

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E  
ENGENHARIA DE PESCA**

**DIEGO RANGEL DA SILVA**

Variação espacial da dieta de larvas de *Auchenipterus osteomystax* (Siluriforme; Auchenipteridae) e ingestão de microplástico em tributários no Alto rio Paraná

Toledo  
2021

**DIEGO RANGEL DA SILVA**

Variação espacial da dieta de larvas de *Auchenipterus osteomystax* e ingestão de microplástico em três tributários no Alto rio Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientadora: Profa. Dra. Maristela Cavicchioli Makrakis

Co-orientadora: Dra. Patrícia Sarai da Silva Berger

Toledo  
2021

**Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas daUnioeste.**

da Silva, Diego Rangel

Variação espacial da dieta de larvas de Auchenipterus osteomystax (Siluriforme; Auchenipteridae) e ingestão de microplástico em tributários no Alto rio Paraná / Diego Rangel da Silva; orientadora Maristela Cavicchioli Makrakis;coorientadora Patrícia da Silva Berger. -- Toledo, Sarai 2021.

33 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros eEngenharia de Pesca, 2021.

1. Larvas de peixes. 2. Alimentação inicial. 3.Macroinvertebrados aquáticos. 4. Material sintético. I.

# Variação espacial da dieta de larvas de *Auchenipterus osteomystax* e ingestão de microplástico em três tributários no Alto rio Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

## COMISSÃO JULGADORA

---

Profa. Dra. Maristela Cavicchioli Makrakis  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

---

Profa. Dra. Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

---

Dra. Mayara Pereira Neves  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.

Aprovada em:

Local de defesa: Defesa remota e síncrona pela Plataforma Teams

## DEDICATÓRIA

Dedico, esta vitória aos meus pais, pela educação e ensinamentos durante toda minha jornada, e aos irmãos, pela força e compreensão, sempre me dando coragem para continuar para obter essa vitória! Muito obrigado.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus, por esta conquista, pois nos momentos mais difíceis sei que estava do meu lado.

As minhas amigas Wane e Adriani, desde do início do mestrado, estiveram comigo, me apoiando, dando força e sempre me guiando, abrindo minha mente para novas ideias, amo vocês. E aos meus amigos, que também vieram fazer mestrado e doutorado no mesmo programa, Pauliana, Daniel e Yago, obrigados por todos os momentos.

Quero agradecer imensamente, a minha orientadora Maristela C. Makrakis, e a minha coorientadora Patricia Sarai da Silva Berger (coris), pela compreensão e os ensinamentos no decorrer desta fase. Ambas, sempre dando conselhos valiosos. Principalmente pela amizade e a confiança em mim depositado ao longo do mestrado.

Aos amigos do GETECH, Lucileine, Alice, Isabel, professor Sergio Makrakis, Leandro, pelos momentos de descontração e alegrias e ensinamentos.

Aos meus amigos e colegas e professores, do colegiado de Engenharia de pesca da universidade UEAP, em especial a Suelen Felix (mamis), que torceram por mim, sempre me ajudado de todas as formas.

Aos meus amigos e colegas, professores e a coordenação, do Programa de pós graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia pelos encontros e ensinamentos proporcionados.

A Fundação Araucária pela concessão da bolsa e a Companhia Energética de São Paulo - CESP pelo apoio logístico e financeiro à pesquisa.

## Variação espacial da dieta de larvas de *Auchenipterus osteomystax* e ingestão de microplástico em tributários no Alto rio Paraná.

### RESUMO

A alimentação nas fases iniciais na vida dos peixes é considerada a mais crucial para sua sobrevivência, período em que as larvas passam por mudanças abruptas e são altamente vulneráveis as flutuações de alimento disponíveis no ambiente. Este estudo teve como objetivo avaliar a dieta de larvas de *Auchenipterus osteomystax* e investigar a ingestão de microplástico em três tributários (Aguapeí, Verde e Pardo) do reservatório da Hidrelétrica Engenheiro Sergio Motta, conhecida como Porto Primavera, Alto Rio Paraná. As amostragens ocorreram mensalmente no período reprodutivo (outubro a março) entre os anos de 2007 a 2020. Um total de 119 larvas foram analisadas. A dieta foi composta principalmente por insetos com destaque para Diptera. Diferenças significativas foram observadas nos itens consumidos nos tributários, bem como entre estágios de desenvolvimento larval. A análise do Valor Indicador Individual (IndVal) demonstrou que larvas coletadas no rio Aguapeí apresentaram como os itens alimentares mais relevantes Brachycera e larva de Chironomidae, e no rio Pardo, os itens indicadores foram detrito vegetal e Nematocera. Por outro lado, para o rio Verde, não houve destaque para nenhum item consumido pelas larvas. Durante o desenvolvimento larval, no estágio de pré-flexão (PF) houve predomínio de restos de insetos, seguido de detrito vegetal, porém a IndVal não indicou nenhum item relevante na dieta. As larvas em estágio de flexão (FL) e pós-flexão (FP) consumiram principalmente restos de insetos e Diptera adulto, respectivamente. As larvas em flexão (FL) teve como item mais relevante Brachycera, enquanto larvas em pós-flexão (FP) tiveram como itens mais relevantes restos de insetos, larva de Chironomidae, Hemiptera, Ephemeroptera, dípteros adultos, Nematocera e Pupa de Cerapogonidae. Microplásticos (filamentos azuis e incolor, moles e rígidos) foram ingeridos principalmente pelas larvas em pré-flexão e com alta incidência naquelas amostradas nos rios Verde e Pardo, possivelmente associada a proximidade dos locais de coleta das áreas urbanas e atividades pesqueiras mais intensas. Com bases nas premissas dos resultados, nos instiga para desenvolver mais estudos nessas áreas, com mesma temática, envolvendo outras espécies.

**Palavras-chave:** Larvas de peixes, Alimentação inicial, Macroinvertebrados aquáticos, Material sintético.

## Spatial variation of the diet of *Auchenipterus osteomystax* larvae and ingestion of microplastic in tributaries in the Upper Paraná River.

### ABSTRACT

Feeding in the early stages of fish life is considered to be the most crucial for their survival, a period in which the larvae undergo abrupt changes and are highly vulnerable to fluctuations of food available in the environment. This study aimed to evaluate the diet of *Auchenipterus osteomystax* larvae and to investigate the ingestion of microplastic in three tributaries (Aguapeí, Verde and Pardo) of the Engenheiro Sergio Motta Hydroelectric reservoir, known as Porto Primavera, Alto Rio Paraná. Sampling occurred monthly in the reproductive period (October to March) between the years 2007 to 2020. A total of 119 larvae were analyzed. The diet was composed mainly of insects with emphasis on Diptera. Significant differences were observed in the items consumed in the tributaries, as well as among the stages of larval development. The analysis of the Individual Indicator Value (IndVal) showed that larvae collected in the Aguapeí river presented as the most relevant food items Brachycera and Chironomidae larva, and in the Pardo river, the items that contributed most were vegetable detritus and Nematocera. On the other hand, for the Verde River, there was no highlight for any item consumed by the larvae. During larval development, in the pre-flexion (PF) stage there was a predominance of insect remains Aquatic, followed by vegetable detritus, however IndVal did not indicate any relevant items in the diet. The flexion (FL) and post-flexion (FP) larvae consumed mainly insect remains aquatic and adult Diptera, respectively. Flexion larvae (FL) had Brachycera as the most relevant item, while post flexion larvae (FP) had insect remains, Chironomidae larva, Hemiptera, Ephemeroptera, adult dipterans, Nematocera and Cerapogonidae pupae. Microplastics (blue and colorless, soft and rigid filaments) were ingested mainly by pre-flexed larvae and with a high incidence in those sampled in the Verde and Pardo rivers, possibly associated with the proximity of the sampling sites to the urban areas and more intense fishing activities. Based on the assumptions of the results, it instigates us to develop more studies in these areas, with the same theme, involving other species.

**Keywords:** Fish larvae, Initial feeding, Aquatic macroinvertebrates. Synthetic material.



Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica: Environmental Pollution. Disponível em :<<https://www.journals.elsevier.com/environmental-pollution>>\*

# SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	11
<b>2. Material e Métodos</b> .....	12
2.3 Coleta e análise de dados .....	14
<b>3. Resultados</b> .....	17
3.1 Dieta de <i>Auchenipterus osteomystax</i> .....	17
3.2. Ingestão de microplástico .....	23
<b>4 Discussão</b> .....	25
4. 1 Variações ontogenéticas e espaciais na dieta.....	25
4. 2 Ingestão de microplástico .....	26
<b>5. Conclusão</b> .....	28
<b>Referências</b> .....	29

## 1. Introdução

A alimentação durante as fases iniciais de vida de uma espécie pode se diferenciar, de acordo com a demanda energética, implicando em consumo variado de alimentos (Abelha et al., 2001). A alimentação inicial de larvas de peixes é considerada a mais crucial para sua sobrevivência (Quist et al., 2004), pois no decorrer do desenvolvimento passam por mudanças abruptas, tanto morfológicas quanto fisiológicas e também comportamentais. O período mais crítico é o de transição da alimentação endógena para exógena (KAMLER, 1992), em que as larvas apresentam várias limitações, quando comparadas ao período juvenil e adulto (Zavala-Camin 1996). Se a larva de peixe não se alimenta num tempo hábil, ou há falta de alimento adequado no ambiente, pode causar inanição, e conseqüentemente levar a morte (Blaxter *and* HempeL, 1963).

