

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de **04/09/2027**

MARINA PAIXÃO GIL

**HISTÓRIA DE VIDA DO BAGRE-GURI, *Genidens genidens*,
EM TRÊS ESTUÁRIOS DO ESPÍRITO SANTO:
UM ESTUDO COM OTÓLITOS**

**SÃO VICENTE - SP
2026**

Marina Paixão Gil

**História de vida do bagre-guri, *Genidens genidens*,
em três estuários do Espírito Santo:
Um estudo com otólitos**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, para obtenção do título de Mestra em Ciências.

Área de Concentração: Biodiversidade de Ambientes Costeiros

Orientador: Prof. Associado Felipe Alexandre Lisboa de Miranda Daros

**SÃO VICENTE - SP
2026**

G463h Gil, Marina Paixão
História de vida do bagre-guri, *Genidens genidens*, em
três estuários do Espírito Santo: Um estudo com otólitos /
Marina Paixão Gil. -- , 2026
65 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente,
Orientador: Felipe Alexandre Lisboa de Miranda
Daros

1. Estuários. 2. Animais Migração. 3. Habitat. 4.
Ecologia Aquática. 5. Peixes Ecologia. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MARINA PAIXÃO GIL, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE AMBIENTES COSTEIROS, DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DO LITORAL PAULISTA.

Aos 04 de março de 2026, às 9h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MARINA PAIXÃO GIL, intitulada "**História de vida do bagre-guri, *Genidens genidens*, em três estuários do Espírito Santo: Um estudo com otólitos**". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. FELIPPE ALEXANDRE LISBOA DE MIRANDA DAROS (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Recursos Pesqueiros e Aquicultura / UNESP / Câmpus de Registro - FCAVR, Prof. Dr. TEODORO VASKE JUNIOR (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais / UNESP / Câmpus do Litoral Paulista - IBCLP, Dr. PATRICK DERVICHE (Participação Virtual) do(a) Instituto Meros do Brasil, Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADA Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Documento assinado digitalmente
 gov.br FELIPPE ALEXANDRE LISBOA DE MIRANDA DAROS
Data: 04/03/2026 15:10:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FELIPPE ALEXANDRE LISBOA DE MIRANDA DAROS

Dedicatória

Ao meu pai, **Gil Bernardes Gil** (*in memoriam*), pelo apoio incondicional aos meus caminhos acadêmicos, sempre à sua maneira, ao longo da minha trajetória, e à minha mãe, **Adriana Marcondes Paixão Gil**, pelo cuidado incansável, incentivo diário e amor infinito, que sustentaram a realização deste mestrado.

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Felipe Alexandre Lisboa de Miranda Daros pela orientação, confiança e acolhimento em um momento decisivo da minha trajetória acadêmica, oferecendo espaço, tranquilidade e condições para o pleno desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade de Ambientes Costeiros da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP – Câmpus do Litoral Paulista) e à Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira – UNESP, Câmpus de Registro, pelo suporte institucional e pela infraestrutura disponibilizada. Agradeço também aos professores e pesquisadores pelas contribuições e discussões ao longo da pesquisa, aos colegas de laboratório e de pós-graduação pelas trocas acadêmicas e apoio durante o desenvolvimento do estudo, e à minha família e amigas pelo incentivo e suporte constantes.

