiação incidente está localizada, existem diferentes tipos de transições, por exemplo, transições eletrônicas, que são comumente encontradas em ultravioleta, ou visível, as rotacionais, definida nas regiões de micro-ondas, as translacionais e vibracionais, estando as últimas na faixa do visível, infravermelho ou próximo ao infravermelho (SALA, 2011).

Essas transições vibracionais são estudadas por meio espectroscopia vibracional que inclui três tipos de técnicas analíticas: a espectrometria de absorção no infravermelho, espectrometria Raman (espalhamento Raman) e a espectrometria de espalhamento de nêutrons (ANDO, 2005).

As técnicas mais comumente utilizadas são a espectrometria de infravermelho e a espectrometria Raman, ambas as tecnologias usam a interação da radiação eletromagnética e do movimento vibracional dos núcleos para medir os níveis de energia vibracional associados às ligações químicas na amostra, gerando espectros vibracionais. Dessa forma, podemos analisar mais detalhadamente os materiais analisados por espectrometria eletrônica, que são formados por amplas bandas de deformação, enquanto os espectros vibracionais são únicos para cada material e para as moléculas que o constituem (FARIA *et al.*, 1996).

A espectrometria Raman geralmente é utilizada para estudar características de pequena escala, incluindo otólitos de peixes teleósteos (KERN *et al.*, 2017). A técnica não é destrutiva e, conforme descrito acima, analisa vibrações moleculares por luz laser induzida, o que permite analisar se o carbonato de cálcio (CaCO_3) precipita na forma de aragonita e vaterita (JOLIVET *et al.*, 2008).

2 MANUSCRITO FORMATADO PARA FUTURA SUBMISSÃO NA REVISTA: JOURNAL OF APPLIED ICHTHYOLOGY

Caracterização cristalográfica e morfométrica dos otólitos de *Larimus breviceps*

Yasmim Christine Conrado Barbieri*¹; Barbara Maichak de Carvalho*²; Henry Louis Spach *³

Departamento de Oceanografia da Universidade Federal do Paraná – campus Pontal do Paraná, Av. Beira-mar nº. s/n, CEP: 83255-976, Pontal do Paraná, Paraná, Brasil.

Resumo

Este estudo teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica e cristalográfica dos otólitos *sagittae* de *Larimus breviceps*. Para este estudo foram coletados 82 exemplares de *L. breviceps* em distintos locais do litoral paulista e paranaense respectivamente, sendo eles: Peruíbe (24° 19' 12" S, 46° 59' 54" O) e São Sebastião (23° 45' 40" S, 45° 24' 44" O), em Pontal do Paraná (25° 40' 24" S, 48° 30' 39" O) e Matinhos (25° 49' 8" S, 48° 32' 29" O). Foi utilizado a espectrometria Raman para verificar quais tipos de carbonato de cálcio foram depositados no otólito sagitta e a variação morfométrica dos otólitos foi testada utilizando os índices de forma de Razões de Aspecto e Elipticidade para verificar as proporções entre comprimento dos otólitos e dos peixes, as tendências de forma e de crescimento dos otólitos. Os espectros de Raman foram realizados em exemplares coletados apenas em Matinhos e demonstraram deposição apenas de aragonita tanto nos otólitos normais quanto nos com alterações morfológicas. Os otólitos apresentam variação de forma entre os locais amostrados (PERMANOVA; $F = 23,76$; $p < 0,0001$). O teste de Bonferroni não demonstrou interação significativa entre os índices de forma de Peruíbe-São Sebastião com Matinhos ($p > 0,005$), porém apresentou valor significativo entre Peruíbe-São Sebastião, Matinhos com Pontal do Paraná. A análise discriminante linear apresentou 61,73% de acertos global para reclassificação dos otólitos por locais de amostragem, maiores similaridades na forma do otólito foram observadas entre Peruíbe, São Sebastião e Matinhos. A aragonita é o carbonato que se deposita nos otólitos de *L. breviceps*, porém não é possível afirmar que existe diferença da forma dos otólitos entre os locais amostrados devido a influência do tamanho dos exemplares.

Palavras-chave: Plataforma Continental. Sciaenidae. Índices de forma

Introdução

Os otólitos são estruturas de carbonato de cálcio precipitado principalmente como aragonita, presentes no ouvido interno dos peixes teleósteos em três pares denominados *sagittae*, *asteriscus* e *lapillus*, imersos na endolinfa, líquido contido na cápsula auditiva (Popper et al., 2005). Desempenham um papel importante nas funções sensoriais em associação com as células ciliadas do epitélio sensorial (mácula), eles percebem a gravidade, a aceleração linear e os sons, atributos importantes para o movimento dos peixes e percepção do ambiente circundante (Popper et al., 2000; Béarez et al., 2005).

Várias informações biológicas, como identificação taxonômica e populacional, longevidade, idade da primeira maturação, taxas de crescimento e mudanças ambientais, podem ser fornecidas através da análise de otólitos, atuando como um registro permanente da história de vida do peixe (Oliveira et al., 2014). As características de desenvolvimento de cada otólito variam de acordo com o padrão filogenético da morfologia das espécies e algumas influências ambientais, de modo que elas geralmente desenvolvem uma forma específica em cada população (Clark, 2018).

Além da fisiologia das espécies, os parâmetros ambientais também influenciam a forma dos otólitos. Por exemplo, a adaptação auditiva, onde um fator é a relação da profundidade com a forma dos otólitos, as espécies de águas profundas apresentam características nos otólitos diferentes em relação às espécies de águas superficiais (Torres et al., 2000). Assim como a temperatura da água também influencia no crescimento dos otólitos, populações de espécies que vivem em águas com ampla faixa de temperatura diferem significativamente na forma de otólitos (Leguá et al., 2013), a salinidade também pode ser uma força ambiental que muda a forma do otólito durante o crescimento (Capoccioni et al., 2011). Alguns estudos recentes constataram que o estresse ambiental também pode causar alterações morfológicas e até deformidades na deposição de cristais em otólitos. (Carvalho et al., 2019; Holmberg et al., 2019).

O processo químico de formação dos otólitos é constituído principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3), precipitado como aragonita, matéria orgânica e elementos traços, esse processo é controlado por hormônios e pode ser influenciado por fatores ambientais (Popper & Fay, 2011). São estruturas metabolicamente inertes, consideradas estruturas conservativas, ou seja, após a sua formação, não há alterações químicas ou reabsorção metabólica (Ladich & Schulz-Mirbach, 2016).

Porém, a precipitação do CaCO_3 também pode ocorrer na forma de vaterita e calcita, o que pode causar alterações morfológicas em otólitos *sagittae*, Mugliya (1971) descreveu a morfologia de otólitos com alterações morfológicas em várias espécies de peixes ósseos. Alguns estudos mostram que essas mudanças na cristalização de CaCO_3 podem estar

relacionadas a uma variedade de fatores, como traumas físicos na mácula (Strong et al., 1986), a mudanças químicas na endolinfa e estresse ambiental (David et al., 1994).

Ou seja, mudanças físicas e químicas no ambiente marinho (por exemplo: pH e temperatura), incluindo trauma físico, malformação, problemas nutricionais e uma combinação destes podem favorecer na precipitação de vaterita e calcita, que são menos densas que a aragonita (Holmberg et al., 2019). Otólitos precipitados em vaterita e calcita são mais translúcidos do que otólitos precipitados em aragonita (Tomás, 2003).

Vale ressaltar que, segundo Yedier et al. (2020), embora existam muitos estudos utilizando otólitos em diversas áreas como: idade e crescimento (Campana, 2001), identificação de espécies (Yedier & Bostanci, 2019), reconstrução ambiental e dinâmica populacional (Izzo et al., 2018). As pesquisas sobre deformidades em otólitos ainda são limitadas, e a cristalografia dos otólitos anormais ainda é desconhecida para muitas espécies.

A espécie alvo é *Larimus breviceps* (Cuvier, 1830), demersal pertencente à família Sciaenidae, associada a coluna d'água e ao fundo marinho. Possui distribuição tropical e subtropical (21°N - 90°O, 26°S - 34°O), presente ao longo do Atlântico ocidental desde a Costa Rica até o estado de Santa Catarina no Brasil (Froese & Pauly, 2020). Habita principalmente as regiões estuarinas e a plataforma continental interna, com profundidades inferiores a 50 m (Bessa et al., 2013). Apresenta hábito alimentar bentofágico com dieta composta por crustáceos e peixes teleósteos, suas principais presas são os camarões pelágicos sergestídeos e os camarões bentônicos carídeos (Soares & Vazzoler, 2001). No sudeste do Brasil, é conhecida como Oveva, muito abundante na costa brasileira e de baixo valor comercial, sendo um componente típico de captura acidental (Bessa et al., 2013).

