



DIVERSIDADE MORFOLÓGICA DE OTÓLITOS DE PEIXES DO GOLFÃO MARANHENSE

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF FISH OTOLITHS FROM THE GOLFÃO MARANHENSE

Carine Mendes Silva^{1*}, Pedro Leonardo Ribeiro Feitosa¹, Hozana Sousa Soares¹, Lucas dos Santos
Protazio¹, Maria Joana Pereira de Castro¹, Carla Suelene Garcês Ximendes¹, Ana Luciana Diniz Pereira¹,
Breno Richard Monteiro Silva¹, Marina Bezerra Figueiredo¹

¹ Universidade Estadual do Maranhão.

*e-mail: carineee578@gmail.com

Citação: MENDES SILVA, C.; FEITOSA, P. L.
R.; SOARES, H. S.; PROTAZIO, L. S.; DE
CASTRO, M. J. P.; XIMENDES, C. S. G.;
PEREIRA, A. L. D.; SILVA, B. R. M.;
FIGUEIREDO, M. B. (2026). Diversidade
morfológica de otólitos de peixes do
golfão maranhense. *Revista Brasileira de
Engenharia de Pesca*, 17(1), 550-567.
<https://doi.org/10.18817/repesca.v17i1.4561>

Recebido: 15 May 2026

Revisado: 19 May 2026

Aceito: 18 September 2026

Publicado: 19 September 2026



Copyright: © 2026 by the authors.

This article is an open access article
distributed under the terms and conditions
of the Creative Commons Attribution (CC
BY) license
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Resumo

O Golfão Maranhense, localizado na costa leste da Amazônia, é um ambiente estuarino de grande importância ecológica, servindo de berçário para diversas espécies. Contudo, a identificação taxonômica precisa da ictiofauna regional é complexa e exige ferramentas diagnósticas eficazes para estudos de ecologia e de gestão pesqueira. Este trabalho objetivou caracterizar a morfologia dos otólitos sagitta de peixes marinhos e estuarinos dessa região. A amostragem ocorreu entre agosto e novembro de 2025, a partir de desembarques da pesca artesanal em Raposa e São José de Ribamar. Foram analisadas 35 espécies, distribuídas em 19 famílias, através de descrições morfológicas qualitativas e quantitativas. A família Sciaenidae apresentou a maior riqueza (oito espécies), exibindo um padrão morfológico de sulcus acusticus do tipo ostial altamente estável. Famílias como Ariidae e Carangidae também apresentaram caracteres diagnósticos bem definidos. Os resultados demonstram que a morfologia do otólito sagitta constitui uma "assinatura" biológica precisa para a diferenciação taxonômica. O presente estudo serve como ferramenta de referência essencial para o manejo pesqueiro regional, auxiliando na identificação de presas em conteúdos estomacais e na conservação da biodiversidade no litoral maranhense.

Palavras-chaves Otólito sagitta. Morfologia. Taxonomia. Ecologia trófica.

Abstract

The Maranhense Gulf, located on the eastern Amazon coast, is an estuarine environment of high ecological importance, serving as a nursery for numerous species. However,

precisely identifying regional ichthyofauna is complex and requires efficient diagnostic tools for ecological and fisheries management studies. This study aimed to characterize sagitta otolith morphology from marine and estuarine fish in this region. Sampling took place between August and November 2025, from artisanal fishery landings in Raposa and São José de Ribamar. Thirty-five species, distributed across 19 families, were analyzed through qualitative and quantitative morphological descriptions. The Sciaenidae family showed the highest richness (eight species) and displayed a highly stable ostial-type sulcus acusticus morphological pattern. Families such as Ariidae and Carangidae also exhibited robust diagnostic characters. The results demonstrate that sagitta otolith morphology constitutes a precise biological "signature" for taxonomic differentiation. This study serves as an essential reference tool for regional fisheries management, aiding the identification of prey in stomach contents and the conservation of biodiversity along the Maranhão coast.

Keywords: Sagitta otolith. Morphology. Taxonomy. Trophic ecology.



Introdução

A pesquisa científica sobre a ictiofauna marinha e estuarina no Brasil é de suma importância, tanto para a biologia quanto para a gestão dos recursos pesqueiros. Os Actinopterygii, conhecidos popularmente como peixes de nadadeiras raiadas, constituem um recurso pesqueiro fundamental, representando uma fonte crucial de proteína e de renda para comunidades de pescadores em diversas regiões do país (Haimovici *et al.*, 2014). O Golfão Maranhense emerge como um complexo estuarino de grande extensão e produtividade, atuando como berçário e habitat vital para uma vasta diversidade de espécies (Santos *et al.*, 2024). Essa relevância ecológica está associada à dinâmica ambiental e à heterogeneidade de habitats costeiros (Coutinho & Moraes, 1976), influenciados pela deposição sedimentar e por processos oceanográficos e estuarinos que favorecem elevada disponibilidade de recursos, especialmente para fases juvenis e larvais da ictiofauna (Teixeira & Souza, 2009).

No campo da biologia pesqueira e da ecologia, o estudo dos otólitos, ou "ear-stones", tem se mostrado uma ótima ferramenta. Otólitos são concreções acelulares de carbonato de cálcio que se formam no ouvido interno dos peixes ósseos. Cada peixe possui três pares de otólitos: sagitta, lapillus e asteriscus (Popper *et al.*, 2000). Entre eles, o par do tipo sagitta é o mais estudado na maioria das espécies, por ser geralmente o maior e mais proeminente (Begg & Brown, 2000). A utilidade dessas estruturas é multifacetada, abrangendo desde a paleontologia, dada sua resistência a ataques digestivos e à decomposição ambiental (são frequentemente encontradas em sambaquis e estratos fossilíferos), até a biologia pesqueira, na qual são utilizadas para determinar a idade e o crescimento dos peixes (Honorato, 2005). A alta especificidade morfológica dos otólitos, que varia entre espécies, torna-os um caráter taxonômico consistente, permitindo a identificação de peixes mesmo a partir de restos em bolos fecais ou em estômagos de predadores (Begg & Brown, 2000).

Embora o conhecimento sobre a ictiofauna do Golfão Maranhense tenha sido ampliado recentemente com a catalogação de 163 espécies de teleósteos, destacando a riqueza de famílias como Sciaenidae, Carangidae, Ariidae, Engraulidae e Gerreidae (Santana *et al.*, 2025), há uma notável lacuna de informações sistematizadas sobre a morfologia e morfometria dos otólitos das espécies que habitam essa região. Estudos no Brasil já demonstraram a relevância de catálogos regionais, como o trabalho que descreveu os otólitos de Perciformes do litoral paranaense (Honorato, 2005). Este tipo de pesquisa não apenas consolida o conhecimento existente, mas também fornece uma base de dados essencial para a validação de futuras pesquisas e para a formulação de estratégias de conservação e de manejo pesqueiro. Nesse sentido, a presente pesquisa visa catalogar e descrever a morfologia dos otólitos sagitta de 35 espécies de peixes teleósteos, distribuídas em 19 famílias, coletadas no Golfão Maranhense, contribuindo para futuros estudos de idade e crescimento.



Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida com espécies capturadas na extensão conhecida como Golfão Maranhense, localizada no extremo nordeste do Estado do Maranhão (Figura 1), região de grande importância ecológica, onde se encontra uma considerável diversidade de organismos que compõem um complexo ecossistema (Azevedo, Di Benedetto & Monteiro, 2009). Em sua divisão original, é possível observar a Baía de São Marcos e a de São José, separadas pela ilha de São Luís (Coutinho & Moraes, 1976). A área é caracterizada pela intensa influência de ambientes estuarinos e pela elevada amplitude de maré (megamarés), que atingem variações superiores a 7 metros, o que promove uma forte dinâmica hidrológica. Essa característica cria um ambiente ecótono complexo que suporta uma alta diversidade de espécies de peixes marinhos e estuarinos (Silva, 2019).