Resumo

A compreensão dos padrões de uso de habitat e da conectividade entre ecossistemas é fundamental para o manejo e a conservação de peixes estuarino-marinhos. Esta dissertação investiga a história de vida, o uso de habitat e a conectividade espacial do bagre-guri *Genidens genidens* em três estuários do Espírito Santo (rios Doce, Ipiranga e São Mateus), por meio da microquímica de otólitos. O estudo está estruturado em dois capítulos complementares. No primeiro capítulo, trajetórias ontogenéticas foram reconstruídas a partir dos perfis das razões Sr:Ca e Ba:Ca obtidos por *laser ablation coupled inductively plasma mass spectrometry* (LA-ICP-MS) ao longo do eixo núcleo–borda dos otólitos. Os resultados revelaram múltiplas estratégias de uso de habitat, incluindo indivíduos predominantemente estuarino-residentes, indivíduos que utilizaram ambientes marinhos em diferentes fases do ciclo de vida e indivíduos que alternam repetidamente entre estuários e o ambiente marinho. Esses padrões indicam elevada plasticidade ontogenética e a ocorrência de migração parcial, com respostas individuais distintas aos gradientes estuarino–marinhos. No segundo capítulo, assinaturas químicas multielementares (Mg:Ca, Mn:Ca, Rb:Ca, Sr:Ca e Ba:Ca) foram utilizadas para avaliar a estrutura espacial e a conectividade populacional entre os estuários. As análises multivariadas e a classificação por *Random Forest* indicaram diferenciação geoquímica significativa, com maior distinção do Rio Doce e maior similaridade entre Ipiranga e São Mateus. A borda dos otólitos apresentou maior poder discriminante do que o núcleo, indicando que o sinal espacial está associado principalmente ao uso recente do habitat. De forma integrada, os resultados demonstram que *G. genidens* combina elevada plasticidade ontogenética com padrões regionais de fidelidade espacial, refletindo adaptações a gradientes ambientais entre sistemas fluviais, estuarinos e marinhos. A dissertação reforça o potencial da microquímica de otólitos como ferramenta para compreender a ecologia espacial de peixes estuarinos e fornece subsídios científicos relevantes para o manejo e a conservação costeira.

Palavras-chave: migração, microquímica, conectividade, habitat.

Abstract

Understanding habitat use and connectivity among ecosystems is essential for the management and conservation of marine-estuarine fishes. This dissertation investigates the life history, habitat use, and spatial connectivity of the catfish *Genidens genidens* in three estuaries of Espírito Santo, Brazil (Doce, Ipiranga, and São Mateus rivers), using otolith microchemistry. The study is structured into two complementary chapters. In the first chapter, ontogenetic trajectories were reconstructed from Sr:Ca and Ba:Ca profiles obtained by laser ablation coupled inductively plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) along the otolith core-to-edge transects. The results revealed multiple habitat-use strategies, including predominantly estuarine residents, individuals that used marine environments at different life stages, and individuals that repeatedly alternated between estuarine and marine habitats. These patterns indicate high ontogenetic plasticity and partial migration within the population. In the second chapter, multi-element otolith chemical signatures (Mg:Ca, Mn:Ca, Rb:Ca, Sr:Ca, and Ba:Ca) were used to assess spatial structure and population connectivity among estuaries. Multivariate analyses and *Random Forest* classification revealed significant geochemical differentiation, with stronger separation of the Doce River and greater similarity between the Ipiranga and São Mateus estuaries. Otolith edge signatures showed higher discriminatory power than core signatures, indicating that spatial patterns are primarily associated with recent habitat use. Overall, the findings demonstrate that *G. genidens* exhibits a combination of high ontogenetic plasticity and regional spatial structuring, reflecting adaptations to environmental gradients across freshwater, estuarine, and marine systems. This dissertation highlights the value of otolith microchemistry for understanding estuarine fish ecology and provides relevant scientific support for coastal management and conservation strategies.

Keywords: migration, microchemistry, connectivity, habitat.

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
1. INTRODUÇÃO GERAL	9
2. OBJETIVO GERAL	12
2.1. Objetivos Específicos	12
3. PROCESSAMENTO LABORATORIAL DOS OTÓLITOS	13
4. CAPÍTULO 1: From core to edge: habitat signatures in the otoliths of <i>Genidens genidens</i>	16
1. Introduction	17
2. Materials and Methods	19
2.1. Study area	19
2.2. Local environmental conditions	20
2.3. Sampling and sample processing	20
2.4. Microchemical analysis	21
2.5. Age estimation	21
2.6. Data analysis	21
3. Results	23
3.1. General description of the sample	23
3.2. Environmental classification based on Sr:Ca ratios	24
3.3. Individual Sr:Ca profiles and ontogenetic habitat-use patterns	25
3.4. Relationship between age, length, and chemical patterns	26
3.5. Differences in Ba:Ca profiles among estuaries	27
4. Discussion	28
4.1. General characteristics of the sample and environmental context	28
4.2. Spatial variation in Sr:Ca and environmental use	29
4.3. Ontogenetic patterns of habitat use and partial migration	29
4.4. Ontogenetic changes in mobility and profile complexity	30
4.5. Regional variation in Ba:Ca and continental influence	30
4.6. Ecological implications, management considerations, and future directions	30
5. Conclusions	31
Abbreviations	33
References	33
5. CAPÍTULO 2: Estrutura espacial inferida por microquímica multielementar de otólitos em <i>Genidens genidens</i> em estuários do sudeste do Brasil	37