Quando se trata da alimentação larval, há diversos fatores intrínsecos e extrínsecos que dificultam a captura de suas presas. Dentre os fatores intrínsecos, que estão ligados as restrições corporais (Bremigan & Stein, 1994), destacam-se a formação do trato digestório, o poder de natação e acuidade visual (Makrakis et al., 2008), a relação da abertura de boca e o tamanho do alimento (Lima et al., 2015). Quanto aos fatores extrínsecos, estes estão associados a fatores externos como o ciclo de iluminação (Picapedra et al., 2018), as variações espaciais e temporais na oferta e disponibilidade de recursos alimentares (Casseiro et al., 2002). Em bacias fragmentadas, como o rio Paraná, a dieta larval pode ser preocupante, já que são altamente vulneráveis às flutuações de alimento disponíveis no ambiente (GRAEB et al., 2004; Vono, 2002).

Outra preocupação com a alimentação larval é a poluição por plásticos nos ambientes aquáticos, pois estes se fragmentam até resultarem em microplásticos, que vão se misturar com o alimento natural (Andrady et al., 2011; Browne et al., 2011; Ingraham and Ebbesmeyer, 2001). E atualmente, a atenção tem sido redobrada e focada nos potenciais efeitos adversos por ingestão de microplásticos nas fases iniciais das espécies aquáticas (UNEP, 2016), devido a sua neuro morfologia e desenvolvimento ainda incompletos, que podem exibir uma maior vulnerabilidade ao se comparar com adultos (Mohammed, 2014). Impactos negativos por ingestão de microplásticos em larvas de peixes foram relatados e os sintomas vão desde inatividade, redução da massa corpórea, até a morte do animal (Lönnstedt et al., 2016). Contudo, a maioria dos estudos com microplásticos se concentra em peixes adultos e juvenis do que em larvas (Fonte et al., 2016) e principalmente de ambientes marinhos. A saúde das larvas de peixes, seu desenvolvimento e

sobrevivência são fundamentais para a sustentabilidade de longo prazo de populações de peixes saudáveis e, como tal, dados são urgentemente necessários para melhor avaliar os riscos apresentados às larvas de peixes pelos microplásticos in natura (Steer et al., 2017).

O presente estudo avaliou a dieta de *Auchenipterus osteomystax* (Siluriformes, Auchenipteridae), conhecida como surumanha e olho-de-gato, durante seu desenvolvimento larval, em três tributários no Alto rio Paraná, a fim de compreender as variações ontogenéticas e espaciais da dieta. Esta espécie do Baixo rio Paraná colonizou com sucesso o Alto rio Paraná após o alagamento da barreira geográfica das cachoeiras de Sete Quedas com a construção da Hidrelétrica de Itaipu (Júlio-jr et al., 2009). É uma espécie de médio porte, com desova parcelada e fecundação interna (Vazzoler, 1996), hábito noturno e alimentando-se principalmente de insetos (Hanh et al., 2004). O conhecimento sobre a história de vida inicial da espécie é limitado a poucos estudos como sobre o desenvolvimento (Bialeztki et al., 2001) e alimentação inicial (BORGES, 2007) na planície de inundação do Alto rio Paraná. Especificamente pretendeu-se: (i) determinar o alimento que mais contribuiu para a dieta durante o desenvolvimento larval; (ii) verificar se há diferenças na alimentação entre os tributários. Adicionalmente, investigamos a ocorrência de microplásticos na dieta larval para: (i) determinar em que estágio de desenvolvimento o microplástico foi mais consumido, (ii) verificar em qual dos tributários avaliados houve mais consumo de microplástico, e (iii) avaliar se o consumo de microplástico aumenta com o desenvolvimento larval.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

A área de estudo abrangeu três tributários do reservatório da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sergio Motta, conhecida como Porto Primavera, localizada no alto Rio Paraná entre os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul (MAKRAKIS et al., 2007): rios Aguapeí, Verde e Pardo (Figura 1).

O Alto rio Paraná se estende por 750 km, desde a sua formação pela confluência dos rios Grande e Paranaíba (os dois maiores afluentes) até a barragem da Usina Hidrelétrica de Itaipu, e possui importantes tributários ao longo de seu curso (SILVA et al., 2015).

Os tributários são áreas essenciais para diversas fases da vida dos peixes, como rotas migratórias e áreas de desova, importantes para manutenção da diversidade e riquezas das comunidades de peixes. Para os juvenis, os tributários servem como áreas de crescimento e alimentação, e para as larvas agem como áreas de abrigo, berçário, refúgio e alimentação (SILVA et al., 2015, 2019; MARQUES et al., 2019; ORSI et al., 2016).

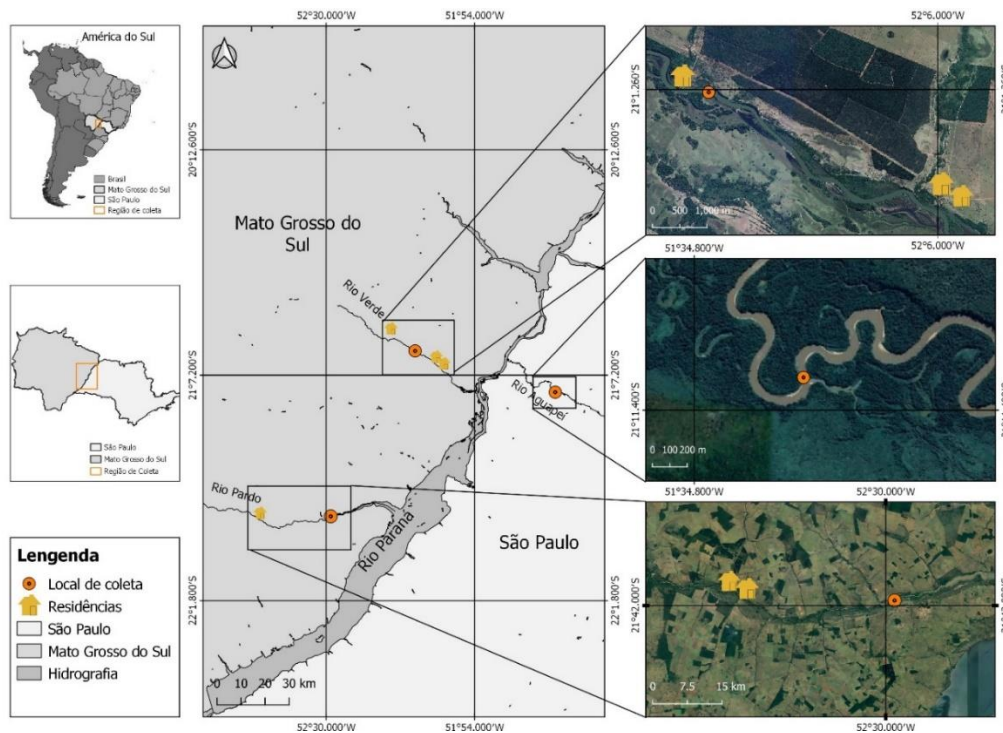
O rio Aguapeí localiza-se no estado de São Paulo, na margem esquerda do rio Paraná. Sua bacia hidrográfica possui uma área de drenagem 12.011 km<sup>2</sup>, com extensão aproximada de 420 km até a foz do rio Paraná (SÃO PAULO-SMA-SP, 2010). Uma parte deste rio, 35 km, está dentro da Unidade de Conservação Estadual – Parque Estadual do Rio Aguapeí, que foi criada como uma forma de compensação da própria Hidrelétrica de Porto Primavera - CESP, pelo DECRETO N° 43.269, DE 02 DE JULHO DE 1998 (ESTADO DE SÃO PAULO, 1998), em que a pesca e caça são ilegais. O rio apresenta um padrão meândrico em todo o curso do rio, sua largura é aproximadamente de 30 metros, vazão média de 61 m<sup>3</sup>/s<sup>-1</sup>, várias lagoas marginais e vegetação representada por árvores arbóreas e arbustos, bem como macrófitas aquáticas (SILVA et al. 2015). Em todo seu curso não há indícios de residências e benfeitorias na margem.

O rio Verde (RV) está localizado a margem direita do rio Paraná, no estado de Mato Grosso do Sul, o qual faz divisa com os municípios de Três Lagoas e o município de Brasilândia. Este rio apresenta inúmeras áreas de várzeas, mata ciliar preservada e bancos de macrófitas aquáticas, largura em torno de 83m, 42 km de extensão até sua foz e vazão média aproximada de 246 m<sup>3</sup>/s<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2015). Ao longo deste rio, há inúmeras benfeitorias e residências, com uma distância média acerca de 32,1 km do ponto de coleta. Em uma pesquisa realizada por Garbeline (2015), demonstrou em escala espacial e temporal, o assoreamento da margem deste rio, por uso ocupação do solo pela atividade humana e área urbana cresceu 2,6% ao longo de 12 anos (1999 a 2011).

