



ATLAS DE OTÓLITOS DE PEIXES CAPTURADOS NA BACIA DO RIO VERDE, ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, BRASIL

Atlas of otoliths of fish caught in the basin of the Verde River, state of Mato Grosso do Sul, Brazil

Eloi Bispo Bezerra-Neto¹, Mariana da Silva Oliveira², Marcos de Almeida Mereles³, José Carlos Chaves dos Santos⁴, José Milton Longo⁵, Fábio Ricardo da Rosa⁶, Júlio Militão⁷, José Milton Barbosa⁸ & Raniere Garcez Costa Sousa^{9*}

^{1,7,9}Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Rondônia - UNIR

^{2,4,5,6}Fibracon - Consultoria, Perícias e Projetos Ambientais Ltda

⁸Departamento de Engenharia de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal de Sergipe - UFS

³Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Universidade Federal do Amazonas - UFAM

*e-mail: ranieregarcez@unir.br

Recebido em 12/06/2022 - Publicado 03/08/2022

Resumo A utilização de fotos e descrições de otólitos de peixes é uma ferramenta útil para estudos que incluem: sistemática, taxonomia, identificação de peixes em conteúdo estomacal e classificação da cadeia trófica. Neste estudo, caracterizamos a morfologia dos otólitos em nove espécies de peixes, distribuídas em cinco famílias e duas ordens procedentes do rio Verde na Bacia do Alto Paraná. Foi elaborado um atlas retratando, por espécies, em fotografia, as perspectivas frontal e traseira de cada par de otólitos *sagittae*. Este atlas visual pode auxiliar em trabalhos posteriores que abordem a ecologia e principalmente na distinção de espécies, contribuindo como instrumento aplicado à identificação taxonômica de espécies e populações de peixes.

Palavras chave: morfologia, osteologia, taxonomia, sistemática

Abstract The use of photos and descriptions of fish otoliths is a useful tool for studies that include: systematics, taxonomy, identification of fish in the contents of stomachs and classification of the trophic chain. In this study, we characterized the morphology of the otoliths in nine species of fish, distributed in five families and two orders from the Verde River in the Upper Paraná Basin. An atlas was prepared depicting, by species, photography of the front and rear perspectives of each pair of *sagittae* otoliths. This visual atlas will help in later works that address ecology and, especially, in the distinction of species, thus contributing as an instrument to be applied to the taxonomic identification of species and fish populations.

Keywords: morphology, osteology, taxonomy, systematics

Introdução

Os peixes teleósteos possuem três pares de estruturas calcificadas denominadas de otólitos, distintos em tamanho e forma, que são encontrados no interior de compartimentos (*maculae*) e no final do canal semicircular, submersos por endolinfa na cabeça dos peixes.

Essas estruturas são formadas de concreções acelulares de carbonato de cálcio cristalizado e outros sais inorgânicos (Mann *et al.*, 1989) que são depositados gradativamente e periodicamente sobre uma matriz proteica, desde a fase embrionária e do desenvolvimento dos peixes ósseos (Degens *et al.*, 1969). São corpos cristalinos complexos e densos (Gauldie 1988) que ao serem estimulados de forma diferente de acordo com a posição do animal em relação ao sentido da força gravítica que atua sobre o estatocisto (Hickman *et al.*, 1988), permitem a percepção do posicionamento do animal.

Os otólitos desempenham funções essencialmente estáticas e/ou auditivas e são cerca de três vezes mais densos que o resto do corpo dos peixes (Popper & Coombs 1982, Moyle & Cech 1996) e devido a algumas das suas características (dimensões, especificidade morfológicas, acessibilidade, composição química, microestrutura, fase da ontogenia em que são formados e modo de crescimento) e à dependência da variação dos fatores do meio os otólitos são peças anatômicas da maior utilidade, em diversos estudo dos peixes.

A leitura dos anéis de crescimento permite determinar da idade de um indivíduo ou de uma população, permite estimar a longevidade, idade de primeira maturação, ecologia espacial, sendo possível inferir ainda sobre a trajetória de vida das populações, movimentos migratórios e dispersão (Tzeng & Tsai 1994; Weber *et al.*, 2002, Sponaugle 2010, Garcez *et al.*, 2015, Avigliano *et al.*, 2017). Também, quando são encontrados em estômagos de peixes predadores, devido serem suficientemente conservativos (Jargowsky *et al.*, 2019), os otólitos podem ser aplicados para estimar o peso e o comprimento de indivíduos e de achados paleontológicos, com elevado grau de precisão (Tuset *et al* 2008; Mereles *et al* 2020).

Além do simplificado esquema indicativo de acontecimentos diretos e indiretos sobre as relações dos otólitos e do meio ambiente, como os estudos de marcador de crescimento e indicador da qualidade ambiental, ainda é expansiva a aplicação dos estudos sobre otólitos em outras áreas científicas, como a paleontologia, arqueologia e zoogeografia (Nolf 1985) Caracterizações morfológicas de otólitos são amplamente documentadas por sua importância na identificação das espécies e suas variações populacionais (Rossi-Wongtschowski *et al.*, 2014; Mereles *et al* 2020; Mereles *et al* 2021), para a compreensão do padrão de desenvolvimento manifestado no crescimento do otólito, entre outras aplicações (Rondon *et al.*, 2014).

Neste trabalho, foram caracterizados os otólitos *sagittae*, que apresentarem formatos e perfis diferenciados consoante a espécie, bem como ligeiras variantes morfológicas entre indivíduos distintos da mesma espécie (Caillet *et al.*, 1986; Mereles *et al* 2020). Existem numerosos componentes estruturais, tais como: prolongamentos, encurvamentos, relevos, reentrâncias e cavidades extensivas, que podem ser associadas a zonas ou regiões do otólito. Para melhor definição destas particularidades, são utilizados termos, como: *rostrum*, *antirostrum*, *posrostrum*, *sulcus*, além de referências de posicionamento e orientação como: face interna, face externa, porção anterior, porção posterior, face dorsal, face ventral (Koken 1884).

Os peixes foram coletados na bacia do rio Verde, estado do Mato Grosso do Sul, onde se encontra uma rica diversidade de peixes, que vem sendo ameaçada por barragens (Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs) para a produção de energia elétrica. Nesse sentido, esse Atlas se faz necessário para a identificação das espécies de peixes mais frequentes nas pescarias locais, capturadas em estudos de monitoramento da fauna aquática.