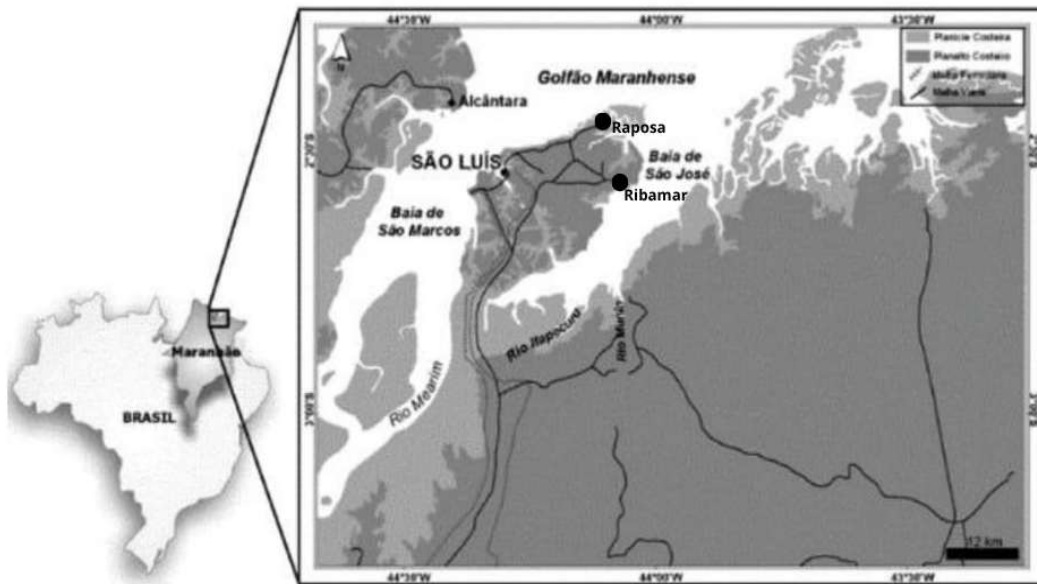


Figura 1: Localização do Golfão Maranhense, Estado do Maranhão, Brasil.

Fonte: Teixeira & Souza-Filho, 2009.

As coletas de campo foram realizadas entre agosto e novembro de 2025, nos municípios de São José de Ribamar e Raposa. Estes locais foram selecionados por representarem a maior diversidade de capturas comerciais e a maior intensidade de pesca no Golfão Maranhense. O esforço amostral contou com o apoio de pescadores locais e colaboradores do Laboratório de Biologia Pesqueira (BIOPEAQ), utilizando artes de pesca predominantes na região, como redes de emalhar e currais. Além disso, exemplares foram adquiridos em feiras locais.

Os espécimes obtidos foram transportados para o BIOPEAQ que fica localizado na Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde os otólitos sagitta foram extraídos cuidadosamente da cápsula ótica na região do Sacculus. A identificação das espécies foi validada com o auxílio de literatura especializada (Figueiredo & Menezes, 1978; Menezes & Figueiredo, 1980; Menezes & Figueiredo, 1985; Carvalho-Filho, 1999; Figueiredo & Menezes, 2000; Araújo *et al.*, 2004; Menezes *et al.*, 2015). A retirada dos otólitos sagitta seguiu o protocolo utilizado por

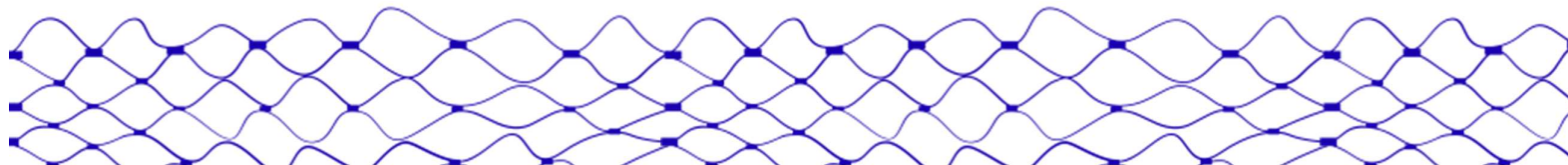
Secor & Dean (1989), com a cabeça do exemplar sendo removida. Posteriormente, estes foram lavados em água corrente, secados e armazenados em tubos do tipo *Eppendorf* para registro fotográfico posterior.

Em relação aos critérios de seleção dos exemplares, priorizou-se a integridade da cápsula ótica para possibilitar a extração adequada dos otólitos sagitta, conforme o protocolo de Secor & Dean (1989). A escolha dos indivíduos também considerou a representatividade taxonômica e a qualidade da identificação morfológica, ambas validadas pela literatura especializada. O número de exemplares analisados variou entre as espécies, em função da disponibilidade de indivíduos nos desembarques pesqueiros e do objetivo de contemplar a maior diversidade taxonômica possível. Para a maioria das espécies, foi analisado um exemplar representativo, enquanto algumas espécies apresentaram mais de um indivíduo disponível para avaliação. Dessa forma, o estudo teve caráter predominantemente descritivo, voltado à caracterização e à documentação dos padrões morfológicos dos otólitos, não tendo como objetivo quantificar a variabilidade intraespecífica.

Para determinar o status de conservação das espécies inventariadas, realizou-se uma consulta às listas oficiais de espécies ameaçadas. Em âmbito global, utilizou-se a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2024). No cenário nacional, as espécies foram classificadas conforme o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção do ICMBio/MMA (2018/2022).

O catálogo final foi documentado por meio de uma abordagem multimídia. Para cada espécie, foram apresentadas descrições detalhadas da morfologia acompanhadas de fotografias dos otólitos e dos peixes. As informações foram compiladas em um banco de dados robusto e acessível no Laboratório de Biologia Pesqueira (BIOPESQ), que servirá como ferramenta de consulta para pesquisas futuras, além da publicação da segunda versão de um catálogo eletrônico na biblioteca digital da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).

Como resultado do estudo, destaca-se a primeira edição da cartilha “Otólitos: Projeção da Vida dos Peixes”, publicada e disponibilizada na Biblioteca Digital da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). O material apresenta registros fotográficos dos exemplares e de seus respectivos otólitos, acompanhados da caracterização de suas principais características morfológicas, constituindo uma ferramenta de consulta para a identificação e o estudo dessas estruturas. Como continuidade desse produto, foi elaborada a segunda edição da cartilha, intitulada “Otolith: Projection of the Life of Fishes”, integralmente em língua inglesa. A nova edição amplia e atualiza o conteúdo da versão anterior, incorporando novas espécies, registros fotográficos e informações sobre os respectivos otólitos, além de um capítulo introdutório sobre o Golfão Maranhense e sua diversidade de peixes. Ao final do estudo, a segunda edição encontrava-se concluída quanto à elaboração e organização do conteúdo, permanecendo pendentes as etapas de aceitação e publicação.



A análise qualitativa seguiu a terminologia padronizada do atlas de referência, considerando estruturas como rostrum, antirostrum, excisura ostial, sulcus acusticus, ostium e cauda, além da caracterização do contorno externo e das margens superior e inferior (Figura 2).

Destaca-se que o presente estudo adotou uma abordagem metodológica de caráter qualitativo-descritivo, voltada à construção de um catálogo ilustrado de referência para identificação taxonômica. Em decorrência desse objetivo, não foram realizadas medições quantitativas de comprimento, largura ou peso dos otólitos, tampouco calculados índices morfométricos ou empregados softwares específicos para análises morfométricas e tratamento estatístico. A opção por essa abordagem fundamenta-se na premissa de que a caracterização detalhada do contorno externo, da ornamentação das margens e, principalmente, da anatomia do sulcus acusticus (posição, orientação, tipo de abertura (ostial ou pseudo-ostial) e morfologia do ostium e da cauda), seguindo a terminologia padronizada por Assis (2000) e Tuset *et al.* (2008), constitui ferramenta suficiente e amplamente reconhecida para a diferenciação taxonômica em estudos de ecologia trófica e sistemática, conforme atestado em diversos atlas regionais (Volpedo & Echeverría, 2000; Honorato, 2005).