O rio Pardo (RP) está localizado na margem direita do rio Paraná, situado no estado do Mato Grosso do Sul (MS). Em 2016, a prefeitura local de Bataguassu-MS, criou um plano de manejo para conservação deste rio, o qual é considerado uma sub-bacia, com uma área equivalente a 113.166,848 hectares, abrangendo 46, 85% do município de Bataguassu, e seu cenário mistura cerrado com a mata atlântica (SEMDEMA, 2016). Sua paisagem é repleta de arbustos e arbóreas e bancos flutuantes de macrófitas aquáticas (SILVA et al., 2015), vazão em média de 374 m<sup>3</sup>/s<sup>-1</sup>, possui uma área aproximadamente de 35 km<sup>2</sup>. Várias residências e fazendas estão presentes ao longo de seu percurso, com predomínio de atividades como a pecuária, agricultura e turismo

pesqueiro (SEMDEMA, 2016). A distância média das residências para o ponto de coleta corresponde a 4,1 km.

Para a plotagem e confecções das residências e fazendas nas margens dos rios, bem como a mensuração média das distâncias das casas em relação ao ponto de coleta, foi utilizado a plataforma Google Earth, com auxílio do programa disponível SIG e posteriormente transformado em formato TIF (Figura 1).



**Figura 1.** Locais de amostragens nos tributários do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera, alto Rio Paraná, Brasil.

### 2.3 Coleta e análise de dados

As amostragens de larvas de *A. osteomystax* ocorreram mensalmente entre os anos de 2007 a 2020, nos períodos reprodutivos, que compreende aos meses de outubro a março, durante o período noturno (entre 19 às 23 horas).

As coletas foram efetuadas em três tributários, com uso de rede de plâncton cônica cilíndrica de 0,5mm de malha, com fluxômetro acoplado a boca da rede para obtenção do volume de água filtrada. Os arrastos foram horizontais na superfície da água, 20 cm de profundidade, durante 10

minutos. As amostras coletadas foram armazenadas em potes de polietileno (1 litro), previamente eutanasiadas com benzocaína e fixadas em formol a 4% neutralizado com carbonato de cálcio. Os procedimentos utilizados foram aprovados pelo Comitê de ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Protocolo 59/09).

## 2.4 Análises laboratoriais

No laboratório, as amostras foram triadas sob microscópio estereoscópico com uso de placa de acrílico do tipo Bogorov e as larvas separadas do restante do material coletado. Após a separação, as larvas foram identificadas de acordo com Nakatani et al. (2001) e classificadas em estágios de desenvolvimento seguindo Ahlstrom e Ball (1954) modificado por Nakatani et al. (2001): estágios de pré-flexão, flexão e pós-flexão.

Para avaliar a dieta e a ingestão de microplástico foi realizada a análise do conteúdo alimentar das larvas, em diferentes estágios de desenvolvimento, selecionando aleatoriamente 20 larvas no mínimo de cada estágio por tributário, quando possível. Neste processo, foram adotados procedimentos para evitar contaminação externa, realizado por Steer et al. (2017) que consiste, primeiramente, na esterilização em autoclave de vidrarias (Becker, placas de petri, lâminas e lamínulas), pinças, estiletos e tesouras. Previamente, os equipamentos e materiais (estereomicroscópio, microscópio óptico e a bancada) utilizados também eram limpos com álcool a 70%. Após o término do trabalho diário, as vidrarias foram imersas em álcool 70% e tampada para evitar contaminação (Rodrigues et al., 2019) e não superestimar as amostras.

O tubo digestório foi retirado com auxílio de estiletos e pinças, abertos sob uma lâmina, e realizada a análise sob estereomicroscópio da marca Leica - EZ4 Microsystem (Shweiz) e microscópio óptico da marca OLYMPUS - CX21LEDFS1. Os itens alimentares foram identificados utilizando literaturas especializadas como Higitie e Franco (2001) e Mugnai et al. (2010). Quanto aos microplásticos, foram considerados aqueles com tamanho entre 0,5 a 2 mm (Costa et al., 2010), bem como obedecendo aos critérios de Norén (2007): 1) nenhuma estrutura celular ou orgânica é visível; 2) se a partícula é uma fibra, ela deve ser igualmente espessa, não afilar em direção às extremidades e ter uma dobra tridimensional; 3) partículas homogeneamente coloridas/claras. Os microplásticos foram classificados de acordo com sua estrutura: cor, tamanho e forma (textura), tipo (fibras ou fragmentos) (BROWNE et al., 2011; COLE et al., 2011). Para

quantificar os itens alimentares, foi aplicado o método volumétrico adaptado de Hellowell & Abel (1971) e o método de frequência de ocorrência baseado em Hynes (1950).

Para avaliar os itens alimentares que mais contribuíram para a dieta das larvas de *A. osteomystax* entre os tributários e entre os estágios de desenvolvimento, foi utilizado o índice de importância alimentar (IAi) proposto por Kawakami & Vazzoler (1980).

## 2.5 Análises estatísticas

Para verificar se existe predominância de algum (ou alguns) item alimentar durante os estágios de desenvolvimento e entre os tributários, foi aplicado o Valor Indicador Individual (INDVAL), proposto por Dufrene & Legendre (1997), em que os valores do IndVal varia de 0 a 100%, onde zero demonstra que o item alimentar não é indicador de determinado estágio de desenvolvimento e 100% que ela é. Nesta análise, a significância do valor indicador de cada espécie foi avaliada através do método de Monte Carlo, utilizando 1000 permutações. O software PCORD v 4.01 (MCCUNE & MEFFORD, 1999) foi empregado nesta análise.

A Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) foi aplicada para verificar se ocorreram variações na dieta entre os tributários (rios Verde, Pardo e Aguapé) e testar possíveis diferenças na alimentação entre os estágios de desenvolvimento (pré-flexão, flexão e pós-flexão). Os dados de volume dos itens alimentares consumidos foram transformados em  $\log_{10}(x+1)$  para redução da assimetria. Para as análises foram utilizadas 9999 permutações e a matriz de similaridade calculada através do índice de *Bray-Curtis*. Quando diferenças significativas (valor de  $p < 0,05$ ) foram verificadas, foi aplicado o *Pair-wise tests*. A análise foi realizada utilizando o programa estatístico PAST versão 4.0.

A análise de correlação simples foi aplicada para avaliar a relação entre a ingestão do microplástico com o do tamanho da larva. Os dados foram log-transformados, onde Y é a variável dependente (consumo de microplástico – frequência de ocorrência), X é a variável independente (comprimento total da larva), a é o intercepto e b é o coeficiente de crescimento (FUIMAN, 1983).



### 3. Resultados

#### 3.1 Dieta de *Auchenipterus osteomystax*

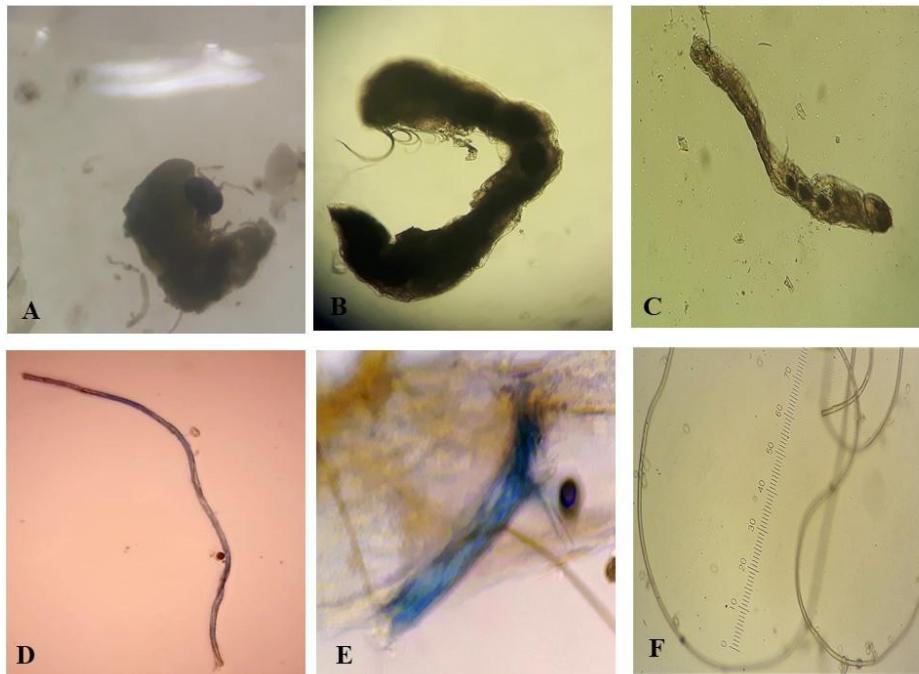
Um total de 119 larvas foram analisadas com variações no número de larvas entre os estágios de desenvolvimento e tributários. No rio Aguapeí, foram avaliadas 19 larvas (pré-flexão= 3, flexão = 16), enquanto no rio Verde, um total de 40 larvas foram analisadas (pré-flexão = 20 e flexão = 20). Nestes rios, não ocorreram larvas em estágios de pós-flexão. O rio Pardo foi o único em que foram analisadas larvas em todos os estágios de desenvolvimento larval (20 em cada estágio, totalizando 60 larvas).