Considerando que as variações na precipitação de CaCO_3 durante a formação dos otólitos podem estar relacionadas a muitos fatores, os otólitos do litoral paranaense e do litoral paulista diferem em forma. O objetivo deste estudo foi realizar a caracterização morfométrica e cristalográfica dos otólitos *sagittae* de *L. breviceps*.

Material e Métodos

Área de estudo

Os exemplares de *L. breviceps* foram adquiridos de pescadores em dois locais distintos tanto no litoral paulista como no litoral paranaense (Figura 1). Os pontos amostrais estão localizados na plataforma continental sudeste-sul brasileira apresenta elevada hidrodinâmica, pois sofre influência de diferentes massas de água, sendo banhada pela Água de Plataforma diretamente afetada pelo aporte continental, formada pela mistura de Água Costeira (AC), Água Tropical (AT) ($T > 20,0^\circ\text{C}$ e $S > 36,40$) e, em alguns períodos também pelas intrusões da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) ($T < 20^\circ\text{C}$ e $S < 36$) (Cattani

et al., 2011; Miranda, 1982). Um dos principais mecanismos que influenciam a estrutura de circulação da costa sudeste-sul brasileira é a mudança sazonal na direção do vento. No verão, a direção dominante se torna o primeiro quadrante (E-N), e o componente costeiro paralelo sopra de nordeste para sudoeste. No inverno, a direção dominante do vento pertence ao terceiro quadrante (W-S), que também é paralelo à costa e sopra de sudoeste para nordeste (Braga & Niencheski, 2006).

Parte da amostragem foi realizada entre Peruíbe (24° 19' 12" S, 46° 59' 54" O) e São Sebastião (23° 45' 40" S, 45° 24' 44" O), que na Baixada Santista, é composto por uma série de rios que desembocam nos canais de Santos e São Vicente e esses, por sua vez, na baía de Santos. No litoral Sul, os rios Peruíbe, o sistema Cananéia-Iguape e o Rio Itanhaém contribuem com importante volume de água para os ecossistemas estuarinos da região (Rodrigues, 2006). As amostragens no Paraná foram realizadas em Pontal do Paraná (25° 40' 24" S, 48° 30' 39" O) e Matinhos (25° 49' 8" S, 48° 32' 29" O).

Os exemplares de *L. breviceps* foram adquiridos de pescadores no litoral paulista em dois pontos que foram agrupados para a análise de dados, em Peruíbe (24° 19' 12" S, 46° 59' 54" O) e São Sebastião (23° 45' 40" S, 45° 24' 44" O), e em dois pontos no litoral paranaense, em Pontal do Paraná (25° 40' 24" S, 48° 30' 39" O) e Matinhos (25° 49' 8" S, 48° 32' 29" O) que é uma região que possui influenciada por dois estuários ao norte o Complexo Estuarino de Paranaguá - CEP e ao sul a Baía de Guaratuba (Angulo, 1992).

Processamento das Amostras

No laboratório, os peixes foram mantidos congelados até triagem, os exemplares adquiridos foram identificados de acordo com Figueiredo e Menezes (2000) e mensurados (comprimento total – CT em cm), pesados (peso total - WT em g). Os otólitos foram retirados pela região do palato, limpos e armazenados a seco. A morfologia dos otólitos foi classificada de acordo com Tuset et al. (2008) em forma do otólito, abertura do sulcus acusticus, rostrum e excisura, tipo de região anterior e posterior. As anomalias foram classificadas conforme os otólitos diferiam por sua forma externa e/ou aparência mais transparente e cristalina em relação aos otólitos descritos na literatura de acordo com Rossi-Wongtschowski et al. (2014).

Morfometria dos Otólitos

Na morfometria, o par direito dos otólitos foram fotografados e a partir disso a morfologia da face interna foi classificada em: forma do otólito, abertura do sulcus acusticus, rostrum e excisura, tipo de região anterior e posterior (Tuset et al., 2008). Com base nas imagens dos perfis interno e ventral as mensurações dos otólitos foram realizadas com o processador de imagens ImageJ, e as seguintes variáveis morfométricas do otólito foram

registradas: comprimento máximo longitudinal (Co), altura máxima perpendicular (Ao), área do otólito (A), perímetro do otólito (Pe), área dos sulcus acusticus (AS) e perímetro dos sulcus acusticus (PeS) em milímetros quadrados (Figura 2).

Essas medidas morfométricas dos otólitos foram usadas para calcular os índices de forma, conforme método recomendado por Tuset et al. (2003) e Volpedo (2003) para verificar a variabilidade de forma dos mesmos, bem como a variabilidade entre locais de coleta e classes de tamanho.

Para calcular os índices de forma, inicialmente foi necessário retirar o efeito do tamanho individual de cada exemplar. Para tal, com os modelos alométricos estimados foi aplicada a normalização de Lombarte e Leonart (1993), através da fórmula $y' = y (x_0/x)^b$ onde: y' é a variável normalizada, y é o valor original do dado, x_0 é o valor referencial, no caso o menor comprimento de cada espécie analisada (CT = 7,6 cm) e b ($b = 3,53$) é o coeficiente de alometria entre o comprimento total e o comprimento do otólito como a variável dependente.

Os índices de forma são: Razão de Aspecto CO/CT, que verifica a proporção entre o comprimento do otólito e do peixe e Razão de Aspecto (AO/CO) *100, que indica se o otólito tende a arredondado ou alongado (Volpedo, 2003) e Elipticidade [$E = (CO - AO / CO + AO)$], que demonstra se o otólito cresce mais no eixo anteroposterior ou dorsoventral (Tuset et al., 2003).

Análise de Dados

O teste de Shapiro Wilk foi realizado para avaliar a normalidade dos dados de comprimento total. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para verificar possíveis diferenças estatísticas de comprimento total. A análise de permutação de variância (PERMANOVA) foi usada para verificar a variabilidade da forma dos otólitos entre os locais de amostragem usando morfometria e índices de forma para todas as amostras. O teste de Bonferroni foi utilizado para mostrar as diferenças significativas de forma entre os locais ($p < 0,05$). A análise discriminante linear (LDA) foi utilizada para verificar o percentual de acertos quanto à forma dos otólitos em comparação com os locais amostrados (Linde et al., 2004). Todas as análises foram realizadas com auxílio do software PAST na versão 4.

Caracterização Cristalográfica

A caracterização cristalográfica foi realizada nos otólitos dos exemplares de *L. breviceps* capturados em Matinhos - PR por meio da espectroscopia Raman, comumente utilizada para estudar propriedades mineralógicas de pequena escala, incluindo otólitos de peixes (Kern et al., 2017). É uma técnica não invasiva que analisa a vibração molecular

induzida por laser, distinguindo se o carbonato de cálcio (CaCO_3) precipitou como aragonita ou vaterita (Jolivet et al., 2008).

Um espectrômetro Raman confocal Witec alfa 300R foi usado, os espectros foram excitados a 532 nm usando uma objetiva de microscópio 50 vezes, a penetração do laser foi de 200 μm e os resultados foram coletados 10 vezes com um tempo de exposição de 3s. A melhor maneira de distinguir aragonita e vaterita é analisar a área entre 1000-1200 cm^{-1} (Melancon et al., 2005). A vaterita é caracterizada pelos três picos de vibração mais fortes em 1075 cm^{-1} , 1081 cm^{-1} e 1090 cm^{-1} , enquanto a aragonita tem apenas um pico de vibração em 1084 cm^{-1} (Carvalho et al., 2019).

Resultados

Morfometria dos otólitos

Foram amostrados 82 exemplares de *L. breviceps*, os quais apresentaram amplitude de comprimento total entre 7,6 e 26,7 cm (CT médio $19,7 \pm 4,42$ cm e WT médio $128,05 \pm 59,3$ g), os maiores exemplares foram capturados em Matinhos - PR, São Sebastião e Peruíbe q- SP (Figura 3). Os dados de comprimento não demonstraram normalidade (Shapiro Wilk $p < 0,005$). O teste de Kruskal-Wallis mostrou diferenças significativas entre os comprimentos dos locais amostrados ($p < 0,005$)

O comprimento (CO) e a altura (AO) dos otólitos apresentaram relação direta e positiva com o comprimento do peixe (Figura 4A e 4B). O padrão inverso ocorre em relação ao índice de Elipticidade e o aspecto de forma (CO/CT; Figura 4C e 4D). Por outro lado, o aspecto de forma (AO/CO) *100 não apresentou tendência de aumento ou redução (Figura 4E), demonstrou ser característica constante em relação a classe de tamanho dos peixes.