Material e Métodos

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Verde, localizado no Estado de Mato Grosso do Sul, que faz parte da integração do eixo de corredores ecológicos na migração de diversas espécies de peixes (Rosa *et al.*, 2020). Esta área abrange a sub-bacia do rio Verde, localizada ao leste de MS, com uma área de 23.739 km² e nascentes inseridas nos municípios de Camapuã, Figueirão e Paraíso das Águas.

O rio Verde se estende por 450 km, banhando os municípios de Água Clara, Ribas do rio Pardo, Três Lagoas e Brasilândia. O rio Verde é uma das rotas migratórias mais importantes para os peixes reofílicos da

bacia do rio Paraná (Agostinho *et al.*, 2003) onde foram selecionados oito pontos para a amostragem da ictiofauna para extração de otólitos (Figura 1).

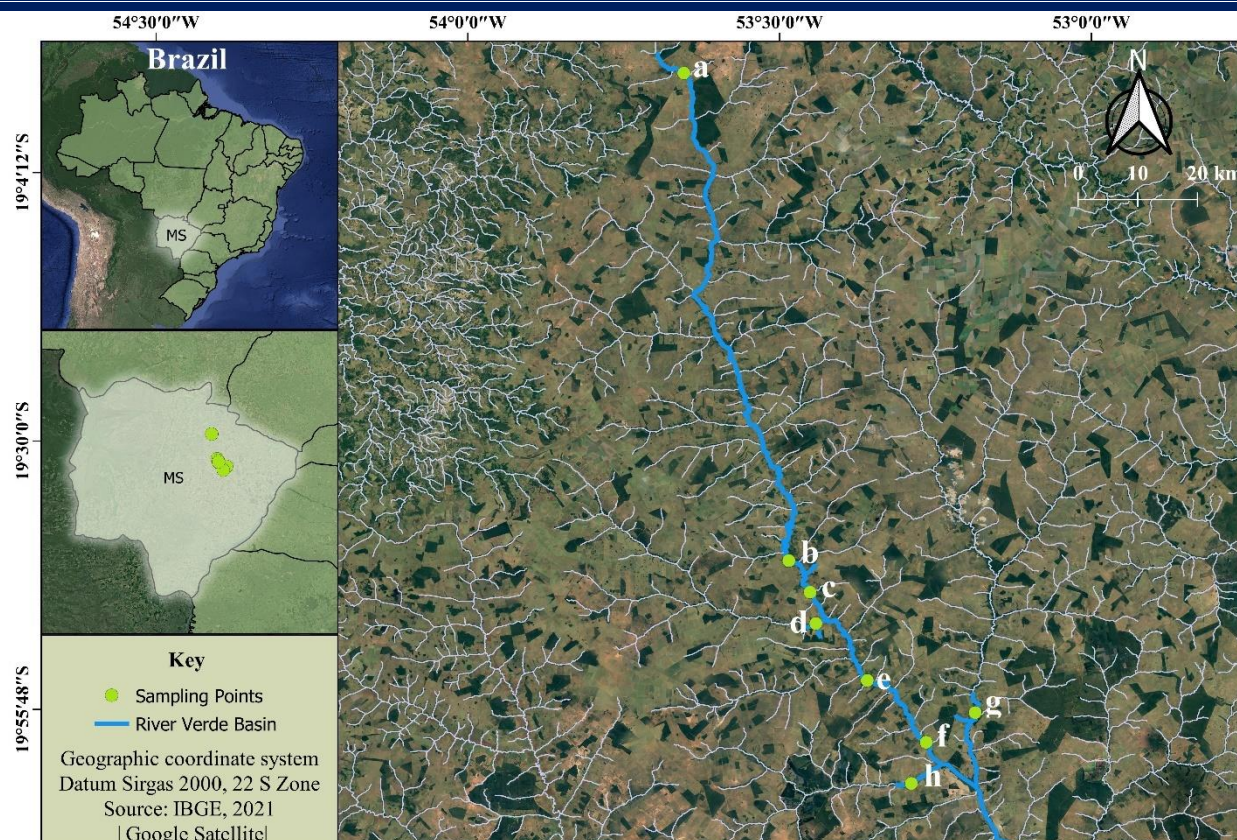


Figura 1. Área de estudo localizada na Bacia Hidrográfica do rio Verde. (a) Alvorada. (b) Cachoeira da fazenda Paraíso. (c) Ponte do Cacildo (d) Ribeirão Salgado. (e) Jusante da PCH Verde 4A. (f) Jusante da PCH Verde 4. (g) São Domingos. (h) Ribeirão Araras

CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS

O ponto “a”, Alvorada está localizado na nascente do rio Verde, coordenadas $18^{\circ}54'32.20''S$ $53^{\circ}39'6.26''O$, seu trecho apresenta correnteza, água límpida, profundidade de 2,5 metros, mata ciliar conservada e presença de buritizais (Figura 2a). O ponto “b”, Cachoeira da fazenda Paraíso, coordenadas $19^{\circ}41'29.91''S$ $53^{\circ}29'06.64''O$, apresenta praias em sua margem direita e mata estacional conservada em sua margem esquerda (Figura 2b). O ponto “c”, Ponte do Cacildo, coordenadas $19^{\circ}44'31.67''S$ $53.27'03.85''O$, tem seu acesso por meio de uma Reserva Legal e uma Área de Preservação Permanente, mostrando duas margens com praias (Figura 2c). O ponto “d”, Ribeirão Salgado, coordenadas $19^{\circ}47'23.14''S$ $53^{\circ}28'07.73''O$, apresenta mata ciliar preservada (Figura 2d). O ponto “e”, Jusante da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Verde 4A, coordenadas $19^{\circ}53'00.03''S$ $53^{\circ}21'34.04''O$, é cercado de mata estacional, em uma área do rio com correnteza mais intensa, estando próximo a barragem da PCH Verde 4^a (Figura 2e). O ponto “f”, Jusante PCH Verde 4, coordenadas $19^{\circ}58'57.10''S$ $53^{\circ}15'54.13''O$, encontra-se meio a uma Área de Preservação Permanente, onde há leve correnteza e a água apresenta aspecto limpo (Figura 2f). O ponto “g”, São Domingos, coordenadas $19^{\circ}56'06.10''S$ $53^{\circ}11'01.05''O$, onde há diversidade de habitats aquáticos (Figura 2g). E o ponto “h”, Ribeirão das Araras, coordenadas $20^{\circ}02'54.35''S$ $53^{\circ}17'19.39''O$, onde ocorre a transição de ambiente lótico para lântico da Usina Hidrelétrica São Domingos (Figura 2h).