A dieta das larvas de *A. osteomystax* foi composta principalmente por insetos, com o consumo também de detritos vegetais e de microplásticos (Figura 2; Tabela 1). As larvas ingeriram todas as formas de formas insetos, desde ovos, larvas, pupas e adultos, compreendendo 10 ordens: Diptera, Ephemeroptera, Tricoptera, Coleoptera, Collembola, Hymenoptera, Siphonoptera, Odonata, Proctinata, Plecoptera. Restos de insetos também foram encontrados, correspondendo a partes de insetos com alto grau de digestão, que não foram possíveis a sua identificação.

No rio Aguapeí (RAG), dos estômagos analisados 57,89% estavam com alimento, com consumo especialmente de restos de insetos (Iai = 44,25%), seguido de Diptera adulto, Iai = 24,35%, Brachycera com Iai = 19,17%, e larva de Chironomidae, (Iai = 11 %). Não houve ingestão de microplástico pelas larvas neste tributário. No Rio Verde (RV), 37,50% das larvas analisadas possuíam conteúdo estomacal com alimento, também com o predomínio de restos de inseto, Iai = 35,38 %, seguido de adultos de Diptera (Iai = 14,02 %) e Brachycera (Iai = 10,69%). No Rio Pardo (RP), dos estômagos analisados 84% continham alimentos, sendo o item alimentar mais consumido resto de insetos (Iai = 61,22%), seguido de adultos de Diptera (Iai = 12,71 %), detrito vegetal (Iai = 10,90%), Nematocera (Iai = 5,48%), e larva de Chironomidae (Iai = 4,81%). Nos rios Verde e Pardo houve registro de ingestão de microplástico pelas larvas (Tabela 1).

A PERMANOVA evidenciou diferenças significativas (PERMANOVA; Pseudo-F = 3.56; P (perm) = 0,0001) na dieta das larvas nos diferentes tributários. O rio Pardo diferiu (*Pair-wise tests*;  $p < 0,05$ ) do rio Verde e Aguapeí, enquanto o rio Verde (*Pair-wise tests*;  $p < 0,05$ ) diferiu do Pardo e do Aguapeí, e o rio Aguapeí do rio Verde e Pardo (*Pair-wise tests*;  $p < 0,05$ ).

Os resultados da análise do Valor Indicador Individual (IndVal) demonstrou que Brachycera e larva de Chironomidae foram os itens mais relevantes para as larvas coletadas no rio Aguapeí. Já no rio Pardo, os itens indicadores foram detrito vegetal e Nematocera. Por outro lado, para o rio Verde, não houve destaque para nenhum item consumido pelas larvas (Tabela 2).



**Figura 2.** Principais itens alimentares e microplásticos consumidos por larvas de *Achenipterus osteomystax* em tributários no Alto rio Paraná. Microplásticos: A) Nematocera, B) larva de Diptera, C) larva de Chironomidae, D) filamento azul mole, E) filamento azul rígido, F) filamento incolor.

**Tabela 1.** Importância dos itens alimentares para larvas de *Auchenipterus osteomystax* em cada tributário amostrado. RAG= Rio Aguapeí, RV= Rio Verde, RP= Rio Pardo. Vol= volume, F.O. = Frequência de ocorrência, Iai = Índice de importância alimentar.

Itens alimentares	PF (N:43)		FL (N:56)		FP (N:20)	
	F.O (%)	Iai (%)	F.O (%)	Iai (%)	F.O (%)	Iai (%)
<b>Diptera</b>						
Dipteros adultos	4,76	1,23	14,29	<b>18,94</b>	16,18	17,93
Brachycera adultos	11,11	8,22	10	9,29	0	0
Nematocera adultos	9,52	4,93	6,43	2,79	11,76	3,84
Pupa de cerapotogonidae	0	0	0	0	4,41	0,97
Pupa de Diptera	1,59	0,23	0,71	0,02	0	0
Pupa de quironomidae	1,59	0,16	1,43	0,10	0	0
Larva de quironomidae	11,11	3,51	10,00	3,76	14,71	4,71
<b>Ephemeroptera</b>						
Ephemeroptera-adulto	0	0	1,43	0,13	5,88	4,77
<b>Coleoptera</b>						
Coleoptera- adulto	0	0	0,71	0,02	0	0
Larva de coleoptera	0	0	3,57	1,33	0	0
<b>Odonata</b>						
Odonata- adulto	3,17	1,31	0	0	0	0
<b>Plecoptera</b>						
Pupa de Plecopetera	0	0	0,714	0,125	0	0
Larva de Plecoptera	3,17	0,08	0	0	0	0
<b>Collembola</b>						
Collembola- adulto	0	0	0,71	0,03	0	0
<b>Tricoptera</b>						
Tricoptera-adulto	0	0	0,71	0,11	0	0
Larva de tricoptera	4,76	0,74	2,86	0,28	4,41	0,65
<b>Siphonoptera</b>						
Siphonoptera-adulto	0	0	0,71	0,11	0	0
<b>Hemiptera</b>						
Hemiptera adulto	0	0	0,71	0,03	2,94	1,11
<b>Hymenoptera</b>						
Formicidae- adulta	0	0	0	0	1,470	0,09
<b>Prognata</b>						

Proctinata- adulta	0	0	0,71	0,02	0	0
Ovos de inseto	0	0	1,43	0,06	1,47	0,03
Restos de insetos	22,22	<b>40,66</b>	31,43	<b>60,00</b>	27,94	<b>64,71</b>
Detritos vegetal	11,11	<b>33,65</b>	7,14	2,42	7,35	1,14
Microplástico	15,87	5,28	4,29	0,44	1,47	0,04

**Tabela 2.** Resultado da análise de Valor indicador (IndVal) dos itens alimentares consumidos por larvas de *Auchenipterus oesteomystax* mostrando as porcentagens da abundância relativa (A.R) e a frequência relativa (F.R) e o valor indicador dos táxons que apresentaram valores significativos para os locais de amostragem (RAG =Rio Aguapeí; RV = Rio Verde; RP = Rio Pardo). Os valores em negrito indicam valor significativo ( $p < 0,05$ ) obtido através do teste de significância de Monte Carlo.

Itens alimentares	RAG		RV		RP		IndVal
	F. R (%)	A. R (%)	F. R (%)	A. R (%)	F. R (%)	A. R (%)	p*
Larva de Chironomidae	<b>19,15</b>	<b>11,00</b>	4,62	0,36	12,42	4,81	<b>0,0433</b>
Detrito vegetal	0	0	1,54	0,01	13,73	10,90	<b>0,0006</b>
Brachycera	<b>17,02</b>	<b>19,17</b>	16,92	10,69	1,31	0,24	<b>0,0047</b>
Nematocera	0	0	6,15	1,49	<b>11,11</b>	<b>5,48</b>	<b>0,0426</b>

Com relação aos estágios de desenvolvimento, nas fases larvas de pré-flexão, 62,5% dos estômagos analisados estavam com alimento, com importância elevada para restos de insetos, Iai = 40,66%, seguido de detritos vegetal, Iai = 33,65%. As larvas em estágio de flexão (FL) e pós-flexão consumiram principalmente restos de insetos, Iai = 60% e 64,41% respectivamente, e Diptera adulto, Iai = 18,94% e 17,93% respectivamente (Tabela 3).

A PERMANOVA indicou diferenças significativas (PERMANOVA; Pseudo-F = 8,91; P (perm) = 0,0001) na alimentação entre os estágios de desenvolvimento (pré-flexão, flexão e pós-flexão). Larvas em flexão diferem (*Pair-wise tests*;  $p < 0,001$ ) na alimentação daquelas que estão em pré - flexão e pós flexão. Aquelas em pós - flexão diferem (*Pair-wise tests*;  $p < 0,001$ ) das que estão em flexão e pré-flexão. E as que estão em pré-flexão diferem (*Pair-wise tests*;  $p < 0,001$ ) de flexão e pós-flexão.

Os resultados da Análise de espécies indicadoras (IndVal) demonstrou que as larvas em pré-flexão (PF), não teve nenhum item foi relevante. As larvas em flexão (FL) teve como item mais relevante foi Brachycera, enquanto larvas em pós-flexão (FP), tiveram como itens mais relevantes

restos de insetos larva de Chironomidae, Hemiptera, Ephemeroptera, dípteros adultos, Nematocera e Pupa de Cerapotonidae (Tabela 4).

**Tabela 3.** Importância dos itens alimentares para larvas de *Auchenipterus osteomystax* de acordo com os estágios de desenvolvimento larval. PF= Pré – flexão, FL= Flexão, FP= Pós- Flexão. Vol= volume, F.O. = Frequência de ocorrência; Iai = Índice de Importância Alimentar.

