

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**LUCAS MACEDO SILVA**

**ECOMORFOLOGIA TRÓFICA DE *Psalidodon paranae* (Eigenmann, 1914) EM  
RIACHOS COM DIFERENTES GRAUS DE ANTROPIZAÇÃO**

**LONDRINA**

**2025**

**LUCAS MACEDO SILVA**

**ECOMORFOLOGIA TRÓFICA DE *Psalidodon paranae* (Eigenmann, 1914) EM  
RIACHOS COM DIFERENTES GRAUS DE ANTROPIZAÇÃO**

**Trophic ecomorphology of *Psalidodon paranae* (Eigenmann, 1914) in streams  
with different degrees of anthropization**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária,  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR) – *Campus* Londrina  
Orientador(a): Dr. Edson Fontes de Oliveira  
Coorientador(a): Dr. Loueverton Antônio Rodrigues  
de Castro

**LONDRINA**

**2025**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**LUCAS MACEDO SILVA**

**ECOMORFOLOGIA TRÓFICA DE *Psalidodon paranae* (Eigenmann, 1914) EM  
RIACHOS COM DIFERENTES GRAUS DE ANTROPIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária,  
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR) – *Campus Londrina*

Data de aprovação: 23/Junho/2025

---

Edson Fontes de Oliveira  
Titulação (Doutorado)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná — UTFPR

---

Marcelo Hidemassa Anami  
Titulação (Doutorado)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná — UTFPR

---

Fabiano Corrêa  
Titulação (Doutorado)  
Universidade Estadual do Maranhão

**LONDRINA**

**2025**

Dedico este trabalho às pessoas que estiveram ao meu lado durante toda a minha jornada na graduação. Aos que me ofereceram apoio nos momentos difíceis, compartilharam alegrias nas conquistas e me incentivaram a seguir em frente mesmo quando os desafios pareciam grandes. Cada gesto de carinho, compreensão e força fez toda a diferença para que eu chegasse até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

A conclusão deste trabalho representa muito mais do que o encerramento de uma etapa acadêmica; simboliza uma jornada de muita dedicação, aprendizado, superação e, principalmente, crescimento. Por isso, não poderia deixar de expressar minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este momento se tornasse possível.

Agradeço, primeiramente, à minha família, minha mãe, Elizângela; minha avó, Fátima; e ao Taffarel, que sempre esteve ao meu lado, pelo apoio constante, por acreditarem em mim e por me darem forças nos momentos mais difíceis durante a graduação.

Aos amigos que caminharam comigo nessa trajetória, dividindo angústias, desafios, risadas e conquistas. A amizade de vocês foi essencial, especialmente da Beatriz, que teve um papel fundamental ao longo dessa caminhada.

Ao meu orientador, Edson Fontes de Oliveira, e, em especial, ao meu coorientador, Loueverton Antônio Rodrigues de Castro, por todo o apoio, disponibilidade e orientação durante a construção deste trabalho.

E, por fim, agradeço a mim mesmo, por não desistir, mesmo diante das dificuldades, dos desafios, das incertezas e dos momentos tristes que enfrentei ao longo das muitas disciplinas.

Este trabalho carrega muito da minha dedicação, das angústias, das renúncias e da esperança de construir algo significativo, que faça a diferença.

A todos vocês, o meu mais sincero obrigado.

"No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade." (Albert Einstein).

## RESUMO

O presente trabalho analisou a ecomorfologia trófica da espécie *Psalidodon paranae* em três riachos com diferentes graus de antropização (urbano, periurbano e rural) localizados no município de Londrina, Paraná. A hipótese central do estudo considerou que populações de *Psalidodon paranae* apresentariam diferenciação trófica e ecomorfológica em função dos diferentes impactos ambientais. Para isso, foram realizadas análises limnológicas, morfométricas, ecomorfológicas e tróficas, além de análises estatísticas multivariadas, como PCA, PERMANOVA, PERMDISP e RDA. A análise da dieta indicou que os indivíduos de todos os riachos exploram majoritariamente macroinvertebrados aquáticos, insetos terrestres e restos animais, com o Ribeirão Cambé demonstrando maior consumo de recursos autóctones, como fitoplâncton e algas, enquanto Cafezal e Taquara apresentaram maior exploração de recursos alóctones. As análises PERMANOVA e PERMDISP indicaram que, apesar de diferenças na composição alimentar, não há variações significativas na amplitude de nicho entre os riachos. A Análise de Componentes Principais (PCA) aplicada aos índices ecomorfológicos revelou que apenas o primeiro eixo foi significativo, indicando que a maior parte da variação morfológica ocorre dentro dos próprios riachos e não entre eles, reforçando a ausência de diferenciações expressivas nas características ecomorfológicas. Além disso, a análise RDA demonstrou que as variações tróficas e ecomorfológicas estão sutilmente associadas aos gradientes ambientais, indicando que a espécie apresenta alta plasticidade morfológica e trófica, o que favorece sua permanência em ambientes com diferentes níveis de degradação. Conclui-se que, embora existam tendências na exploração dos recursos, as pressões ambientais associadas à antropização não foram suficientemente intensas para gerar diferenciações significativas nas características ecomorfológicas e na amplitude de nicho alimentar da espécie entre os riachos avaliados, evidenciando sua resiliência ecológica.

Palavras-chave: alimentação; dieta; urbanização; lambari; padrões ecomorfológicos

## ABSTRACT

This study analyzed the trophic ecomorphology of the species *Psalidodon paranae* in three streams with different levels of anthropogenic impact (urban, peri-urban, and rural) located in Londrina, Paraná, Brazil. The central hypothesis considered that *Psalidodon paranae* populations would exhibit trophic and ecomorphological differentiation according to the environmental impacts of each stream. To test this, limnological, morphometric, ecomorphological, and trophic analyses were carried out, combined with multivariate statistical analyses such as PCA, PERMANOVA, PERMDISP, and RDA. The dietary analysis indicated that individuals from all streams mainly consumed aquatic macroinvertebrates, terrestrial insects, and animal remains. Cambé Stream showed greater exploitation of autochthonous resources such as phytoplankton and algae, while Cafezal and Taquara streams presented a higher consumption of allochthonous resources. PERMANOVA and PERMDISP analyses revealed that despite differences in dietary composition, there were no significant differences in niche breadth among the streams. The Principal Component Analysis (PCA) applied to the ecomorphological indices showed that only the first axis was significant, indicating that most of the morphological variation occurs within the streams themselves rather than among them, reinforcing the absence of expressive morphological differentiation. Furthermore, the RDA analysis demonstrated that trophic and ecomorphological variations are subtly associated with environmental gradients, indicating that the species has high morphological and trophic plasticity, which favors its persistence in environments with different levels of degradation. It is concluded that, although there are tendencies in resource use, the environmental pressures associated with anthropization were not sufficient to generate significant differentiation in the ecomorphological characteristics and trophic niche breadth of the species among the evaluated streams, demonstrating its ecological resilience.

Keywords: feeding; diet; urbanization; lambari; ecomorphological patterns

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
1.1	Problemática .....	11
2	OBJETIVOS .....	13
2.1	Gerais .....	13
2.2	Específicos .....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1	Riachos: Estrutura Física, Dinâmica Fluvial e Principais Características Limnológicas.....	14
3.2	Impactos Ambientais sobre os Ambientes Aquáticos Lóticos .....	14
3.3	Ecomorfologia de Peixes .....	15
3.4	Análise Trófica de Peixes .....	16
3.5	<i>Psalidodon paranae</i> – Características Ecológicas e Ecomorfológicas .....	17
4	MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
4.1	Área de Estudo .....	18
4.2	Análise Limnológica.....	19
4.3	Amostragem de Peixes .....	19
4.4	Biometria dos Peixes .....	20
4.5	Ecomorfologia Trófica .....	20
4.6	Análise de dados .....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	29
5.1	Análise de variáveis limnológicas .....	29
5.2	Análise da dieta .....	30
5.3	Análise Ecomorfológica.....	37
5.4	Relação das variáveis ambientais com a dieta e ecomorfologia .....	40
6	CONCLUSÃO .....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Walsh *et al.* (2005), a expansão da urbanização tem imposto desafios significativos à conservação dos ecossistemas aquáticos, especialmente dos riachos urbanos. Esses ambientes, devido à sua posição na paisagem e à estreita relação com as atividades humanas, são altamente vulneráveis aos impactos decorrentes da transformação do uso do solo. Essa vulnerabilidade resulta no que os autores descrevem como a "síndrome dos riachos urbanos", caracterizada pela degradação ecológica sistemática de riachos que drenam áreas urbanas.

Os principais sintomas dessa síndrome incluem alterações hidrológicas, tais como: o aumento na frequência e magnitude de eventos de fluxo; elevação das concentrações de nutrientes e contaminantes; modificações na morfologia dos canais; e redução da biodiversidade, com predomínio de espécies tolerantes. Tais impactos são impulsionados pelo escoamento de águas pluviais em sistemas de drenagem urbanos altamente eficientes, que transportam rapidamente a água das superfícies impermeáveis para os riachos, intensificando os efeitos adversos (WALSH *et al.*, 2005). Entre esses efeitos, destacam-se a erosão acelerada das margens e do leito dos corpos d'água, o aumento da turbidez, a degradação dos habitats aquáticos e a maior ocorrência de inundações devido à menor infiltração no solo. Além disso, a contaminação química dos cursos d'água torna-se um problema significativo, uma vez que o escoamento superficial carrega metais pesados, hidrocarbonetos, pesticidas e outros poluentes provenientes de atividades urbanas e industriais, comprometendo a qualidade da água e afetando negativamente os organismos aquáticos (WALSH *et al.*, 2005).

No norte do Paraná, os riachos apresentam características específicas que influenciam sua dinâmica ecológica. Esses cursos d'água são geralmente de pequeno porte, com leitos rasos e substratos variados, incluindo areia, cascalho e detritos orgânicos. A vegetação ripária, quando presente, desempenha um papel crucial na manutenção da qualidade da água e na oferta de habitats para a fauna aquática. Contudo, a expansão urbana tem levado à degradação desses ambientes, resultando em perda de biodiversidade e comprometimento dos serviços ecossistêmicos que eles proporcionam (SOUZA *et al.*, 2015).

A ecomorfologia trófica investiga como estruturas morfológicas de peixes, especialmente morfologia craniana, formato corporal e medidas de nadadeiras,

refletem seu uso de recursos alimentares, servindo tanto para compreender padrões de nicho quanto para inferir efeitos de distúrbios ambientais (MAZZONI *et al.*, 2023).

Em riachos da Mata Atlântica com diferentes graus de urbanização, por exemplo, observou-se que aumentos na cobertura urbana alteram substancialmente a estrutura trófica da comunidade, com a prevalência de guildas detritívoras e onívoras substituindo guildas invertívoras típicas de ambientes mais conservados (ALVES, 2025). Além disso, estudos em cascudos (*Hypostomus ancistroides*) ao longo de gradientes de urbanização-agricultura demonstraram mudanças ecomorfológicas significativas ligadas à variação na dieta, o que reforça o uso de parâmetros morfológicos como indicadores ambientais (SOUZA, 2021). Esses estudos confirmam que a morfologia funcional de *Psalidodon paranae* pode ser utilizada para diagnosticar e quantificar o impacto antropogênico em sistemas aquáticos tropicais, validando seu potencial como espécie bioindicadora.

ARAÚJO (2020) investigou assembléias de peixes bioindicadores em riachos no Paraná e identificou três "ecomorfotipos" claramente associados aos níveis de urbanização urbana, periurbana e rural. O estudo demonstrou que, à medida que a antropização aumenta, há menor diversificação trófica, com *Astyanax* explorando uma dieta mais restrita (insetos e detritos). Além disso, Silva *et al.* (2024), no XIV SEI/SICITE da UTFPR, reforçam esse padrão para *Astyanax aff. paranae*, mostrando que rios com maior grau de antropização exibem menor variedade dietária, evidência direta da influência da infraestrutura urbana na ecomorfologia da espécie.

Esses estudos recentes reafirmam que a ecomorfologia trófica de *Psalidodon paranae* é sensível ao nível de transformação das bacias hidrográficas, o que fortalece seu caráter de bioindicador em sistemas aquáticos tropicais. Com base nesse referencial, este trabalho tem como objetivo investigar as mudanças morfológicas e tróficas de *Psalidodon paranae* em riachos com diferentes graus de antropização, contribuindo para a compreensão dos impactos das atividades humanas nas comunidades de peixes.

A espécie analisada neste estudo é atualmente reconhecida como *Psalidodon paranae* (Eigenmann, 1914), conforme revisões taxonômicas recentes disponíveis em plataformas como o FishBase (2025) e o Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira – SiBBR (2025). Anteriormente classificada como *Astyanax aff. paranae*, essa espécie passou por reavaliações sistemáticas que resultaram na revalidação do gênero *Psalidodon*. Neste trabalho, adota-se a nomenclatura atual

(*Psalidodon paranae*), porém, diversas comparações e discussões com a literatura científica referem-se ao nome anterior (*Astyanax aff. paranae*), visto que esse ainda é amplamente utilizado em estudos ecológicos recentes. Tal escolha visa garantir consistência científica e facilitar a interpretação dos resultados à luz do conhecimento acumulado.

A hipótese central que será testada são que as populações de *Psalidodon paranae* apresentarão diferenças ecomorfológicas tróficas significativas entre os riachos, em razão das diferentes pressões ambientais às quais estão submetidos.