O material biológico foi coletado por meio de redes de espera em oito campanhas trimestrais, entre dezembro de 2019 e agosto de 2021, acompanhando períodos de seca, cheia e piracema. As redes de emalhar foram colocadas às 18h00m e retiradas às 6h00m, em cada pescaria experimental. Foram utilizadas oito redes malhadeiras, 1,5 m de altura e 10 m de comprimento, com malhas entre 8 e 12 mm entre nós opostos.

Os peixes capturados foram eutanasiados por choque térmico, mantido em refrigeração até a obtenção de dados biométrico e análises laboratoriais. A identificação das espécies foi feita com uso de chaves taxonômicas, em especial Ota *et al.*, (2018). Posteriormente os peixes foram fotografados, submetidos a pesagem, medição e realizada a retirada dos otólitos *sagitta*.

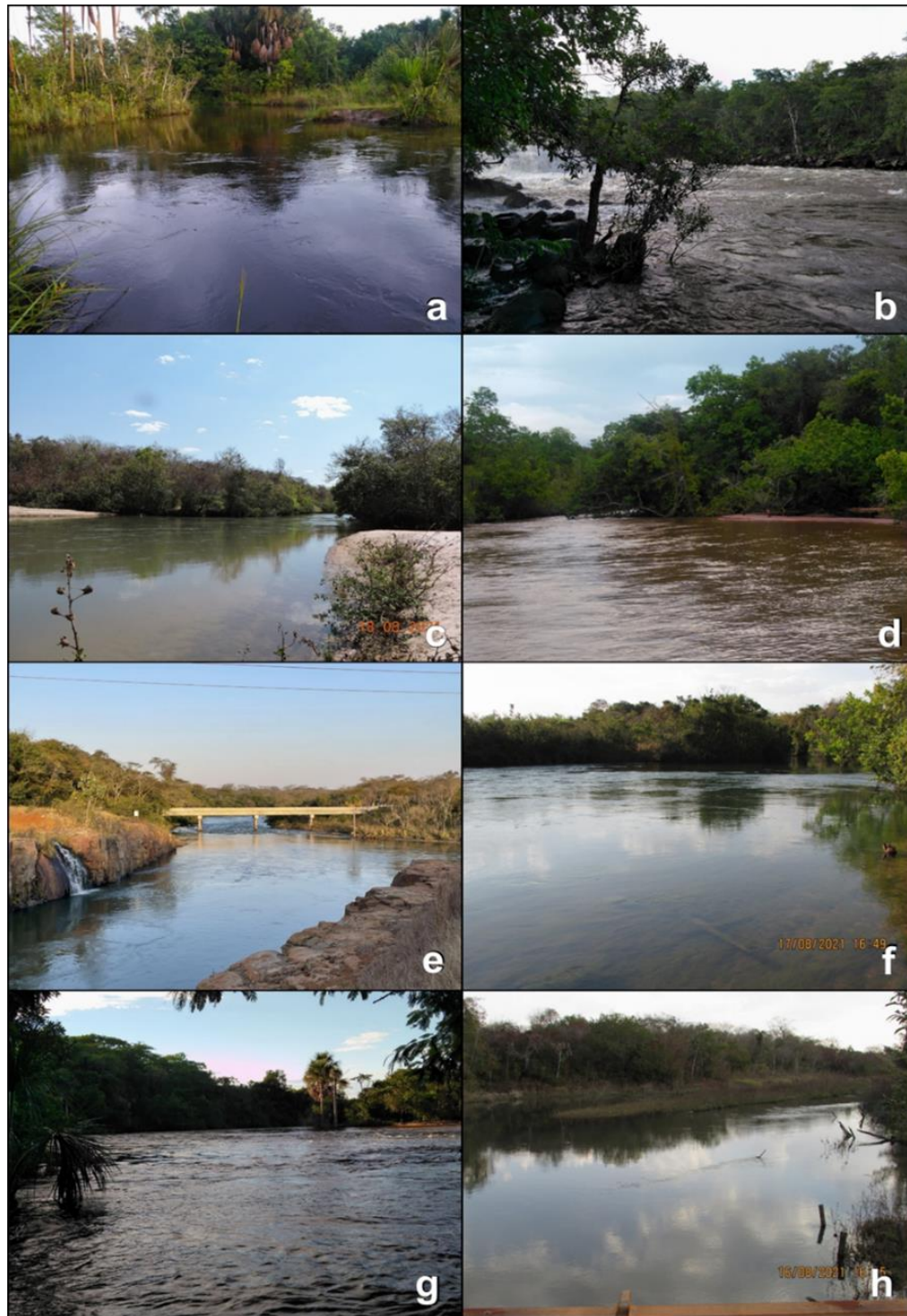


Figura 2. Imagens dos diversos ambientes ao longo da área de estudo localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Verde. (a) Alvorada. (b) Cachoeira da fazenda Paraíso. (c) Ponte do Cacildo (d) Ribeirão Salgado. (e) Jusante Verde 4A. (f) Jusante Verde 4. (g) São Domingos. (h) Ribeirão Araras.

EXTRAÇÃO DOS OTÓLITOS *SAGITTA*

Para a extração dos otólitos *sagittae*, foi realizado uma abertura do crânio do peixe (Figura 3a), de forma que é possível acessar os espaçamentos do ouvido interno, onde se encontram os otólitos mergulhados em endolinfa no interior das suas membranas otolíticas (*sacullus*) (Figura 3b). Com auxílio da pinça deslocam-se os otólitos das cápsulas para serem lavados com água destilada numa placa de Petri. Após secos, os otólitos foram acondicionados em compartimentos de *Eppendorf* etiquetado por espécie.

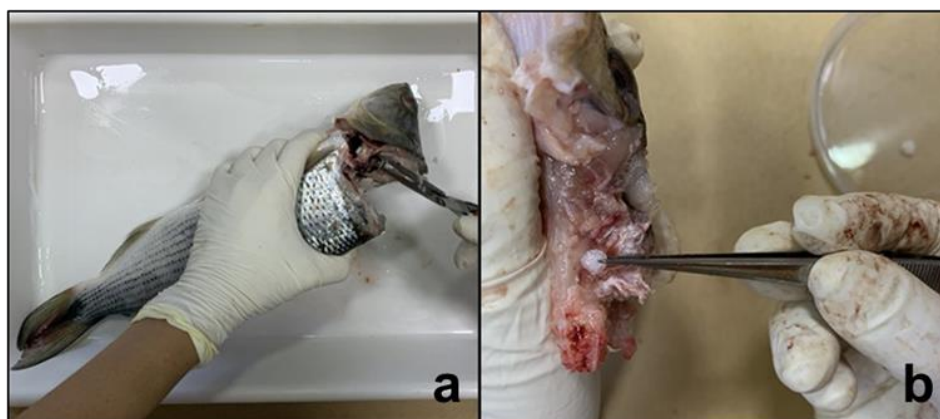


Figura 3. Extração dos otólitos de um exemplar de *Salminus hilarii*, a) localização da abertura do crânio na parte anterior da cabeça do peixe, b) espaçamentos do ouvido interno, onde se encontram os otólitos *sagitta*.