Itens alimentares	PF (N=43)		FL (N=56)		FP (N=20)	
	F.O (%)	Iai (%)	F.O (%)	Iai (%)	F.O (%)	Iai (%)
<b>Diptera</b>						
Dipteros adultos	4,76	1,23	14,29	<b>18,94</b>	16,18	<b>17,93</b>
Brachycera adultos	11,11	<b>8,22</b>	10	<b>9,29</b>	0	0
Nematocera adultos	9,52	<b>4,93</b>	6,43	2,79	11,76	3,84
Pupa de Cerapogonidae	0	0	0	0	4,41	0,97
Pupa de Diptera	1,59	0,23	0,71	0,02	0	0
Pupa de Chironomidae	1,59	0,16	1,43	0,10	0	0
Larva de Chironomidae	11,11	<b>3,51</b>	10,00	3,76	14,71	<b>4,71</b>
<b>Ephemeroptera</b>						
Ephemeroptera-adulto	0	0	1,43	0,13	5,88	<b>4,77</b>
<b>Coleoptera</b>						
Coleoptera- adulto	0	0	0,71	0,02	0	0
Larva de Coleoptera	0	0	3,57	1,33	0	0
<b>Odonata</b>						
Odonata- adulto	3,17	1,31	0	0	0	0
<b>Plecoptera</b>						
Pupa de Plecoptera	0	0	0,714	0,125	0	0
Larva de Plecoptera	3,17	0,08	0	0	0	0
<b>Collembola</b>						
Collembola- adulto	0	0	0,71	0,03	0	0
<b>Tricoptera</b>						
Tricoptera-adulto	0	0	0,71	0,11	0	0
Larva de Tricoptera	4,76	0,74	2,86	0,28	4,41	0,65
<b>Siphonoptera</b>						
Siphonoptera-adulto	0	0	0,71	0,11	0	0
<b>Hemiptera</b>						
Hemiptera adulto	0	0	0,71	0,03	2,94	1,11
<b>Hymenoptera</b>						
Formicidae- adulta	0	0	0	0	1,470	0,09
<b>Proctinata</b>						
Proctinata- adulta	0	0	0,71	0,02	0	0
<b>Ovos de inseto</b>	0	0	1,43	0,06	1,47	0,03
<b>Restos de insetos</b>	22,22	<b>40,66</b>	31,43	<b>60,00</b>	27,94	<b>64,71</b>
<b>Material Vegetal</b>						
Detritos vegetal	11,11	<b>33,65</b>	7,14	2,42	7,35	1,14
<b>Material Sintético</b>						
Microplástico	15,87	<b>5,28</b>	4,29	0,44	1,47	0,04

**Tabela 4.** Resultado da análise de Valor indicador (IndVal) dos itens alimentares consumidos por larvas de *Auchenipterus osteomystax* mostrando as porcentagens da abundância relativa (A.R) frequência relativa (F.R) e o valor indicador dos táxons que apresentaram valores significativos em suas respectivas fases de desenvolvimento (PF= Pré – flexão, FL= Flexão, FP= Pós- Flexão). Os valores em negrito indicam valor significativo ( $p < 0,05$ ) obtido através do teste de significância de Monte Carlo.

Itens alimentares	PF		FL		FP		IndVal p*
	F. R (%)	A. R (%)	F. R (%)	A. R (%)	F. R (%)	A. R (%)	
Restos de insetos	22,22	40,66	31,43	60,00	<b>27,94</b>	<b>64,71</b>	<b>0,0001</b>
Larva de Chironomidae	11,11	3,51	10,00	3,76	<b>14,71</b>	<b>4,71</b>	<b>0,0006</b>
Brachycera	11,11	8,22	<b>10</b>	<b>9,29</b>	0	0	<b>0,0439</b>
Nematocera	9,52	4,93	6,43	2,79	<b>11,76</b>	<b>3,84</b>	<b>0,0075</b>
Diptera adultos	4,76	1,23	14,29	18,94	<b>16,18</b>	<b>17,93</b>	<b>0,0002</b>
Ephemeroptera	0	0	1,43	0,13	<b>5,88</b>	<b>4,77</b>	<b>0,0008</b>
Hemiptera	0	0	0,71	0,03	<b>2,94</b>	<b>1,11</b>	<b>0,0166</b>
Pupa de Cerapogonidae	0	0	0	0	<b>4,41</b>	<b>0,97</b>	<b>0,0038</b>

### 3.2. Ingestão de microplástico

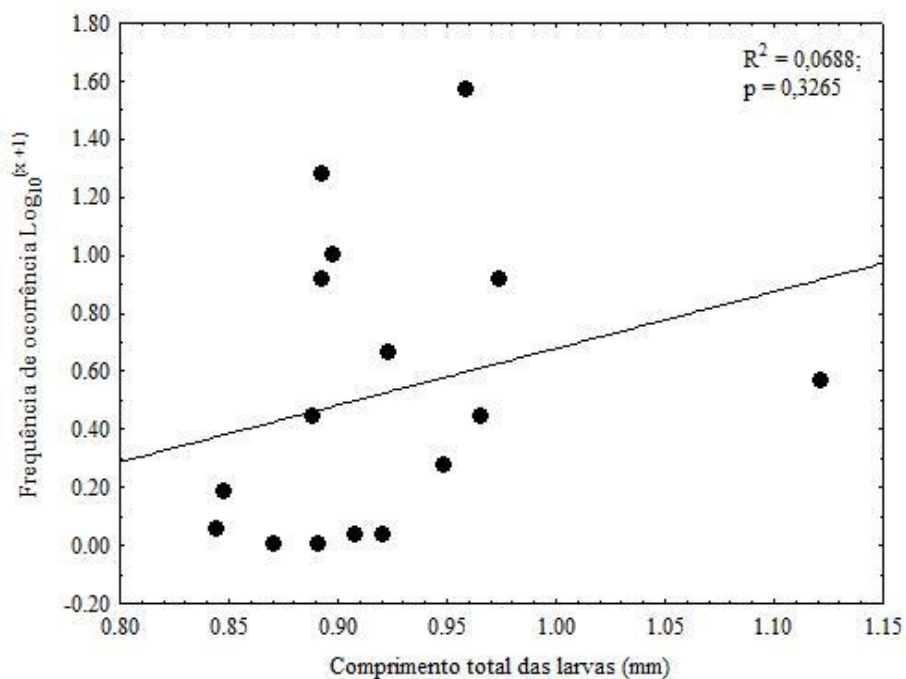
No total, 16,6% das larvas analisadas consumiram microplásticos, em especial nos rios Pardo e Verde. Por outro lado, as larvas amostradas no rio Aguapeí não ingeriram microplásticos. Em relação às características dos microplásticos ingeridos, quanto à coloração e textura, apenas foram observados filamentos de cores azuis e incolor (Nylon), com texturas moles e rígidas (Figura 2 A-C).

No rio Pardo houve um consumo elevado de microplásticos, cerca de 68%, sendo que o microplástico filamento azul mole foi o mais ingerido pela fase pré-flexão (em torno 68%). No rio Verde, o microplástico mais consumido foi o filamento incolor (Nylon), em torno de 10,5% na fase de flexão (FL) Tabela 5.

**Tabela 5.** Microplásticos consumidos (%) de acordo com suas características pelas larvas de *Auchenipterus osteomystax* nos diferentes estágios de desenvolvimento nos rios Pardo e Verde. Estágio de pré-flexão = PF; flexão = FL e pós-flexão = FP.

Microplásticos	Rio Pardo			Rio Verde	
	PF(%)	FL(%)	FP(%)	PF(%)	FL(%)
Filamento azul mole	<b>68</b>	-	-	5,3	-
Filamento azul rígido	-	5,3	-	-	<b>10,5</b>
Filamento incolor (Nylon)	-	-	<b>10,5</b>	-	-

A correlação entre o comprimento total das larvas e a frequência de ocorrência de microplástico na dieta não foi significativa ( $p=0,3265$  e  $R^2=0,0688$ ) (Figura 5).



**Figura 5.** Correlação entre o comprimento total (CT) das larvas de *Auchenipterus osteomystax* e a frequência de ocorrência de microplástico na dieta (ambos dados transformados em  $\text{Log}_{10}(x+1)$ ).



## 4 Discussão

### 4.1 Variações ontogenéticas e espaciais na dieta

Informações a respeito da dieta larval do *Auchenipterus osteomystax* nos permite compreender seu papel na cadeia trófica local e suas relações ecológicas com o meio e com outras espécies. Assim, melhor compreender o sucesso do seu estabelecimento nesses ambientes e o seu real impacto sobre a comunidade íctia. As diferenças nos quantitativos de larvas da espécie por estágio de desenvolvimento larval nos tributários amostrados podem estar relacionados com a intensidade de desova nos tributários, em que os adultos buscam melhores condições para a reprodução e desenvolvimento dos seus respectivos descendentes (Silva et al., 2015; Silva et al., 2019), visto que a espécie tem uma predileção para o rio Pardo (Silva et al., 2011).