A PERMANOVA mostrou a existência de variabilidade significativa entre os parâmetros de índice de forma entre os locais de coleta ($F = 23,76$; $p < 0,0001$). Os valores obtidos através da PERMANOVA foram submetidos à correção de Bonferroni (Tabela 1), demonstrando a interação entre as localidades, onde percebemos que não ocorreu interação significativa entre Matinhos e São Sebastião e Peruíbe. Porém, ocorre interação significativa entre Matinhos e São Sebastião e Peruíbe e Pontal do Paraná.

A análise de LDA mostrou semelhança entre a forma dos otólitos de Matinhos e São Sebastião e Peruíbe, e diferenças entre essas localidades e Pontal do Paraná, Matinhos e São Sebastião e Peruíbe apresentaram os otólitos distribuídos ao longo do eixo 1 por possuírem otólitos com a região anterodorsal mais desenvolvida, e Pontal do Paraná apresentou otólitos distribuídos ao longo do eixo 2, representando otólitos mais arredondados sem o desenvolvimento da região anterodorsal do otólito (Figura 5). O LDA apresentou 61,73% de acertos para reclassificação dos otólitos por locais de amostragem (Tabela 2).

Caracterização cristalográfica

Para a caracterização cristalográfica foram utilizados 34 otólitos de exemplares de *L. breviceps* de Matinhos - PR (CT médio = $21,39 \pm 1,09$ cm e WT médio = $148,75 \pm 18,33$ g). Destes, dois exemplares apresentaram rugosidades na região do *ostium* (CT médio de $22,3 \pm 1,83$ cm e WT $159,69 \pm 15,18$ g; Figura 2 D), representando 2,15% da população total sub amostrada neste estudo.

A espectrometria Raman demonstrou em todos os otólitos com morfologia normal carbonato de cálcio precipitado na forma de aragonita (Figura 6A e 6B), os dois otólitos com rugosidade também apresentam a aragonita como carbonato predominante (Figura 6C e 6D).

Discussão

Através da espectrometria Raman, foi observada apenas aragonita nos otólitos de *L. breviceps* com morfologia normal. Estudos com outras espécies da família Sciaenidae corroboram a predominância de aragonita nos otólitos *sagittae* (David et al., 1994; Béarez et al., 2005; Carvalho et al., 2019). Os otólitos com alterações morfológicas de *L. breviceps* apresentaram aragonita, padrão distinto do observado em espécies de Sciaenidae com alterações morfológicas que apresentaram calcita e vaterita (Béarez et al., 2005; Carvalho et al., 2019).

Este estudo apresentou diferença de tamanho dos exemplares de *L. breviceps* capturados entre as localidades, sendo que os maiores peixes foram obtidos em São Sebastião, Peruíbe e Matinhos, e os menores peixes foram capturados em Pontal do Sul. Possivelmente, essa diferença de tamanho dos exemplares entre as localidades se relaciona com o método de pesca utilizado em cada região. Na região paulista e em Matinhos os pescadores utilizam pesca de emalhe de fundo e na região de Pontal do Sul é mais utilizado o arrasto de fundo, esses métodos capturam exemplares em diferentes estágios de desenvolvimento como observado também por outros estudos (Alves et al., 2009; Cattani et al., 2011; Afonso, 2016)

Além disso, outro fator condicionante para a diferença de tamanho dos indivíduos capturados neste estudo é a profundidade que os barcos de pescadores capturaram os exemplares. Estudos prévios indicam a importância dos estuários como área de alimentação e berçário para os estágios iniciais de desenvolvimento de espécies da família Sciaenidae (Sinque et al., 1980; Muelbert et al., 1991; Barletta-Bergan et al., 2002; Coser et al., 2007; Ferraz-Dias, 2012; Chao et al., 2015; Kumari et al., 2021) Nesse sentido, os estuários são considerados áreas essenciais para o desenvolvimento das espécies, logo, a proximidade da região de Pontal do Paraná com a desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá - CEP explica a presença de indivíduos menores nesta região.

A morfometria dos otólitos de *L. breviceps* demonstrou padrões similares ao observado para outras espécies da família Sciaenidae, ou seja, as dimensões dos otólitos são influenciadas pelo crescimento (Monteiro et al., 2005; FONTOURA; HAIMOVICI, 2006; Carvalho et al., 2019; 2020; Bhakta et al., 2020). Esse padrão também foi observado em outras famílias, o comprimento e a altura do otólito tendem a aumentar proporcionalmente com o crescimento do corporal do peixe (Maciel et al., 2019; Carvalho; Correia, 2014; Alós et al., 2010). A elipticidade revelou uma notável diferença de crescimento entre os exemplares observados, os indivíduos menores de Pontal do Sul apresentaram crescimento diferenciado entre os eixos anteroposterior e dorsoventral. Diferentemente, os maiores exemplares capturados em Matinhos, São Sebastião e Peruíbe não apresentaram essa diferença de crescimento entre os eixos anteroposterior e dorsoventral, o que pode ser observado em estudos de outras espécies também da família Sciaenidae (Oliveira et al., 2009; Carvalho et al., 2019; 2020). Aparentemente o otólito da espécie *L. breviceps* é arredondado nas diferentes fases de vida, estando de acordo com o que foi observado (Rossi-Wongtschowski et al., 2014).

Os resultados obtidos neste estudo tanto da cristalografia quanto da comparação de forma dos otólitos de *L. breviceps* são parciais, devido ao reduzido número de amostras da cristalografia e a influência do tamanho sobre a forma dos otólitos. Porém, os autores sugerem que em futuros estudos com os otólitos de *L. breviceps* comparem otólitos de exemplares com biometria similar em todos os locais de amostragem e que a cristalografia seja realizada com mais exemplares.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Centro de Microscopia Eletrônica (CME - UFPR) pelas micrografias e espectros Raman. Professor Acácio Tomás pelo envio dos Otólitos de São Paulo. Maicon Di Domenico pelo empréstimo da câmera usada no trabalho. E principalmente a minha coorientadora Bárbara Maichak de Carvalho.

Tabelas

Tabela 1: Valores obtidos através da PERMANOVA com a correção de Bonferroni dentre os locais de coleta dos exemplares de *Larimus breviceps*.

Localidades	Matinhos	Pontal do Paraná	S. Sebastião e Peruíbe
Matinhos		0,0003	0,7563
Pontal do Paraná	0,0003		0,0003
S. Sebastião e Peruíbe	0,7563	0,0003	

Tabela 2: Reclassificação do otólito *sagitta* de *Larimus breviceps* entre os locais de amostragem utilizando a análise discriminante linear dos índices e parâmetros morfométricos.

Localidades	Matinhos	Pontal do Paraná	S. Sebastião e Peruíbe	Total
Matinhos	16	0	34	34
Pontal do Paraná	0	16	19	19
S. Sebastião e Peruíbe	10	0	28	28
Total	26	16	39	81

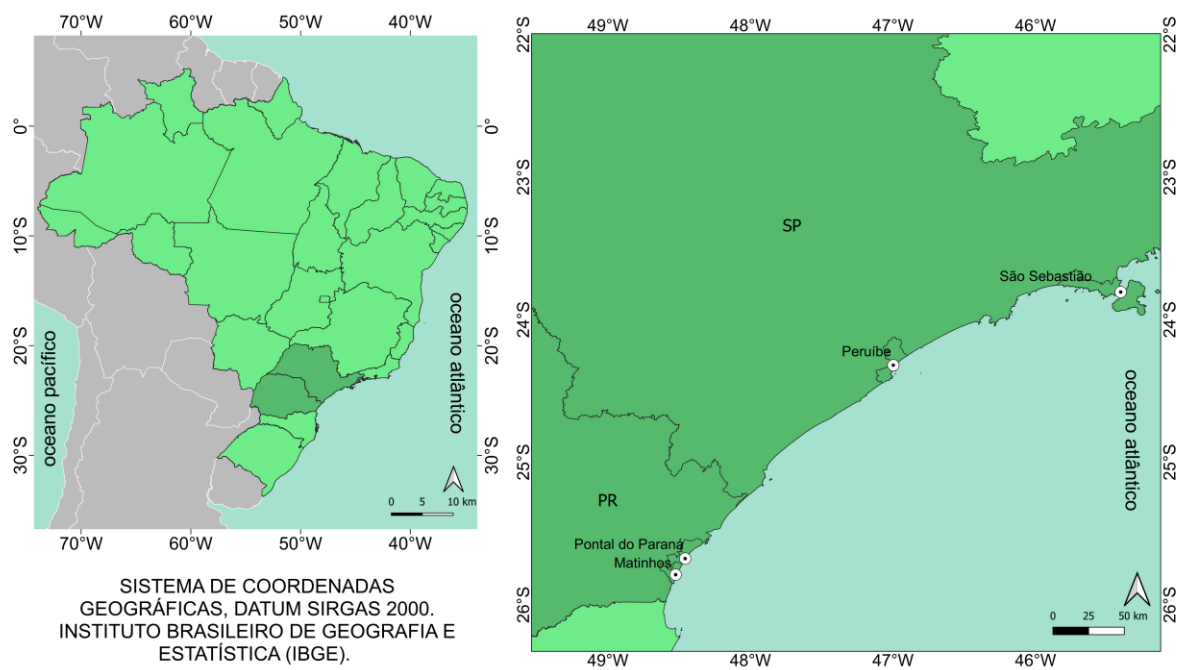


Figura 1: Localização da área de estudo e dos pontos de captura.