Resumo	37
1. Introdução	38
2. Materiais e métodos	40
2.1. Área de estudo e coleta de amostras	40
2.2. Preparação dos otólitos e determinação da idade	41
2.3. Análise microquímica dos otólitos	42
2.4. Definição das assinaturas geoquímicas dos otólitos	43
2.5. Análise estatística	44
3. Resultados	45
3.1. Assinaturas geoquímicas integradas ao longo do transecto do otólito	45
3.2. Diferenciação multielementar	47
3.3. Núcleo vs borda em indivíduos de mesma idade (3–5 anos)	48
3.4. Classificação por <i>Random Forest</i>	50
4. Discussão	51
4.1. Estrutura do estoque e separação espacial	51
4.2. Diferenciação multielementar e capacidade de reclassificação	52
4.3. Núcleo versus borda: implicações para conectividade e uso recente do habitat	53
4.4. Classificação por <i>Random Forest</i>	53
4.5. Implicações para o manejo e conservação	54
5. Conclusão	56
6. Referências Bibliográficas	56
6. CONCLUSÃO GERAL	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. INTRODUÇÃO GERAL

A compreensão dos padrões de uso de habitat e da conectividade entre ecossistemas aquáticos é central para o manejo e a conservação de espécies estuarinas, especialmente aquelas com ciclos de vida complexos e dependência funcional de múltiplos ambientes. Os estuários figuram entre os ecossistemas mais produtivos do planeta, atuando como áreas de alimentação, crescimento e abrigo para diversas espécies de peixes costeiros. Entretanto, esses sistemas estão entre os mais impactados por pressões antrópicas, como urbanização, poluição, alterações hidrológicas e sobrepesca, o que compromete sua integridade ecológica e processos associados à conectividade e à persistência populacional (Cowley *et al.*, 2022).

A investigação da conectividade em ambientes estuarinos está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em especial ao ODS 14, que propõe a conservação e o uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos. Compreender como espécies estuarinas utilizam diferentes habitats ao longo do ciclo de vida fornece subsídios essenciais ao manejo pesqueiro, à proteção de ecossistemas costeiros e à formulação de políticas públicas baseadas em evidências científicas (ONU, 2015; FAO, 2018).

A gestão contemporânea da zona costeira tem incorporado a abordagem ecossistêmica, que reconhece a interdependência entre espécies, habitats e pressões humanas (Pikitch *et al.*, 2004; Garcia *et al.*, 2005). Essa abordagem é particularmente relevante em estuários tropicais, onde atividades pesqueiras e intervenções hidrológicas afetam simultaneamente a disponibilidade de habitats e a dinâmica populacional de espécies de importância ecológica e socioeconômica. Diante dessa complexidade, torna-se necessário empregar ferramentas capazes de integrar informação ambiental e biológica ao longo da história de vida dos organismos.

Entre essas ferramentas, o uso de marcadores naturais, como os otólitos, destaca-se por permitir a reconstrução de trajetórias de vida e movimentos individuais a partir da variação química ambiental registrada nessas estruturas (Campana, 1999). Os otólitos são estruturas mineralizadas de crescimento contínuo que incorporam elementos traço em proporções relacionadas ao ambiente ocupado pelo peixe, possibilitando inferências sobre mudanças espaciais e temporais ao longo do ciclo de vida. Essa característica torna a microquímica de otólitos especialmente adequada para estudos em sistemas com gradientes ambientais bem definidos, como estuários (Gillanders, 2005; Elsdon *et al.*, 2008).