A hipótese formulada baseia-se na relação entre ecomorfologia e os impactos da antropização em ambientes lóticos. A morfologia dos organismos aquáticos reflete adaptações às condições ambientais, especialmente em ecossistemas impactados por atividades humanas, como urbanização e agricultura (CARDOSO; SOUZA; FREITAS, 2015; CASATTI *et al.*, 2006). A alteração dos parâmetros físico-químicos da água e da estrutura do habitat influencia a disponibilidade de recursos alimentares e impõe pressões seletivas sobre as comunidades aquáticas, favorecendo características morfológicas e comportamentais adaptativas (WALSH *et al.*, 2005; SÚAREZ; PETREIRE JR., 2007). Nesse contexto, é esperado que populações de *Psalidodon paranae* apresentem variações ecomorfológicas tróficas entre riachos com diferentes níveis de impacto ambiental.

## 1.1 Problemática

Os ambientes aquáticos lóticos, especialmente os riachos, são sensíveis às mudanças causadas por atividades humanas, como urbanização, desmatamento e práticas agrícolas. Essas alterações geram impactos diretos e indiretos sobre a biota aquática, incluindo modificações nas condições limnológicas, como aumento da turbidez, variação de pH, alteração na disponibilidade de nutrientes e redução da qualidade do habitat (CASATTI *et al.*, 2006; WALSH *et al.*, 2005). Nesse contexto, pouco se sabe sobre como as pressões ambientais relacionadas ao grau de antropização afetam as características ecomorfológicas e tróficas de espécies de peixes amplamente distribuídas, como *Psalidodon paranae*.

A ausência de informações detalhadas sobre essas relações dificulta a elaboração de estratégias de conservação específicas para mitigar os impactos ambientais e garantir a manutenção das funções ecossistêmicas nesses ambientes.

Assim, o problema que este trabalho busca resolver é entender como os diferentes graus de antropização entre um riacho urbano, periurbano e um rural influencia as adaptações morfológicas e comportamentais dessa espécie.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Gerais

Analisar a diversidade ecomorfológica e trófica da espécie *Psalidodon paranae* em riachos submetidos a diferentes graus de antropização (urbano, periurbano e rural) no norte do Paraná, considerando as pressões ambientais associadas às variáveis limnológicas e suas implicações para a conservação e manejo desses ecossistemas aquáticos

### 2.2 Específicos

- 2.2.1 Aferir e analisar as características morfométricas e os índices ecomorfológicos das populações de *Psalidodon paranae* nos riachos Cafezal, Cambé e Taquara.
- 2.2.2 Identificar e descrever a dieta da espécie em cada riacho, determinando as frequências de ocorrência, numérica e volumétrica dos itens alimentares consumidos, além do Índice Relativo de Importância (IRI).
- 2.2.3 Avaliar as diferenças nas características limnológicas (temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e pH) entre os riachos estudados e como elas se relacionam com os graus de antropização.
- 2.2.4 Investigar as relações entre as variáveis ecomorfológicas, tróficas e limnológicas, utilizando análises estatísticas multivariadas (PCA e RDA).
- 2.2.5 Discutir os padrões observados das pressões ambientais induzidas pela antropização, apontando possíveis implicações para a conservação da biodiversidade e para o manejo sustentável dos recursos hídricos regionais.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Pesquisas sobre ecossistemas aquáticos lóticos têm revelado a importância de compreender como fatores ambientais influenciam a estrutura e o funcionamento desses ambientes, especialmente em contextos de degradação ambiental. Neste trabalho, diversos temas fundamentais são abordados para embasar a análise das relações entre a ecomorfologia e a dieta de *Psalidodon paranae* em riachos com diferentes graus de antropização no norte do Paraná. A seguir, são discutidos os principais conceitos e estudos relacionados. Observa-se que o uso do solo altera significativamente a estrutura ecomorfológica das assembléias de peixes em riachos

neotropicais, reduzindo a similaridade morfológica entre espécies em ambientes urbanos e, conseqüentemente, alterando sua funcionalidade dentro do ecossistema (REZENDE *et al.*, 2021)

### **3.1 Riachos: Estrutura Física, Dinâmica Fluvial e Principais Características Limnológicas**

A estrutura física dos riachos é determinada pela presença e composição da vegetação ripária, que desempenha papel vital na estabilização das margens, controle dos processos erosivos e regulação da qualidade da água (GREGOR *et al.*, 1991; NAIMAN & DÉCAMPS, 1997; WANTZEN & MOL, 2013). Além disso, a vegetação ripária atua como filtro de nutrientes e contaminantes, promovendo a retenção de sedimentos e o processamento de compostos como nitratos e fósforo (DOSSKEY *et al.*, 2010; CHAVES *et al.*, 2008; FACHINELLI & PEREIRA, 2023). Com isso, melhora-se a qualidade da água, garantindo amplitude térmica menor (sombreamento) e maiores concentrações de oxigênio dissolvido, condições fundamentais para a fauna aquática (FACHINELLI & PEREIRA, 2023; WANTZEN & MOL, 2013)

A complexidade estrutural do habitat em riachos naturais sofre degradação significativa devido à urbanização e agricultura intensiva, que afetam não apenas a qualidade da água, mas também a diversidade de habitats disponíveis para organismos aquáticos (DIAS *et al.*, 2022; WANZEN *et al.*, 2011). Inclusive, a perda de vegetação ripária e o aumento da impermeabilização urbana resultam em escoamento rápido das águas pluviais, elevando a erosão, aumentando sedimentos em suspensão e dificultando a recuperação natural dos ecossistemas (CHAVES *et al.*, 2008; MONTEIRO *et al.*, 2016; FACHINELLI & PEREIRA, 2023). Nos riachos periurbanos e rurais, apesar dos impactos residuais, foram registradas menores flutuações de temperatura, maior variedade de substratos (desenvolvimento de microhabitats) e dinâmica fluvial mais equilibrada, refletindo um ambiente mais resiliente e estruturado (WANTZEN & MOL, 2013; GREGORY *et al.*, 1991; FACHINELLI & PEREIRA, 2023).

### **3.2 Impactos Ambientais sobre os Ambientes Aquáticos Lóticos**

A urbanização acarreta uma série de transformações ambientais em ecossistemas aquáticos lóticos. A construção de infraestruturas como barragens, pontes e sistemas de drenagem, além da alteração do uso do solo, provoca

modificações significativas na dinâmica fluvial, afetando o fluxo, transporte de sedimentos e conectividade dos habitats (PAUL; MEYER, 2001; KLEIN *et al.*, 2022; OLIVEIRA *et al.*, 2023). Tais mudanças influenciam diretamente a composição das comunidades biológicas e distribuição de espécies: riachos urbanos tendem a ter menor riqueza, favorecimento de espécies tolerantes e alterações nas interações tróficas (PAUL; MEYER, 2001; WALSH *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2023)

A poluição hídrica exerce efeitos diretos sobre a saúde das populações de peixes. Compostos tóxicos como metais pesados (ex. Cd, Pb, Hg), pesticidas e efluentes industriais causam estresse fisiológico, impactando crescimento, reprodução e comportamento alimentar (PEREIRA DA SILVA *et al.*, 2020; CHEMOSPHERE, 2022; OLIVEIRA *et al.*, 2023). Em riachos urbanos, aumento de turbidez e redução de oxigênio dissolvido limitam o desempenho alimentar e adaptativo dos peixes (PAUL; MEYER, 2001; WALSH *et al.*, 2005). Portanto, a antropização afeta não apenas aspectos físicos e químicos, mas também as interações biológicas centrais para o funcionamento ecológico desses sistemas.

### 3.3 Ecomorfologia de Peixes

A ecomorfologia de peixes busca relacionar características morfológicas, como morfologia corporal, posição e tamanho da boca, disposição das nadadeiras e órgãos sensoriais, às funções ecológicas desempenhadas no habitat (OLIVEIRA, GOULART & BREDA, 2005; CARDOSO; SOUZA; FREITAS, 2015; ANADÓN-CLARK *et al.*, 2021). Em riachos impactados, por exemplo, peixes podem apresentar adaptações morfológicas que refletem mudanças na disponibilidade de recursos e qualidade do habitat, como adaptações na boca e nas narinas que facilitam a alimentação em águas turvas (CARDOSO; SOUZA; FREITAS, 2015). Essas adaptações estruturais têm relevância trófica e funcional, demonstrando como a morfologia codifica respostas às pressões ambientais locais.

As pressões ambientais em riachos impactados também afetam a ecomorfologia trófica, favorecendo indivíduos com traços morfológicos e comportamentos alimentares adaptados a ambientes degradados (CASATTI *et al.*, 2006). Espécies como *Psalidodon paranae*, em contextos de urbanização, podem apresentar alterações morfométricas relacionadas ao uso do habitat e à dieta, como mudanças na forma da cabeça, da boca e da nadadeira caudal (OLIVEIRA; GOULART; BREDA, 2005). Resultados recentes de Silva *et al.* (2024) demonstram

que essa espécie apresenta variações trófico-morfológicas claras em riachos com diferentes graus de antropização, reforçando seu uso como bioindicador funcional em sistemas aquáticos neotropicais.

### 3.4 Análise Trófica de Peixes

A análise trófica de peixes envolve a investigação detalhada dos itens alimentares presentes no estômago das espécies, visando compreender seu papel nas redes alimentares dos ecossistemas aquáticos. Um método amplamente utilizado para essa finalidade é o Índice de Importância Relativa (IRI), proposto por Pinkas *et al.* (1971), que fornece uma medida composta da relevância de cada item alimentar na dieta da espécie analisada. O IRI é calculado pela fórmula  $IRI = FO \times (FN + FV)$ , em que FO representa a frequência de ocorrência, expressa como a porcentagem de estômagos em que determinado item foi encontrado em relação ao número total de indivíduos analisados; FN corresponde à frequência numérica, calculada como a porcentagem do número de ocorrências de cada item em relação ao total de itens registrados; e FV é a frequência volumétrica, que expressa o volume relativo de cada item em comparação ao volume total da dieta. Essa abordagem composta permite integrar diferentes dimensões da dieta, presença, abundância e volume, oferecendo uma visão mais robusta sobre os itens alimentares predominantes.

Por isso, o IRI tem sido amplamente empregado para descrever padrões tróficos em diversas espécies de peixes e compará-los entre ambientes ou períodos distintos (HYSLOP, 1980; DELARIVA & AGOSTINHO, 2009). Corrêa (2011) destaca que a aplicação conjunta do IRI com índices de sobreposição alimentar, como o de Pianka, permite descrever guildas tróficas, estimar o nível trófico das espécies e compreender variações sazonais na estrutura alimentar, metodologia aplicável a peixes de riachos tropicais como *Psalidodon paranae*. Além disso, a dinâmica trófica em riachos impactados pode ser profundamente alterada pela redução na diversidade de recursos alimentares, levando a adaptações dietárias ou mudanças nas relações tróficas entre espécies. Em ambientes urbanos, por exemplo, os peixes podem complementar suas dietas com detritos orgânicos provenientes do escoamento superficial ou de resíduos domésticos, frequentemente quantificados por meio do IRI (CASATTI & CASTRO, 2006; DELARIVA & HAHN, 2010; CORRÊA, 2011). O livro "Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes" (DELARIVA, 2019) reforça

a importância de aplicar diferentes índices tróficos de forma integrada para diagnósticos mais precisos sobre o funcionamento ecológico em ambientes lóticos.

### **3.5 *Psalidodon paranae* – Características Ecológicas e Ecomorfológicas**

*Psalidodon paranae* é uma espécie comum em riachos do norte do Paraná e em outras áreas da bacia do Alto Paraná, reconhecida por sua expressiva variabilidade morfológica, o que a torna um excelente modelo para estudos ecomorfológicos em ambientes impactados. Características como a forma corporal, morfologia craniana e tipo de nadadeiras influenciam diretamente seu comportamento de forrageamento e interação com o habitat (COSTA & SMITH, 2019; FERREIRA, 2017). Em riachos urbanos e periurbanos, a espécie tende a exibir adaptações funcionais como bocas mais ventrais ou terminal prolongada, nadadeiras mais robustas e fatores de condição corporal modificados, características que favorecem sua sobrevivência em condições de alta turbidez e baixa oxigenação, ao facilitar a captura de alimento próximo ao substrato e em ambientes com baixas taxas de fotossíntese (FERREIRA, 2017; COSTA & SMITH, 2019).

Estudos sobre *Astyanax* em riachos com diferentes graus de antropização mostram variações claras em morfologia e dieta, refletindo as adaptações da espécie às mudanças ambientais (COSTA & SMITH, 2019; RAUTENBERG, 2018; PASSA-CINCO *et al.*, 2012). Em ambientes urbanos, a lacuna de itens alóctones específicos leva a espécies mais generalistas, com dietas diversificadas e presença de insetos, detritos orgânicos e macrofilos por IRI, reforçando a plasticidade trófica da espécie frente à escassez de presas típicas (PASSA-CINCO *et al.*, 2012; COSTA & SMITH, 2019). Esse padrão é evidenciado por estudos que aplicaram métodos volumétricos e de frequência em riachos com diferentes coberturas ripárias, confirmando a dependência de recursos alóctones onde a vegetação está preservada, ou detritos e matéria orgânica em trechos degradados.

