UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - RIO CLARO

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOÃO VICTOR COLARES SANTINI

EFEITOS DA COMPETIÇÃO E DA PREDAÇÃO SOBRE A POSIÇÃO TRÓFICA DE POECILIA VIVIPARA (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE)

Rio Claro - SP
2026

JOÃO VICTOR COLARES SANTINI

EFEITOS DA COMPETIÇÃO E DA PREDAÇÃO SOBRE A POSIÇÃO TRÓFICA DE POECILIA VIVIPARA (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Márcio Silva Araújo

Rio Claro - SP
2026

S235e

Santini, João Victor Colares
Efeitos da competição e da predação sobre a posição trófica de Poecilia vivipara (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) / João Victor Colares Santini. -- Rio Claro, 2026
29 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Márcio Silva Araújo

1. Posição trófica. 2. Análise de trajetórias. 3. Competição. 4. Predação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

JOÃO VICTOR COLARES SANTINI

EFEITOS DA COMPETIÇÃO E DA PREDAÇÃO SOBRE A POSIÇÃO TRÓFICA DE POECILIA VIVIPARA (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências, Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Márcio Silva Araújo

Prof. Dra. Aline Dal Olio Gomes

Prof. Dr. Gabriel Lourenço Brejão

Aprovado em: 01 de Junho de 2026

gov.br Documento assinado digitalmente
JOAO VICTOR COLARES SANTINI
Data: 15/07/2026 18:58:36-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do discente

gov.br Documento assinado digitalmente
MARCIO SILVA ARAUJO
Data: 16/07/2026 08:22:54-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Assinatura do(a) orientador(a)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, por todo o amor, dedicação e apoio incondicional ao longo de toda a minha trajetória. Obrigado por sempre acreditarem em mim, por incentivarem meus sonhos e por todos os esforços e sacrifícios feitos para que eu pudesse chegar até aqui. Esta conquista também é de vocês.

À minha irmã, deixo meu sincero agradecimento por todo o carinho, incentivo e pelos inúmeros conselhos ao longo dessa jornada. Sua presença, apoio e palavras nos momentos certos foram fundamentais para que eu enfrentasse os desafios da graduação com mais confiança e tranquilidade.

Ao professor Márcio, expresso minha profunda gratidão pela orientação durante minha Iniciação Científica e também neste Trabalho de Conclusão de Curso. Agradeço pela confiança depositada em mim, pela paciência, pelos ensinamentos e pelas oportunidades que contribuíram significativamente para minha formação científica e profissional. Sua orientação foi essencial para despertar e consolidar meu interesse pela pesquisa.

Gostaria também de destacar que este trabalho só foi possível graças aos dados gerados em estudos anteriores conduzidos pelo professor Márcio e seus colaboradores, em especial os publicados por Araújo et al. (2014) e Rius et al. (2019).

Por fim, agradeço à "Santa Ceia". Acredito que, sem vocês, esse sonho de concluir a graduação não teria sido o mesmo. Obrigado por transformarem os desafios em momentos mais leves, pelas conversas, risadas, estudos e por todas as memórias construídas desde o início da faculdade. Vocês tornaram essa caminhada muito mais especial e mostraram que a universidade nos presenteia com amizades que levaremos para a vida.

RESUMO

No presente estudo, investigamos os efeitos da competição e da predação sobre a posição trófica de *Poecilia vivipara* em seis lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (RJ). Por meio de análises de isótopos estáveis e análise de trajetórias, avaliou-se a influência de variáveis ambientais, da abundância populacional e de potenciais competidores e da presença de predadores sobre a posição trófica da espécie. Os resultados indicaram que a produtividade ambiental e a abundância de *P. vivipara* foram os principais determinantes da posição trófica, especialmente em fêmeas, que apresentaram níveis tróficos mais baixos em ambientes mais produtivos e com maior densidade populacional. Não foram detectados efeitos diretos da predação ou da competição interespecífica sobre a posição trófica, embora fatores ambientais tenham influenciado outros componentes da comunidade, como a abundância de *Jenynsia darwini* e de predadores piscívoros. Esses resultados sugerem que *P. vivipara* apresenta flexibilidade alimentar e estabilidade trófica, moduladas principalmente por variações ambientais e intraespecíficas, reforçando seu papel como espécie oportunista e generalista em ecossistemas costeiros.