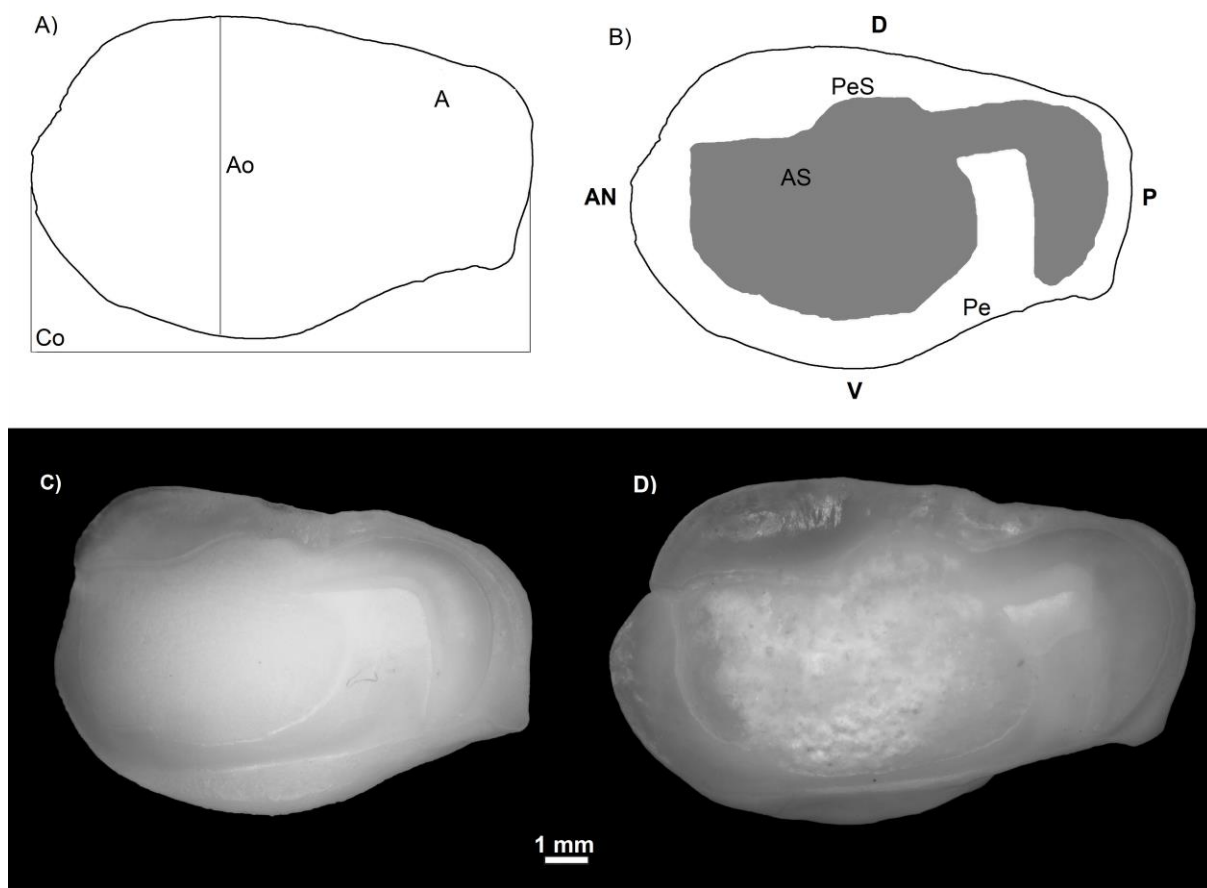


Figura 2: Esquema da morfometria linear aplicado aos otólitos direito de *Larimus breviceps* coletado em dois ambientes subtropicais, sendo: A) CO - comprimento máximo longitudinal, AO - altura máxima perpendicular, A - área do otólito; B) AN região anterior - D região dorsal - V região ventral, P região posterior, AS - área dos *sulcus acusticus*, Pe - perímetro do otólito e PeS - perímetro dos *sulcus acusticus*; C) fotografia do otólito com a morfologia normal de um espécime com CT = 22,1 cm e D) fotografia do otólito com a morfologia alterada no *sulcus acusticus* de um espécime com CT = 23,6 cm.

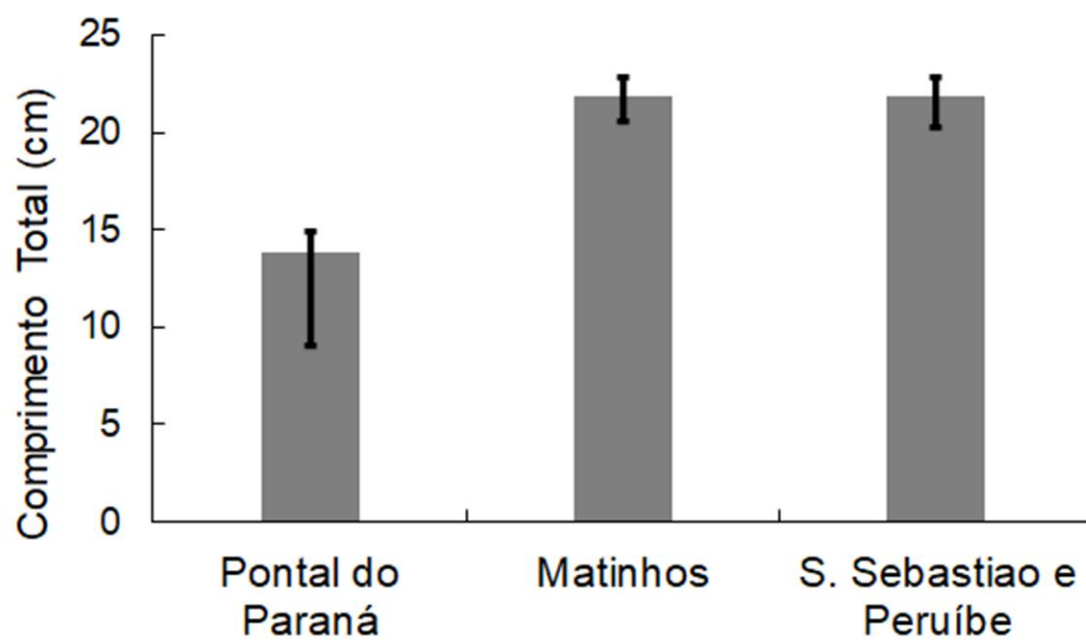


Figura 3: Média e desvio padrão do comprimento total (cm) dos exemplares de *Larimus breviceps* nos ambientes subtropicais da costa sudeste-sul brasileira.