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS OTÓLITOS

Foram realizadas a captura das imagens da perspectiva de vista da superfície do otólito *sagitta* ilustrando as partes mais relevantes (dorsal, ventral, posterior, anterior) de acordo com o modelo (Figura 4) modificado de Tuset *et al.*, (2008), ao mesmo tempo foi realizado a morfometria (peso, altura, comprimento, área e perímetro) dos otólitos através do estereomicroscópio, empregando o software TCapture (ISCapture) e as imagens mensuradas por meio do programa Image J.

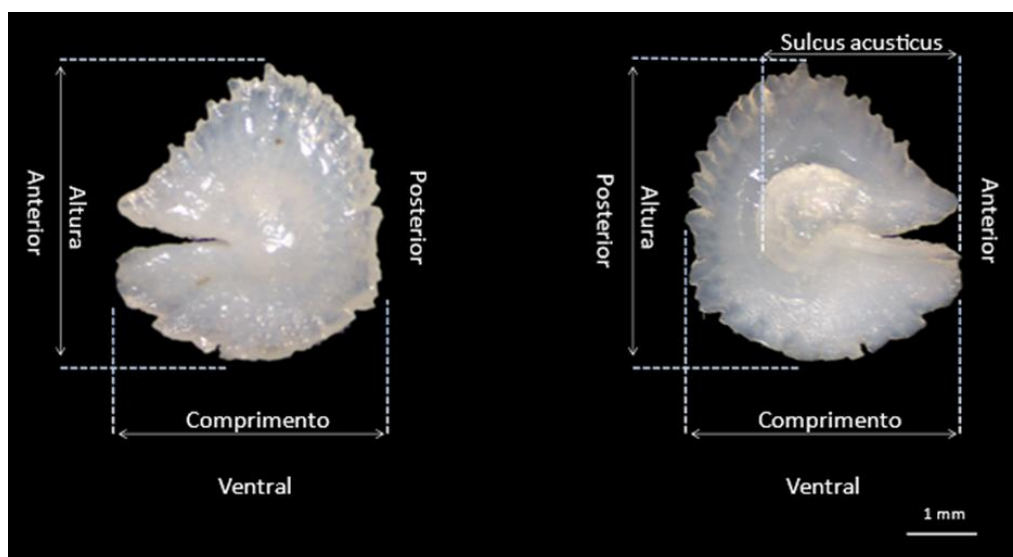


Figura 4. Vista da superfície ilustrando as diferentes perspectivas dos otólitos *sagitta* de *Hoplias intermedius*.

ANÁLISE DOS DADOS

Os dados dos peixes e dos otólitos *sagitta* foram analisados com estatística descritiva, posteriormente foram realizadas análises de regressão comparando as relações biométricas dos peixes com as morfométricas dos otólitos: peso do peixe (PP) em função do peso do otólito (PO); comprimento total do peixe (CT) com o comprimento do otólito (CO); comprimento total do peixe com a altura do otólito (Al); comprimento total do peixe com a área do otólito (Ar) e comprimento total do peixe com o perímetro do otólito (Pe).

Além disso, foi realizado os parâmetros de forma dos otólitos propostos por Tuset *et al.* (2008): relação comprimento-altura dos otólitos ($RCA = CO/Al$), sendo seus resultados de $RCA < 1$ o otólito é mais alto que longo, $RCA = 1$ o otólito tem comprimento e altura semelhantes e $RCA > 1$ o otólito é mais alto do que longo; relação otólito-peixe ($ROP = CO/CT * 100$), sendo que $ROP \leq 1$ o otólito é estimado em pequeno, quando ROP consistir de 1 a 3 o otólito é acatado como de dimensão média, e se $ROP > 3$ o otólito é considerado grande; também foi mensurado a circularidade ($Ci = Pe^2/Ar$) e a retangularidade ($Re = Ar/CO * Al$) dos otólitos.

Resultados

Foram analisados 217 exemplares de nove espécies, inseridas em cinco Famílias e duas Ordens (Tabela 1). Os resultados obtidos dos otólitos foram organizados por grupos taxonômicos sob a forma de Atlas, para facilitar a identificação futura das espécies.

Tabela 1. Distribuição das espécies de peixes capturadas na Bacia do Rio Verde, estado do Mato Grosso do Sul.

Ordem	Família	Espécie	N
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus friderici</i>	93
		<i>Megaleporinus obtusidens</i>	21
		<i>Megaleporinus piavussu</i>	14
	Erythrinidae	<i>Hoplias intermedius</i>	20
		<i>Hoplias misionera</i>	1
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus lineatus</i>	25
	Characidae	<i>Salminus hilari</i>	21
<i>Galeocharax gulo</i>		10	
Perciformes	Cichlidae	<i>Cichla kelberi</i>	12
Total geral			217

N = número de indivíduos

Os resultados de regressão entre o peso do peixe (PP), peso do otólito (PO), comprimento total do peixe (CT), altura do otólito (Al), comprimento do otólito (Co), área do otólito (Ar) e perímetro do otólito (Pe) foram significativos ($r^2 \geq 46\%$), com destaque para a espécie *M. piavussu* ($r^2 \geq 81\%$), entretanto a correlação entre o PP com o PO para *C. kelberi* foi baixa ($r^2 = 2\%$) (tabela 2).

Tabela 2. Resultados da regressão bio-morfométrica dos otólitos dos peixes da bacia do Rio Verde, estado do Mato Grosso do Sul.

Espécie	r^2						
	N	PPxPO	CtxPO	CtxAl	CtxCo	CtxAr	CtxP
<i>Leporinus friderici</i>	57	0,65	0,65	0,75	0,68	0,80	0,76
<i>Prochilodus lineatus</i>	22	0,68	0,80	0,74	0,66	0,75	0,76
<i>Hoplias intermedius</i>	19	0,66	0,73	0,66	0,73	0,88	0,63
<i>Salminus hilari</i>	12	0,60	0,60	0,66	0,63	0,76	0,78
<i>Megaleporinus piavussu</i>	12	0,81	0,72	0,81	0,63	0,84	0,82
<i>Cichla kelberi</i>	10	0,02	0,46	0,59	0,61	0,75	0,60
<i>Galeocharax gulo</i>	9	0,49	0,46	0,96	0,82	0,90	0,80
<i>Megaleporinus obtusidens</i>	9	0,91	0,86	0,98	0,81	0,96	0,84

N = número amostral e r^2 - resultado da análise de regressão.