A microquímica de otólitos tem sido amplamente aplicada na identificação de habitats, na diferenciação de estoques pesqueiros e na avaliação da conectividade entre áreas de reprodução, crescimento e recrutamento (Vasconcelos *et al.*, 2008; Correia *et al.*, 2012). Entre os elementos mais utilizados, o estrôncio (Sr) e o bário (Ba) apresentam comportamento contrastante ao longo de

gradientes de salinidade, com Sr associado a ambientes marinhos e Ba a ambientes continentais. As razões Sr:Ca e Ba:Ca permitem, assim, a reconstrução de padrões de residência e migração ao longo da ontogenia (Campana & Thorrold, 2000; Reis-Santos *et al.*, 2012).

Apesar de seu amplo uso, a microquímica de otólitos apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A incorporação elementar pode ser influenciada por fatores fisiológicos, como crescimento, metabolismo e idade, além de condições ambientais locais nem sempre conhecidas no momento da amostragem (Elsdon & Gillanders, 2002; Sturrock *et al.*, 2015). Diferenças entre métodos analíticos e a necessidade de calibrações rigorosas exigem cautela, sobretudo em sistemas ambientalmente complexos.

A conectividade entre habitats estuarinos e marinhos é essencial para a manutenção da biodiversidade e para o sucesso reprodutivo e ontogenético de muitas espécies costeiras (Ogden *et al.*, 2014). A fragmentação dessa conectividade, frequentemente associada a impactos antrópicos, compromete processos ecológicos fundamentais e ameaça a sustentabilidade dos estoques pesqueiros (Stephenson, 1999; Sale *et al.*, 2005). Em regiões tropicais, esses efeitos tendem a ser intensificados pela sobreposição de múltiplas pressões ambientais.

No Brasil, estuários sustentam parcela significativa da pesca artesanal e são estratégicos para a segurança alimentar e econômica de comunidades costeiras (Begossi *et al.*, 2011). Estudos com espécies estuarino-dependentes demonstram o potencial da microquímica de otólitos para elucidar padrões de uso de habitat e identificar áreas críticas do ciclo de vida, fornecendo subsídios ao manejo e à conservação (Pessanha & Araújo, 2003; Vasconcelos *et al.*, 2007; Daros *et al.*, 2016).

Em estuários adjacentes ou ambientalmente semelhantes, abordagens baseadas exclusivamente em razões associadas à salinidade, como Sr:Ca e Ba:Ca, podem apresentar poder discriminante limitado. Nesses contextos, a incorporação de múltiplos elementos traço torna-se necessária para captar variações geoquímicas mais sutis e ampliar a capacidade de diferenciação espacial (Elsdon *et al.*, 2008; Avigliano *et al.*, 2015).

Elementos como Mg, Mn, Rb, Sr e Ba refletem processos ambientais distintos e, quando analisados de forma integrada, permitem diferenciar populações mesmo em ambientes próximos ou similares (Gillanders, 2005; Avigliano *et al.*, 2015). Métodos estatísticos e de classificação, como análises multivariadas e algoritmos de aprendizado de máquina, ampliam a capacidade de discriminação espacial e representam avanços metodológicos relevantes para estudos em estuários tropicais (Mercier *et al.*, 2011; Artetxe-Arrate *et al.*, 2019; Soeth *et al.*, 2020).

Entretanto, variações espaciais nas assinaturas químicas de otólitos devem ser interpretadas, primordialmente, como reflexo de diferenças ambientais e geoquímicas entre áreas, uma vez que a incorporação elementar nessas estruturas está fortemente associada às condições do ambiente de

crescimento e a processos fisiológicos do indivíduo (Campana, 1999). Estudos empíricos demonstram que essa variação espacial pode ser detectada mesmo entre estuários adjacentes ou ambientalmente semelhantes, refletindo heterogeneidade geoquímica regional e padrões de uso do habitat, sem implicar necessariamente isolamento populacional no sentido demográfico ou genético (Hamer & Jenkins, 2007; Elsdon & Gillanders, 2003).