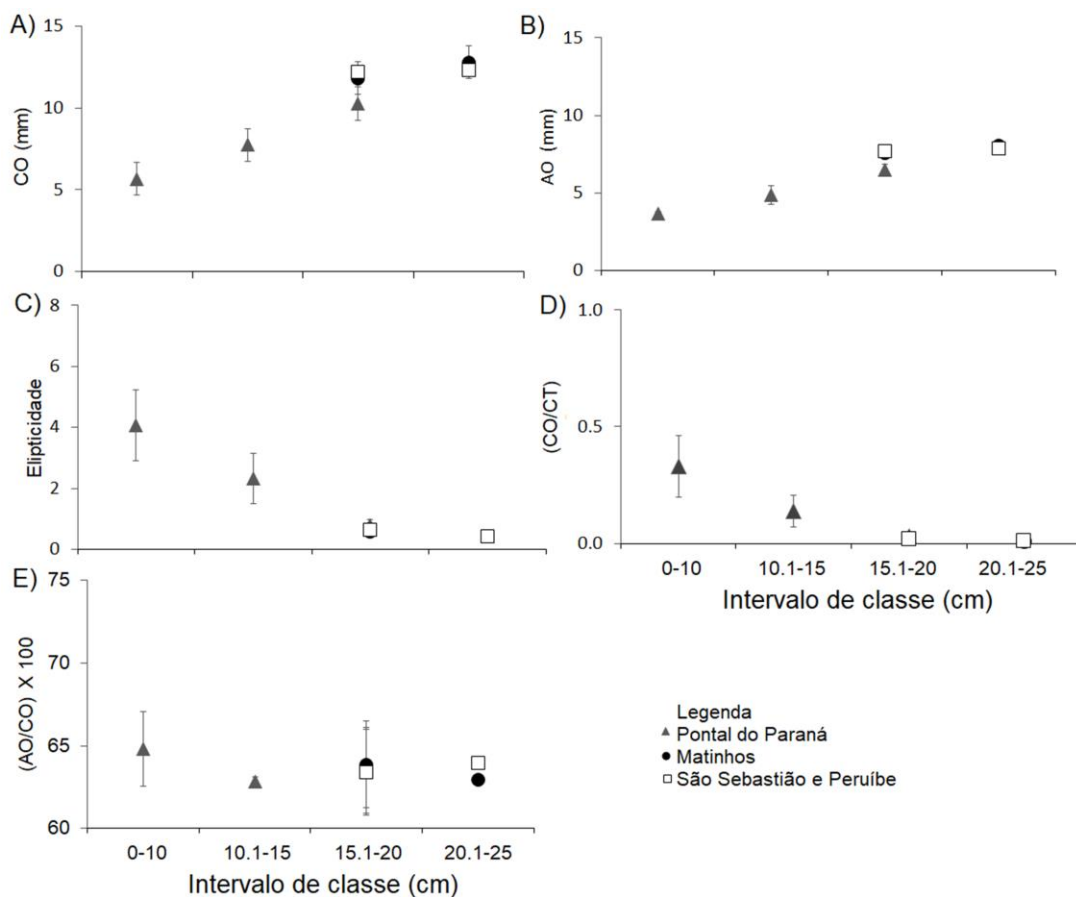


Figura 4: Box plot (média e desvio padrão) dos parâmetros morfométricos e índice de forma do otólito *sagitta* de *Larimus breviceps*, sendo: A) CO comprimento do otólito, B) AO altura do otólito, C) Elipticidade, D) Aspecto de forma CO/CT e E) Aspecto de forma AO/CO*100.

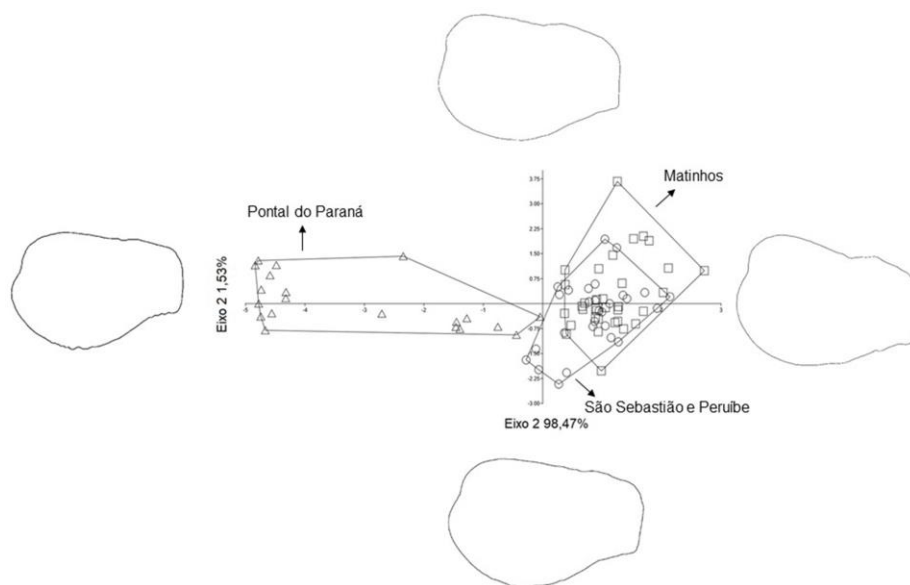


Figura 5: Diagrama de dispersão da análise discriminante linear dos índices e parâmetros morfométricos dos otólitos *sagitta* de *Larimus breviceps*.

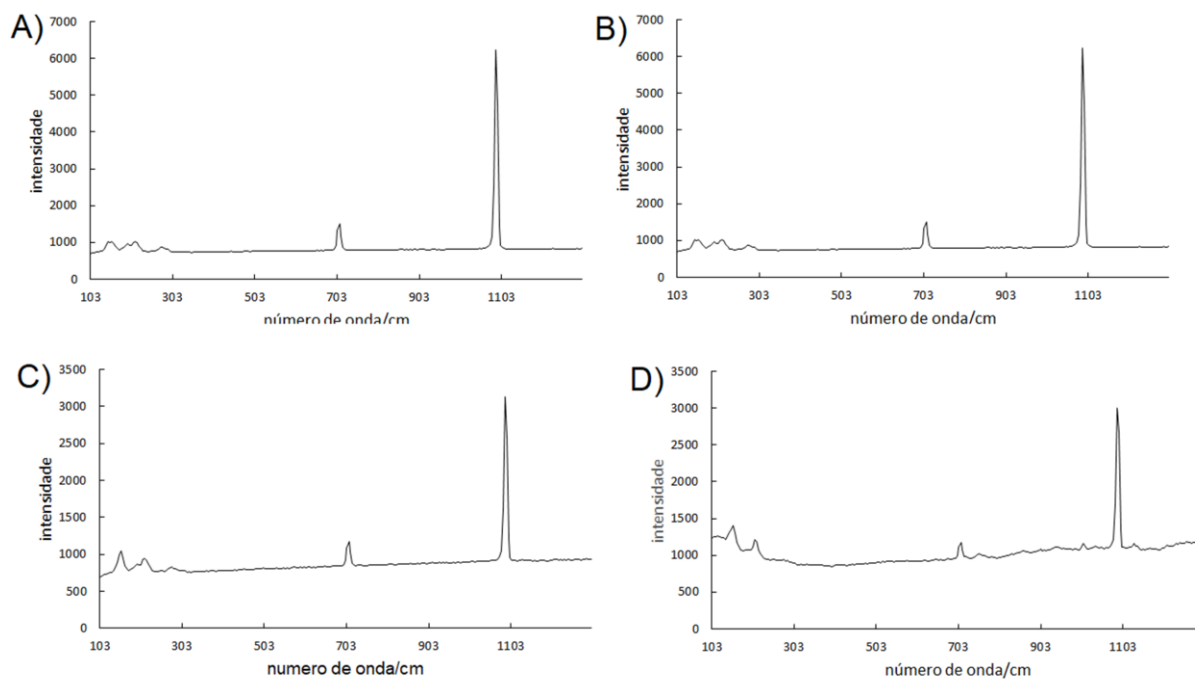


Figura 6: Caracterização de otólitos normais e com rugosidade com a espectrometria Raman, demonstrou aragonita como carbonato predominante.

REFERÊNCIAS

- ADELIR-ALVES, J; DAROS, F.A.L.M; SPACH, H.L; SOETH, M; CORREIA, A. Otoliths as a tool to study reef fish population structure from coastal islands of South Brazil. **Marine Biology Research**, [s. l], p. 973-988, jan. 2019.
- AFONSO, M. G. **Dinâmicas da pesca de emalhe em matinhos-pr: implicações para a conservação dos recursos pesqueiros**. Tese (Doutorado) - Curso de Zoologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 50. 2016.
- ALMEIDA, P. R. C; MONTEIRO-NETO, C; TUBINO, R.A; COSTA, M.R. Variações na forma do otólito sagitta de *Coryphaena hippurus* (Actinopterygii: Coryphaenidae) em uma área de ressurgência na costa sudoeste do Oceano Atlântico. **Iheringia. Série Zoologia [Online]**, [s. l], v. 110, p. 1-11, ago. 2020.
- ALÓS, J; PALMER, M; A ALONSO-FERNÁNDEZ; MORALES-NIN, B. Individual variability and sex-related differences in the growth of *Diplodus annularis* (Linnaeus, 1758). **Fisheries Research**, [s. l], v. 101, p. 60-69, 2010.
- ALVES, P. M. F.; ARFELL, C. A.; TOMÁS, A. R. G. Caracterização da pesca de emalhe do litoral do estado de São Paulo, Brasil. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 35, p. 18-24, 2009.
- ANDO, R. A. **Espectroscopia vibracional, Raman ressonante e eletrônica de nitroderivados em sistemas conjugados**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, p 144. 2005.
- ANGULO, R. J. **Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná. Instituto de Geociências**. Tese (Doutorado) - Curso de Geociências, Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, p 334. 1992.
- ANTUNES, R. O. **Aspectos reprodutivos dos peixes Sciaenidae, entre as isóbatas de 10 a 30 metros, na armação do Itapocoroy Penha, Santa Catarina, Brasil**. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, p 71. 2012.
- ANDRIGUETTO-FILHO, J. M.; KRUL, R.; FEITOSA, S. Analysis of natural and social dynamics of fishery production systems in Paraná, Brazil: implications for management and sustainability. **Journal Of Applied Ichthyology**. Curitiba, p. 278-286. jan. 2009.
- AVIGLIANO, E.; MARTINEZ, C. F. R.; VOLPEDO, A. V. Combined use of otolith microchemistry and morphometry as indicators of the habitat of the silverside (*Odontesthes bonariensis*) in a freshwater–estuarine environment. **Martinez**, Buenos Aires, p. 56-58, 2014.