ESPÉCIES DE PEIXES E SEUS OTÓLITOS

Os dados morfométricos dos otólitos das espécies estudadas no presente trabalho encontram-se descritos a seguir:

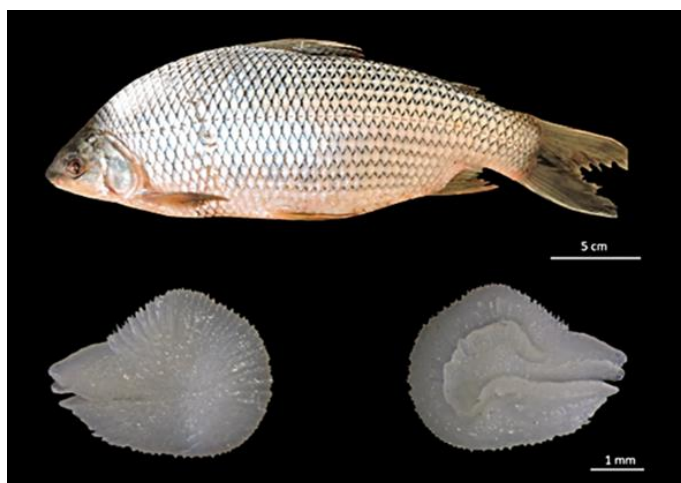
Tucunaré *Cichla kelberi* Kullander & Ferreira, 2006 (Figura, 5)**Figura 5.** Exemplar de *Cichla kelberi* com seus respectivos otólitos, esquerdo e direito

Apresentou valores médios de peso de $557,3 \pm 228,3$ g e comprimento de $32,2 \pm 6,9$ cm. A morfometria dos otólitos apresentou valores médios de peso $58,2 \pm 12,7$ g, comprimento $5,3 \pm 0,7$ mm, altura $9,0 \pm 0,7$ mm, circunferência $42,2 \pm 5,9$ mm e área $66,2 \pm 8,3$ mm².

Os índices de forma demonstraram que o otólito é mais alto do que longo (RCA < 1), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de porte médio (ROP = 1,55) e a feição do otólito apresenta formato circular (Ci = 27,26) (tabela 3).

Tabela 3. Índices de forma de otólito de *Cichla kelberi*.

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	0,59	0,05	0,52	0,69
ROP	1,55	0,13	1,32	1,79
Circularidade	27,26	6,65	20,93	40,25
Retangularidade	0,11	0,01	0,10	0,13

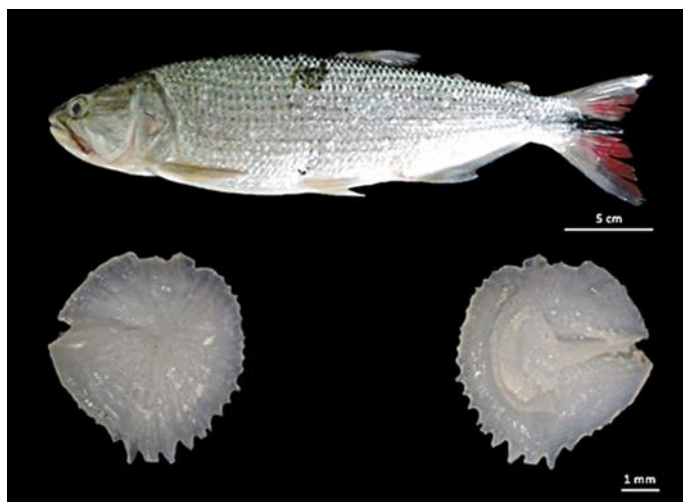
Curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1837) (Figura 6)**Figura 6.** Exemplar de *Prochilodus lineatus* com seus concernentes otólitos, esquerdo e direito.

Apresentou valores médios de peso de $1305,0 \pm 856,4$ g e comprimento de $43,2 \pm 9,0$ cm. Também foram mensurados dos otólitos os valores médios de peso $41,4 \pm 25,9$ g, comprimento $6,3 \pm 1,4$ mm, altura $5,4 \pm 1,3$ mm, circunferência $12,9 \pm 7,8$ mm e área $52,9 \pm 22,7$ mm².

Os índices de forma demonstraram que o otólito é mais longo do que alto (RCA > 1), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de porte médio (ROP = 1,50) e a feição do otólito apresenta formato circular (Ci = 28,10) (tabela 4).

Tabela 4. Índices de forma de otólito de *Prochilodus lineatus*

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	1,21	0,28	0,70	1,54
ROP	1,50	0,19	1,06	1,77
Circularidade	28,10	4,19	20,83	36,95
Retangularidade	0,20	0,04	0,13	0,26

Tabarana *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850 (Figura 7)

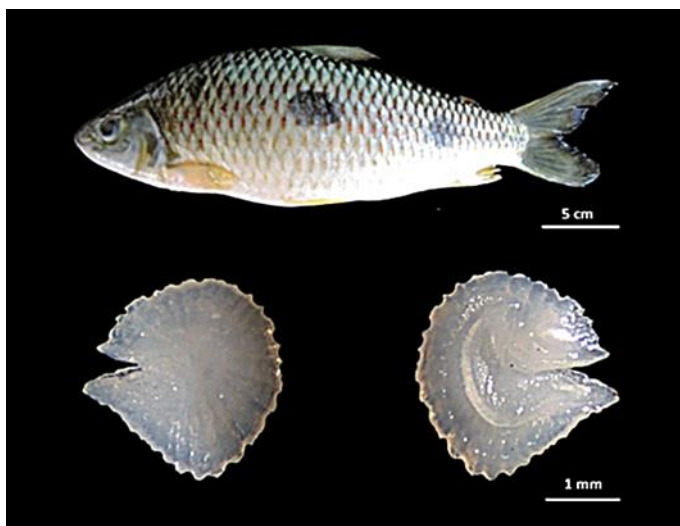
Apresentou valores médios de peso de $353,3 \pm 249,9$ g e comprimento de $30,5 \pm 5,6$ cm. Os otólitos apresentaram valores médios de peso $15,4 \pm 6,8$ g, comprimento $4,9 \pm 0,5$ mm, altura $4,3 \pm 0,5$ mm, circunferência $26,4 \pm 4,7$ mm e área $28,3 \pm 6,0$ mm².