O bagre-guri *Genidens genidens* (Cuvier, 1829) é amplamente distribuído ao longo da costa atlântica da América do Sul, ocorrendo principalmente em águas costeiras rasas, estuários e lagoas costeiras entre o nordeste do Brasil e o norte da Argentina (Maciel *et al.*, 2020). Em estuários brasileiros, a espécie é frequentemente abundante e representa um importante recurso para a pesca artesanal, além de desempenhar papel relevante na estrutura das comunidades demersais costeiras (Silva-Junior *et al.*, 2013). Sua elevada tolerância a variações ambientais permite a ocorrência ao longo de amplos gradientes de salinidade, incluindo ambientes estuarinos, fluviais e marinhos rasos, o que confere à espécie grande plasticidade no uso do habitat.

A biologia reprodutiva de *G. genidens* apresenta características típicas da família Ariidae, destacando-se a presença de incubação bucal paterna, na qual os machos carregam ovos e larvas na cavidade oral durante o desenvolvimento inicial (Condini *et al.*, 2019). Essa estratégia está associada à produção de poucos ovócitos de grande tamanho e baixa fecundidade relativa, refletindo um elevado investimento parental no sucesso da prole (Silva-Junior *et al.*, 2013). A espécie apresenta maturação relativamente precoce, com tamanho médio de primeira maturação em torno de 14 cm de comprimento total, e diferentes fases ontogenéticas podem ser encontradas em ambientes estuarinos, indicando a importância desses sistemas como áreas de crescimento e reprodução (Silva-Junior *et al.*, 2013). Apesar disso, estudos recentes sugerem que o uso de habitats por *G. genidens* pode ser mais complexo do que previamente assumido, envolvendo deslocamentos entre ambientes com diferentes regimes de salinidade ao longo da ontogenia (Maciel *et al.*, 2020).

No litoral do Espírito Santo, onde estuários estão sujeitos a intensas pressões antrópicas e a contrastes ambientais regionais marcantes, informações sobre o uso de habitat e a conectividade de *G. genidens* permanecem escassas. A ausência de dados integrados sobre a história de vida e a organização espacial das populações limita a avaliação de impactos ambientais e a formulação de estratégias de manejo baseadas em evidências científicas consistentes.

Inserida na área de concentração Biodiversidade de Ambientes Costeiros e na linha de pesquisa Biologia Populacional e Pesqueira do PPG-BAC, esta dissertação tem como objetivo caracterizar o uso de habitat e a conectividade de *G. genidens* em três estuários do Espírito Santo — rios Doce, Ipiranga e São Mateus — por meio da microquímica de otólitos. A reconstrução do histórico ambiental dos indivíduos fornece subsídios ao manejo sustentável dos recursos pesqueiros

e à conservação de ambientes estuarinos sob crescente pressão antrópica.

A dissertação está estruturada em dois capítulos complementares. O primeiro aborda as trajetórias ontogenéticas e os padrões de uso de habitat com base nas razões Sr:Ca e Ba:Ca; o segundo avalia a conectividade espacial entre estuários por meio de assinaturas químicas multielementares. Os dois capítulos utilizam a mesma unidade amostral e indivíduos provenientes dos mesmos estuários, porém com conjuntos de dados diferentes. Essas diferenças decorrem exclusivamente de critérios analíticos, uma vez que indivíduos sem informações químicas suficientes para determinados elementos foram excluídos de análises específicas. Em conjunto, os capítulos contribuem para o entendimento da ecologia espacial e populacional de *G. genidens*, integrando escalas individuais e regionais relevantes ao manejo costeiro baseado em evidências.

2. OBJETIVO GERAL

Caracterizar o uso de habitat e a conectividade do bagre-guri, *Genidens genidens*, em três estuários no litoral do Espírito Santo por meio dos elementos químicos nos otólitos incorporados ao longo da história de vida.