AVIGLIANO, E; COMTE, G; ROSSO, J.J; MABRAGAÑA, E; DELLA-ROSA, P; SANCHEZ, S; VOLPEDO, A; DELL-ROSSO, F; SCHENONE, N.F. Identificación de stocks pesqueros de la corvina de río (*Plagioscion ternetzi*) de los ríos Paraguay y Paraná, mediante el análisis morfométrico de sus otolitos. **Latin American Journal Of Aquatic Research**, Buenos Aires, v. 43, p. 718-725, 2015.

AVIGLIANO, E; VILLATARCO, P; VOLPEDO, A. La relación Sr:Ca y la morfometría del otolito como indicadores de hábitat de una especie eurihalina: El caso del pejerrey *Odontesthes bonariensis*. **Ciencias Marinas**, [s. l], v. 41, p. 189-202, 2015.

BARLETTA-BERGANA, A.; BARLETTA, M.; SAINT-PAUL, U. Structure and Seasonal Dynamics of Larval Fish in the Caete´ River Estuary in North Brazil. **Estuarine, Coastal, And Shelf Science**, [s. l], v. 54, p. 193-206, 2002.

BHAKTA, D; DAS, S.K; DAS, B.K; NAGESH, T.S. Relationship between otolith morphometry and fish size of *Otolithoides pama* (Hamilton, 1822) from Hooghly-Matlah estuary, India. **Indian Journal Of Geo-Marine Sciences**, [s. l], v. 49, p. 1636-1642, 2020

BÉAREZ, P.; CARLIER, G.; LORAND, J. P.; PARODI, G. C. Destructive and non-destructive microanalysis of bicarbonates applied to anomalous otoliths of archaeological and modern sciaenids (Teleostei) from Peru and Chile. **Comptes Rendus**, Paris, v. 328, n. 3, p. 243-252, 2005.

BERVIAN, G.; FONTOURA, N. F.; HAIMOVICI, M. Statistical model of variJournal of Fish Biologyable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). **Journal Of Fish Biology**, [s. l], v. 68, p. 196-208, 2006.

BESSA, E.; SANTOS, F. B.; POMBO, M.; DENADAI, M.; FONSECA, M.; TURRA, A. Population ecology, life history, and diet of the shorthead drum *Larimus breviceps* in a tropical bight in southeastern Brazil. **Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom**, São Paulo, v. 2014, p. 615-622, 2014.

BIGARELLA, J. J. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional: contribuições à geografia, geologia e ecologia regional**. Curitiba: Governo do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento, 1978. 248 p.

BUSTOS, R. L.; DANERI, G. A.; VOLPEDO, A. V.; VARELA, E. A. The diet of the South American sea lion (*Otaria flavescens*) at Río Negro, Patagonia, Argentina, during the winter-spring period. **Iheringia Série Zoologia**, Buenos Aires, p. 395-933, 2012.

BOSE, A. P. H.; ADRAGNA, J. B.; BALSHINE, S. Otolith morphology varies between populations, sexes, and male alternative reproductive tactics in a vocal toadfish *Porichthys notatus*. **Journal of Fish Biology**, p. 1-15, 2016.

BRAGA, E. S.; NIENCHESKI, L. F. H. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS) (2006). **Edusp**, São Paulo, p. 161-218, 2006.

BROWN, A. L.; BAILEY, K. M. Otolith analysis of juvenile walleye pollock *Theragra chalcogramma* from the western Gulf of Alaska. **Marine Biology**, [s. l], p. 23-30, 1992.

CADRIN, S.; FRIEDLAND, K. The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. **Fisheries Research**, Massachusetts, v. 43, p. 129-139, 1999.

CADRIN, S. Advances in morphometric identification of fishery stocks. **Reviews In Fish Biology And Fisheries**, [s. l], p. 91-112, 2000.

CAMPANA, S. E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal Of Fish Biology**, Nova Scotia, v. 59, p. 197-242, 2001.

CAÑAS, I; STRANSKY, C; SCHLICHEISEN, J; SAMPEDRO, M.P; FARIÑA, A.C. Use of the otolith shape analysis in stock identification of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in the Northeast Atlantic. **Journal Of Marine Science**, [s. l], v. 69, p. 250-256, 2012.

CATTANI, A. P.; SANTOS, L. O.; SPACH, H. L. Avaliação da ictiofauna acompanhante da pesca do camarão sete-barbas do município de Pontal do Paraná, litoral do Paraná, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca Sao Paulo**, [s. l], v. 37, p. 247-260, 2011.

CAPOCCIONI, F.; COSTA, C.; AGUZZI, J.; MENESATTI, P.; LOMBARTE, A.; CICCOTI, E. Ontogenetic and environmental effects on otolith shape variability in three Mediterranean European eel (*Anguilla anguilla*, L.) local stocks. **Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology**, [s. l], v. 397, p. 1-7, 2011.

CARVALHO, B M; CORRÉA, F M. morphometry OF The *sagittal* otolith from *Atherinella brasiliensis* (quoy & gaimard, 1824) (Actinopterygii - Atherinopsidae), at the coast of Paraná. **Tropical Oceanography**, Recife, v. 42, p. 54-59, jun. 2014.

CARVALHO, B.M.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M.; SPACH, H.L.; VOLPEDO, A.V. Ontogenetic development of the sagittal otolith of the anchovy, *Anchoa tricolor*, in a subtropical estuary. **Scientia Marina**, v. 79, p. 409-418, 2015.

CARVALHO, B. M.; BARRADAS, J. R.; FONTOURA, N. F.; SPACH, H. L. Growth of the silverside *Atherinella brasiliensis* in a subtropical estuary with some insights concerning the weight-length relationship. **Biological Sciences**, [s. l], v. 89, p. 2261-2272, 2017.

CARVALHO, B. M.; SPACH, H. L.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; VOLPEDO, A. V. Otolith shape index: is it a tool for trophic ecology studies? **Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom**, [s. l], p. 1-8, 2019.

CARVALHO, B. M.; VOLPEDO, A. V.; ALBUQUERQUE, C. Q.; FÁVARO, L. F. First record of anomalous otoliths of *Menticirrhus americanus* in the South Atlantic. **Journal Of Applied Ichthyology**, [s. l], p. 1-6, 2019.

CARVALHO, B. M.; SPACH, H. L.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; VOLPEDO, A. V. Índice de forma de otólito: uma ferramenta para estudos de ecologia trófica? **Cambridge University Press**, [s. l], v. 99, p. 1675-1682, 2019.

CERVIGON, F. Guia de campo de las especies comerciales marinas y de águas salobres de la costa septentrional de Sur America. **Fao**, [s. l], p. 1-569, 1992.

CHAO, N.L; FRÉDOU, F.L; HAIMOVICI, M; PERES, M.B; POLIDORO, B; RASEIRA, M; SUBIRÁ, R; CARPENTER, K. A popular and potentially sustainable fishery resource under pressure—extinction risk and conservation of Brazilian Sciaenidae (Teleostei: Perciformes). **Global Ecology And Conservation**, [s. l], p. 1-10, 2015.

CLARK, F. J. K. **Análise dos otólitos *Sagittae* de *Athrinella brasiliensis* (QUOY & GAIMARD, 1825) em estuários com diferentes gradientes de salinidade no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação - PPGEC) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, p. 63. 2018.

CLAY, D. A New Technique for Estimation of Gillnet Selectivity and Re-analysis of Data for Several Fish Species. **Nafo Scientific Council Studies**, Nova Scotia, v. 23, p. 7-22, Jan. 1981.

COSER, L. M.; PEREIRA, B. B. Descrição da comunidade ictioplanctônica e sua distribuição espacial no estuário dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz, ES, Brasil. **Interciencia**, [s. l], p. 233-241, 2007.

COSTA, M. D. P.; SCHWINGEL, P. R.; OUZA-CONCEIÇÃO, J. M.; SPACH, H. L. distribuição espaço-temporal de larvas de sciaenidae em um estuário subtropical (santa catarina, brasil). **Braz. J. Aquat. Sci. Technol**, [s. l], v. 16, p. 51-59, 2012.

COTTRELL, P. E. Assessing the use of hard parts in faeces to identify harbour seal prey: results of captive-feeding trials. **Canadian Journal Of Zoology**, [Sn], v. 74, p. 875-880, 1996.

DAVOREN, G. K.; HALDEN, N. M. Connectivity of capelin (*Mallotus villosus*) between regions and spawning habitats in Newfoundland inferred from otolith chemistry. **Fisheries Research**, [Sn], v. 159, p. 95-104, 2014.