A combinação de ecomorfologia, análise trófica e dados limnológicos permite compreender profundamente as respostas adaptativas de *Psalidodon paranae* a diferentes gradientes de impacto ambiental. Costa & Smith (2019) mostraram que, ao depender em maior proporção de itens alóctones em riachos com vegetação ripária preservada, a espécie evidencia sua relação funcional com a estrutura física e trófica do ambiente. Já Ferreira (2017) relacionou variações no fator de condição com parâmetros como turbidez, pH e oxigênio dissolvido, indicando que *Psalidodon*

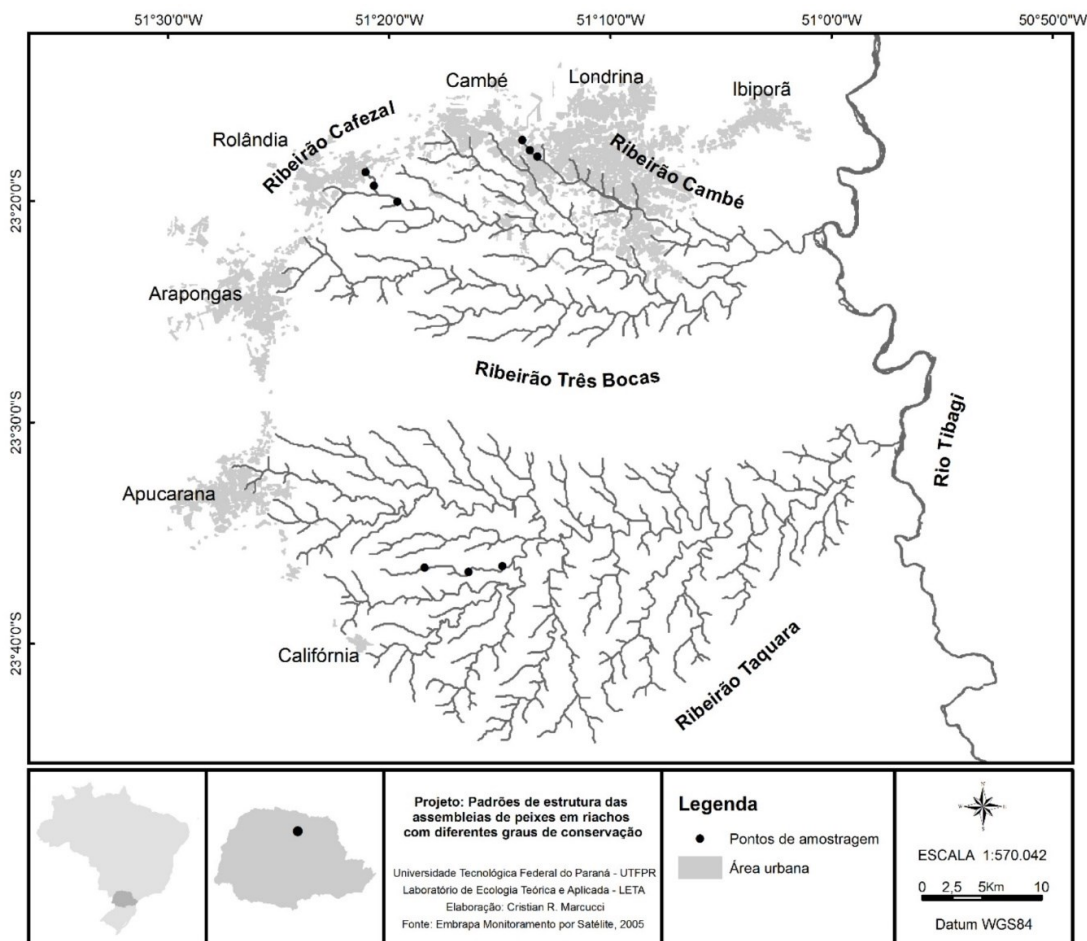
*paranae* resiste melhor em ambientes mais conservados, mas mantém resiliência em regiões modificadas. Esses aspectos são essenciais para subsidiar políticas de conservação, manejo e recuperação de habitats à base de indicadores ecomorfológicos e tróficos.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada em três riachos localizados no município de Londrina, Paraná, representando um gradiente de antropização Cambé (urbano), Cafezal (periurbano) com impactos rurais e urbanos e Taquara (rural) com maior grau de conservação, ou seja, menor interferência antrópica. As coletas foram realizadas ao longo de um gradiente longitudinal em cada riacho (figura 1).

**Figura 1 - Localização geográfica das bacias hidrográficas e dos pontos de amostragem.**



Fonte: Marcucci (2016)

## 4.2 Análise Limnológica

As variáveis limnológicas foram aferidas *in loco*, simultaneamente à coleta de peixes, abrangendo parâmetros físicos e químicos da água, como pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{L}$  e % de saturação), temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e turbidez. A medição foi realizada utilizando equipamentos portáteis específicos: pHmetro TECNOPON MPA210P para determinação do pH, condutímetro INSTRUTHERM CD-860 para condutividade elétrica, oxímetro POLITERM POL-60 para oxigênio dissolvido e turbidímetro TECNOPON TB 1000P para turbidez. As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro de 500 mL a aproximadamente 30 cm da superfície da coluna d'água. Adicionalmente, em cada ponto de amostragem, foram estimadas a profundidade média (m), com auxílio de uma trena milimetrada, e a largura média do canal (m), utilizando uma trena eletrônica. Todos os procedimentos seguiram as diretrizes metodológicas do Manual de Coleta de Amostras de Água e Efluentes Líquidos da Agência Nacional de Águas – ANA (2011), garantindo padronização e confiabilidade dos dados obtidos.

## 4.3 Amostragem de Peixes

As amostragens de peixes foram realizadas de 2012 a 2017. As coletas de peixes foram implementadas sob licença do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio), sistema de Autorização e informação em Biodiversidade (SISBIO; licença permanente no 28.113-1/2011).

Inicialmente, instalou-se uma rede de contenção multifilamentada com 2 mm entre nós a jusante do trecho amostral, delimitando a área para não permitir o escape de peixes. Posteriormente, realizou-se a pesca manual, com esforço amostral de três pessoas empregando estratégias de captura ativa com o uso de puçás, peneiras e redinhas, percorrendo um trecho aproximado de 50 m durante 40 min.

Em seguida, realizou-se a pesca elétrica no mesmo trecho com esforço de duas pessoas (um em cada puçá eletrizado) por 40 min utilizando um gerador portátil de corrente alternada, 2,5 kW, 400 V, 2 A. Os puçás foram passados por uma única vez no sentido montante-jusante. Após o término da aplicação dos dois métodos, a rede de contenção foi retirada cuidadosamente para capturar os indivíduos aprisionados.

Os indivíduos capturados foram fixados em solução formalina 10% e conservados em álcool 70% no Laboratório de Ecologia teórica e Aplicada (LETA) na UTFPR Campus Londrina. Posteriormente os espécimes foram identificados com auxílio de chaves de identificação e comparados com exemplares das Coleções Ictiológicas do Museu de Ictiologia do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá e do Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Londrina.

#### 4.4 Biometria dos Peixes

Em laboratório os espécimes foram numerados, etiquetados, medidos (comprimento) e pesados (biomassa), utilizando paquímetro digital (Mitutuyo modelo 150 mm, com precisão de 0,01mm) e balança semi-analítica (Shimadzu BL3200H). As informações foram dispostas em um formulário padrão próprio contendo o número de registro de cada exemplar, sendo posteriormente repassadas para uma planilha digital no Excel.

**Figura 2 – Fotografia de exemplar de espécime *Psalidodon paranae* com média de tamanhos analisados em 46,0 mm**



Fonte: Ota et al. (2018)

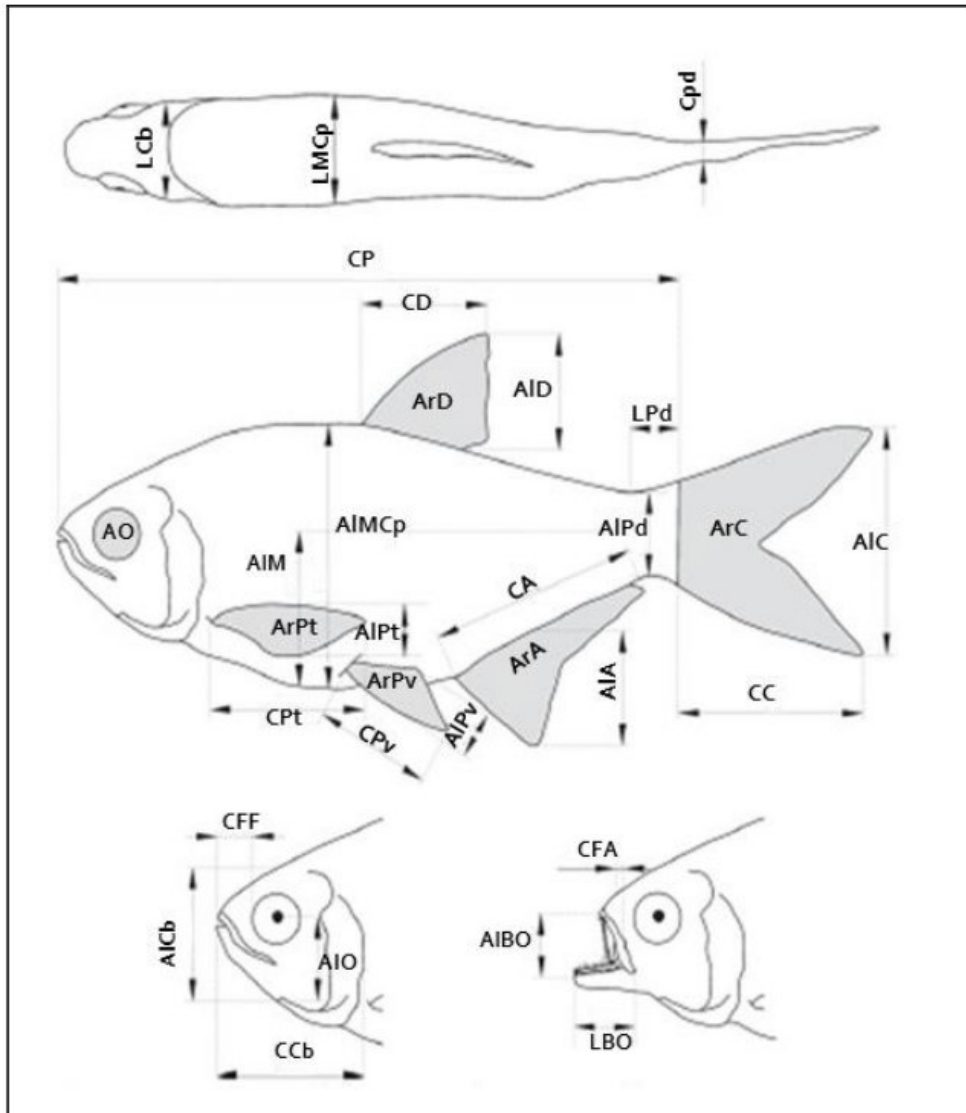
#### 4.5 Ecomorfologia Trófica

As medidas morfométricas lineares de cada espécime foram obtidas com o auxílio de um paquímetro digital (Mitutuyo modelo 150 mm, precisão de 0,01 mm), com aproximação em milímetros (mm). Para a aferição das áreas das nadadeiras, utilizou-se um plástico transparente, onde seus contornos foram desenhados com caneta (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Em seguida, os desenhos foram digitalizados junto a uma régua de referência, permitindo a conversão das áreas para unidades reais por meio do software AutoCAD® (Autodesk®, 2018).

As medidas e áreas selecionadas englobam estruturas do tronco, nadadeiras, cabeça, olhos e boca, seguindo referências da literatura sobre morfologia funcional (ALEXANDER, 1967). Com base nesses dados, foram calculados índices ecomorfológicos amplamente utilizados em estudos sobre ecomorfologia, os quais auxiliam na interpretação das funções ecológicas associadas à forma das estruturas morfológicas (BREDA, 2005).

No total, foram aferidas 25 medidas morfométricas lineares e seis áreas (OLIVEIRA *et al.*, 2010; Figura 3), incluindo: comprimento padrão (CP), altura máxima do corpo (AIMCp), altura da linha mediana do corpo (AILM), largura máxima do corpo (LMCp), comprimento do pedúnculo caudal (CPd), altura do pedúnculo caudal (AIPd), largura do pedúnculo caudal (LPd), comprimento da cabeça (CCb), altura da cabeça (AICb), largura da cabeça (LCb), comprimento do focinho com a boca fechada (CFF), comprimento do focinho com a boca aberta (CFA), altura do olho (AIO), altura da boca (AIBo), largura da boca (LBo), além das dimensões das nadadeiras dorsal, caudal, anal, peitoral e pélvica. Adicionalmente, foram calculadas as áreas dessas nadadeiras e do olho, totalizando os parâmetros: área da nadadeira dorsal (AD), área da nadadeira caudal (AC), área da nadadeira anal (AA), área da nadadeira peitoral (APt), área da nadadeira pélvica (APv) e área do olho (ARO).

**Figura 3 – Representação esquemática das medidas lineares morfométricas e das áreas que foram calculadas**



Fonte: Oliveira et al. (2010), adaptada por Araújo (2020)

A partir das medidas morfométricas lineares e área foram calculados 22 índices ecomorfológicos relacionados à ocupação do hábitat, comportamento natatório e ecologia trófica, sintetizando a amplitude de nicho de cada espécie (Tabela 1; OLIVEIRA *et al.*, 2010), a saber: índice de compressão (IC), índice de depressão (ID), comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRPd), altura relativa do pedúnculo caudal (AIRPd), largura relativa do pedúnculo caudal (LRPd), comprimento relativo da cabeça (CRCb), altura relativa da cabeça (AIRCb), largura relativa da cabeça (LRCb), altura relativa da boca (AIRBo), largura relativa da boca (LRBo), índice de protrusão (IP), posição do olho (PO), área relativa do olho (AO), área relativa da nadadeira dorsal (ARD), área relativa da nadadeira caudal (ARC), razão-aspecto da nadadeira caudal

(ARC), 42 área relativa da nadadeira anal (ARA), razão-aspecto da nadadeira anal (RAA), área relativa da nadadeira peitoral (ARPt), razão-aspecto da nadadeira peitoral (RAPt), área relativa da nadadeira pélvica (ARPV) e razão-aspecto da nadadeira pélvica (RAPv).