2.1. Objetivos Específicos

- Determinar os padrões de uso de habitat de *G. genidens* ao longo de sua história de vida com base nos perfis núcleo-borda das razões Sr:Ca e Ba:Ca em otólitos coletados nos estuários dos rios Doce, Ipiranga e São Mateus.
- Classificar os indivíduos em grupos ontogenéticos de uso de habitat com base nas variações temporais dos perfis de Sr:Ca e Ba:Ca, identificando padrões distintos de permanência e transição ao longo do gradiente estuarino–marinho.
- Analisar as assinaturas químicas multi-elementares (Mg:Ca, Mn:Ca, Rb:Ca, Sr:Ca e Ba:Ca) dos otólitos para avaliar a fidelidade ao habitat e a conectividade populacional entre os três estuários.
- Testar estatisticamente a diferenciação geoquímica entre os estuários e a capacidade de reclassificação dos indivíduos com base nas assinaturas químicas, utilizando análises multivariadas.
- Fornecer subsídios ecológicos e espaciais para o manejo regionalizado e a conservação da espécie, com base na estrutura espacial populacional e na plasticidade de uso de habitat identificadas.

6. CONCLUSÃO GERAL

Esta dissertação demonstrou que *Genidens genidens* apresenta estratégias complexas de uso de habitat ao longo do ciclo de vida, combinando elevada plasticidade ontogenética com padrões regionais de diferenciação espacial entre estuários. A reconstrução das trajetórias ontogenéticas a partir das razões Sr:Ca e Ba:Ca evidenciou a coexistência de indivíduos estuarino-residentes, migradores parciais e indivíduos que alternam repetidamente entre ambientes estuarinos e marinhos, indicando respostas individuais distintas aos gradientes ambientais.

A análise das assinaturas geoquímicas multielementares revelou estrutura espacial significativa entre os estuários, com maior diferenciação do Rio Doce e maior similaridade entre os sistemas de Ipiranga e São Mateus. A maior capacidade discriminante observada na borda dos otólitos, em comparação ao núcleo, indica que o sinal espacial está associado principalmente ao uso recente do habitat, enquanto as fases iniciais de vida refletem ambientes mais homogêneos ou efeitos ontogenéticos que limitam a diferenciação geoquímica. De forma integrada, esses resultados demonstram que conectividade e fidelidade espacial não são processos mutuamente excludentes em *G. genidens*, mas coexistem em diferentes escalas temporais e espaciais, reforçando a importância de abordagens que considerem simultaneamente trajetórias individuais ao longo da vida e assinaturas geoquímicas integradas para a compreensão da ecologia espacial de peixes estuarinos.

Sob a perspectiva do manejo pesqueiro, os resultados indicam que os estuários avaliados não devem ser tratados como um sistema homogêneo do ponto de vista ecológico e geoquímico. A estrutura espacial detectada sugere que Rio Doce, Ipiranga e São Mateus funcionam como unidades de manejo semi-independentes, nas quais impactos locais — como aumento do esforço de pesca, degradação ambiental ou alterações hidrológicas — tendem a afetar predominantemente os contingentes residentes. Assim, medidas de ordenamento, incluindo períodos de defeso, controle do esforço pesqueiro e ações de monitoramento, devem ser planejadas e implementadas em escala estuarina, evitando a generalização de normas para toda a região costeira.

Adicionalmente, a elevada fidelidade espacial observada, especialmente nas fases recentes de vida, indica que a microquímica de otólitos pode ser aplicada como ferramenta auxiliar para a identificação da origem do pescado e para o monitoramento da exploração local dos estoques. Em estuários sujeitos a maior influência continental e a pressões antrópicas, como

o Rio Doce, esses dados reforçam a necessidade de estratégias preventivas e de acompanhamento contínuo, com prioridade para ações de conservação e gestão adaptativa.