DAVID, A. W.; GRIMES, C. B.; ISELY, J. J. Vaterite *Sagittal* Otoliths in Hatchery-Reared Juvenile Red Drums. **American Fisheries Society**, Panama City, p. 301-303, 1994.

DUARTE NETO, P. J. **Análise multivariada da forma do otólito sagita para discriminação de estoques de dourado, *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae), no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 56. 2005.

EGBERT, M. E.; RULIFSON, R. A. Age and growth, reproductive biology, and histology in Atlantic needlefish (*Strongylura marina*) in a coastal freshwater lake. **Marine And Freshwater Research**, Greenville, p. 1-11, 2017.

FARIA, D. L. A. de; SANTOS, L. G. C.; GONÇALVES, N. S. Uma Demonstração Sobre o Espalhamento Inelástico de Luz: Repetindo o Experimento de Raman. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 20, p. 319-323, 1996.

FARIA, D. L. A. de; AFONSO, M. C.; EDWARDS, H. G. M. Espectroscopia Raman: uma nova luz no estudo de bens culturais. **Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia**, São Paulo, p. 249-267, 2002.

FISHBASE. 2020. Disponível em: Acesso em: 24 de jun. 2020.

GAEMERS, P. A. M. Taxonomic position of the Cichlidae (Pisces, Perciformes) as demonstrated by the morphology of their otoliths. **Netherlands Journal Of Zoology**, [s. l], v. 34, n. 4, p. 566-595, 1984

GAULDIE, R. W. Polymorphic crystalline structure of fish otoliths. **Journal Of Morphology**, [s. l] v. 218, n. 1, p. 1-28, out. 1993.

HOLMBERG, R. J.; WILCOX-FREEBURG, E.; RHYNE, A. L.; TLUSTY, M. F.; STEBBINS, A.; NYE JUNIOR, S. W.; HONIG, A.; JOHNSTON, A. E.; ANTONIO, C. M. San; BOURQUE, B. A acidificação do oceano altera a morfologia de todos os tipos de otólitos em peixes anêmona de Clark (*Amphiprion clarkii*). **Biologia Aquática**, [s. l], p. 2-24, 2019.

IZZO, C.; REIS-SANTOS, P.; GILLANDERS, B. M. Otolith chemistry does not just reflect environmental conditions: A meta-analytic evaluation. **Fish And Fisheries**, [s. l], v. 19, n. 3, p. 441-454, 2018.

JOLIVET, A.; BARDEAU, J. F.; FABLET, R.; PAULET, Y. M. Understanding Otolith Biomineralization Processes: New Insights Into Microscale Spatial Distribution of Organic and Mineral Fractions from Raman Microspectrometry. **Analytical And Bioanalytical Chemistry**, [s. l], v. 392, p. 551-560, 2008.

KELLEHER, K. Discards in the world's marine fisheries. An update. **Fao Fisheries Technical Paper**, Roma, p. 1-131, 2004.

KERN, Z.; KÁZMÉR, M.; MÜLLER, T.; SPECZIÁR, A.; NÉMETH, A.; VÁCZI, T. Fusiform Vateritic inclusions observed in European eel (*Anguilla anguilla* L.) *sagittae*. **Acta Biol Hung**, [s. l], v. 3, p. 267-278, 2017.

KUMARI, S; JAISWAR, A.K; JAHAGEERDAR, S; ABIDI, Z.J; CHAKRABORTY, S.K; KUMAR, T; SARKAR, U.K. Inter and Intra variation of sciaenid fishes (Teleostei: Perciformes: Sciaenidae) through an osteological and morphological approach from North West coast of Indian waters, Arabian Sea. **J. Exp. Zool. Índia**, [s. l], v. 24, p. 1409-1421, 2021

LADICH, F.; SCHULZ-MIRBACH, T. Diversity in Fish Auditory Systems: one of the riddles of sensory biology. *Frontiers In Ecology And Evolution*. **Frontiers In Ecology And Evolution**, [s. l], p. 2-29, 2016.

LEGUÁ, J.; PLAZA, G.; PÉREZ, D.; SPECZIÁR, A. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. **Latin American Journal Of Aquatic Research**, [s. l], v. 41, p. 479-489, 2013.

LIBUNGAN L. A.; ÓSKARSSON G.J.; SLOTTE, A.; JACOBSEN J.A.; PÁLSSON S. Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. **Journal of Fish Biology**, v. 86, p.1377-1395, 2015.

LOMBARTE, A.; CASTELLON, A. Interspecific and intraspecific otolith variability in the genus *Merluccius* as determined by image analysis. **Canadian Journal Of Zoology**, [s. l], v. 69, p. 2442-2449, 2011.

LOMBARTE, A.; MORALES-NIN, B. Specific *Merluccius* otolith growth patterns related to phylogenetics and environmental factors. **Journal Of The Marine Biological Association Of The United Kingdom**, [s. l], p. 277-281, 2003.

LOPES, R.G.; TOMÁS, A.; TUTUI, S.; RODRIGUES, E. Severino; PUZZI, A. Fauna acompanhante da pesca camaroeira no litoral do estado de São Paulo, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 28, p. 173-188, 2018.

LUCZKOVICH, J. J.; PULLINGER, R. C.; JOHNSON, S. E.; SPRAGUE, M. W. Identifying Sciaenid Critical Spawning Habitats by the Use of Passive Acoustics. **Transactions Of The American Fisheries Society**, [s. l], p. 576-605, 2008.

MACIEL, T.R; VAZ-DOS-SANTOS, A.D; SOUZA-BARRADAS, J.R; VIANNA, M. Sexual dimorphism in the catfish *Genidens genidens* (Siluriformes: Ariidae) based on otolith morphometry and relative growth. **Neotropical Ichthyology**, [s. l], v. 17, p. 1-9, 2019.

MELANCON, S.; FRYER, B. J.; LUDSIN, S. A.; GAGNON, J. E.; YANG, Z. Effects of crystal structure on the uptake of metals by lake trout (*Salvelinus namaycush*) otoliths. **Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences**, [s. l], p. 2609-2619, 2005.

MENEZES, N. A. Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil, Teleostei. **Museu de Zoologia**, São Paulo, p. 57-110, 1978.

MIOTTO, Maiara Larissa *et al.* Does the closed fishing season influence the ichthyofauna consumed by *Larus dominicanus*? **Brazilian Journal Of Oceanography**, [Sn], v. 65, p. 9-18, 2017.

MONTEIRO, L. R.; DI-BENEDITTO, A. P. M.; GUILLERMO, L. H.; RIVERA, L. A. Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in sciaenid fishes. **Fisheries Research**, v. 74, p. 288 - 299, 2005.

MUGIYA, Y. On aberrant sagittas of teleostean fishes. **Japanese Journal Of Ichthyology**, [s. l], v. 19, p. 11-14, 1971.

MUELBERT, J. H.; WEISS, G. Abundance, and Distribution of Fish Larvae in the Channel Area of the Patos Lagoon Estuary, Brazil. **Noaa Technical Report Nmfs**, [s. l], v. 95, p. 43-54, 1991.

NASCIMENTO, A. S.; RAMOS, J. A. A. Aspectos da alimentação natural de *Larimus breviceps* Cuvier, 1830, proveniente do litoral norte da Paraíba, Brasil. **Divulgação Científica e Tecnológica do Ifpb**, [s. l], v. 52, p. 185-193, 2020.

OLIVEIRA, M. R.; HAWKINS, S. J.; TRUEMAN, C.; CHELLAPPA, S. Revisão de estudos sobre determinação da idade através de otólitos dos peixes marinhos brasileiros: m. e. yamamoto. **Biota Amazônia**, [s. l], p. 125-131, 2014.

OLIVEIRA, M. A. **Estrutura da variação de forma e relações alométricas de otólitos sagitta em estoques pesqueiros de peixes da família Sciaenidae**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, p. 65. 2009.

OLIVEIRA, R. R. S; ANDRADE, M.C; MACHADO, F.S; ÉLIDA, J.S.C; FREITAS, F.S; KLAUTAU, A.G.M; GIARRIZZO, T; SAINT-PAUL, U. Relação biométrica entre tamanho corporal e tamanho do otólito em 15 espécies de peixes marinhos demersais da costa norte do Brasil. **Animal And Fisheries Sciences**, [s. l], v. 49, p. 299-306, out. 2019.

PAXTON, J R. Fish otoliths: do sizes correlate with taxonomic group, habitat, and/or luminescence? **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**, [s. l], p. 1299-1303, 2000.

POPPER, A. N.; SMITH, M. E.; COTT, P. A. Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species. **The Journal Of The Acoustical Society Of America**, [s. l], v. 117, p. 3958-3971, 2005.