Insetos da ordem Diptera, bem como restos de insetos, foram os itens que mais contribuíram para a dieta larval de *Auchenipterus osteomystax* nos tributários. Barili et al. (2012) elencaram que em ambientes naturais, esta espécie tem como alimento preferencial os insetos, principalmente da ordem Diptera, e por outro lado, em ambientes represados como reservatórios, seu alimento divergiu para microcrustáceos. Adicionalmente, Moura et al. (2014) relataram que *A. osteomystax* tem facilidade em se adaptar as diversas condições ambientais.

A biodiversidade e composição de macroinvertebrados aquáticos (principalmente insetos) nos ambientes, estão associados a fatores e recursos (CALLISTO et al., 2001), como a dispersão da matéria orgânica (Meritt and Commis, 1996), o clima (Trivinho-Strixino et al., 2008) e o regime de chuva (Bispo et al., 2002). A vegetação (ripária e macrófitas aquáticas) também pode estabelecer fatores de dispersão, atua como fator determinante para a ocorrência de diversas espécies de insetos (Sonoda et al., 2009), operando em diversas funcionalidades, agem como abrigo, fonte de alimento e refúgio (Junk and Robertson, 1997, YOSHIMURA & MAETO, 2006). O ictioplâncton passa por processos complexos, como a mudança corporal e fisiológica, de forma gradual (Russo, Costa and CATAUDELLA, 2007). As larvas de peixes podem alimentar-se inicialmente de fitoplâncton e à medida que crescem e se desenvolvem se alimentam de zooplâncton (GERKING, 1994). As larvas de *Auchenipterus osteomystax* optam por se alimentar de insetos, desde os primeiros estágios larvais, no entanto, observamos uma discrepância no estágio de pré-flexão (PF), em que as larvas apresentaram uma alimentação mais diversificada, a base de detritos vegetais, restos de insetos e ingestão de microplásticos, enquanto nos demais

estágios de desenvolvimento como flexão (FL) e pós-flexão (FP), sua dieta foi basicamente de insetos, se tornando mais definida (especialista). Este consumo em demasia por insetos já tem sido relatado por Borges (2007) na fase larval e na fase adulta por Hanh et al. (2004).

Uma alimentação generalista no início do desenvolvimento larval pode estar ligada a necessidade de evitar competição com larvas maiores e reduzir a competição intra e interespecífica (Ward-Campbell *and* Beamish, 2005). Dentro da ecologia alimentar a presença de um determinado item no conteúdo estomacal, não significa, que este é seu alimento ideal, e sim que seu preferido está ausente ou de difícil acesso e/ou pouco frequente no ambiente (Cyrus, 1988).

Insetos aquáticos e terrestres parecem ter uma grande importância na alimentação dos peixes, de diferentes categorias tróficas, pois partilham desse mesmo alimento (Horeau et al., 1998). Nossos resultados, demonstram que *A. osteomystax* pode ser um importante elo entre a cadeias tróficas terrestre e aquáticas (Gelwick *and* Matthews, 1996).

Vale ressaltar as várias larvas, especialmente em estágio de pré-flexão, sem alimento no tubo digestório. As larvas iniciais possuem dificuldade em capturar seu alimento, devido à pouca habilidade natatória, aparelho digestório em formação e pouco desenvolvimento sensorial (Krebs *and* Turingan, 2003). Quando se trata de alimentação larval, quanto mais tempo a larva não se alimenta, menos ativa se torna e mais suscetível a predação (Xiu-Juan et al., 2009).

#### 4. 2 Ingestão de microplástico

O consumo de microplástico pelas larvas de *A. osteomystax* neste estudo, em especial de fibras sintéticas (filamentos moles azuis), nos tributários Verde e Pardo, em que há ocupação urbana e rurais próximos aos locais de amostragem, podem ser provenientes das residências (Browne et al., 2011). Quanto mais próximo a centros urbanos, maior presença de microplásticos (Eerkes-Medrano et al., 2015) em sistemas dulcícolas. Steer et al. (2017) se depararam com a mesma situação, porém em sistemas marinhos, em que o consumo de microplásticos aumentou próximo a zona costeira. Em contrapartida, larvas de *A. osteomystax* amostradas no rio Aguapeí, onde o local amostrado está localizado na Unidade de Conservação – Parque Estadual do Rio Aguapeí, não ingeriram microplástico, o que reforça a importância de preservação dessas áreas.

Os filamentos azuis rígido e incolor (nylon) encontrados na dieta larval de *A. osteomystax*, podem ser de origem da atividade pesqueira, que ocorrem nos locais em determinada época do

ano. Cardozo et al. (2018) constataram níveis elevados de poluição de fragmentos de plásticos na dieta de *Priacantus arenatus* no ambiente oriundo da atividade pesqueira. Andrade et al. (2019) encontraram fragmentos plásticos em peixes serrasalmídeos amazônicos com categorias tróficas distintas, que podem ser provenientes de artes de pesca no local. Hurt et al. (2020) constataram altas taxas de poluição de plástico em estômagos de peixes em dois reservatórios, provenientes da ação humana. Lima et al. (2016) salientaram que as pescarias próximos ao local de desova e crescimento são provavelmente fontes de poluição por plástico no ambiente.

Um dado preocupante neste estudo foi, que a maior parte do consumo de microplásticos ocorreu em larvas pouco desenvolvidas, em estágio de pré-flexão (PF). Resultados semelhantes foram observados por McGregor e Strydom (2020) para larvas de peixes de *Chelon richardsonii* (Mugilidae), os quais relataram que o tamanho do microplástico influenciam na ingestão.

Embora os microplásticos não foram itens relevantes para os tributários e nem para os estágios de desenvolvimento larval, sua ingestão causa grande preocupação, pois são incertos seus reais efeitos no ambiente. Dependendo do hábito alimentar do animal aquático, o microplástico pode acumular no organismo (Hurt et al., 2020), e podem ser transferidos para predadores, até alcançar o ser humano (Sharma and Chatterjee, 2017).

Os efeitos que a ingestão de microplásticos pode causar nas larvas de *A. osteomystax* não foram avaliados neste estudo. Entretanto, possíveis efeitos que podem ocasionar às larvas devido a ingestão de microplásticos são bloqueios de passagens intestinais (Cole et al., 2011), preenchimento e obstrução do trato digestório (Lei et al., 2018), além de ficar menos ativas e não conseguir sentir a presença de predadores, e assim ficar mais suscetíveis a predação (Lönnstedt et al., 2016). As larvas também podem modificar a sua alimentação e reduzir massa corporal devido à falta de nutrientes (Barros et al., 2020). E se não conseguirem expelir o microplástico de seu organismo, podem vir a definhar, e assim causando a morte (Jemec et al., 2016). Pannetier et al. (2019) relataram que com 0,1% de ingestão pode causar quebra do DNA em larvas e juvenis de peixes, e efeitos e toxicidade do microplásticos podem ser letais dependendo do estágio de vida.

Pesquisas sobre a relação entre organismos e seus efeitos com exposição ao microplástico no organismo, se tornou assunto de alta prioridade (Eerkes-Medrano et al., 2015). Diversos autores têm relatados efeitos negativos por experimentos realizados em laboratórios com diversos animais aquáticos. Redondo-Halssele et al. (2018) avaliaram efeitos de exposição ao consumo de microplástico em seis (6) macroinvertebrados bentônicos, com alimentação e estratégias de vida

distintas, mas com sensibilidade a poluentes ambientais; dentre as espécies não houve mortalidade, mas afetou o crescimento de *Gammarus pulex*, que ingeriu mais microplásticos que as outras espécies. Outro experimento de curta duração, foram realizados com larvas de *Chironomus tepperi*, um invertebrado aquático, que demonstrou ser altamente sensível a exposição do microplástico, houve elevadas taxas de mortalidade (Ziajahromi et al., 2019). Em um estudo recente, Batel et al. (2018) concluíram que microplásticos podem ser transferidos não só pela ingestão, mas através da coluna d'água e pelo muco dos peixes. Cauwenberghe e Janssen (2014) encontraram quantidades consideráveis de microplásticos em bivalves cultivados para consumo humano, e apontam para o perigo real em consumir partículas de plásticos para saúde humana, devido liberarem substâncias tóxicas. A toxicidade dos microplásticos varia de uma amostra para outra, dependendo da composição do polímero, intemperismo e conteúdo de poluente (Pannetier et al., 2019).

## 5. Conclusão

A dieta larval de *A. osteomystax* constitui-se principalmente por insetos de diversas ordens e estágios, com destaque para Diptera. Diferenças espaciais e ontogênicas, com a ingestão de microplástico especialmente no início do desenvolvimento larval, estágio de pré-flexão, nos rios Verde e Pardo, estão associadas possivelmente a proximidades das áreas urbanas e atividade pesqueira mais intensa. Com base nas evidências existentes, sugerimos que a ingestão de microplásticos pode ser prejudicial para as larvas, porém, mais investigações são necessárias para avaliar possíveis impactos negativos em nível da população, bem como ampliar para juvenis e adultos, e para outras espécies de peixes de diferentes categorias tróficas.