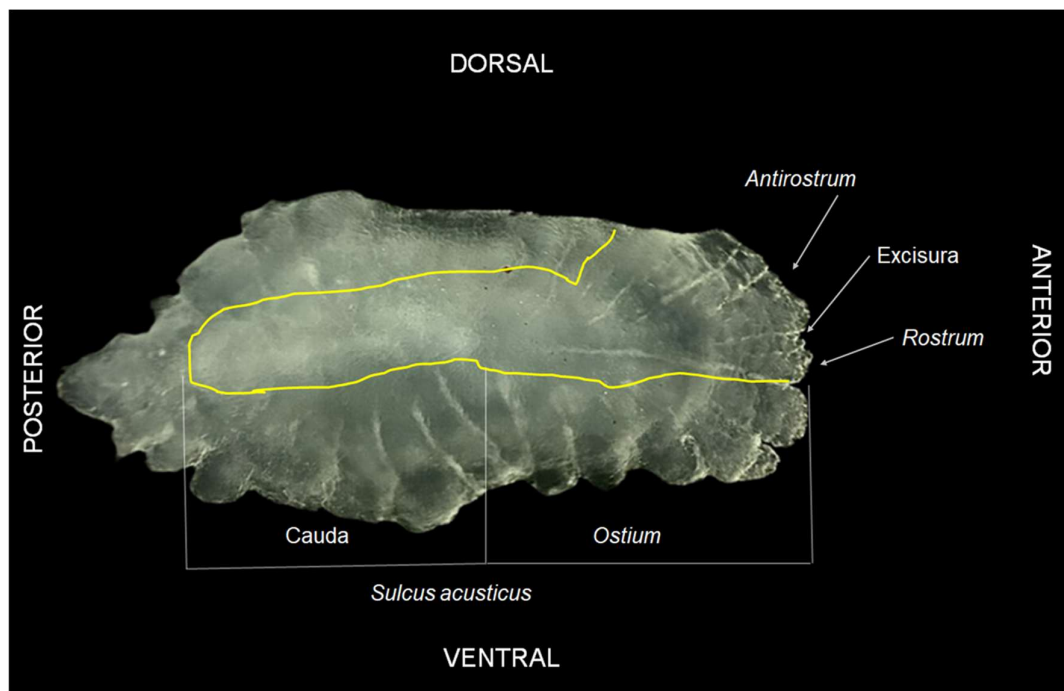


Figura 2. Otólito sagitta e suas diferentes partes anatômicas.

Fonte: Autoria própria, 2026.

A caracterização do sulcus acusticus destacou-se como o principal critério diagnóstico, por apresentar maior estabilidade filogenética, por apresentar uma cavidade interna completa (ostium + cauda), e posição e orientação com menor influência ambiental. Nos espécimes analisados, a posição do sulcus variou predominantemente entre mediano e supramediano, com orientação majoritariamente horizontal (Figura 3). O tipo de abertura do ostium permitiu

classificar o sulcus em padrão ostial (aberto) ou pseudo-ostial (fechado), sendo um caráter decisivo para a separação entre as famílias.

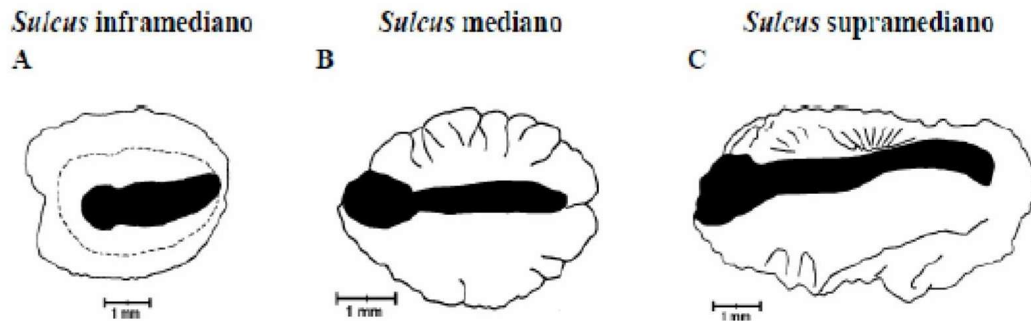


Figura 3. Face interna dos otólitos sagitta, evidenciando os três tipos de sulcus acusticus no que se refere à sua localização em relação ao eixo longitudinal mediano do otólito.

Fonte: Assis, 2000.

Resultados

Foram analisados otólitos sagitta de 35 espécies de peixes teleósteos provenientes do Golfão Maranhense, coletados entre agosto e novembro de 2025, em desembarques de pesca artesanal nos municípios de Raposa e São José de Ribamar, no litoral do Maranhão (Figuras 4, 5 e 6). As espécies foram distribuídas em 19 famílias, evidenciando a diversidade da ictiofauna característica dos sistemas estuarinos amazônicos.

Embora o estudo não tenha empregado análises morfométricas quantitativas, a avaliação qualitativa da morfologia otolítica revelou padrões consistentes e altamente distintivos entre as espécies e famílias analisadas. A robustez dos caracteres diagnósticos observados, especialmente a estabilidade do sulcus acusticus e a morfologia das projeções anteriores (rostrum e antirostrum), mostrou-se suficiente para a separação taxonômica pretendida, validando a eficácia da abordagem descritiva para os objetivos do catálogo. Os critérios morfológicos adotados permitiram a identificação de assinaturas diagnósticas características, como o padrão ostial estável em Sciaenidae, o padrão pseudo-ostial em Ariidae e o desenvolvimento do "bico duplo" em Carangidae, reforçando que a análise qualitativa estruturada é capaz de gerar dados taxonomicamente relevantes sem a necessidade de mensurações adicionais.

A família Sciaenidae apresentou maior riqueza específica (8 espécies), seguida pela família Ariidae (5 espécies). Carangidae e Haemulidae também estiveram representadas, entre outras famílias registradas no inventário (totalizando 19 famílias), sendo grupos frequentes em ambientes costeiros e estuarinos tropicais. Esse padrão de composição evidencia a relevância ecológica do Golfão Maranhense como ambiente de alimentação e berçário biológico para espécies marinhas e estuarinas.