Por fim, ao integrar abordagens baseadas em transectos ontogenéticos e assinaturas geoquímicas multielementares, esta dissertação evidencia o potencial da microquímica de otólitos para conectar processos individuais e padrões populacionais em ambientes estuarinos. A combinação dessas escalas analíticas permite avançar na compreensão da história de vida e da estrutura espacial de *G. genidens*, oferecendo um arcabouço metodológico replicável para outras espécies estuarinas com ciclos de vida complexos e contribuindo para o desenvolvimento de estudos futuros voltados à gestão e à conservação de peixes costeiros em regiões ambientalmente heterogêneas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTETXE-ARRATE, I.; FRAILE, I.; CROOK, D. A.; ZUDAIRE, I.; ARRIZABALAGA, H.; GREIG, A.; MURUA, H. Otolith microchemistry: a useful tool for investigating stock structure of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean. *Marine and Freshwater Research*, Collingwood, v. 70, n. 12, p. 1708–1721, 2019. <https://doi.org/10.1071/MF19067>

AVIGLIANO, E.; VELASCO, G.; VOLPEDO, A. V. Use of lapillus otolith microchemistry as an indicator of the habitat of *Genidens barbatus* from different estuarine environments in the southwestern Atlantic Ocean. *Environmental Biology Fish*, v. 98, p.1623–1632, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10641-015-0387-3>

BEGOSSI, A.; MAY, P. H.; LOPES, P. F.; OLIVEIRA, L. E. C.; VINHA, V.; SILVANO, R. A. M. Compensation for environmental services from artisanal fisheries in SE Brazil: Policy and technical strategies. *Ecological Economics*, v. 71, p. 25–32, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.09.008>

CAMPANA, S. E. 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine ecology progress series*, v. 188, n. 6, p. 263-297, 1999.

CAMPANA, S. E.; THORROLD, S. R. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 58, n. 1, p. 30–38, 2001. <https://doi.org/10.1139/f00-177>

CORREIA, A. T.; RAMOS, A. A.; BARROS, F.; SILVA, G.; HAMER, P.; MORAIS, P.; CUNHA, R. L.; CASTILHO, R. Population structure and connectivity of the European

conger eel (*Conger conger*) across the north-eastern Atlantic and western Mediterranean: integrating molecular and otolith elemental approaches. *Marine Biology*, v. 159, p. 1509–1525, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00227-012-1936-3>

COWLEY, P. D.; TWEEDLEY, J. R.; WHITFIELD, A. K. Conservation of estuarine fishes. In: WHITFIELD, A. K. *et al.* (eds.). *Fish and Fisheries in Estuaries*. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2022. <https://doi.org/10.1002/9781119705345.ch10>

DAROS, F. A.; SPACH, H. L.; CORREIA, A. T. Habitat residency and movement patterns of *Centropomus parallelus* juveniles in a subtropical estuarine complex. *Journal of Fish Biology*, v. 88, p. 1796-1810, 2016. <https://doi.org/10.1111/jfb.12944>

ELSDON, T. S.; GILLANDERS, B. M. Interactive effects of temperature and salinity on otolith chemistry: challenges for determining environmental histories of fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 59, n. 11, p. 1796-1808, 2002. <https://doi.org/10.1139/f02-154>

ELSDON, T. S.; GILLANDERS, B. M. Reconstructing migratory patterns of fish based on environmental influences on otolith chemistry. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 13, n. 2, p. 219–235, 2003. <https://doi.org/10.1023/B:RFBF.0000033071.73952.40>

ELSDON, T. S.; GILLANDERS, B. M.; CAMPANA, S. E.; JONES, C. M.; KERR, L. A.; SECOR, D. H.; THORROLD, S. R.; WALTHER, B. D. Otolith chemistry to describe movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations and inferences. In: GIBSON, R. N.; ATKINSON, R. J. A.; GORDON, J. D. M. (eds.). *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, v. 46. Boca Raton: CRC Press, 2008. p. 297–330. <https://doi.org/10.1201/9781420065756>

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals. *Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2018. <https://www.fao.org/3/i9540en.pdf>

GARCIA, S. M.; COCHRANE, K. L. Ecosystem approach to fisheries: a review of implementation guidelines. *ICES Journal of Marine Science*, v. 62, n. 3, p. 311–318, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.12.003>