## Referências

- Abelha, M. C. F., et al., 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum*. Maringá, 23, (2), 425-434.
- AHLSTROM, E. A.; & BALL, O.R. Description of eggs and larvae of jack mackarel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. 1954. *Fish. Bull.*, 56, 209-245.
- Andrade, M.C.; et al. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. 2019. *Environmental Pollution*, 244, 766-773. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.088>.
- Andrady, A. L.; et al. Microplastics in the marine environment. 2011. *Mar. Pollu. Bul.* 62. p: 1596–1605. <https://doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.
- Barili, E.; et al. Impoundment effects in the population of *Auchenipterus osteomystax* (Siluriformes: Auchenipteridae): a Neotropical reservoir case. 2012. *Rev. Biol. Trop. Int. J. Trop. Biol.* ISSN-0034-7744) 60 (2), 699-708.
- Barros, M.S.F.; et al. Plastic ingestion lead to reduced body condition and modified diet patterns in the rocky shore crab *Pachygrapsus transversus* (Gibbes, 1850) (Brachyura: Grapsidae). 2020. *Marine Pollution Bulletin*. v:156, p: 111-249. Link:<<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111249>>.
- Batel, A.; et al. Microplastic accumulation patterns and transfer of benzo[a]pyrene to adult zebrafish (*Danio rerio*) gills and zebrafish embryos. 2018. *Env. Poll.* 235, 918-930. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.028>.
- Bialetzki, A.; et al. Caracterização do desenvolvimento inicial de *Auchenipterus osteomystax* (Osteichthyes, Auchenipteridae) da bacia do rio Paraná, Brasil. 2001. *Act. Scient. Biol. Sci.* 23 (2), 377-382.
- Bispo, P.C.; et al. Spatial distribution of plecoptera nymphs ins streams of a mountainous area of Central Brazil. 2002. *Braz. Jour. of Biol.* 62 (3), 409-417.
- Blaxter, J. H. S., HEMPEL, G. 1963. The influence of egg size on herring larvae. **Cons. Int. Explor. Mer.** 28, 211-240.
- Borges, R.Z., Bialetzki, A. Variação temporal e alimentação de larvas de *Auchenipterus osteomystax* (Miranda-Ribeiro, 1918) (Osteichthyes, Auchenipteridae) do rio Ivinheima, planície de inundação do alto rio Paraná, brasil. 2007. p:2-41. Universidade Estadual de Maringá-PR. Dissertação de Mestrado. 2007.
- Bremigan, M. T. & STEIN, R. 1994. A. gape-dependent larval foraging and zooplankton size: Implications for fish recruitment across systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Browne, M. A.; et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. 2011. *Environ. Sci. Technol.* 45 (21), 9175-9179.
- Callisto, M; et al. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos. 2001. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 6, 71-82.
- Cardozo, A. L. P.; et al. Feeding ecology and ingestion of plastic fragments by *Priacanthus arenatus*: What's the fisheries contribution to the problems ?. 2018. *Mar. Poll. Bull.* 130,19–27. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.010>.
- Cassemiro, F. A. S.; Hahn, N. S. ; Fugi, R. Avaliação Temporal da Dieta de *Astyanax altiparanae* (PISCES, TETRAGONOPTERINAE) Durante o Repesamento do Reservatório de Salto Caxias, Pr. 2002. *Act. Scientiarum (UEM)*, Maringá. 24 (2), 419-425,
- Cauwenberghe, L. V., Janssen, C. R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. 2014. *Env. Poll.* 193. 65- 70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>.
- Cole, M.; et al.. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. 2011 *Mar. Poll. Bulletin*. 62, 2588-2597.

- Costa, M. F.; et al. Pellets and plastic fragments on the strandline: snapshot of a Brazilian beach. 2010. *Env. Monit. and Asses.* (Print), 168, p. 299-304. <https://DOI 10.1007/s10661-009-1113-4>.
- Cyrus, D.P. Episodic events and estuaries: effects of cyclonic flushing on the benthic fauna and diet of *Solea bleekeri* (Teleostei) in lake St. Lucia on the south-eastern coast of África. *Jour. Fish Biol.* 33, 1-7.
- Dufrene, M. E Legendre, P. Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Assymetrical Approach. 1997. *Ecol. Monographs.* 67, 345-366.
- Eerkes-Medrano, D.; et al. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritization of research needs. 2015. *Water Res.* 75. 63–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>.
- Fonte, E.; Ferreira, P.; Guilhermino, L. Temperature rise and microplastics interact with the toxicity of the antibiotic cefalexin to juveniles of the common goby (*Pomatoschistus microps*): Postexposure predatory behaviour, acetylcholinesterase activity and lipid peroxidation. 2016. *Aquat Toxicol.* 180, 173– 185.
- Garbeline, C. B. Análise sócio temporal do município de Brasilândia, MS. 2015. XI Fórum Ambiental da Alta Paulista. 11 (5), 1-10.
- Gelwick, F. P., MATTHEWS, W. J. 1996. Trophic relations of stream fishes. In-Hauer, F. R., Lamberti, G. A. (eds.). *Methods in Stream Ecology*. San Diego: Academic Press. 475-492.
- Gerking, S. D. Feeding ecology of fish. 1994. Academic Press, London. 416.
- Graça, W. J., Pavanelli, C. S. **Peixes da planície de inundação do Alto rio Paraná e áreas adjacentes.** Maringá, EDUEM. 241. 2007.
- Graeb, B. D. S., DETTMERS, J. M., WAHL, D. H. & CACERES, C. E. (2004). Fish size and prey availability affect growth, survival, prey selection, and foraging behavior of larval yellow perch. *Transactions of the American Fisheries Society* 133, 504–514.
- Hahn, N. S. & FUGI, R. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: alterações e consequências nos estágios iniciais do represamento. 2007. *Oecologia Brasili.* 11 (4), 469-480.
- Hahn, N. S.; et al. Trophic ecology of the fish assemblages: Upper Paraná River and its Floodplain: physical aspects, ecology and conservation. 2004. In: Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (Eds.). Leiden, Backhuys Publishers. 394, 247- 269.
- Hellawell, J. M., Abel, R. 1971. A rapid volumetric method for the analysis of the food of fishes. *Jour. of Fish Biol.* 3 (1), 29-37.
- Higuti, J.; Franco, G. M. S. **Identificação de Invertebrados para análises de conteúdo estomacais de peixes.** Maringá. EDUEM. 2001.
- Horeau, V.; et al. Importance of aquatic invertebrates in the diet of rapids-dwelling fish in the Sinnamary River, French Guiana. 1998. *Jour. of Trop. Ecol.* 14, 851–864. <http://DOI: 10.1017/S0266467498000613>.
- Hurt, R.; et al. Microplastic prevalence in two fish species in two U.S. reservoirs. 2020. *Limno. and Ocean. Lett.* 5. 147–153. <http://doi: 10.1002/lol2.10140>.
- Hynes, H.B.N. The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. 1950. *J. Anim. Ecol.* 19 (1), 36-58.
- Ingraham, W. J. JR., EBBESMEYER, C.C. 2001. Surface current concentration of floating marine debris in the North Pacific Ocean: twelve-year OSCURS model experiments. In: Proceedings of the International Conference on Derelict Fishing Gear and the Ocean Environment, McIntosh, N., K. Simonds, M. Donohue, C. Brammer, S. Manson, and S. Carbajal (Eds.), Hawaiian Islands Humpback Whale National Marine Sanctuary, U.S. Department of Commerce.
- Jabeen, K.; et al. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. 2017. *Environ. Pollut.* 221, 141-149. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.055>.
- JEMEC, A.; et al. Uptake and effects of microplastic textile fibers on freshwater crustacean *Daphnia magna*. *Env. Poll.* 2016. 219, 201-209. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.037>.