POPPER, A. N.; FAY, R. R. Rethinking sound detection by fishes. **Hearing Research**, [s. l], p. 25-36, 2011.

POPPER, A. N.; ZHONGMIN, L. Structure–function relationships in fish otolith organs. **Fisheries Research**, [s. l], v. 46, p. 15-20, 2000.

RODRIGUES, C. W. **Composição e Distribuição dos Amphipoda (Crustacea: Peracarida) na Plataforma Continental entre São Sebastião e Peruíbe (São Paulo, Brasil)**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 143. 2006.

RONDON, A.S; VAZ-DOS-SANTOS, A.M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.D.B. Morfologia e biometria dos otólitos de *Beryx splendens* e *Hoplostethus occidentalis* (Beryciformes) no Atlântico Sudoeste. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s. l], p. 195-206, 2014.

ROSSI-WONGTSCHOWSK, C. L. D. B.; SILIPRANDI, C. C.; BRENHA, M. R.; GONSALES, S. A.; SANTIFICETU, C.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. ATLAS OF Marine bony fish otoliths (*sagittae*) of southeastern- southern brazil part i: Gadiformes (Macrouridae, moridae, bregmacerotidae, phycidae, and merlucciidae); part ii: Perciformes (Carangidae, Sciaenidae, Scombridae, and Serranidae). **Brazilian Journal Of Oceanography**, [s. l], v. 62, p. 1-103, 2014.

RUSS, J. C. **Computer-Assisted Microscopy: The Measurement and Analysis of Images**. Nova Iorque: Springer, 1990. 470 p.

SADIGHZADEH, Z.; TUSET, V. M.; VALINASSAB T, DADPOUR M. R.; LOMBART A. Comparison of different otolith shape descriptors and morphometrics for the identification of closely related species of *Lutjanus* spp . from the Persian Gulf. **Mar Biol Res**, [s.], p 802-814, 2012.

SADIGHZADEH, Z.; VALINASSA, T.; VOSUGI, G.; MOTALLEBI, A. A.; FATEMI, M.R.; LOMBARTE, A.; TUSET, V.M. Use of otolith shape for stock identification of *John's snapper*, *Lutjanus johnii* (Pisces: Lutjanidae), from the Persian Gulf and the Oman Sea. **Fisheries Research**, v. 155, p. 59-63, 2014.

SALA, O. **Fundamentos da Espectroscopia Raman e no Infravermelho**. São Paulo: Editora Unesp, 2011. 280 p.

SEDREZ, M. C.; SANTOS, C. F.; MARENZI, R. C.; SEDREZ, S. T.; BARBIERI, E.; BRANCO, J. O. Caracterização socioeconômica da pesca artesanal do camarão sete-barbas em Porto Belo, SC. **Boletim do Instituto de Pesca Sao Paulo**: Bol. Inst. Pesca, [s.], p. 311-322, 2013.

SEDREZ, M. C.; BRANCO, J. O.; F. JÚNIOR, F.; MONTEIRO, H. S.; BARBIERI, E. Ictiofauna acompanhante na pesca artesanal do camarão sete-barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*) no litoral sul do Brasil. **Biota Neotropica**, [s.], p. 165-175, 2013.

SCHMIDT, T.C; FERRAZ-DIAS, J. Pattern of distribution and environmental influences on the Sciaenidae community of the Southeastern Brazilian coast. **Genomics And Bioinformatics**, [s.], v. 35, p. 233-243, 2012.

SINQUE, C. Larvas de Sciaenidae (Teleostei) identificadas na região estuarino-lagunar de Cananéia. **Boletim de Zoologia**, São Paulo, p. 93-77, 1980.

SOARES, L. S. H.; VAZZOLER, A. E. A. M. Diel changes in food and feeding activity of sciaenid fishes from the South-western Atlantic, Brazil. **Brazilian Journal Of Biology**, São Paulo, p. 246-256, 1999.

SOETH, M. Stock structure of Atlantic spadefish *Chaetodipterus faber* from Southwest Atlantic Ocean inferred from otolith elemental and shape signatures. **Fisheries Research**, [s.], v. 211, p. 81-90, mar. 2019.

SOUZA, U. P.; COSTA, R. C.; MARTINS, I. A.; FRANSOZO, A. Associações entre as biomassas de peixes Sciaenidae (Teleostei: Perciformes) e de camarões Penaeoidea (Decapoda: Dendrobranchiata) no litoral norte do Estado de São Paulo. **Biota Neotrópica**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 83-92, 2008.

SPARRE, P.; VENEMA, S. C. **Introdução à avaliação de mananciais de peixes tropicais**. 2. ed. Roma: Fao, 1997. 404 p.

STRONG, M. B.; NEILSON, J. D.; HUNT, J. J. Aberrant Crystallization of Pollock (*Pollachius virens*) Otoliths. **Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences**, [s.], p. 1457-1463, 1986.

TANNER, S.E.; REIS-SANTOS, P.; VASCONCELOS, R. P.; FONSECA, V. F.; FRANÇA, S.; CABRAL, H. N.; THORROLD, S. R. Does otolith geochemistry record ambient environmental conditions in a temperate tidal estuary? **Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology**, [s. l], p. 7-15, 2013.

TOMÁS, J. Morphometry, and composition of aragonite and vaterite otoliths of deformed laboratory reared juvenile hearing from two populations. **Journal Of Fish Biology**, Liverpool, p. 1883-1401, 19 ago. 2003.

TORRES, G. J.; LOMBARTE, A.; MORALES-NIN, B. Variability of the sulcus acusticus in the sagittal otolith of the genus *Merluccius* (Merlucciidae). **Fisheries Research**, [s. l], v. 46, p. 5-13, 2000.

TUSET, V. M.; LOZANO, I. J.; GONZÁLEZ, J. A.; PERTUSA, J. F.; GARCÍA-DÍAZ, M. M. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). **Journal Applied Ichthyology**, [s. l], v. 19, p. 88-93, 2003.

TUSET, V. M.; LOMBARTE, A.; ASSIS, C. A. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central-eastern Atlantic. Scientia Marina. **Scientia Marina**, [s. l], v. 72, p. 7-198, 2008.

TUSET, V. M.; IMONDI, R.; AGUADO, G.; OTERO-FERRER, J. L.; SANTSCHI, L.; LOMBARTE, A.; LOVE, M. Otolith patterns of rockfishes from the northeastern Pacific. **Journal Of Morphology**, [s. l], p. 448-469, 2015.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Age and growth of the Argentine hake *Merluccius hubbsi* Marini, 1933 in the Brazilian South-Southeast Region during 1996-2001. **Sociedade Brasileira de Ictiologia**, [s. l], p. 375-386, 2007.

VAZ-DOS-SANTOS, A.M; SANTO-CRUZ N.N; SOUZA D; GIOMBELLI-DA-SILVA A; GRIS B; ROSSI-WONGTSCHIWSKI. Otoliths *sagittae* of *Merluccius hubbsi*: an efficient tool for the differentiation of stocks in the Southwestern Atlantic. **Brazilian Journal Of Oceanography**, [s. l], v. 60, p. 520-525, 2017.

VIANNA, M.; ALMEIDA, T. Bony fish bycatch in the southern Brazil pink shrimp (*Farfantepenaeus brasiliensis* and *F. paulensis*) fishery. **Biological And Applied Sciences**, [s. l], p. 611-623, 2005.

VOLPEDO, A. V.; ECHEVERRÍA, D. D. Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentina. **Fisheries Research**, [s. l], p. 551-560, 2003.

YEDIER, S.; BOSTANCI, D. Aberrant crystallization of Blackbellied angler *Lophius budegassa* Spinola, 1807 otoliths. **Cahiers de Biologie Marine**, [s. l], p. 527-533, 2019.

YEDIER, S.; BOSTANCI, D. Aberrant crystallization of blackbellied angler *Lophius budegassa* Spinola, 1807 otoliths. **Cahiers de Biologie Marine**, [s. l], v. 60, p. 527-533, 2019.

YEDIER, S.; BOSTANCI, D. Aberrant otoliths in four marine fishes from the Aegean Sea, Black Sea, and Sea of Marmara (Turkey). **Regional Studies In Marine Science**, [s. l], v. 34, p. 1-7, 2020.

ZELDITCH, M. L.; SWIDERSKI, D. L.; FINK, W. L. **Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer**. 2. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2012. 489 p.

ZISCHKE, M. T.; LITHERLAND, L.; TILYARD, B. R.; STRATFORD, N. J.; JONES, E. L.; WANG, Y. G. Otolith morphology of four mackerel species (*Scomberomorus spp.*) in Australia: Species differentiation and prediction for fisheries monitoring and assessment. **Fisheries Research**, [s. l], v. 176, p. 39-47, 2016.