**Tabela 1 – Índices ecomorfológicos calculados no presente estudo e seus respectivos significados ecológicos**

<b>Índices Ecomorfológicos</b>		
<b>Índices</b>	<b>Fórmulas</b>	<b>Significados</b>
<b>1. Índice de compressão</b>	$IC = AIMCp/LMCp$	Valores elevados indicam compressão lateral do indivíduo, o que se espera de peixes que ocupam habitats com baixa velocidade da água (GATZ JR., 1979; WATSON e BALON, 1984; BALON <i>et al.</i> , 1986).
<b>2. Índice de depressão</b>	$ID = AILM/AIMCp$	Baixos valores estão associados a peixes que exploram habitats com fluxo de água rápido, pois o corpo deprimido os auxilia a manter-se na coluna d'água sem precisar nadar (HORA, 1922; MAHON, 1984; WATSON e BALON, 1984).
<b>3. Comprimento relativo do pedúnculo caudal</b>	$CRPd = CPd/CP$	Peixes com pedúnculos caudais longos são bons nadadores. Entretanto, peixes adaptados a fluxos de água rápidos, mas não necessariamente nectônicos como os cascudos, também apresentam pedúnculos caudais longos em função da necessidade de arranques em curtos deslocamentos (HORA, 1922; MAHON, 1984; WATSON e BALON, 1984).
<b>4. Altura relativa do pedúnculo caudal</b>	$AIRPd = AIPd/AIMCp$	Baixos valores indicam alta manobrabilidade (WINEMILLER, 1991; WILLIS <i>et al.</i> , 2005).
<b>5. Largura relativa do pedúnculo caudal</b>	$LRPd = LPd/LMCp$	Altos valores indicam nadadores contínuos (WINEMILLER, 1991; WILLIS <i>et al.</i> , 2005).
<b>6. Comprimento relativo da cabeça</b>	$CRCb = CCb/CP$	Maiores valores relativos do comprimento da cabeça são encontrados em peixes que se alimentam de presas maiores, desta forma, são esperados índices maiores para piscívoros (WATSON e BALON, 1984; WINEMILLER, 1991; WILLIS <i>et al.</i> , 2005).
<b>7. Altura relativa da cabeça</b>	$AIRCb = AICb/AIMCp$	Maiores valores relativos da altura da cabeça são encontrados em peixes que se alimentam de presas maiores, desta forma, são esperados índices maiores para piscívoros (WINEMILLER, 1991; WILLIS <i>et al.</i> , 2005).
<b>8. Largura relativa da cabeça</b>	$LRCb = LCb/LMCp$	Maiores valores relativos da largura da cabeça são encontrados em peixes que se

		alimentam de presas maiores, desta forma, são esperados índices maiores para espécies piscívoras (WINEMILLER, 1991; WILLIS <i>et al.</i> , 2005).
<b>9. Altura relativa da boca</b>	$AIRBo = ABo/AIMCp$	A altura relativa da boca permite inferir sobre o tamanho relativo da presa (GATZ JR., 1979; BALON <i>et al.</i> , 1986).
<b>10. Largura relativa da boca</b>	$LRBo = LBo/LMCp$	Índice relacionado com o tamanho da boca, sugerindo presas relativamente grandes para índices com valores elevados (GATZ JR., 1979; BALON <i>et al.</i> , 1986; WINEMILLER, 1991).
<b>11. Índice de protrusão</b>	$IP = CFA/CFF$	Assume altos valores para peixes que se alimentam de presas menores, ou seja, os que protraem mais a mandíbula e maxilares se alimentam de presas pequenas. Os que protraem menos, ou não protraem, utilizam-se de mordidas e se alimentam de presas maiores (ALEEV, 1969; GOSLINE, 1971; GATZ JR., 1979).
<b>12. Posição do olho</b>	$PO = AIO/AICb$	Este índice está associado à posição relativa de forrageamento das espécies na coluna d'água. Valores elevados indicam peixes bentônicos (olhos localizados dorsalmente), enquanto baixos valores indicam peixes nectônicos (olhos laterais) (GATZ JR., 1979)
<b>13. Área relativa do Olho</b>	$ARO = AO/(CP)$	Este índice está relacionado à detecção de alimento e fornece informações sobre acuidade visual das espécies (PANKHURST, 1989). Pode indicar o posicionamento relativo da espécie na coluna d'água, na medida em que espécies que habitam áreas mais profundas apresentam olhos menores (GATZ JR., 1979).
<b>14. Área relativa da nadadeira Dorsal</b>	$ARD = AD/(CP)^2$	Áreas maiores apresentam maior capacidade de estabilização em guinadas (GOSLINE, 1971).
<b>15. Área relativa da nadadeira caudal</b>	$ARC = AC/(CP)^2$	Áreas relativas maiores da caudal são importantes para aceleração (BALON <i>et al.</i> , 1986).
<b>16. Razão-aspecto da nadadeira caudal</b>	$RAC = (AIC)^2/AC$	Peixes que apresentam nadadeiras caudais com alta razão-aspecto são nadadores mais ativos e contínuos, os quais revelam tendência de bifurcação da caudal e redução da sua área (KEAST e WEBB, 1966; GATZ JR., 1979; MAHON, 1984; BALON <i>et al.</i> , 1986).
<b>17. Área relativa da nadadeira anal</b>	$ARA = AA/(CP)^2$	Áreas relativas maiores implicam em maior capacidade de manobrabilidade e estabilização do movimento (BREDA, 2005).
<b>18. Razão-aspecto da nadadeira anal</b>	$RAA = (CA)^2/AA$	Razões-aspecto maiores implicam em maior capacidade em realizar movimentos progressivos e retrógrados mais rápidos (BREDA, 2005).

<b>19. Área relativa da nadadeira peitoral</b>	$ARPt = APt/(CP)^2$	Áreas relativas maiores da peitoral são encontradas em espécies de natação lenta, as quais a utilizam para manobrabilidade (alguns caracídeos). Também podem ser relativamente maiores entre os peixes que habitam regiões de alta correnteza, como os Siluriformes. Áreas relativas menores são encontradas em peixes pelágicos (MAHON, 1984; WATSON e BALON, 1984; BALON <i>et al.</i> , 1986).
<b>20. Razão-aspecto da nadadeira peitoral</b>	$RAPt = (Cpt)^2/APt$	Alta razão-aspecto indica nadadeira peitoral longa e estreita, a qual é esperada em peixes que nadam continuamente e atingem alta velocidade, conseqüentemente preferem regiões pelágicas (BELLWOOD <i>et al.</i> , 2002; WAINWRIGHT <i>et al.</i> , 2002).
<b>21. Área relativa da nadadeira pélvica</b>	$ARPv = APv/(CP)^2$	Áreas relativas maiores da pélvica são encontradas em peixes bentônicos e áreas relativas menores em peixes pelágicos (BREDA, 2005).
<b>22. Razão-aspecto da nadadeira pélvica</b>	$RAPv = (CPv)^2/APv$	Os maiores valores da razão-aspecto da nadadeira pélvica são encontrados em peixes pelágicos e estão relacionados à capacidade de equilíbrio. Os valores mais baixos estão associados aos peixes que preferem habitats rochosos para função de apoio do corpo ao substrato (GATZ JR., 1979).

Fonte: Oliveira et al. (2010), adaptado de Castro (2022)

A ecologia trófica foi analisada por meio da avaliação do conteúdo estomacal dos indivíduos, que foram eviscerados com o auxílio de tesouras cirúrgicas, agulhas e alfinetes entomológicos para a separação dos estômagos e intestinos. O trato digestório de *Psalidodon paranae* foi medido em comprimento, aferido em biomassa utilizando uma balança analítica (Mettler Toledo ML - 204) e analisado a partir do conteúdo presente no primeiro terço do trato digestório (incluindo parte do esôfago, estômago e parte do intestino). As quantidades e os volumes relativos dos itens alimentares foram determinados com o auxílio de estereomicroscópio (EduTec modelo 505ZB) e microscópio óptico (Nova modelo 106 Binocular). Os recursos alimentares foram identificados até a menor categoria taxonômica possível, utilizando literatura especializada como referência (KOSTE, 1978; PÉREZ, 1998; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; COSTA, 2006; SIEMENSMA, 2014).

#### 4.6 Análise de dados

Para a análise dos dados do presente estudo, foram utilizadas abordagens estatísticas multivariadas robustas, que possibilitam explorar as relações entre as variáveis ambientais, morfológicas e tróficas da espécie *Psalidodon paranae*, coletadas em riachos submetidos a diferentes graus de antropização. As análises foram desenvolvidas por meio do software RStudio (versão 4.3), que é uma ferramenta amplamente utilizada em estudos ecológicos.

Inicialmente, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) sobre as variáveis físico-químicas da água, com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados e identificar os principais gradientes ambientais que distinguem os riachos Cambé, Cafezal e Taquara. A PCA é uma técnica de ordenação não supervisionada que transforma um conjunto de variáveis possivelmente correlacionadas em um novo conjunto de variáveis ortogonais denominadas componentes principais. Cada componente principal explica uma proporção da variabilidade total dos dados, permitindo a identificação dos eixos que melhor representam as diferenças ambientais entre os locais. Este método é especialmente útil quando se busca resumir a informação contida em múltiplas variáveis ambientais, simplificando a visualização dos padrões de similaridade e dissimilaridade entre os ambientes amostrados. Para a execução dessa análise, foram considerados parâmetros físico-químicos da água, como pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, temperatura da água, além de características morfométricas dos riachos, como largura e profundidade média do canal. Contudo, alguns índices ecomorfológicos foram excluídos da matriz ambiental utilizada na PCA, visto que apresentaram baixa contribuição para a variância total dos dados ou alta colinearidade, o que poderia gerar redundância nas interpretações. Entre os índices excluídos estão ARO, IP, ARD, ARC, RAC, ARA, RAA, ARPt, RAPt, ARPv e RAPv.

Para avaliar as diferenças na composição da dieta de *Psalidodon paranae* entre os riachos, foi empregada a Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA). Esta análise é baseada na construção de matrizes de dissimilaridade, sendo a distância de Bray-Curtis utilizada como medida de dissimilaridade na composição dos itens alimentares. A PERMANOVA testa a hipótese nula de que não há diferenças na composição da dieta entre os grupos definidos, neste caso, os diferentes riachos, e permite avaliar se as comunidades

alimentares diferem significativamente entre ambientes com diferentes características. A robustez deste teste decorre do fato de não assumir pressupostos de normalidade dos dados, sendo adequado para dados ecológicos, que frequentemente violam tais pressupostos. A partir da PERMANOVA, é possível identificar se as diferenças nos padrões alimentares observados são estatisticamente significativas, o que auxilia na compreensão de como a disponibilidade e exploração dos recursos alimentares varia de acordo com os gradientes de impacto ambiental.

Complementarmente, foi aplicada a Análise de Dispersão Multivariada (PERMDISP), que avalia se as diferenças detectadas na PERMANOVA resultam de variações na dispersão dos dados dentro dos grupos, ou seja, na amplitude de nicho trófico, e não apenas em diferenças na composição média dos centroides dos grupos. A PERMDISP funciona de forma análoga a um teste de homogeneidade de variâncias em dados multivariados, permitindo verificar se os grupos possuem variâncias similares em termos de composição da dieta.

Essa análise é especialmente útil em estudos tróficos, pois a variabilidade interna nos dados de dieta pode ser interpretada como uma estimativa da amplitude de nicho. Um grupo com maior dispersão em relação ao seu centroide, por exemplo, tende a explorar uma variedade mais ampla de recursos alimentares, refletindo uma dieta mais diversificada (ZACCARELLI *et al.*, 2013). Já grupos com menor dispersão indicam especialização ou limitação nos recursos utilizados.

A utilização da PERMDISP como medida de amplitude de nicho tem sido adotada em estudos recentes de ecologia trófica funcional, como forma de quantificar a heterogeneidade intra-populacional no uso dos recursos, representando uma alternativa robusta às medidas tradicionais unidimensionais de amplitude de nicho, como os índices de Levins ou Shannon (PEREIRA *et al.*, 2017; LAYMAN *et al.*, 2007).

Por fim, para investigar como os padrões ecomorfológicos e tróficos da espécie são influenciados pelos gradientes ambientais, foi realizada uma Análise de Redundância (RDA). A RDA é uma técnica de ordenação linear que combina regressão múltipla e análise de componentes principais, permitindo avaliar como um conjunto de variáveis dependentes é explicado por um conjunto de variáveis independentes. Neste estudo, as variáveis dependentes foram compostas pelos índices ecomorfológicos dos indivíduos e pela composição alimentar representada pelos Índices de Importância Relativa (IRI) dos itens consumidos. As variáveis independentes foram as variáveis físico-químicas e morfométricas dos riachos. A RDA

permite quantificar a proporção da variabilidade nos dados morfológicos e tróficos que pode ser atribuída às variáveis ambientais, bem como identificar quais variáveis possuem maior influência sobre os padrões observados. A escolha pela utilização da RDA foi fundamentada na suposição de relações lineares entre os dados, o que foi confirmado previamente por meio da inspeção dos gradientes ambientais na PCA, os quais indicaram a presença de gradientes curtos. Essa análise é fundamental, pois possibilita compreender de que forma os impactos ambientais, decorrentes dos diferentes usos e ocupações do solo nas bacias dos riachos, moldam simultaneamente a morfologia funcional e os padrões de exploração alimentar da espécie *Psalidodon paranae*. Este conjunto de análises estatísticas, quando integrado, permite avaliar de maneira robusta como a ecomorfologia e a dieta da espécie respondem às variações ambientais, fornecendo importantes subsídios para a compreensão dos processos ecológicos que estruturam as populações de peixes em ambientes lóticos impactados.