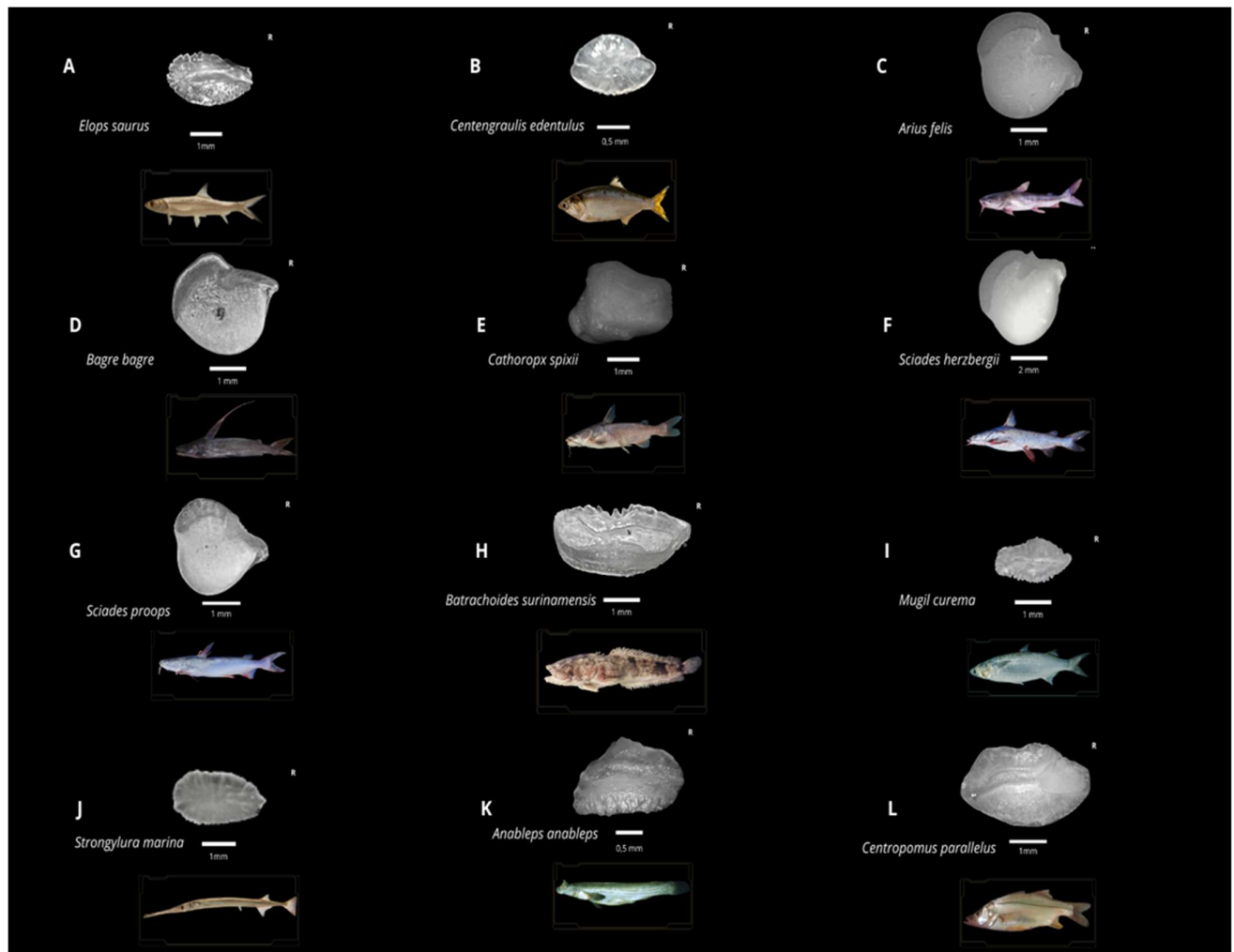


Figura 4. Exemplos de peixes do inventário e seus respectivos otólitos sagitta. A – *Elops saurus*; B – *Cetengraulis edentulus*; C – *Arius felis*; D – *Bagre bagre*; E – *Cathorops spixii*; F – *Sciades herzbergii*; G – *Sciades proops*; H – *Batrachoides surinamensis*; I – *Mugil curema*; J – *Strongylura marina*; K – *Anableps anableps*; L – *Centropomus parallelus*. A letra R indica a localização da estrutura do rostrum.

Fonte: Fotos dos espécimes obtidas de FishBase (Froese; Pauly, 2026): A e J: NOAA/NMFS/Mississippi Laboratory; B: Vaske Jr., T.; C: Ng, HH; D, F e G: Barbosa, J.M./M. Deda; E e H: Carvalho Filho, A.; I: CENAIM; K: Krumme, U.; L: Perusquía, E. Fotos dos otólitos: Laboratório de Biologia Pesqueira (BIOPEsq, 2025).

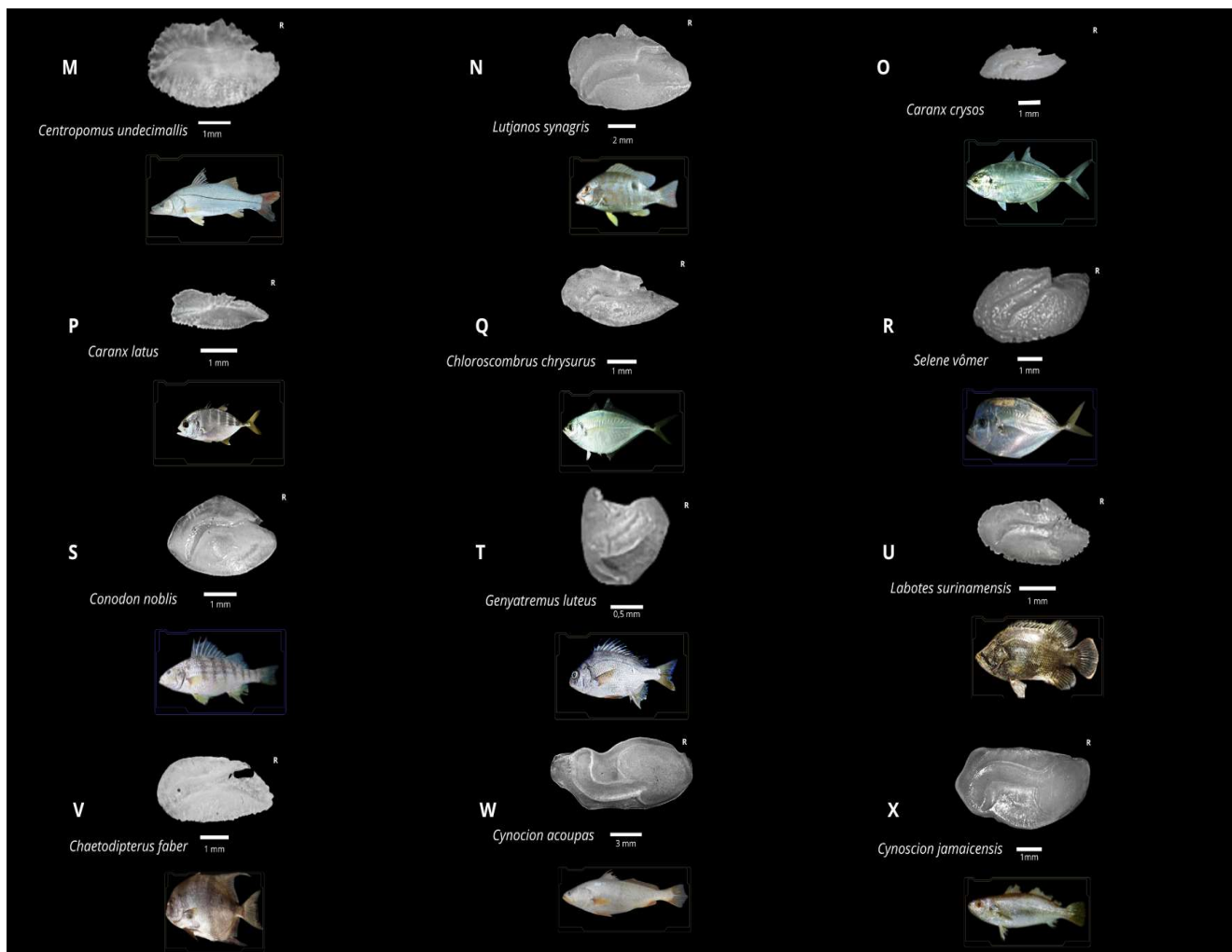


Figura 5. Exemplos de peixes do inventário e seus respectivos otólitos sagitta. M – *Centropomus undecimalis*; N – *Lutjanus synagris*; O – *Caranx crysos*; P – *Caranx latus*; Q – *Chloroscombrus chrysurus*; R – *Selene vomer*; S – *Conodon nobilis*; T – *Genyatremus luteus*; U – *Lobotes surinamensis*; V – *Chaetodipterus faber*; W – *Cynoscion acoupa*; X – *Cynoscion jamaicensis*. A letra R indica a localização da estrutura do rostrum.

Fonte: Fotos dos espécimes obtidas de FishBase (Froese; Pauly, 2026): M: Ueberschär, B.; N, O, Q, R e V: Flescher, D.; P: Cutrim, CHG; S: Carvalho Filho, A.; T: Barbosa, J.M./M. Deda; U: Silva, P.; W: Aviz, E.; X: JAMARC. Fotos dos otólitos: Laboratório de Biologia Pesqueira (BIOPEAQ, 2025).