Os índices de forma demonstraram que o otólito é mais longo do que alto ($RCA > 1$), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de porte médio ($ROP = 1,58$) e a feição do otólito apresenta formato circular ($Ci = 25,23$) (tabela 5).

Figura 7. Exemplar de *Salminus hilarii* com seus respectivos otólitos, esquerdo e direito.

Tabela 5. Índices de forma de otólito de *Salminus hilarii*.

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	1,13	0,11	0,91	1,25
ROP	1,58	0,11	1,37	1,80
Circularidade	25,23	7,81	19,05	47,97
Retangularidade	0,23	0,03	0,19	0,28

Piau *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Figura 8)

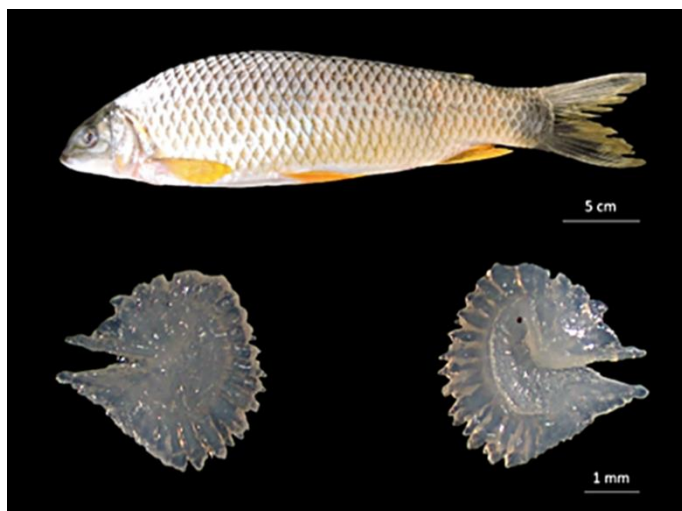
Apresentou valores médios de peso de $309,8 \pm 220,0$ g e comprimento de $28,5 \pm 6,2$ cm. Para os otólitos, os valores de peso foi de $9,4 \pm 9,6$ mg, comprimento de $3,6 \pm 0,5$ mm, altura de $3,6 \pm 0,6$ mm, circunferência de $19,7 \pm 3,4$ mm e área $18,1 \pm 5,4$ mm².

Os índices de forma demonstraram que o otólito é mais alto do que longo ($RCA < 1$), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de porte médio ($ROP = 1,31$) e a feição do otólito apresenta formato circular ($Ci = 21,90$) (tabela 6).

Figura 8. Exemplar de *Leporinus friderici* com seus respectivos otólitos, esquerdo e direito.

Tabela 6. Índices de forma de otólito de *Leporinus friderici*

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	0,98	0,09	0,55	1,13
ROP	1,31	0,23	0,98	2,08
Circularidade	21,90	3,05	16,29	31,27
Retangularidade	0,28	0,04	0,19	0,38

Piapara *Megaleporinus obtusidens* (Valenciennes, 1837) (Figura 9)

Apresentou peso médio de $523,0 \pm 279,9$ g e comprimento de $35,0 \pm 5,7$ cm e valores dos otólitos para o peso foi de $7,9 \pm 3,4$ mg, comprimento $3,8 \pm 0,5$ mm, altura $4,1 \pm 0,7$ mm, circunferência $24,0 \pm 4,5$ mm e área $20,3 \pm 6,1$ mm².

Os índices de forma demonstraram que o otólito é mais alto que longo ($RCA < 1$), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de grande porte ($ROP > 3$) e a feição do otólito apresenta formato circular ($Ci = 29,18$) (tabela 7).

Figura 9. Exemplo de *Megaleporinus obtusidens* com seus respectivos otólitos, esquerdo e direito.

Tabela 7. Índices de forma de otólito de *Megaleporinus obtusidens*.

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	0,94	0,07	0,86	1,05
ROP	10,88	1,38	9,25	13,34
Circularidade	29,18	3,78	25,00	35,59
Retangularidade	0,25	0,04	0,19	0,32

Piava *Megaleporinus piavussu* (Britski, Birindelli, Garavello, 2012) (Figura 10)

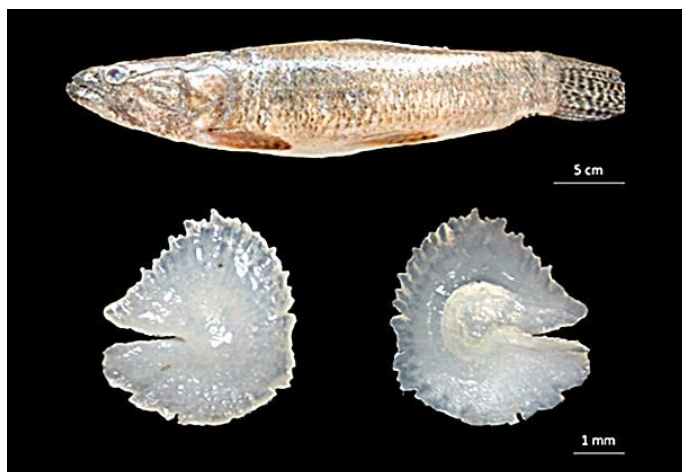
Apresentou peso médio de peso de $543,7 \pm 389,7$ g e comprimento de $34,9 \pm 7,9$ cm. Os pesos médios variaram de $10,8 \pm 6,8$ mg e o comprimento de $4,0 \pm 0,6$ mm, altura $4,2 \pm 0,8$ mm, circunferência $22,8 \pm 3,6$ mm e área $21,0 \pm 6,7$ mm².

Os índices de forma demonstraram que o otólito é mais alto que longo ($RCA < 1$), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de porte médio ($ROP = 1,16$) e a feição do otólito apresenta formato circular ($Ci = 25,62$) (tabela 8).

Figura 10. Exemplo de *Megaleporinus piavussu* com seus respectivos otólitos, esquerdo e direito.

Tabela 8. Índices de forma de otólito de *Megaleporinus piavussu*.