A seleção das análises estatísticas aplicadas neste estudo deve-se à sua ampla utilização e robustez na interpretação de dados ecológicos multivariados, que frequentemente apresentam estruturas complexas e não seguem distribuições paramétricas (LEGENDRE & LEGENDRE, 2012; CLARKE & WARWICK, 2001). A PERMANOVA e a PERMDISP são métodos baseados em matrizes de dissimilaridade, apropriados para testar diferenças na composição de dietas e na dispersão dos dados entre grupos, sendo particularmente eficazes em estudos que envolvem dados biológicos com alta variabilidade natural (Anderson, 2001; Anderson, 2006). Complementarmente, a Análise de Componentes Principais (PCA) e a Análise de Redundância (RDA) são métodos amplamente empregados na ecologia funcional, permitindo explorar padrões de correlação entre variáveis e identificar os principais gradientes ambientais que moldam as respostas morfológicas e tróficas dos organismos (Borcard, Gillet & Legendre, 2011). A combinação dessas abordagens fornece uma estrutura analítica robusta e eficaz para interpretar como os gradientes ambientais, os atributos funcionais e a disponibilidade de recursos influenciam a ecologia trófica e ecomorfológica das populações avaliadas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de variáveis limnológicas

A análise das variáveis limnológicas entre os três riachos revelou padrões ambientais distintos que refletem diferentes graus de antropização (tabela 2). O Ribeirão Cambé apresentou os maiores valores médios de pH ( $7,6 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $450,3 \pm 30,5 \mu\text{S/cm}$ ) e turbidez ( $21,2 \pm 2,5 \text{ NTU}$ ), indicando um ambiente impactado por atividades urbanas, como o aumento da impermeabilização do solo e o aporte de efluentes domésticos, o que favorece a elevação da carga iônica e da matéria particulada na água (CALLISTO *et al.*, 2001; BUOSI *et al.*, 2010).

O Ribeirão Cafezal, por sua vez, apresentou o maior valor de oxigênio dissolvido ( $8,4 \pm 0,5 \text{ mg/L}$ ), evidenciando melhores condições ambientais e presença de vegetação ripária mais estruturada, que contribui com sombreamento e aumento da taxa de oxigenação (ALLAN; CASTILLO, 2007).

Já o Ribeirão Taquara, de característica mais rural, apresentou os menores valores de condutividade elétrica ( $320,8 \pm 25,7 \mu\text{S/cm}$ ) e temperatura ( $19,7 \pm 0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ), o que pode estar associado à maior cobertura vegetal e à menor pressão antrópica na bacia, conferindo maior estabilidade térmica e menor carga de solutos dissolvidos (SANTOS; RODRIGUES; GOMES, 2020). Esses resultados ajudam a compreender a estrutura ecológica dos ambientes estudados, servindo como base para interpretar os padrões tróficos e ecomorfológicos observados em *Psalidodon paranae*.

**Tabela 2 - Médias e desvios padrão das variáveis limnológicas dos Ribeirões Cambé, Cafezal e Taquara, analisadas durante o período de amostragem.**

Variáveis	Cambé -	Cambé -	Cafezal -	Cafezal -	Taquara -	Taquara -
	Média	D.P.	Média	D.P.	Média	D.P.
PH	7,6	0,2	6,8	0,3	6,9	0,2
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	450,3	30,5	370,1	28,4	320,8	25,7
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,8	0,6	8,4	0,5	8,1	0,4
Temperatura da Água ( $^\circ\text{C}$ )	23,1	1,0	20,3	0,8	19,7	0,7
Turbidez (NTU)	21,2	2,5	18,6	1,9	17,5	1,7

Fonte: Autoria Própria

## 5.2 Análise da dieta

Antes de iniciar as análises de composição alimentar e ecomorfologia, foram avaliados os dados biométricos dos indivíduos de *Psalidodon paranae* capturados em cada um dos riachos, como uma forma de contextualizar as possíveis variações morfológicas e tróficas entre os ambientes. No Ribeirão Cambé, os peixes apresentaram um peso médio de 3,24 g ( $\pm$  3,13) e comprimento médio de 44,44 mm ( $\pm$  16,29). No Ribeirão Cafezal, observou-se o maior porte médio entre os indivíduos, com peso médio de 7,34 g ( $\pm$  3,71) e comprimento de 63,77 mm ( $\pm$  16,32). Já no Ribeirão Taquara, os espécimes apresentaram peso médio de 1,79 g ( $\pm$  1,89) e comprimento de 38,17 mm ( $\pm$  14,16). Esses dados iniciais indicam variações morfométricas entre as populações dos diferentes riachos, possivelmente relacionadas às condições ambientais locais, disponibilidade de alimento e densidade populacional, e fornecem subsídios para a interpretação das análises subsequentes.

A análise de PERMANOVA rejeitou a hipótese nula de ausência de variação na composição alimentar de *Psalidodon paranae* entre os entre os Ribeirões Cambé, Cafezal e Taquara, (Pseudo-F = 2,35 com significância estatística  $p = 0,001$ ), indicando que há diferenças significativas na dieta da espécie entre os Ribeirões avaliados. Por outro lado quando comparados separadamente houve diferença significativa também entre os Ribeirões Cambé x Cafezal e Cambé x Taquara, somente não havendo diferença significativa entre os Ribeirões Cafezal x Taquara (Tabela 3)

**Tabela 3 - Resultado da PERMANOVA aplicada à alimentação de *Psalidodon paranae* nos Ribeirões Cambé, Cafezal e Taquara.**

Fatores	Pseudo-F	p<
Cambé x Cafezal	2,0065	0,01
Cambé x Taquara	3,2592	0,001
Cafezal x Taquara	1,5349	0,10
Cambé x Cafezal x Taquara	0,763	0,03

**Fonte: Autoria Própria**

Por outro lado, a análise de dispersão multivariada (PERMDISP), que testa se as diferenças encontradas podem ser atribuídas à heterogeneidade na variabilidade dentro dos grupos, e, portanto, à amplitude de nicho, indicou ausência de diferença

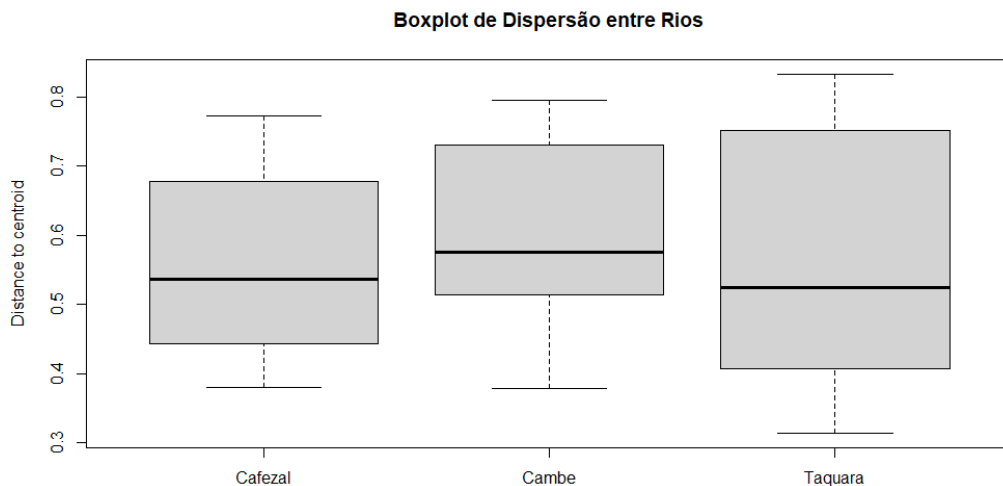
significativa entre os Ribeirões Cambé, Cafezal e Taquara (pseudo-F = 0,763;  $p = 0,46$ ), bem com também nas interações entre Ribeirões Cambé x Cafezal, Ribeirões Cambé x Taquara e Cafezal x Taquara (Tabela 4). Isso sugere que as diferenças detectadas na PERMANOVA não foram causadas por variação na dispersão dos dados (amplitude de nicho alimentar), mas sim por diferenças reais na composição da dieta entre os ambientes.

**Tabela 4 - Resultado da PERMDISP aplicada à alimentação de *Psalidodon paranae* nos Ribeirões Cambé, Cafezal e Taquara.**

Fatores	Pseudo-F	p<
Cambé x Cafezal	1,1779	0,28
Cambé x Taquara	1,2716	0,26
Cafezal x Taquara	1e-04	0,99
Cambé x Cafezal x Taquara	0,763	0,46

Fonte: Autoria Própria

**Figura 4 - Resultado em Boxplot da PERMDISP aplicada à alimentação de *Psalidodon paranae* nos Ribeirões Cambé, Cafezal e Taquara.**