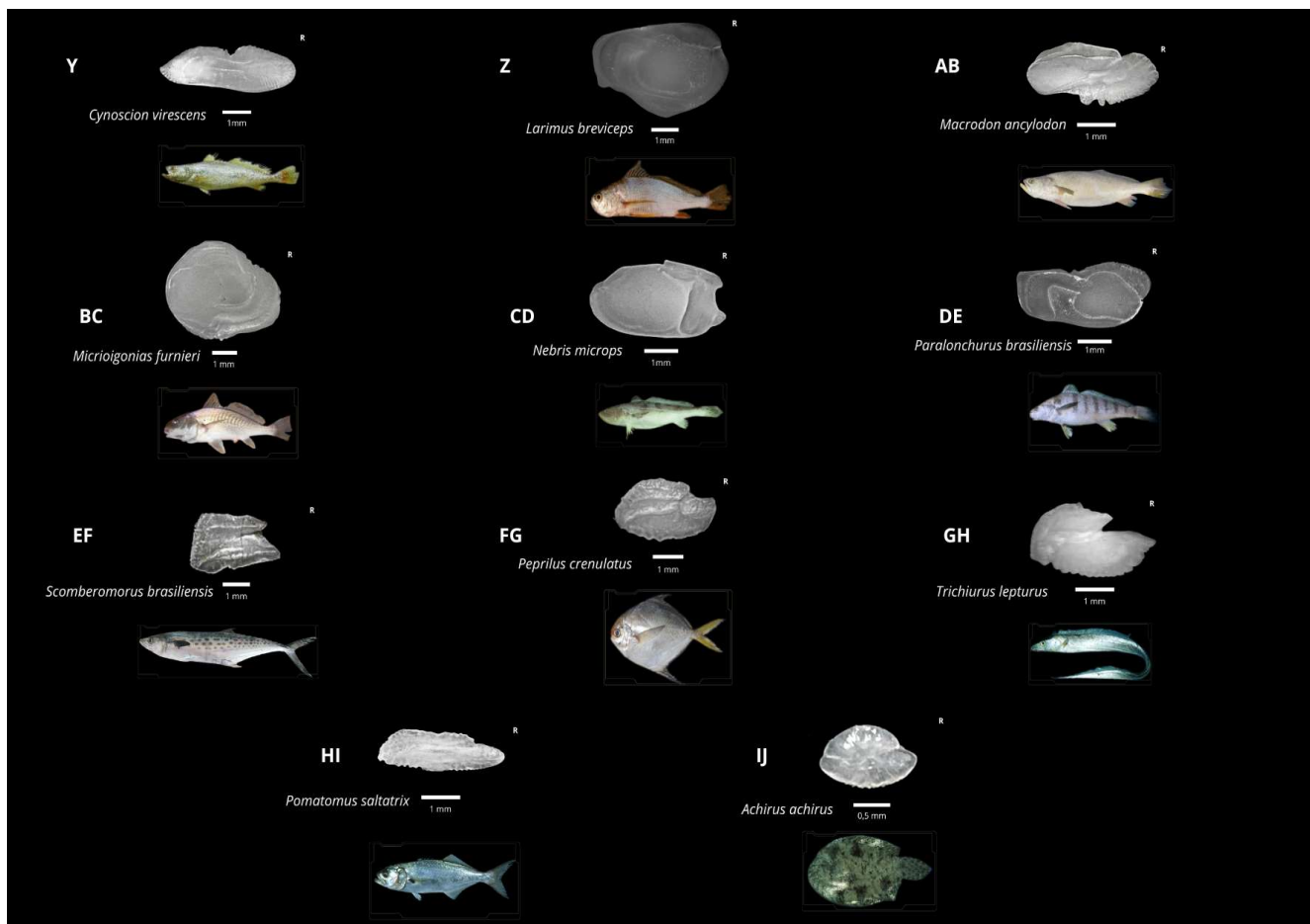


Figura 6. Exemplos de peixes do inventário e seus respectivos otólitos sagitta. Y – *Cynoscion virescens*; Z – *Larimus breviceps*; AB – *Macrodon ancylodon*; BC – *Micropogonias furnieri*; CD – *Nebris microps*; DE – *Paralichthys brasiliensis*; EF – *Scomberomorus brasiliensis*; FG – *Peprilus crenulatus*; GH – *Trichiurus lepturus*; HI – *Pomatomus saltatrix*; IJ – *Achirus achirus*. A letra R indica a localização da estrutura do rostrum.

Fonte: Fotos dos espécimes obtidas de FishBase (Froese; Pauly, 2026): Y: JAMARC; Z: Vianna, M.; AB: Elliff, C.I.; BC: Timm, C.D.; CD e DE: Carvalho Filho, A.; EF: Duarte, L.O.; FG: Rotundo, M.M.; GH: Osmany, H.B.; HI: Flescher, D.; IJ: Krumme, U.; Fotos dos otólitos: Laboratório de Biologia Pesqueira (BIOPEAQ, 2025).

Os otólitos sagitta analisados apresentaram elevada variabilidade morfológica, o que confirma sua eficácia como ferramenta diagnóstica para a diferenciação taxonômica. As variações incluíram diferenças no formato geral, na ornamentação das margens e nas características internas do sulcus acusticus.

O ostium, porção anterior do sulcus apresentou elevada relevância taxonômica, devido à sua amplitude e forma, atuando como caráter diagnóstico em grupos, como *Sciaenidae*. A cauda, correspondente à porção posterior, mostrou-se geralmente tubular e estreita, variando de curta a longa, curvada ou marcada. Adicionalmente, as características das margens, como a presença de bordas dentadas, sinuosas ou lisas, também mostraram-se úteis na distinção de espécies, refletindo a diversidade evolutiva entre famílias da ordem Perciformes e outros táxons costeiros.

Nos Elopiformes, *Elops saurus* apresentou otólito de formato elíptico, com sulcus supramediano e orientação horizontal, exibindo ostium em forma de funil e cauda tubular bem definida. O antirostrum esteve ausente, e a margem superior exibiu irregularidades evidentes, refletindo uma morfologia simples e diagnóstica em comparação com grupos percomorfos.

Entre os Clupeiformes, *Cetengraulis edentulus* apresentou otólito elíptico/ovalado, com sulcus mediano e cauda tubular/elíptica, além de rostrum pouco desenvolvido ou ausente e de ausência de antirostrum. A abertura do sulcus foi caracterizada como pseudo-ostial/fechada, com margens irregulares, padrão morfológico típico em espécies pelágicas de pequeno porte.

A família Ariidae apresentou um dos padrões morfológicos mais robustos, com otólitos geralmente globosos, espessos e de contorno oval/discoidal, associados a sulcus mediano e abertura predominantemente pseudo-ostial/fechada. Em *Arius felis*, observou-se um otólito oval/discoidal, com sulcus mediano, cauda tubular fechada e ostium em forma de funil, além de rostrum desenvolvido e antirostrum reduzido ou ausente. *Sciades herzbergii* e *Sciades proops* apresentaram padrões semelhantes, o otólito apresentou formato oval/globoso, sulcus mediano, cauda tubular fechada e ostium em forma de funil fechado, com rostrum desenvolvido e margens lisas a sinuosas, reforçando a consistência morfológica intrafamiliar.

Na família Sciaenidae, os otólitos apresentaram características associadas à amplitude do ostium e estabilidade do sulcus do tipo ostial. Em *Nebris microps*, observou-se otólito elíptico/ovalado, sulcus mediano a supramediano, cauda tubular curta e levemente curvada, com antirostrum e rostrum desenvolvidos. O ostium foi amplo e elíptico, com região anterior pontiaguda e bifurcada, sendo a abertura classificada como ostial.

Em Carangidae, destacou-se o desenvolvimento acentuado das estruturas anteriores, com rostrum e antirostrum formando um “bico duplo” e excisura ostial bem marcada. Em *Selene vomer*, o otólito apresentou formato variando de elíptico a quadrado irregular, com sulcus mediano/supramediano, cauda tubular curta. As margens apresentaram ondulações, e a abertura foi classificada como ostial.