GILLANDERS, B. M. Using elemental chemistry of fish otoliths to determine connectivity between estuarine and coastal habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 64, n. 1, p. 47–57, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.02.005>

HAMER, P.; JENKINS, G. P. Comparison of spatial variation in otolith chemistry of two fish species and relationships with water chemistry and otolith growth. *Journal of Fish Biology*, v. 71, n. 4, p. 1035–1055, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01570.x>

MERCIER, L.; DARNAUDE, A. M.; BRUGUIER, O.; VASCONCELOS, R. P.; CABRAL, H. N.; COSTA, M. J.; LARA, M.; JONES, D. L.; MOUILLOT, D. Selecting statistical models and variable combinations for optimal classification using otolith microchemistry. *Ecological Applications*, v. 21, n. 4, p. 1352–1364, 2011. <https://doi.org/10.1890/09-1887.1>

OGDEN, J. C.; NAGELKERKEN, I.; MCIVOR, C. C. Connectivity in the tropical coastal seascape. In: BORTONE, S. A. (ed.). *Interrelationships between corals and fisheries*. Boca Raton: CRC Press, 2014. p. 253–274. <https://doi.org/10.1201/b17159>

ONU. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. *Organização das Nações Unidas*, 2015. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>

PESSANHA, A. L. M.; ARAÚJO, F. G. Spatial, temporal and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 57, n. 5–6, p. 817–828, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00411-0](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00411-0)

PIKITCH, E. *et al.* Ecosystem-based fishery management. *Science*, v. 305, n. 5682, p. 346–347, 2004. <https://doi.org/10.1126/science.1098222>

REIS-SANTOS, P.; GILLANDERS, B. M.; TANNER, S. E.; VASCONCELOS, R. P.; ELSDON, T. S.; CABRAL, H. N. Temporal variability in estuarine fish otolith elemental fingerprints: implications for connectivity assessments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 112, p. 216–224, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.07.027>

SALE, P. F.; COWEN, R. K.; DANILOWICZ, B. S.; JONES, G. P.; KRITZER, J. P.; LINDEMAN, K. C.; PLANES, S.; POLUNIN, N. V. C.; RUSS, G. R.; SADOVY, Y. J.; STENECK, R. S. Critical science gaps impede use of no-take fishery reserves. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 20, n. 2, p. 74–80, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.11.007>

SILVA JÚNIOR, D. R.; CARVALHO, D. M. T.; VIANNA, M. The catfish *Genidens genidens* (Cuvier, 1829) as a potential sentinel species in Brazilian estuarine waters. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 29, p. 1297–1303, 2013. <https://doi.org/10.1111/jai.12280>

SOETH, M.; SPACH, H. L.; DAROS, F. A.; CASTRO, J. P.; CORREIA, A. T. Use of otolith elemental signatures to unravel lifetime movement patterns of Atlantic spadefish, *Chaetodipterus faber*, in the Southwest Atlantic Ocean. *Journal of Sea Research*, v. 158, p. 101873, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101873>

STEPHENSON, R. L. Stock complexity in fisheries management: a perspective of emerging issues related to population sub-units. *Fisheries Research*, v. 43, n. 1–3, p. 247–249, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00076-4)

STURROCK, A. M. *et al.* Quantifying physiological influences on otolith microchemistry. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 6, n. 7, p. 806–816, 2015. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12381>

VASCONCELOS, R. P.; REIS-SANTOS, P.; TANNER, S.; FONSECA, V.; LATKOCZY, C.; GÜNTHER, D.; COSTA, M. J.; CABRAL, H. Discriminating estuarine nurseries for five fish species through otolith elemental fingerprints. *Marine Ecology Progress Series*, v. 350, p. 117–126, 2007. <https://doi.org/10.3354/meps07109>

VASCONCELOS, R. P.; REIS-SANTOS, P.; TANNER, S.; MAIA, A.; LATKOCZY, C.; GÜNTHER, D.; COSTA, M. J.; CABRAL, H. Evidence of estuarine nursery origin of five coastal fish species along the Portuguese coast through otolith elemental fingerprints. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 79, n. 2, p. 317–327, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.04.006>