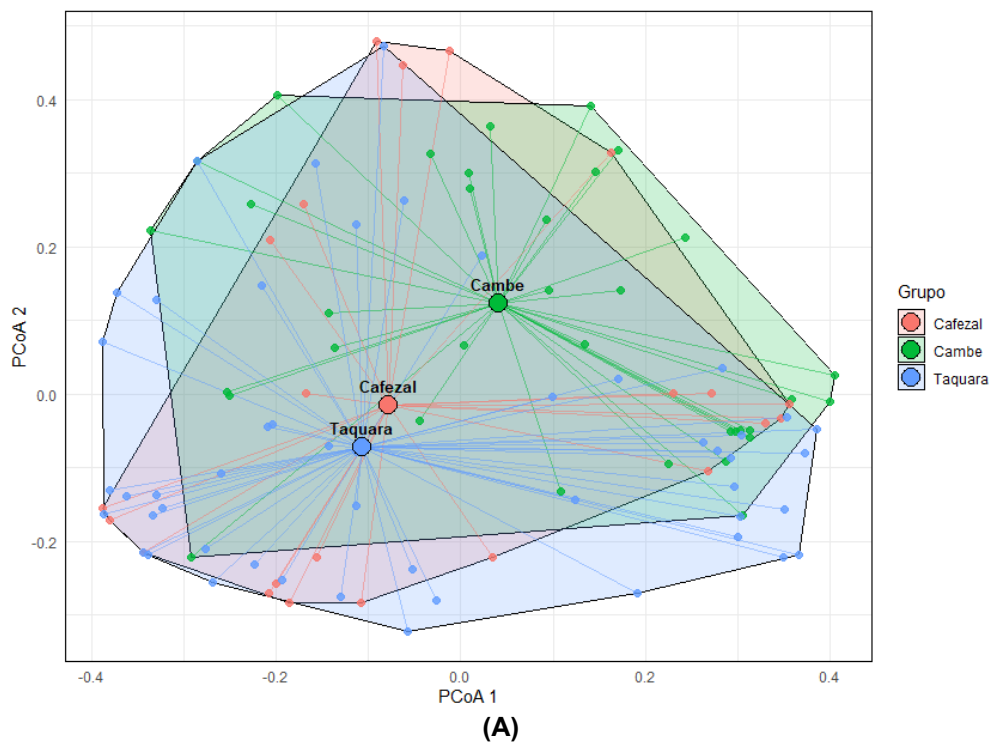


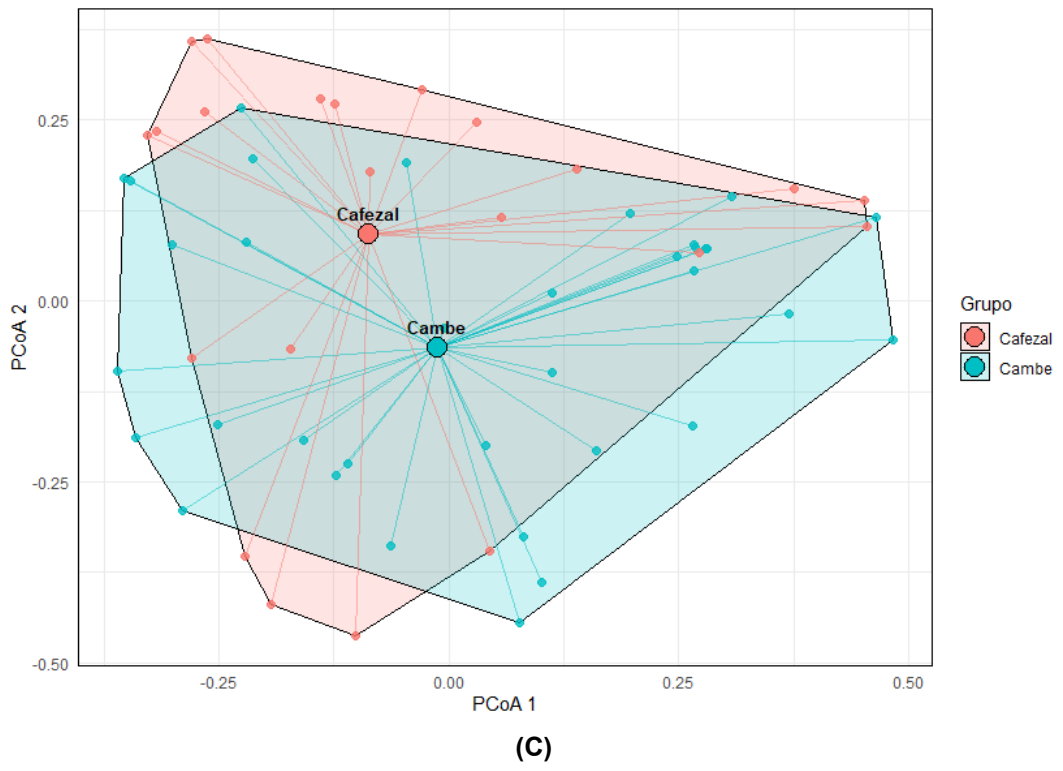
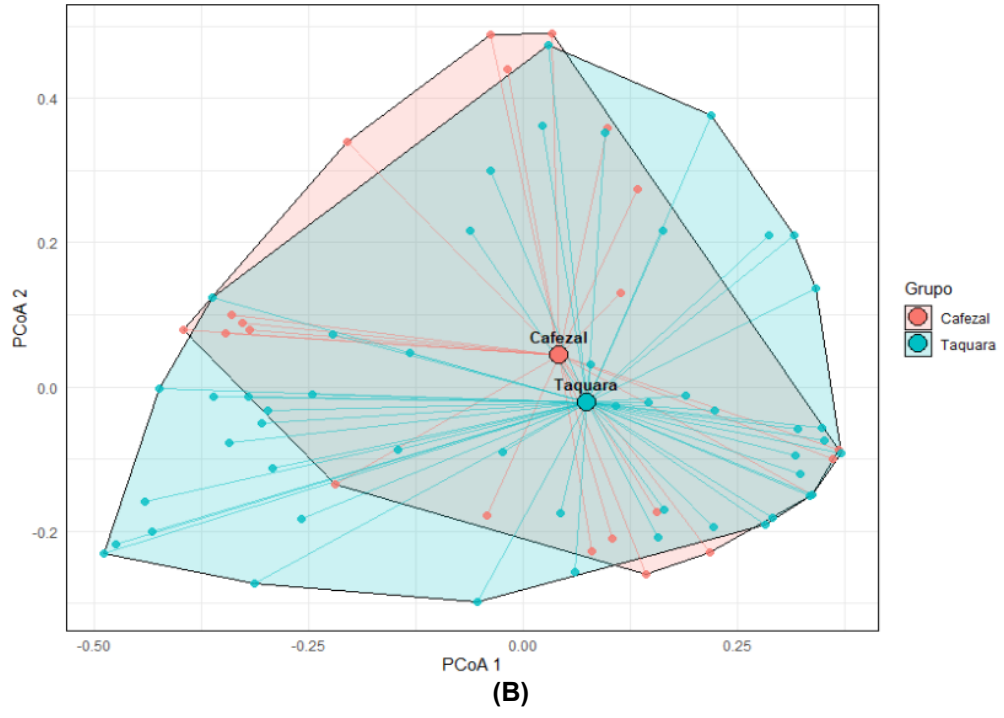
Fonte: Autoria Própria

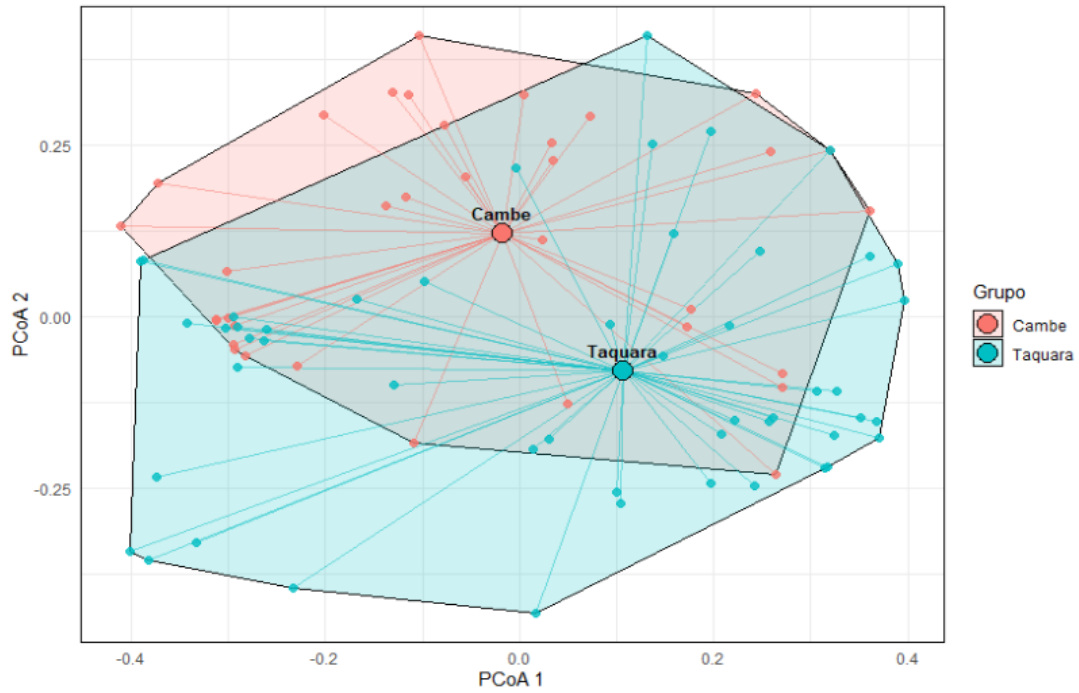
Neste contexto, podemos observar que houve separação entre os grupos de acordo com a PERMANOVA, os indivíduos de cada rio se agrupam de forma parcialmente distinta, com polígonos convexos coloridos representando os limites da variação em cada grupo, indicando variação significativa na composição da dieta entre os rios. Iniciando com o Cambé com maior dispersão dos pontos, e os Ribeirões Cafezal e Taquara revelando-se mais próximos, apresentando maior similaridade.

Por outro lado, a PERMIDISP mostrou que a dispersão dentro dos grupos foi não significativa, as linhas conectando os pontos aos centroides indicam a distância de cada indivíduo ao centroide do seu grupo, podemos observar (Figura 4) que a dispersão é homogênea ( $p = 0.46$ ), ou seja, os nichos tróficos possuem amplitudes similares entre os rios. Isso significa que, embora a composição da dieta mude entre rios, a variação interna de dieta dentro de cada rio é parecida. Dessa forma, a proximidade entre os centroides (Figura 5), que estão razoavelmente próximos indica que as diferenças não são significativas. Contudo o centroide do Cambé está mais deslocado, sinal de que Cambé tem uma dieta um pouco distinta do Cafezal e Taquara.

**Figura 5 - Gráfico representando as interações entre a dispersão da dieta de *Psalidodon paranae* entre os Ribeirões Cambé, Cafezal e Taquara (A), entre os Ribeirões Cafezal e Taquara (B), entre os Ribeirões Cambé e Cafezal (C) e Ribeirões Cambé e Taquara (D) com base em uma análise PCoA (análise de coordenadas principais) usando a distância de Bray-Curtis.**







(D)

Fonte: Autoria Própria

**Tabela 5 - Índices de frequência de ocorrência (FO), frequência numérica (FN), frequência volumétrica (FV) e índice de importância relativa (IRI) dos itens alimentares de *Psalidodon paranae* nos três ribeirões**

Recursos Alimentares	Cambé				Cafezal				Taquara			
	FO	FN	FV	IRI	FO	FN	FV	IRI	FO	FN	FV	IRI
<b>ALGAS</b>												
Algas	7.32	3.7	9.04	93.27	3.85	1.01	0.09	4.22	5.88	5.58	0.16	33.78
<b>ZOOPLÂNCTON</b>												
Copepoda (Harpaeticoida)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	1.05	2.54
<b>FITOPLÂNCTON</b>												
Phormidium sp	2.44	22.22	1.46	57.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>ANELÍDEO</b>												
Hirudinea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	0.96	2.35
<b>ROTIFERAF</b>												
Rotífera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.97	0.64	3.15
<b>NEMATODAF</b>												
Nematoda	9.76	4.07	0.73	46.86	0.0	0.0	0.0	0.0	3.92	1.21	0.13	5.27
<b>ARTHROPODAF</b>												
Aranae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	1.28	2.98
Ortoptera	2.44	0.37	7.29	18.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hemiptera	7.32	1.11	1.61	19.92	7.69	8.08	1.73	75.48	3.92	0.49	1.12	6.28
Plecoptera	0.0	0.0	0.0	0.0	7.69	2.02	1.9	30.19	0.0	0.0	0.0	0.0
Plecoptera (Gripopterygidae)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	0.16	0.79
Plecop. Perli.	2.44	0.37	0.36	1.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Odonata	31.71	7.41	8.39	500.81	19.23	10.1	12.12	427.33	23.53	5.1	4.66	229.5
Larva Odonata	9.76	4.81	1.82	64.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hymenoptera	12.2	2.59	8.97	141.02	3.85	1.01	0.43	5.55	19.61	5.58	6.63	239.55
Lepdoptera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	0.03	0.54
Chymnoptera	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	0.03	0.54
Chironomidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.73	0.06	1.55
Culicidae	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	1.59	3.6
<b>HEXAPODA SC</b>												
Larva Elmidae	2.44	1.85	0.36	5.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coleoptera	2.44	0.37	1.82	5.35	11.54	5.05	1.9	80.25	33.33	17.72	8.02	858.02
Larva Coleoptera	7.32	2.22	1.02	23.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diptera	2.44	0.37	0.07	1.08	11.54	16.16	3.55	227.44	3.92	0.49	0.02	1.97

Larva Diptera	4.88	2.22	0.95	15.47	0.0	0.0	0.0	0.0	5.88	1.46	0.35	10.63
Ephemeroptera	2.44	0.74	1.46	5.36	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	2.91	1.56	43.88
Casulo	9.76	2.96	0.8	36.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Trichoptera												
Larva	14.63	14.07	4.38	270.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.73	4.13	1.5	77.25
Trichoptera												
Trichoptera	21.95	10.74	4.38	331.83	42.31	31.31	3.73	1482.65	35.29	28.88	8.58	1322.24
<b>PLANTAER</b>												
Restos vegetais	14.63	2.22	2.48	68.82	23.08	6.06	19.91	599.36	15.69	2.91	1.18	64.2
<b>CHORDATAF</b>												
Escama	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.96	0.24	2.07	4.54
Branquia	2.44	0.37	0.07	1.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Larva de Peixe	2.44	0.37	0.36	1.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Restos animais	65.85	10.0	30.49	2666.17	69.23	18.18	54.45	5028.64	76.47	9.47	47.97	4392.26
Ovo Mosquito	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.92	8.98	1.82	42.35
<b>OUTROS</b>												
Detrito	21.95	3.33	10.14	295.71	3.85	1.01	0.17	4.55	11.76	1.46	8.42	116.2

Fonte: Autoria Própria

Os resultados do IRI para o Ribeirão Cambé evidenciam uma dieta dominada por itens autóctones, especialmente algas e fitoplâncton, além de organismos bentônicos associados ao perifíton. O destaque é para o alto valor de IRI das algas (93,27) e do gênero de cianobactérias *Phormidium* sp. (57,76), o que sugere uma intensa exploração de recursos fotossintetizantes presentes na coluna d'água e substratos. Além disso, itens como Nematoda (IRI = 46,86) e insetos aquáticos, como larvas de Odonata (64,76) e Trichoptera (331,83), complementam a dieta, indicando exploração do microbentos. O item com maior IRI foi "restos animais" (2666,17), representando fragmentos de animais não identificáveis, típico de ambientes urbanos, onde há alta disponibilidade de matéria orgânica particulada.

Esse padrão reflete as condições ambientais do Ribeirão Cambé, onde a urbanização reduz a cobertura ripária e aumenta o aporte de nutrientes, favorecendo o crescimento de algas e perifíton. A análise de PERMANOVA já havia demonstrado que o Cambé apresenta uma composição alimentar significativamente distinta dos outros riachos, o que é corroborado pelos resultados do IRI. Apesar disso, a PERMDISP mostrou que a amplitude de nicho é semelhante, o que reforça que a espécie mantém seu padrão generalista, mas ajusta a composição da dieta conforme a disponibilidade local. A RDA também destacou que os indivíduos do Cambé estão associados a maiores valores de pH e consumo de recursos autóctones, como fitoplâncton e insetos aquáticos.

A dieta de *Psalidodon paranae* no Ribeirão Cafezal revelou maior exploração de recursos alóctones e bentônicos. Os itens com maiores valores de IRI foram "restos animais" (5028,64), Trichoptera (1482,65) e restos vegetais (599,36). A elevada presença de insetos aquáticos, como Odonata (427,33), Diptera (227,44) e Coleoptera (80,25), demonstra que o ambiente oferece condições favoráveis ao desenvolvimento

de macroinvertebrados aquáticos, muitos deles associados a substratos estruturados e boa qualidade ambiental.

O baixo consumo de algas (IRI = 4,22) reflete a maior integridade da vegetação ripária, que limita a incidência de luz e, conseqüentemente, a proliferação de perifíton. A análise de PERMANOVA já havia indicado que Cafezal não difere significativamente de Taquara, o que também é evidenciado pela similaridade na composição trófica observada no IRI. A RDA mostrou que os indivíduos do Cafezal estão associados a maiores valores de oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade, o que sugere ambientes bem oxigenados e com maior complexidade de microhabitats.

A dieta no Ribeirão Taquara apresenta características bastante similares às observadas no Cafezal, mas com alguns destaques. “Restos animais” (4392,26) e Trichoptera (1322,24) dominaram amplamente a dieta, seguidos de Coleoptera (858,02), Hymenoptera (239,55) e Odonata (229,5). Esses resultados evidenciam a forte dependência de recursos de origem alóctone e de insetos associados à vegetação e substratos aquáticos.