A comparação entre famílias evidenciou ampla diversidade morfológica, desde otólitos globosos e espessos com sulcus fechado em Ariidae, até formas mais alongadas e com projeções anteriores evidentes em grupos nectônicos como Carangidae e Centropomidae. Esses padrões confirmam que os caracteres do otólito sagitta são suficientemente específicos para diferenciação taxonômica e para a construção de catálogos regionais.

Além disso, observaram-se morfologias extremas em determinados grupos. O otólito de *Achirus achirus* foi descrito como caracteristicamente quadrangular, sem rostrum e antirostrum, enquanto o de *Trichiurus lepturus* foi descrito como lanceolado, estreito e alongado, destacando-se pela elevada diferença estrutural em relação às demais espécies do catálogo.



Discussão

A diversidade registrada no Golfão Maranhense reforça a relevância desse sistema costeiro amazônico como ambiente estuarino de alta produtividade, capaz de sustentar elevada riqueza ictiofaunística. A predominância de Sciaenidae, associada à ocorrência constante de Ariidae e Carangidae, sugere forte associação com habitats rasos e estuarinos, caracterizados por alta turbidez e elevada disponibilidade de matéria orgânica. Essa composição é compatível com a interpretação do Golfão Maranhense como área essencial de alimentação, crescimento e recrutamento, desempenhando um papel ecológico estratégico para a manutenção da biodiversidade regional e da pesca artesanal (Santana *et al.*, 2025).

Os resultados sugerem que os otólitos sagitta são estruturas altamente úteis em estudos taxonômicos, pois apresentam morfologia específica e persistente, permitindo a identificação de espécies mesmo quando os exemplares estão degradados ou apenas fragmentos estão disponíveis. Esse potencial diagnóstico é amplamente reconhecido na literatura e está associado à resistência do otólito à digestão e à decomposição, o que também o torna uma ferramenta valiosa em estudos de ecologia trófica e arqueologia pesqueira (Honorato, 2005).

A padronização da terminologia utilizada, baseada em referências clássicas, é fundamental para assegurar comparabilidade entre estudos e permitir que descrições morfológicas sejam reprodutíveis. A abordagem adotada no presente catálogo segue o modelo consolidado por Assis (2000) e Tuset *et al.* (2008), que reforçam a ideia de que a identificação confiável depende da análise integrada do contorno externo, das margens e, principalmente, do sulcus acusticus, estrutura que representa um dos caracteres mais informativos para a diferenciação taxonômica (Assis, 2000; Tuset *et al.*, 2008).

O sulcus acusticus demonstrou-se o principal marcador diagnóstico observado, sendo definido como a cavidade interna completa (ostium + cauda). A literatura destaca que essa estrutura apresenta menor plasticidade ambiental e maior estabilidade filogenética, o que explica sua elevada confiabilidade na discriminação de espécies e famílias. No presente estudo, a posição do sulcus (mediano ou supramediano) e seu tipo de abertura (ostial ou pseudo-ostial) mostraram-se especialmente importantes, confirmando a relevância desse caráter em análises sistemáticas (Assis, 2000; Volpedo & Echeverría, 2000).

A família Sciaenidae destacou-se por apresentar o padrão morfológico mais estável e consistente entre as famílias analisadas, com predominância do sulcus acusticus do tipo ostial. Essa estabilidade já é descrita como característica relevante para a identificação do grupo e pode ser associada à amplitude do ostium, considerada uma assinatura diagnóstica de Sciaenidae. Esse padrão foi evidenciado em *Nebris microps*, que apresentou ostium amplo e elíptico, cauda tubular curta e ligeiramente curvada, além de projeções anteriores bem desenvolvidas, reforçando a consistência do grupo no conjunto regional (Azevedo *et al.*, 2009).

A estabilidade do sulcus acusticus do tipo ostial observada em *Nebris microps*, *Macrodon ancylodon*, *Micropogonias furnieri* e *Paralonchurus brasiliensis* no



presente estudo também é compatível com o catálogo elaborado por Corrêa & Vianna (1992/1993) para otólitos de Sciaenidae do litoral do estado do Paraná, região subtropical do sul do Brasil. No catálogo, essas mesmas espécies, além de representantes do gênero *Cynoscion* também registrados no Golfão Maranhense, apresentaram sulcus acusticus do tipo ostial como caráter comum ao grupo. Essa concordância entre regiões biogeograficamente distintas, uma localizada na costa tropical amazônica e outra no litoral subtropical sul-brasileiro reforça a hipótese de que a morfologia do sulcus acusticus em Sciaenidae é fortemente conservada filogeneticamente, com influência ambiental limitada sobre esse caráter, corroborando sua aplicabilidade como ferramenta diagnóstica confiável em diferentes contextos geográficos (Corrêa & Vianna, 1992/1993).

No âmbito regional, os resultados encontrados para *Nebris microps* podem ser comparados aos obtidos por Santos et al. (2023), estudo conduzido igualmente a partir de desembarques pesqueiros no município de Raposa, litoral maranhense. Nesse trabalho, os autores investigaram as relações biométricas entre o tamanho do otólito e o tamanho corporal de *Bagre bagre*, *Lutjanus synagris* e *Nebris microps*, obtendo coeficientes de correlação linear elevados entre essas variáveis, o que reforça o potencial dos otólitos como preditores do tamanho e da biomassa dos indivíduos. Enquanto aquele estudo priorizou a abordagem morfométrica quantitativa, o presente catálogo amplia a caracterização qualitativa detalhada da anatomia do sulcus acusticus e do contorno externo para essas e outras espécies do Golfão Maranhense, evidenciando a complementaridade entre as duas abordagens metodológicas aplicadas a otólitos provenientes da mesma área de coleta. Essa convergência de esforços reforça a consolidação de uma base de referência morfológica e morfométrica cada vez mais robusta para a ictiofauna do litoral maranhense, fundamental para estudos futuros de identificação de estoques populacionais e de idade e crescimento.

Em contrapartida, Ariidae apresentou padrão marcadamente distinto, caracterizado por otólitos globosos, espessos e frequentemente discoidais, com sulcus mediano e ostium fechado, configurando sulcus pseudo-ostial. Esse padrão foi observado em *Arius felis*, *Sciades herzbergii* e *Sciades proops*, o que demonstra homogeneidade intrafamiliar e forte conservadorismo filogenético. A literatura ecológica sobre Ariidae destaca que esses bagres marinhos possuem ampla distribuição estuarina e grande capacidade de explorar ambientes turvos, o que pode estar associado à robustez estrutural do otólito e à sua função sensorial (Araújo, 1988a; Araújo, 1988b).

A presença do padrão pseudo-ostial em Ariidae reforça que o tipo de abertura do sulcus pode representar uma assinatura familiar, com forte aplicabilidade para identificação de bagres marinhos em conteúdos estomacais e estudos paleoecológicos. Esse aspecto é relevante porque Ariidae é frequentemente representada em ecossistemas costeiros tropicais, e sua correta identificação contribui para interpretações mais precisas das relações tróficas (Araújo et al., 2004).



Na família Carangidae, a presença de rostrum e antirostrum bem desenvolvidos formando o “bico duplo”, como observado em *Selene vomer*, representa um padrão típico de grupos nectônicos costeiros. A literatura destaca que a variação no contorno externo e no desenvolvimento das projeções anteriores pode refletir tanto a história evolutiva quanto diferenças funcionais relacionadas ao comportamento natatório e habitat. Nesse sentido, o “bico duplo” e a excisura ostial evidente podem ser considerados caracteres úteis para diferenciação de Carangidae em catálogos regionais (Volpedo & Echeverría, 2003; Tuset *et al.*, 2003).