Palavras-chave: posição trófica; análise de trajetórias; competição; predação.

ABSTRACT

In this study, we investigated the effects of competition and predation on the trophic position of *Poecilia vivipara* in six coastal lagoons of the Restinga de Jurubatiba National Park (RJ). Through stable isotope analysis and path analysis, we evaluated the influence of environmental variables, population abundance, potential competitors, and the presence of predators on the trophic position of the species. The results indicated that environmental productivity and abundance of *P. vivipara* were the main determinants of trophic position, especially in females, which showed lower trophic levels in more productive environments with higher population density. No direct effects of predation or interspecific competition on trophic position were detected, although environmental factors influenced other community components, such as the abundance of *Jenynsia darwini* and piscivorous predators. These results suggest that *P. vivipara* exhibits dietary flexibility and trophic stability, modulated mainly by environmental and intraspecific variations, reinforcing its role as an opportunistic and generalist species in coastal ecosystems.

Keywords: trophic position; path analysis; competition; predation.

Title in english: EFFECTS OF COMPETITION AND PREDATION ON THE TROPHIC POSITION OF POECILIA VIVIPARA (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 9
1.1 Objetivo geral.....10
2 MATERIAIS E MÉTODOS..... 12
2.1 Área de Estudo.....12
2.2 Amostragem e obtenção de dados..... 13
2.3 Análise dos dados..... 15
3 RESULTADOS..... 18
3.1 Análise de trajetórias.....19
4 DISCUSSÃO..... 22
5 CONCLUSÃO..... 25
REFERÊNCIAS.....26

1 INTRODUÇÃO

A posição trófica refere-se ao nível em que um organismo se encontra dentro de uma cadeia alimentar ou teia alimentar, baseando-se no modo como ele obtém energia e nutrientes, sendo esta influenciada por fatores como disponibilidade de recursos, competição e predação (Lindeman, 1942; Menge & Sutherland, 1976; Reznick et al. 2001; Ripple et al. 2016). A análise da posição trófica de uma espécie é fundamental para compreender seu papel ecológico dentro de um ecossistema, pois revela como essa espécie se integra à teia alimentar e participa das interações entre organismos (Menge & Sutherland, 1976; Zanden et al. 1999; Thompson et al. 2012).

A presença de predadores pode desempenhar um papel crucial na definição da posição trófica das suas presas, influenciando tanto por fatores diretos quanto indiretos (Reznick et al. 2001; Zandonà et al. 2011). Em ambientes com alta pressão predatória, a mortalidade de presas reduz a densidade populacional, o que pode resultar em maior disponibilidade de recursos por indivíduo, permitindo maior seletividade alimentar e potencialmente alterando a posição trófica dos peixes (Reznick et al. 2001; Zandonà et al. 2011). Neste mesmo ambiente, as presas também podem adotar comportamentos mais cautelosos, como evitar áreas com maior presença de predadores, reduzir a atividade de forrageamento ou mudar seus horários de forrageio para períodos mais seguros. Esses comportamentos podem impactar a eficiência na obtenção de recursos alimentares (Sommer-Trembo et al. 2017).

A competição pode ser definida como uma interação ecológica entre organismos que disputam recursos limitados como alimento, água, abrigo ou espaço (Robertson, D. R., 1996; Svanback et al. 2007; Britton et al. 2017). Ao competir por recursos dentro de uma teia alimentar, uma espécie pode ser forçada a mudar sua dieta, afetando sua posição trófica (Britton et al. 2017).