O consumo de algas foi moderado (IRI = 33,78), maior que no Cafezal, mas ainda bem inferior ao Cambé, o que indica que, apesar de haver produção primária disponível, os indivíduos priorizam o consumo de itens de maior valor energético, como macroinvertebrados e matéria orgânica animal. Assim como no Cafezal, a PERMANOVA mostrou que o Taquara não difere significativamente do Cafezal, e a RDA apontou associação desses indivíduos com maiores valores de turbidez, condutividade e temperatura, além da exploração de itens bentônicos e terrestres.

De forma geral, os resultados do IRI mostram claramente os efeitos dos gradientes de antropização sobre a dieta de *Psalidodon paranae*. O Ribeirão Cambé, ambiente mais impactado, apresentou uma dieta fortemente baseada em recursos autóctones, principalmente algas, perifíton e fitoplâncton, o que é coerente com a perda da vegetação ripária e o aumento do aporte de nutrientes. Esse padrão foi reforçado pelos resultados da PERMANOVA, que indicou diferenças significativas na composição alimentar do Cambé em relação aos outros dois riachos, e pela RDA, que mostrou forte associação dos indivíduos deste riacho a variáveis como pH e exploração de fitoplâncton e insetos aquáticos.

Além disso, a análise das classes de tamanho dos indivíduos revelou que, no Ribeirão Taquara, a média de comprimento padrão foi de 38,17 mm ( $\pm$  14,16), e no Cambé, 44,44 mm ( $\pm$  16,29), o que sugere a presença de indivíduos juvenis, sobretudo

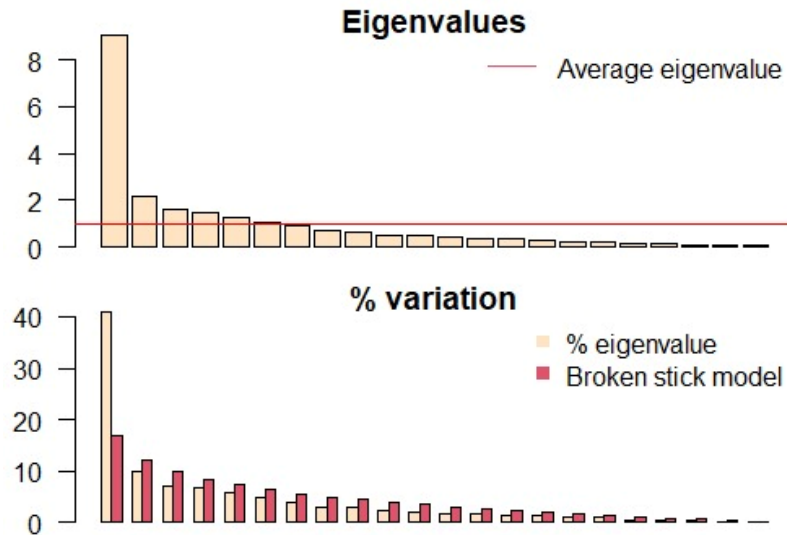
em Taquara. De acordo com Vazzoler (1996), o tamanho mínimo de primeira maturação gonadal para indivíduos do gênero *Astyanax* está estimado em torno de 44 mm. Portanto, parte dos indivíduos amostrados pode ainda não ter atingido a maturidade sexual, o que deve ser considerado na interpretação dos padrões tróficos e ecomorfológicos observados.

Os padrões alimentares observados neste estudo corroboram resultados encontrados por Abelha *et al.* (2001) e Mazzoni *et al.* (2010), que destacam o caráter oportunista e generalista de *Astyanax spp.*, sendo capazes de ajustar sua dieta conforme a disponibilidade de recursos no ambiente. Essa plasticidade alimentar permite à espécie explorar tanto recursos autóctones quanto alóctones, o que também foi observado por Casatti *et al.* (2009) em riachos com diferentes níveis de degradação. O elevado consumo de restos animais e insetos aquáticos nos ambientes mais preservados, como Cafezal e Taquara, reforça a importância da estrutura ripária na manutenção da diversidade trófica, conforme destacado por Esteves & Aranha (1999).

### **5.3 Análise Ecomorfológica**

A Análise de Componentes Principais (PCA) aplicada aos índices ecomorfológicos de *Psalidodon paranae* revelou que apenas o primeiro eixo foi significativo, com valor de 41,01%, superando o valor do modelo Broken Stick (16,77%), o que justifica sua interpretação (Figura 6). Este eixo foi responsável por captar os principais gradientes de variação morfológica entre os indivíduos dos três riachos analisados. O segundo eixo explicou 12% da variação, mas não foi significativo.

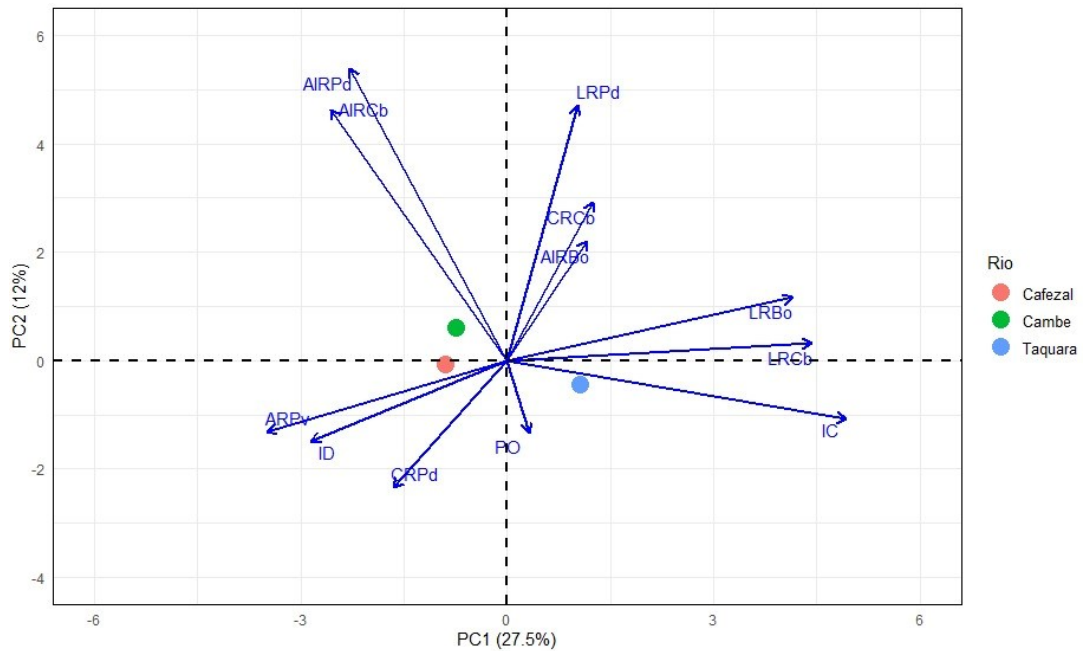
**Figura 6 - Gráfico do modelo Broken Stick indicando a significância dos eixos da PCA aplicada aos índices ecomorfológicos de *Psalidodon paranae* nos riachos Cambé, Cafezal e Taquara.**



Fonte: Autoria Própria

O ordplot da PCA evidencia que não há uma separação morfológica marcante entre os indivíduos dos riachos Cafezal, Cambé e Taquara, os quais se sobrepõem amplamente no espaço multivariado, indicando grande similaridade e ausência de diferenciação clara nas características ecomorfológicas entre os ambientes (Figura 7). Isso sugere que, apesar dos diferentes graus de antropização, a espécie mantém um padrão ecomorfológico generalista, com baixa especialização morfológica entre os ambientes avaliados.

**Figura 7- Análise de Componentes Principais (PCA) dos índices ecomorfológicos de *Psalidodon paranae* nos riachos Cambé (verde), Cafezal (vermelho) e Taquara (azul).**



**Fonte: Autoria Própria**

Entre as variáveis que mais contribuíram para o primeiro eixo estão a largura relativa da boca (LRBo) e da cabeça (LRCb), além do índice de compressão (IC) e da razão aspecto da nadadeira pélvica (RAPv). Esses atributos indicam ajustes morfológicos relacionados ao modo de locomoção, estabilidade e captura de presas, mas sua distribuição homogênea nos três riachos sugere que esses traços são conservados, mesmo diante de diferentes pressões ambientais.

Esse resultado corrobora as evidências encontradas na análise da dieta e na RDA, indicando que a plasticidade trófica não está necessariamente associada a alterações morfológicas expressivas, e que *Psalidodon paranae* mantém uma morfologia funcional capaz de explorar diferentes recursos, independentemente do grau de conservação dos habitats.

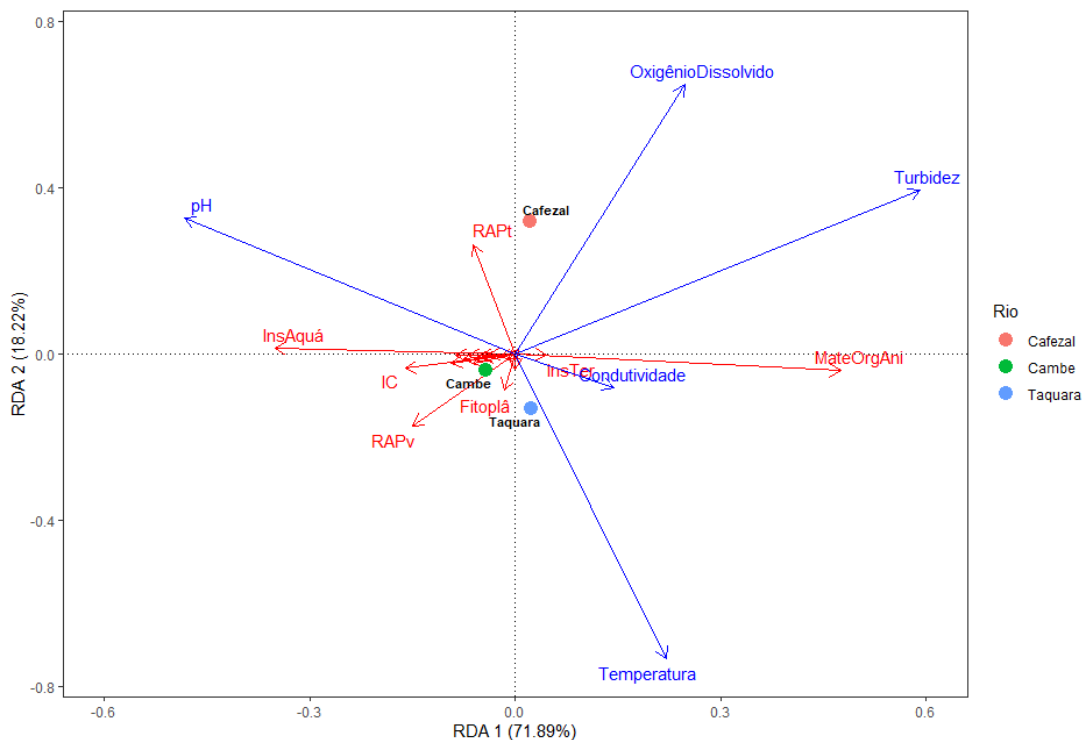
A ausência de diferenciação morfológica significativa entre os riachos avaliada pela PCA vai ao encontro do que foi proposto por Oliveira *et al.* (2010), que também não encontraram variações expressivas nos índices ecomorfológicos de *Astyanax spp.* em bacias com distintos usos do solo. Esses resultados sugerem que os atributos morfológicos dessa espécie são conservados mesmo em ambientes com diferentes pressões antrópicas, evidenciando sua elevada plasticidade funcional. Por outro lado, Casatti & Castro (2006) argumentam que, em alguns casos, pressões ambientais

prolongadas podem levar à seleção de traços morfológicos específicos, o que não foi observado neste estudo, provavelmente em função da resiliência ecológica da espécie.

#### 5.4 Relação das variáveis ambientais com a dieta e ecomorfologia

Foram verificados efeitos das variáveis limnológicas, sobre os padrões ecomorfológicos e tróficos de *Psalidodon paranae* entre os três Ribeirões, a Análise de Redundância rejeitou a hipótese nula, havendo destaque para o eixo 1 (ANOVA:  $F_{\text{geral}}=1,73$ ;  $p=0,047$ ;  $F_{\text{eixo1}}=6,23$ ;  $p=0,042$ ;  $F_{\text{eixo2}}=1,58$ ;  $p=0,78$ ; Figura 8). O primeiro e segundo eixos da RDA revelaram, respectivamente, 71,89% e 18,22% de explicação da variabilidade dos dados, com autovalores iguais a 0,002 e 0,0005, e proporção acumulada de 0.71 e 0.90.

**Figura 8 - Análise de Redundância aplicada às variáveis ambientais: físicas e químicas da água e índices ecomorfológicos e recursos alimentares.**



Fonte: Autoria Própria

O primeiro eixo da RDA separou os indivíduos do Ribeirão Cafezal e Taquara, um Ribeirão peri-urbano e outro rural, com escores mais positivos. A ocorrência

desses indivíduos se revelou fortemente associada as variáveis limnológicas com altos valores de condutividade, temperatura turbidez oxigênio dissolvido. Os peixes desses Ribeirões associaram-se com a exploração por recursos alimentares como matéria orgânica animal (restos de inseto) e insetos terrestres. Com escores mais negativos para o primeiro eixo da RDA segregaram-se os indivíduos do Ribeirão Cambé, os quais se mostraram mais associados a valores de pH maiores. Esses indivíduos se mostraram com maiores razões-aspecto da nadadeira pélvica e peitoral, bem como o índice de compressão, as quais se revelaram mais relacionadas à exploração dos recursos alimentares insetos aquáticos e fitoplâncton.