- Júlio-Jr., H. F.; et al. A massive invasion of fish species after eliminating a natural barrier in the upper rio Paraná basin. 2009. Neotr. Ichthy. 7 (4). 709-718. <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252009000400021>.
- Junk, W.T., Robertson, B.A. Aquatic Invertebrates. In: The Central Amazon foodplain: Ecology of a pulsing system. 1997. Sprin. Ecol. Studies Serie. 216, 279-298.
- Kamler, E. Early life history of fish an energetics approach. 1992. Chapman & Hall, London. 267.
- Kawakami, E.; Vazzoler, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. 1980. Bobn Inst. Oceanogr., S. Paulo. 29 (2), 205-207.
- Krebs J.M. & Turingan R.G. Intraspecific variation in gape-prey size relationships and feeding during early ontogeny in red drum, *Sciaenops ocellatus*. 2003. Env. Biol. of Fish. 66, 75,84.
- Lei, L.; et al. Microplastic particles cause intestinal damage and other adverse effects in zebrafish *Danio rerio* and nematode *Caenorhabditis elegans*. 2018. Sci. Total Environ. 619, 1- 8.
- Lima, A. R.A.; et al. Changes in the composition of ichthyoplankton assemblage and plastic debris in mangrove creeks relative to moon phases. 2015. Jour. of Fish. Biol. 89, 619–640. <http://doi:10.1111/jfb.12838>.
- Lönnstedt, O. M., Eklöv, P. Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology. 2016. Ecotoxicol. 352- 6290. <http://doi:10.1126/science.aad8828>.
- Makrakis, S.; et al. Utilization of the fish ladder at the Engenheiro Sérgio Motta Dam, Brazil, by long distance migrating potamodromous species. 2007. Neot. Ichth. 197-207. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252007000200014>.
- Makrakis, M. C., et al. 2008. Relationship between gape size and feeding selectivity of fish larvae from a Neot. Res. 72, 1690-1707.
- Marques, H.; et al. Importance of dam-free tributaries for conserving fish biodiversity in Neotropical reservoirs. 2018. Biol. Conser. 224,347-354. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.05.027>.
- Mato Grosso DO Sul (ESTADO). SEMDEMA - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente Município de Bataguassu-Mato Grosso do Sul -MS.2016. Projeto área de proteção ambiental da sub-bacia do rio Pardo: Plano de Manejo da Unidade de Conservação da área de proteção ambiental da sub-bacia do rio Pardo. 12-289. <https://cdn1.bataguassu.ms.gov.br/uploads/page/file/8/Plano-de-Manejo-APA-Bataguassu.pdf>. Acessado em: 14/02/2020.
- Mccune, B. & M. J. Mefford. PC-ORD: multivariate analysis of ecological data. Version 4.01. Oregon, MjM Software Design. 1999. 47p.
- Mcgregor S.; Strydom N. A. Feeding ecology and microplastic ingestion in *Chelon richardsonii* (Mugilidae) associated with surf diatom *Anaulus australis* accumulations in a warm temperate South African surf zone. 2020. Mar. Poll. bull. 158, 111-430. <http://DOI:10.1016/j.marpolbul.2020.111430>.
- Merritt, R.W., Cummins, K.W. 1996. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall/Hunt. Dubuque, Iowa. 758.
- Mohamed N, H., Obbard, J. P. Microplastics in Singapore’s coastal mangrove ecosystems. 2014. Mar. Pollut. Bull. 79, 278–283.
- Moura, S. M. L., et al. Effects of impoundment on the body condition of fish in the Manso reservoir, Mato Grosso State, Brazil. 2014. Acta Limnol. Brasilien. 26 (4), 335-346. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000400002>.
- Mugnai, R.; et al. **Manual de identificação de Macroinvertebrados Aquáticos**. 2010. Estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora. 1 ed. 176.
- Murayama, R. K.2010 Ocorrência de larvas de simulium pertinax (diptera: simuliidae) no conteúdo estomacal de astyanax bimaculatus (teleostei: characidae). Ver. Contr. Biol. (BE-300). 2. [http://www.ib.unicamp.br/profs/eco\\_aplicada/](http://www.ib.unicamp.br/profs/eco_aplicada/).
- Nakatani, K.; et al. 2001. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem.

- Norén, F. Small Plastic Particles in Coastal Swedish Waters (KIMO Sweden) 2007. Ogonowski, M., Schur, C., Jarsen, A., Gorokhova, E., 2016. The effects of natural and anthropogenic microparticles on individual fitness in *Daphnia magna*. PLoS One 11.
- ORSI, M. L.; et al. **Ovos, larvas e juvenis dos peixes da bacia do rio Paranapanema. Uma avaliação para a conservação.** 1 ed. Assis: Triunfal. 1. 17-24. 2016.
- Pannetier, P. et al. 2019. Environmental samples of microplastics induce significant toxic effects in fish larvae. *Env. Intern.* 134, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105047>.
- Picapedra, P. H. S. Sanches, P. V. Lansac-tôha, F. A. Effects of light-dark cycle on the spatial distribution and feeding activity of fish larvae of two co-occurring species (Pisces: Hypophthalmidae and Sciaenidae) in a Neotropical floodplain lake. 2018. *Brazili. Jour. of Biol.* 78, 763-772.
- Quist M.C.; et al. Factors related to growth and survival of larval walleyes: Implications for recruitment in a Southern Great Plains Reservoir. 2004. *Fisheries Research.* v: 67, p:215-225.
- Redondo-Hasselerharm, P. E.; et al. 2018. Microplastic Effect Thresholds for Freshwater Benthic Macroinvertebrates. *Environ. Sci. Technol.* 2018. 52, 2278–2286. [https://DOI: 10.1021/acs.est.7b05367](https://DOI:10.1021/acs.est.7b05367).
- Rodrigues, S.M.; et al. 2019. Microplastic contamination in an urban estuary: Abundance and distribution of microplastics and fish larvae in the Douro estuary. *Sci. of the Total Env.* 659. 1071–108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.273>.
- Russo T., Costa C. & Cataudella S. Correspondence between shape and feeding habit, changes throughout ontogeny of gilthead sea bream *Sparus aurata* L., 1758. 2007. *Jour. of Fish Biol.* 71, 629–656.
- São Paulo (Estado). DECRETO N° 43.269, DE 02 DE JULHO DE 1998. Constituição Federal, artigo 1991 da Constituição do Estado, Lei Federal n° 4.771. São Paulo. Palácio dos Bandeirantes. 1998.
- São Paulo (Estado). SMA - Secretaria de meio Ambiente de São Paulo-SP. PARQUE ESTADUAL DO AGUAPEÍ- Plano de Manejo do Parque Estadual do Aguapeí. São Paulo. 2010. 52 p. (serie manuais. Disponível em: Site: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/planos-de-manejo/planos-concluidos/plano-de-manejo-pe-do-aguapei/> .Acessado em 04/03/2020.
- Sharma, S., Chatterjee, S., 2017. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Env. Sci. and Poll. Res.* 24, 21530-21547.
- Silva, P.S., et al. Distribuição espacial e temporal de ovos e larvas de peixes no rio Aguapeí-SP, Alto rio Paraná. 2011. Fórum ambiental da Alta Paulista, 07, 03.
- Silva, P.S.; et al. Importance of Reservoir Tributaries to Spawning of Migratory Fish in the Upper Paraná River. 2015. *River. Res. and Appl.* (Print). 31, 313-322. [https://DOI: 10.1002/rra.2755](https://DOI:10.1002/rra.2755).
- Silva, P.S.; et al. Tributaries as biodiversity preserves: An ichthyoplankton perspective from the severely impounded Upper Paraná River. 2019. *Aquatic Conservation-Marine and freshwater ecosystems.* 29, 258-269. [https://DOI: 10.1002/aqc.3037](https://DOI:10.1002/aqc.3037).
- Sonoda, K. C. Variação temporal da fauna de insetos aquáticos do córrego Sarandi, DF. 2010. Planaltina: Embrapa Cerrados (Série Documentos).
- Sonoda, K.C.; et al. Constraining land uses affect Chironomidae communities in two Brazilian rivers. 2009. *Fundamental and Applied Limnol. Archiv. Fur Hydrobiol.* 174 (2), 173-184.
- Steer, M.; et al. Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel. 2017. *Env. Poll.* 226, 250-259. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.062>.
- Trivinho-Strixino, S.; et al. Integridade de córregos do Estado de São Paulo: inseto aquáticos como ferramenta para avaliação ambiental. 2008. In: *Simp. de Ecol.* 2, 216-222.
- Unep. Marine plastic Debris and Microplastics e Global Lessons and Research to Inspire Action and Guide Policy Change. 2016. United Nations Environment Programme, Nairobi. 978 (92),807-3580-6.
- Vazzoler, A. E. A. M. **Biologia da Reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** EDUEM, Maringá. 1996.
- Vono, V. Efeitos da implantação de duas barragens sobre a estrutura da comunidade de peixes do rio Araguari (Bacia do Alto Paraná, MG). 2002. 132. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2002.



- Ward-Campbell, B.M.S.; Beamish, F. W. H. Ontogenetic changes in morphology and diet in the snakehead, *Channa limbata*, a predatory fish in western Thailand. 2005. *Env. Biol. of Fish.* 72, 251-257.
- Xiu-Juan, S.; et al. Feeding, morphological changes and allometric growth during starvation in miuuy croaker larvae. 2009. *Environ Biol Fish.* 86, 121–130. <http://DOI:10.1007/s10641-008-9412-0>.
- Yoshimura, M., Maeto, K. Comparison of an aquatic invertebrate assemblage between an old-growth natural forest and planted coniferous forest basins in a Japanese temperate region: the Kuroson stream in the Shimanto River basin. *Landscape Ecol Eng.* 2006. 2, 81–89. <http://DOI:10.1007/s11355-006-0029>.
- Zavala-Camin L.A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural de peixes.** EDUEM, Maringá. 1996.
- Ziajahromi, S.; et al. Effects of polyethylene microplastics on the acute toxicity of a synthetic pyrethroid to midge larvae (Chironomus tepperi) in synthetic and river water. 2019. *Sci. of the Total Env.* 671, 971–975. <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.425>>.