A comparação entre Sciaenidae, Ariidae e Carangidae reforça a ideia de que a morfologia otolítica resulta da combinação de fatores filogenéticos e pressões ecológicas. Estudos indicam que a forma do otólito pode ser utilizada, inclusive, para a identificação de estoques populacionais, já que pequenas variações morfológicas podem ocorrer entre populações geograficamente isoladas, influenciadas por fatores ambientais e pelo crescimento somático. Essa abordagem já foi aplicada com sucesso em estudos de identificação de estoques por meio de análise de forma (Begg & Brown, 2000).

A ocorrência de morfologias extremas em táxons específicos, como o formato quadrado sem rostrum e antirostrum em *Achirus achirus* e o formato lanceolado e extremamente alongado em *Trichiurus lepturus*, demonstra que adaptações ecológicas e filogenéticas podem gerar divergências marcantes. Em linguados, a redução e simplificação de estruturas anteriores é frequentemente associada ao hábito de vida bentônico e sedentário, enquanto em espécies pelágicas predadoras de corpo alongado, como *Trichiurus lepturus*, o otólito lanceolado pode refletir adaptações funcionais relacionadas à audição e ao equilíbrio em ambiente de coluna d’água. Esse padrão reforça a utilidade da morfologia otolítica para interpretação ecomorfológica (Teixeira & Bennemann, 2007).

Essa interpretação também é sustentada por estudos que demonstram que a morfologia dos otólitos resulta da interação entre componentes filogenéticos e ambientais. Tuset *et al.* (2016), ao analisarem a forma dos otólitos de diferentes espécies de *Sebastes*, observaram que, embora a filogenia exerça forte influência sobre os padrões morfológicos, fatores ecológicos e biogeográficos também contribuem para a diferenciação da forma. Dessa maneira, as diferenças observadas entre as espécies do presente catálogo podem refletir não apenas a proximidade taxonômica, mas também diferentes estratégias de ocupação do ambiente. Essa perspectiva é particularmente relevante para o Golfão Maranhense, onde espécies marinhas e estuarinas coexistem em um ambiente caracterizado por elevada heterogeneidade ambiental.

A ecomorfologia permite relacionar as características morfológicas dos organismos às suas formas de utilização do ambiente e dos recursos disponíveis. Em peixes, essa abordagem tem sido empregada para compreender de que modo diferenças morfológicas podem estar associadas a aspectos como a alimentação e o uso do habitat (Teixeira & Bennemann, 2007). No caso dos otólitos, sua forma



também pode apresentar diferenças entre espécies com distintas características ecológicas, tornando sua análise potencialmente relevante para interpretações ecomorfológicas. Volpedo e Echeverría (2003) demonstraram que características morfológicas e morfométricas dos otólitos sagitta podem diferenciar grupos de peixes associados a diferentes condições ambientais, evidenciando o potencial dessas estruturas para estudos que relacionam morfologia e ecologia.

Nesse contexto, as diferenças observadas no presente estudo entre *Achirus achirus* e *Trichiurus lepturus* podem ser consideradas sob uma perspectiva ecomorfológica, devido ao contraste entre os padrões de forma apresentados pelos otólitos dessas espécies. Entretanto, como a presente análise foi direcionada à caracterização qualitativa da morfologia dos otólitos, sem a avaliação quantitativa de atributos ecológicos ou funcionais, essas diferenças são aqui apresentadas principalmente como evidências da elevada diversidade morfológica encontrada entre as espécies analisadas. Assim, a abordagem ecomorfológica contribui para ampliar a interpretação dos padrões observados, sem ultrapassar os objetivos do estudo.

Além disso, estudos sobre a relação forma-ecologia demonstram que diferenças na dieta e no comportamento podem se refletir em variações otolíticas, principalmente na ornamentação das margens e na forma geral do contorno externo. Assim, a análise ecomorfológica pode ampliar o potencial interpretativo do catálogo, especialmente em regiões como o Golfão Maranhense, onde diversas espécies utilizam habitats semelhantes, mas apresentam estratégias alimentares distintas (Teixeira & Bennemann, 2007).

A aplicação prática desse catálogo é particularmente relevante para estudos de ecologia trófica, uma vez que os otólitos podem ser recuperados dos estômagos de predadores e utilizados para identificar presas. A literatura destaca que o uso de otólitos é uma das abordagens mais confiáveis para reconstrução alimentar, justamente pela resistência dessas estruturas e pela especificidade morfológica entre táxons. Dessa forma, o presente estudo supre uma lacuna crítica de informações regionais e fornece base científica para monitoramento da biodiversidade e apoio ao manejo pesqueiro sustentável (Reis-Júnior et al., 2023).

Além disso, a avaliação pautada nos critérios da IUCN e do ICMBio revelou que algumas espécies registradas no Golfão Maranhense se encontram enquadradas em categorias de atenção, como Quase Ameaçada (NT) ou Dados Insuficientes (DD), incluindo espécies de relevância comercial como *Trichiurus lepturus*. Esse resultado evidencia lacunas de conhecimento biológico e ecológico sobre parte da ictiofauna costeira amazônica, reforçando a necessidade de monitoramento pesqueiro e ampliação de estudos regionais. Nesse contexto, o presente catálogo representa uma ferramenta importante para o manejo, pois permite a identificação de espécies a partir de otólitos resistentes à decomposição e digestão, contribuindo para o acompanhamento de capturas e reconstrução de tamanhos populacionais por meio de estruturas diagnósticas (ICMBio, 2018; IUCN, 2024).



Neste sentido, a presença de espécies vulneráveis e de interesse ecológico reforça a necessidade de monitoramento contínuo. A utilização de bases como ICMBio e IUCN permite associar o catálogo morfológico a estratégias de conservação, contribuindo para análises de impacto e gestão de recursos pesqueiros no litoral maranhense (ICMBio, 2018; IUCN, 2024).

Por fim, os resultados encontrados sugerem que a morfologia do otólito sagitta apresenta variabilidade altamente específica, funcionando como assinatura diagnóstica robusta para diferenciação dos táxons regionais. A sistematização das descrições de contornos, bordas e anatomia do sulcus acusticus, valida a eficácia dessa ferramenta para identificação precisa, superando limitações da morfologia externa e fortalecendo sua aplicabilidade para estudos ecológicos e pesqueiros no Golfão Maranhense.

Conclusões

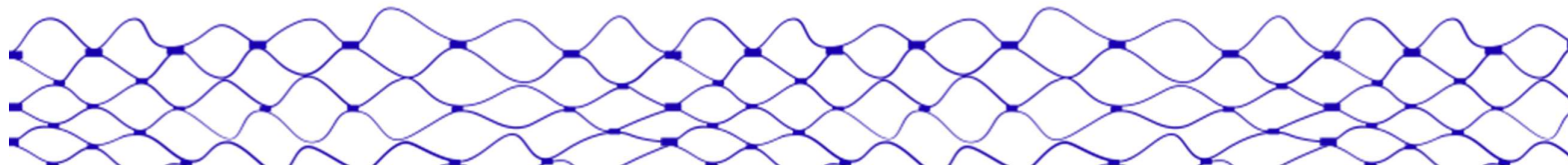
O estudo da ictiofauna no Golfão Maranhense permitiu a catalogação de 35 espécies de peixes teleósteos, evidenciando uma expressiva diversidade taxonômica distribuída em 19 famílias. A predominância da família Sciaenidae, com oito espécies registradas, aliada à presença constante de grupos como Ariidae e Carangidae, reafirma o papel fundamental desse ecossistema estuarino como área vital de alimentação e berçário biológico na costa amazônica.

Conclui-se que a morfologia dos otólitos sagitta apresenta variabilidade altamente específica, atuando como uma "assinatura" diagnóstica robusta para a diferenciação dos táxons regionais. As variações observadas, que abrangem desde os formatos globosos e espessos com sulcos fechados em Ariidae até as estruturas lanceoladas com o desenvolvimento de "bico duplo" (rostrum e antirostrum) em Carangidae e Centropomidae, validam a eficácia dessa ferramenta para a identificação taxonômica precisa, superando as limitações da morfologia externa em amostras degradadas.