Por outro lado, o eixo 2 da RDA separou os Ribeirões Cambé e Taquara com escores mais negativos, apresentando corpos com maiores razões aspecto da pélvica e índice de compressão, explorando mais algas e insetos terrestres, demonstrando maior correlação com altos valores condutividade elétrica e temperatura da água. Com escores mais positivos para o segundo eixo, separou o Ribeirão Cafezal, associado com maiores razões aspecto da nadadeira peitoral, explorando recursos alimentares como insetos aquáticos, associadas a maiores valores de pH, oxigênio dissolvido e turbidez.

Por outro lado, os Ribeirões Cafezal e Taquara, com características ambientais mais preservadas, demonstraram uma dieta dominada por macroinvertebrados aquáticos, insetos terrestres e restos animais, indicando uma maior dependência de recursos alóctones e de habitats com boa qualidade estrutural. A semelhança na dieta entre Cafezal e Taquara, corroborada tanto pelo IRI quanto pela PERMANOVA ( $p = 0,10$ , não significativa), reflete a integridade relativa desses ambientes.

A análise PERMDISP, que apontou ausência de diferença na amplitude de nicho entre os riachos, sugere que a espécie mantém seu comportamento generalista, com capacidade de explorar eficientemente os recursos disponíveis, mesmo frente a diferentes graus de impacto ambiental. Por sua vez, a PCoA evidenciou uma maior dispersão dos indivíduos do Cambé, refletindo a maior heterogeneidade dos itens consumidos neste ambiente, possivelmente relacionada à variabilidade dos impactos urbanos.

Por fim, a RDA sintetizou esses padrões, mostrando que os gradientes ambientais, especialmente aqueles relacionados à qualidade da água (como pH, oxigênio, turbidez e condutividade), são determinantes na modulação da dieta e dos

atributos ecomorfológicos da espécie, reforçando o papel dos ambientes menos impactados na manutenção da diversidade trófica e ecológica das populações de peixes.

## **6 CONCLUSÃO**

Os resultados deste estudo não corroboraram integralmente a hipótese de que *Psalidodon paranae* apresentaria variações tróficas e ecomorfológicas significativas em função do grau de antropização dos riachos. Embora tenham sido detectadas diferenças na composição da dieta entre os ambientes, não houve alteração na amplitude de nicho trófico nem diferenciação morfológica expressiva. Assim, os objetivos do trabalho foram atendidos ao demonstrar que a espécie mantém um padrão ecomorfológico funcional e uma dieta generalista, respondendo mais à disponibilidade local de recursos do que à intensidade dos impactos ambientais. A alta plasticidade observada reforça o caráter resiliente da espécie, embora sua presença em ambientes degradados não deva ser interpretada como ausência de efeitos ecológicos.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Yullia Kaory Shimizu. Estrutura trófica de peixes de riachos da Mata Atlântica: da floresta à cidade, de insetos a detritos. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, XIV, 2025, Campina Grande. Anais [...]. Campina Grande: Realize Editora, 2025.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. *Stream ecology: structure and function of running waters*. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2007. 436 p.
- ANADÓN-CLARK, Marta; ALBERT, James S.; PIRES, Thais H. S.; OLIVEIRA, Claudio. Morphological–dietary correlations in freshwater fish across environmental gradients. *Freshwater Biology*, v. 66, p. 1682–1697, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/fwb.13787>.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>.
- ANDERSON, M. J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics*, v. 62, n. 1, p. 245–253, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>.
- ARAÚJO, Jéssica Camilla da Silva Vieira de. Ecomorfologia trófica de peixes bioindicadores de riachos submetidos a diferentes graus de antropização. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2020.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- ANDERSON, M. J. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics*, v. 62, n. 1, p. 245–253, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>
- BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. *Numerical Ecology with R*. New York: Springer, 2011. 306 p.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. *Manual de coleta de amostras de água e efluentes líquidos*. 2. ed. Brasília: ANA, 2011. 82 p. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: jun. 2025.
- BOWEN, S. H. Quantitative description of the diet. In: STRAND, R. O.; HAMRE, J. (ed.). *The feeding of fishes*. Oslo: Wiley, 1996.
- BUOSI, P. R. B. et al. Avaliação da qualidade da água e da mata ciliar em um trecho urbano do córrego Água das Pedras, Londrina – PR. *Ambiência*, v. 6, n. 2, p. 375–390, 2010.

- CALLISTO, M. et al. Diversity of benthic macroinvertebrates as a tool for assessing the environmental quality of tropical reservoirs in southeastern Brazil. *Hydrobiologia*, v. 457, p. 89–98, 2001.
- CASATTI, Lilian; FERREIRA, Caroline Paula; CARAMASCHI, Érica P. Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 3, p. 445–458, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000300006>.
- CASATTI, Lilian; LANGEANI, Francisco; FERREIRA, Carolina Paula. Diet and ecomorphology of fish assemblages in streams of southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 4, n. 2, p. 203–208, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-62252006000200011>.
- CASATTI, Lilian; et al. Diet and ecomorphology of predator fish species in neotropical streams. *Biota Neotropica*, 2006.
- CHAVES, H. E.; et al. Transport and retention of sediments in Brazilian riparian wetlands. *Hydrobiologia*, 2008.
- CARDOSO, D. C.; SOUZA, F. K. S.; FREITAS, C. E. C. A ecomorfologia como ferramenta em estudos que abordam a alimentação e o uso de habitats por assembleias de peixes. *Scientia Amazonia*, v. 4, n. 2, p. 85-91, 2015
- CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2. ed. Plymouth: PRIMER-E, 2001. 172 p.
- CHEMOSPHERE. Effects of heavy metals on fish physiology – A review. *Chemosphere*, v. 300, p. 134519, 2022.
- CORRÊA, Fabiano. Estrutura trófica da assembleia de peixes numa área de banhado do Parque Nacional da Lagoa do Peixe (RS). 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2011.
- COSTA, Matheus Souza; SMITH, Welber Senteio. Population structure and natural diet of *Astyanax cf. paranae* Eigenmann 1914, a typical species of neotropical headwater streams. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 41, e45400, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciobiols.v41i1.45400>.
- DELARIVA, R. L. L.; HAHN, N. P. Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: o que estamos usando? *Revista Brasileira de Zoologia*, 2010.
- DELARIVA, R. L. L. *Métodos para avaliação da alimentação natural de peixes: protocolos e aplicações*. Porto Alegre: EDUFRGS, 2019.
- DIAS, A. E.; et al. Riparian wetlands of low-order streams in Brazil: extent, hydrology, vegetation cover, interactions with streams and uplands, and threats. *Hydrobiologia*, 2022.
- DOS SANTOS, M. G. R.; et al. The role of riparian vegetation in protecting and improving chemical water quality in streams. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 46, n. 3, p. 861–878, 2010.

ESTEVEES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

EINSTEIN, Albert. No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade. In: CALAPODI, Dan. *Albert Einstein: Frases, Reflexões e Pensamentos*. São Paulo: Ed. Martin Claret, 2004.

EIGENMANN, C. H. Some results from an ichthyological reconnaissance of Colombia, South America. *Indiana University Studies*, Bloomington, v. 20, p. 1–27, 1914.

FACHINELLI, N. P.; PEREIRA, A. O. Effects of restoration and conservation of riparian vegetation on sediment retention in a Brazilian watershed. *Journal of World Hydrology*, v. 4, n. 4, p. 40–52, 2023.

FERREIRA, Gabriel Fuzeto. Relação peso comprimento e fator de condição das espécies *Psalidodon paranae* [...] em três ribeirões submetidos a diferentes graus de conservação. 2017. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

FISHBASE. *Psalidodon paranae* (Eigenmann, 1914). FishBase. Disponível em: <https://www.fishbase.se>. Acesso em: 16 jun. 2025.

GREGORY, Stanley V.; SWANSON, Frederick J.; McKEE, W. Arthur; CUMMINS, Kenneth W. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, v. 41, n. 8, p. 540–551, 1991.

GREGORY, Stanley V.; et al. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, v. 41, n. 8, p. 540–551, 1991.

GREGORY, Stanley V.; et al. The role of riparian vegetation in protecting streams. *BioScience*, 1991.

HYSLOP, E. J. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, v. 17, n. 4, p. 411–429, 1980.

KLEIN, Kristen et al. Combined effects of urbanization and longitudinal disruptions in riparian and in-stream habitat on water quality of a prairie stream. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, v. 423, 2022.

LAYMAN, C. A. et al. Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure? *Ecology*, v. 88, n. 1, p. 42–48, 2007.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. 3rd ed. Amsterdam: Elsevier, 2012. 990 p.

LIAO, L. M. et al. Use of multiple indices to understand trophic dynamics in tropical rivers. *Hydrobiologia*, 2001.

LIPFERT, C. et al. Critical review of trophic ecology methods in fishes: application to stomach contents. *Marine Biology*, 1999.

LOUVERTON, A. R. *Padrões ontogênicos na ecomorfologia trófica de *Poecilia reticulata* Peters 1859 em um riacho urbano*. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Ambiental) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

LOWE-MCCONNELL, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP, 1999.

MAZZONI, Rosana; MORAES, Maíra; REZENDE, Carla F.; MIRANDA, Jean Carlos. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 113, e2023005, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2023005>.

MATTOS, Tamires M. C. de; SOUSA, Luciana M. de; CASATTI, Lilian. Morphological and trophic structures of fish assemblages in streams with different land uses. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 32, e14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X3219>.

MONTEIRO, P. R. R.; et al. Reduction of sediment yield by riparian vegetation recovery at distinct levels of soil erosion in a tropical watershed. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 45, n. 5, 2021.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 28, p. 621–658, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>

OLIVEIRA, Edson Fontes de; GOULART, Erivelto; BREDA, Luciani. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 27, n. 4, p. 371–381, 2005. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v27i4.1271>.

OLIVEIRA, T. R. de et al. Effects of urbanization and environmental heterogeneity on fish assemblages in small streams. *Neotropical Ichthyology*, 2023.

OTA, R. P.; MENEZES, N. A.; GARCIA, C.; RAPP PY-DANIEL, L. H.; MARGARIDO, V. P.; FORMAGGIO, A. R. Chave de identificação de espécies de peixes de riachos costeiros da Mata Atlântica. *Neotropical Ichthyology*, v. 16, n. 2, p. e180001, 2018. DOI: 10.1590/1982-0224-20180001.

PAUL, M. J.; MEYER, J. L. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 32, p. 333–365, 2001.

PEREIRA DA SILVA, E. et al. Genotoxic effect of heavy metals on *Astyanax lacustris* in an urban stream. *Heliyon*, v. 6, n. 9, e05034, 2020.

PEREIRA, L. S. et al. Trophic niche variation in four characid species in response to urbanization in Neotropical streams. *Environmental Biology of Fishes*, v. 100, p. 1471–1485, 2017.

PINKAS, L.; OLIPHANT, M. S.; IVERSON, I. L. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin*, v. 152, p. 1–105, 1971.

RAUTENBERG, Kathleen Angélica. Hábitos alimentares de *Astyanax paranae* em uma microbacia neotropical. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

- REZENDE, Rafael P.; et al. Effect of land-use types on the ecomorphological structure of fish assemblage in distinct mesohabitats of neotropical streams. *Biota Neotropica*, v. 21, e2021011, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2021-011>.
- SILVA, Lucas Macedo; OLIVEIRA, Edson Fontes de; CASTRO, Loueverton Antônio Rodrigues de. Ecologia trófica de *Psalidodon paranae* em riachos com diferentes graus de antropização. In: *Anais do XIV Seminário de Extensão e Inovação & XXIX Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR – SEI/SICITE*, Francisco Beltrão, 2024. ISBN 978-65-272-0788-7.
- SIBBR – Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira. *Psalidodon paranae* (Eigenmann, 1914). Disponível em: <https://sibbr.gov.br>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- SOUZA, Priscila Correa de Assis. Variação da ecomorfologia trófica de *Hypostomus ancistroides* em riachos ao longo do gradiente urbanização-agricultura. 2021. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.
- SANTOS, J. E.; RODRIGUES, C. S.; GOMES, L. C. Parâmetros limnológicos como indicadores de impactos antrópicos em ambientes aquáticos continentais. In: TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. (Orgs.). *Limnologia*. 3. ed. São Carlos: Oficina de Textos, 2020. p. 361–380.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar e a contribuição da ciência e tecnologia*. São Carlos: IEE/USP, 2017.
- VAZZOLER, A. E. A. M. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: EDUEM, 1996. p. 123-135.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2014.
- WALSH, C. J. et al. The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 24, n. 3, p. 706–723, 2005.
- WANTZEN, K. M.; MOL, J. H. Impacts of riparian deforestation on sediment mobilization and aquatic habitat degradation in the Central Amazon. *Hydrobiologia*, 2013.
- WOLFF, Luciano Lazzarini; OLIVEIRA, Edson Fontes de; LOBÓN-CERVIÁ, Javier. Linking fish ecomorphotypes to food categories and local scale habitat uses along a Brazilian coastal stream. *Ecology of Freshwater Fish*, v. 00, p. 1–14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/eff.1267>.
- ZACCARELLI, N. et al. Functional diversity and habitat use of freshwater fish: a test of the functional trait niche hypothesis using dietary data. *Ecological Indicators*, v. 25, p. 138–147, 2013.