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	0,94	0,07	0,87	1,07
ROP	1,16	0,17	0,85	1,52
Circularidade	25,62	2,71	22,00	31,28
Retangularidade	0,24	0,04	0,19	0,29

Trairão *Hoplias intermedius* (Günther, 1864) (Figura 11)

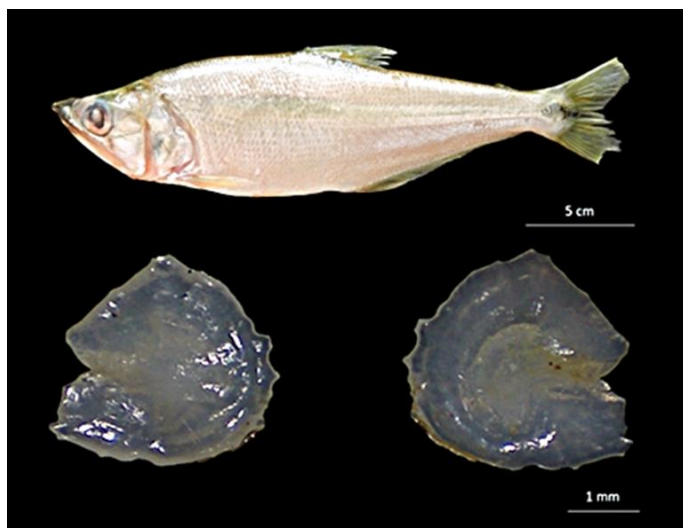
Apresentou valores médios de peso de $628,2 \pm 288,2$ g e comprimento de $38,0 \pm 5,8$ cm. Seguido dos valores médios dos otólitos para o peso que foi de $58,0 \pm 17,7$ mg, comprimento $43,7 \pm 6,1$ mm, altura $6,7 \pm 0,8$ mm, circunferência $69,0 \pm 13,9$ mm e área $65,8 \pm 13,6$ mm².

Os índices de forma demonstraram que o otólito é mais alto que longo (RCA < 1), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de porte médio (ROP = 1,67) e a feição do otólito apresenta formato circular (Ci = 29,83) (tabela 9).

Figura 10. Exemplar de com seus respectivos otólitos, esquerdo e direito.

Tabela 9. Índices de forma de otólito de *Hoplias intermedius*.

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	0,93	0,06	0,83	1,08
ROP	1,67	0,13	1,51	1,95
Circularidade	29,83	5,85	22,59	48,35
Retangularidade	0,15	0,02	0,13	0,18

Saicanga *Galeocharax gulo* (Cope, 1870) (Figura 12)

Apresentou valores médios de peso de $117,1 \pm 72,8$ g e comprimento de $21,9 \pm 5,4$ cm. Destes indivíduos, também foram mensurados os valores médios dos otólitos, para o peso que foi de $7,0 \pm 2,4$ mg, comprimento $3,5 \pm 0,6$ mm, circunferência $19,8 \pm 2,9$ mm e área $20 \pm 6,0$ mm².

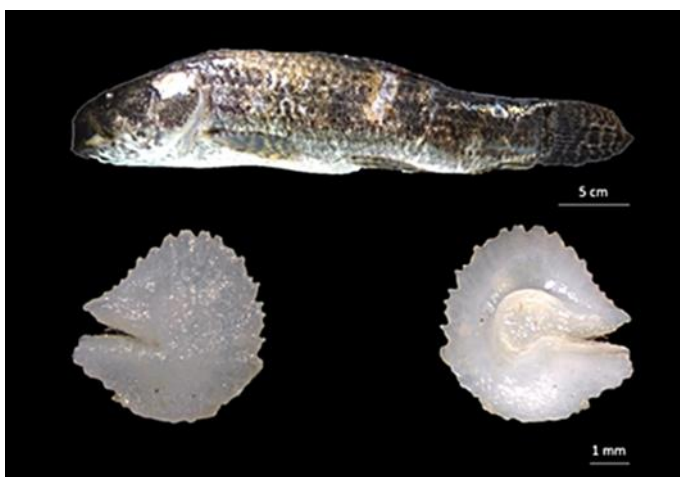
Os índices de forma demonstraram que o otólito tem comprimento e altura semelhantes (RCA = 1), em comparação com o peixe o otólito é classificado como de porte médio (ROP = 1,62) e a feição do otólito apresenta formato circular (Ci = 29,18) (tabela 10).

Figura 12. Exemplar de *Galeocharax gulo* com seus respectivos otólitos, esquerdo e direito.

Tabela 10. Índices de forma de otólito de *Galeocerdo gulo*.

Índices	Média	DP	Mínimo	Máximo
RCA	1,00	0,04	0,92	1,05
ROP	1,62	0,30	1,25	2,21
Circularidade	20,01	1,29	17,60	21,48
Retangularidade	0,29	0,05	0,21	0,38

Traíra *Hoplias misionera* Rosso, Mabragaña, González-Castro, Delpiani, Avigliano, Schenone & Díaz de Astarloa (Figura 13)



O único exemplar coletado apresentou peso médio de 178,0 g e comprimento de 26,0 cm, com valores médios para os otólitos de 27,5 mg, comprimento 4,9 mm, altura 4,8 mm, circunferência $31,8 \pm 00$ mm e área $39,3 \pm 00$ mm². Os dados dos otólitos não foram analisados estatisticamente devido seu baixo número amostral.

Figura 13. Exemplar de *Hoplias misionera* com seus respectivos o

Discussão

O presente trabalho apresentou, por meio de atlas visual, as principais espécies de peixes e suas correspondentes morfologias de otólitos, buscando uma melhor compreensão das dinâmicas naturais e das espécies populações de peixes existentes nos ecossistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Rio Verde, importante em virtude da compartimentação do rio pela existência de alguns barramentos hidrelétricos.

Diversos trabalhos têm sido descritos na identificação de peixes, a partir de suas características morfológicas, morfométricas e descritivas, e até mesmo as relações biométricas entre corpo e otólito (Gomiero & Braga, 2007, Mereles *et al* 2020), bem como o uso da morfometria para a discriminação de espécies e populações (Mereles *et al* 2021), o que corroboram no acompanhamento dessas populações em seus habitats naturais.

Outros estudos mostram também que existem divergências na identificação precisa de algumas espécies de peixes, mesmo que dentro de um mesmo gênero ou de espécie provenientes de ambientes diferentes, como no trabalho de Mereles *et al.* (2021), que ao avaliar a aparência de otólitos *sagitta* entre diferentes espécies do gênero *Cichla* pelo método de índices de forma e coeficientes de Fourier, em diferentes rios amazônicos, observou que a morfologia do otólito *sagitta* de *C. temensis* mostrou-se diferente das espécies de *C. monoculus* e *C. orinocensis*, e ainda que para o grupo das populações de *C. temensis*, os peixes provindos dos rios Negro e Jatapu mostraram-se disparidade entre os otólitos.

Outras pesquisas relacionadas nas características morfológicas de otólitos têm sido concretizadas com sucesso, usado para diferenciar, entre a mesma espécie, populações e estoques de peixes, descritas em forma de atlas, como no trabalho de Rossi-Wongtschowski *et al.* (2014) que representou por meio de desenhos, fotos, descrições precisas e medidas de otólitos de peixes marinhos: de 11 espécies de Gadiformes e 36 de Perciformes. Esses dados fornecem diversas informações que podem auxiliar, principalmente, na identificação de espécies predadas, encontradas no conteúdo estomacal de peixes piscívoros.