A sistematização dessas informações morfológicas, detalhando contornos, bordas e a anatomia do sulcus acusticus, supre uma lacuna crítica de dados sobre a biodiversidade do litoral maranhense. Portanto, este trabalho constitui uma referência científica indispensável para estudos de ecologia trófica, arqueologia pesqueira e para o manejo sustentável dos recursos, fornecendo subsídios práticos para o monitoramento de espécies vulneráveis e para a conservação da integridade biológica da região.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, F. G. (1988a). Abundância relativa, distribuição e movimentos sazonais de bagres marinhos (Siluriformes, Ariidae) no estuário do Lagoa dos Patos, RS. *Revista Brasileira de Zoologia*, 5(4), 509–543. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751988000400002>
- ARAÚJO, F. G. (1988b). Alguns aspectos da ecologia de bagres marinhos (Teleostei, Ariidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Zoologia*, 5(2), 253–280. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751988000400002>
- ARAÚJO, F. G., AZEVEDO, M. C. C., SILVA, M. A., PESSANHA, A. L. M., GOMES, M. P., & CRUZ-FILHO, A. G. (2004). Estrutura da comunidade de peixes estuarinos da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(2), 159–177. <https://doi.org/10.1590/S0034-71081998000300007>



- ASSIS, C. A. (2000). Estudo morfológico dos otólitos Sagitta, Asteriscus e Lapillus de teleósteos (Actinopterygii, teleostei) de Portugal Continental (Tese de Doutorado, Universidade de Lisboa). Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/3716>
- AZEVEDO, O. M., DI BENEDITTO, A. P. M., & MONTEIRO, L. R. (2009). Variação geográfica na forma e nas relações alométricas dos otólitos sagitta da maria-luiza *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner, 1875) (Teleostei, Sciaenidae) no litoral norte do Rio de Janeiro (21°S–23°S), Brasil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(3), 475–485. Disponível em: https://institutodepesca.org/index.php/bip/pt_BR/article/view/875
- BEGG, G. A., & BROWN, R. W. (2000). Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129(4), 935–945. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(2000\)129%3C0935:SIOHMA%3E2.3.CO%3B2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(2000)129%3C0935:SIOHMA%3E2.3.CO%3B2)
- CARVALHO-FILHO, A. (1999). Peixes: costa brasileira (3ª ed.). Melro. Disponível em: <https://www.peixescostabrasileiroa.com.br>
- COUTINHO, P. N., & MORAIS, J. O. (1976). Distribuição de sedimentos na Baía de São José, no Estado do Maranhão (Brasil). *Arquivos de Ciências do Mar*, 16(2), 123–127. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/1649>
- CORRÊA, M. F. M., & VIANNA, M. S. (1992/1993). Catálogo de otólitos de Sciaenidae (Osteichthyes-Perciformes) do litoral do Estado do Paraná, Brasil. *Nerítica*, 7(1-2), 13–41. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/neritica/article/download/85034/46012>
- FIGUEIREDO, J. L., & MENEZES, N. A. (1978). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: II Teleostei (1). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.109986>
- FIGUEIREDO, J. L., & MENEZES, N. A. (1980). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: III Teleostei (2). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. <http://www.biodiversitylibrary.org/page/48922192>
- FIGUEIREDO, J. L., & MENEZES, N. A. (1985). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: V Teleostei (4). Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233868987_Manual_de_peixes_marinhos_do_sudeste_do_Brasil_V_Teleostei_4
- FIGUEIREDO, J. L., & MENEZES, N. A. (2000). Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil: VI Teleostei (5). Museu de Zoologia da USP. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001132723>
- FROESE, R.; PAULY, D. (Ed.). FishBase. World Wide Web electronic publication. Disponível em: <https://www.fishbase.org> Acesso em: 27 out. 2026.
- HAIMOVICI, M., ANDRIGUETTO FILHO, J. M., & SUNYE, P. S. (Orgs.). (2014). A pesca marinha e estuarina do Brasil no início do século XXI: recursos, tecnologias, aspectos socioeconômicos e institucionais. Editora da FURG. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305479040_A_pesca_marinha_e_estuari_na_no_Brasil_estudos_de_caso_multidisciplinares
- HONORATO, R. L. P. (2005). Catálogo de otólitos de perciformes (Actinopterygii teleostomi) estuarinos e marinhos do estado do Paraná, Brasil (Monografia de Graduação, Universidade Federal do Paraná). Disponível em: <https://hdl.handle.net/1884/36685>
- ICMBio. (2018). Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: Volume VI – Peixes. ICMBio/MMA. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-cientificas/livro-vermelho>



- IUCN. (2024). The IUCN Red List of Threatened Species (Versão 2024-1). Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>
- POPPER, A. N., & LU, Z. (2000). Structure-function relationships in fish otolith organs. *Fisheries Research*, 46(1–3), 15–25. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00129-6)
- REIS-JÚNIOR, G. N., LOPES, P. R. D., OLIVEIRA, A. M., & SILVA, J. J. (2023). *Otólitos: as pedras preciosas dos peixes* (1ª ed.). Criação Editora. Disponível em: <https://editoracriacao.com.br/otolitos-as-pedras-preciosas-dos-peixes/>
- SANTANA, T. C., PINHEIRO-JUNIOR, J. R., SOARES, L. S. H., & FIGUEIREDO, M. B. (2025). Os peixes ósseos (Teleostei) marinhos e estuarinos do Golfão Maranhense, costa leste da Amazônia, norte do Brasil. *Brazilian Journal of Biology*, 85, e286625. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.286625>
- SANTOS, K. F. S., SANTANA, T. C., LIMA, S. M. Q., & FIGUEIREDO, M. B. (2024). Morfometria e morfologia de otólitos de peixes no litoral do estado do Maranhão, Brasil. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e279163. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.279163>
- SECOR, D. H., & DEAN, J. M. (1989). Somatic growth effects on the otolith fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(1), 113–121. <https://doi.org/10.1139/f89-015>
- SILVA, M. H. L. (2019). Avaliação da qualidade ambiental do Golfão Maranhense por meio de variáveis biológicas, químicas e físico-químicas (Tese de Doutorado, Universidade Federal do Maranhão). Disponível em: <http://hdl.handle.net/tede/3272>
- TEIXEIRA, I., & BENNEMANN, S. T. (2007). Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, 7(2), 289–299. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000200007>
- TEIXEIRA, S. G., & SOUZA, P. W. M. (2009). Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. *Revista Brasileira de Geofísica*, 27(1), 69–82. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2009000500006>
- TUSET, V. M., LOMBARTE, A., & ASSIS, C. A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72(S1), 7–198. <https://doi.org/10.3989/scimar.2008.72s17>
- TUSET, V. M., LOZANO, I. J., GONZÁLEZ, J. A., PERTUSA, J. F., & GARCÍA-DÍAZ, M. M. (2003). Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla*. *Journal of Applied Ichthyology*, 19(2), 88–93. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00344.x>
- TUSET, V. M., OTERO-FERRER, J. L., GÓMEZ-ZURITA, J., VENERUS, L. A., STRANSKY, C., IMONDI, R., ORLOV, A. M., YE, Z., SANTACHI, L., AFANASIEV, P. K., ZHUANG, L., FARRÉ, M., LOVE, M. S., & LOMBARTE, A. (2016). Otolith shape lends support to the sensory drive hypothesis in rockfishes. *Journal of Evolutionary Biology*, 29(10), 2083–2097. <https://doi.org/10.1111/jeb.12932>
- VOLPEDO, A. V., & ECHEVERRÍA, D. D. (2000). Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peixes del Mar Argentino (Vol. 1). Editorial Dunken. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269038893_Catalogo_y_claves_de_otolit_os_para_la_identificacion_de_peces_del_Mar_Argentino
- VOLPEDO, A. V., & ECHEVERRÍA, D. D. (2003). Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentina. *Fisheries Research*, v. 60, n. 2–3, p. 551–560. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00170-4)