Jargowsky *et al.* (2019), avaliaram dois métodos de análises, a metagenética e a identificação de otólitos livres encontrados em conteúdos estomacais de 531 indivíduos de *Gymnura lessae*, capturados por redes de arrasto em Mobile Bay, no Alabama, durante o período de 2016 a 2018, onde verificaram que os dois métodos fornecem formas para identificação de peixes em seus conteúdos, podendo assim caracterizar os hábitos alimentares de peixes e sua cadeia trófica.

Todavia, estudos que relacionam os dados da morfometria dos otólitos com os dados biométricos dos peixes revelaram que a correlação entre essas estruturas biológicas apresenta uma relação superior a 80%, indicando que as estruturas otolíticas são eficazes para se estimar o peso e o comprimento pretérito dos peixes, quando estes forem encontrados em estado avançado de decomposição ou faltando pedados (peixes mordidos), possibilitando assim, reescrever a história de vida desses animais, auxiliando também no preenchimento de lacunas biométricas para dados limitados de uma determinada espécie de peixe em estudos

de dinâmica populacional. Ademais, o atlas de otólitos pode servir como guia de identificação dentro da ecologia alimentar, auxiliando na compreensão das relações do peixe com a presa na cadeia alimentar, como assevera Worthmann, H. (1979).

Agradecimentos

O presente artigo é fruto dos resultados do projeto intitulado “Metanálise da biota aquática da bacia do rio Verde (Mato Grosso do Sul) na avaliação dos efeitos da reprodução induzida de larvas de peixes e definição de procedimentos para preservação das espécies” financiado com recursos da carteira de P&D/Aneel, das empresas Itiquira Energética S.A., Tangará Energética S.A. e Brookfield Energia Renovável S.A., código PD-00700-0119/2019, as quais os autores expressam seus agradecimentos. Os autores também agradecem ao Nectar - Núcleo de Empreendimentos em Ciência, Tecnologia e Artes e à Fibracon - Consultoria, Perícias e Projetos Ambientais Ltda, pelo apoio na gestão e operacionalização das atividades de execução do projeto.

Referências

- Agostinho, A.A, Gomes, L.C, Suzuki H.I. & Júlio-Jr., H.F. (2003). Upper Paraná River basin Brazil. In: Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C. & Baer, A. (ed.) *Migratory fishes of south America: biology, fisheries and conservation status*. World Fisheries Trust. The World Bank and the International Development Research Centre, Victoria, pp. 19-98.
- Avigliano, E., Domanico, A., Sánchez, S., Volpedo, A.V. (2017). Otolith elemental fingerprint and scale and otolith morphometry in *Prochilodus lineatus* provide identification of natal nurseries, Fisheries Research, 186(1): 1-10. Doi: 10.1016/j.fishres.2016.07.026.
- Garcez, R., Humston, R., Harbor, D. & Freitas, C.E. (2015). Otolith geochemistry in young of the year peacock bass *Cichla temensis* for investigating natal dispersal in the Rio Negro (Amazon-Brazil) river system. *Ecology of Freshwater Fish*, 24(2), 242-251.
- Gomiero L. M. & Braga F. M. S. (2007). Descrição dos Otólitos de tucunarés (*Cichla sp.* e *Cichlamonoculus*) no reservatório da Hidrelétrica de Volta Grande (SP-MG). *Ciência Animal Brasileira*, 8(1): 119-126.
- Jargowsky, M.B., Cooper, P.T., Ajemian, M.J., Colvin, M.E. & Drymon, J.M. (2019). Discerning the dietary habits of the smooth butterfly ray *Gymnura lessae* using two distinct methods, otolith identification and metagenetics. *J. Fish Biol.* 2020; 96: 434- 443. <https://doi.org/10.1111/jfb.14221>
- Luz, R. K. & Portella, M. C. (2002). Larvicultura de trairão (*Hoplias intermedius*) em água doce e água salinizada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31: 829-834.
- Mereles, M.A.; Sousa, R.G.C.; Furtado, C.L.C. & Freitas, C.E.C. (2020). Relações biométricas entre dimensões do corpo e otólito do *Cichla temensis* Humboldt, 1821 da bacia do médio rio Negro. *Scientia Amazonia*, 9(2): 1-10.
- Mereles M. A., Sousa R.G.C.; Barroco, L. S. A., Campos C. P., Pouilly M. & Freitas C. E.C. (2021). Discrimination of species and populations of the genus *Cichla* (Cichliformes: Cichlidae) in rivers of the Amazon basin using otolith morphometry. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 1-18.
- Ota, R. R., Deprá, G. D. C., Graça, W. J. D., & Pavanelli, C. S. (2018). Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes: revised, annotated and updated. *Neotropical Ichthyology*, 16(2): 1-111, doi: 10.1590/1982-0224-20170094
- Rosa, F. R., Longo J. M., Santos J. C. C., Casseb A. A., Militão J. S. L. T., Oliveira M. S. & Sousa R. G. C. (2020). Status da diversidade de peixes durante a instalação de reservatórios hidrelétricos no médio Rio Verde (Mato Grosso do Sul - Brasil). *Braz. J. of Development*, 6(11): 91775-91792.
- Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B., Siliprandi, C.C., Brenha, M.R., Almeida-Gonsales, S., Santificetur, C. & Vaz-dos-Santos, A.M. (2014). Atlas of marine bony fish otoliths (*Sagittae*) of Southeastern-Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 62 (1): 1-103, doi: 10.1590/S1679-875920140637062sp1.

Sponaugle S. (2010). Otolith microstructure reveals ecological and oceanographic processes important to ecosystem-based management. *Environmental Biology of Fishes*, 89(3-4): 221-238.

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.

Tzeng, W.N. & Tsai, Y.C. (1994), Changes in otolith microchemistry of the Japanese eel, *Anguilla japonica*, during its migration from the ocean to the rivers of Taiwan. *Journal of Fish Biology*, 45: 671-683, doi: 10.1111/j.1095-8649.1994.tb00933.x

Weber, P.K., Hutcheon, I.D., McKeegan, K.D. & Ingram, B.L. (2002). Otolith sulfur isotope method to reconstruct salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) life history. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59:587-591.

Worthmann, H. (1979). A relação entre o desenvolvimento do otólito e o crescimento do peixe como auxílio na distinção de populações de pescada (*Plagioscion squamosissimus*). *Acta Amazonica* 9(3): 573-586.