Neste estudo, investigamos como a posição trófica de *Poecilia vivipara* varia sob diferentes cenários ecológicos, considerando a influência da competição e da predação em comunidades aquáticas. Como espécie modelo, *P. vivipara*

(Cyprinodontiformes: Poeciliidae) apresenta ampla distribuição ao longo da costa atlântica da América do Sul (Gomes-Jr & Monteiro, 2007), elevada abundância em ambientes de água doce e salobra – como lagoas costeiras e estuários – e facilidade de amostragem, o que a torna ideal para estudos ecológicos comparativos. Além disso, por não estar classificada em nenhuma categoria de ameaça pela IUCN (2020), seu uso não representa riscos de conservação. No Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PARNA Jurubatiba), no estado do Rio de Janeiro, *P. vivipara* ocorre em lagoas costeiras que variam amplamente em salinidade e composição biótica (Di Dario et al. 2013). Nessas lagoas, *P. vivipara* convive com outros Cyprinodontiformes, principalmente *Jenynsia darwini* e *Phalloptychus januarius*, espécies que compartilham o mesmo micro-hábitat e hábitos alimentares semelhantes, configurando potenciais competidores interespecíficos (Moraes & Andreata 1994). Além da competição, o sistema apresenta variação espacial na presença de predadores piscívoros. As duas principais espécies piscívoras associadas a esses sistemas são *Hoplias malabaricus* e *Hoplerythrinus unitaeniatus*, peixes estritamente dulcícolas que ocorrem apenas nas lagoas de baixa salinidade, o que resulta em ambientes contrastantes com e sem predação (Di Dario et al. 2013). Estudos prévios indicam que esses piscívoros não reduzem significativamente a abundância de *P. vivipara* nas lagoas onde ocorrem, sugerindo que seus efeitos são mediados principalmente por alterações comportamentais, como mudanças no uso de micro-hábitat, atividade e forrageamento, e não por mortalidade direta (Rius et al. 2019). Dessa forma, espera-se que a posição trófica de *P. vivipara* varie em função da presença de competidores e do regime de predação, refletindo ajustes comportamentais e ecológicos ao longo do gradiente ambiental característico das lagoas do PARNA Jurubatiba.

Para testar as hipóteses propostas, foram feitas análises de isótopos estáveis e uma análise de trajetórias (*path analysis*) em seis lagoas costeiras do PARNA Jurubatiba, permitindo avaliar de forma integrada os efeitos ambientais e bióticos sobre a posição trófica da espécie.

1.1 Objetivo geral

O objetivo deste projeto foi investigar de que forma a competição e a predação afetam a posição trófica em *P. vivipara*. Espera-se que a competição

influencie a posição trófica de acordo com a dieta das espécies competidoras. Na presença de *J. darwini*, que explora predominantemente invertebrados aquáticos, prevê-se que *P. vivipara* possa apresentar redução na posição trófica caso seja deslocada para maior consumo de recursos basais. E o inverso aconteceria na presença de *P. januarius*, que possui uma dieta mais detritívora e herbívora, espera-se uma elevação relativa de sua posição trófica de *P.vivipara*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Indivíduos de diferentes populações de *P. vivípara* – previamente estudadas por Araújo et al. (2014) e Rius et al. (2019) – foram coletados em seis lagoas costeiras localizadas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba (PARNA Jurubatiba), uma área preservada no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil (Di Dario et al. 2013). Lagoas nesse sistema variam em salinidade, o que impacta os tipos de espécies que suportam esse tipo de variação, onde as de baixa salinidade (lagoas Cabiúnas, Pitanga e Bezerra) contêm espécies piscívoras, como *H. malabaricus* e *H. unitaeniatus*, enquanto as de alta salinidade (lagoas Catingosa, Maria Menina e Pires) não apresentam registros dessas espécies. Essa variação de salinidade é influenciada por fatores como o aporte de água doce proveniente de rios (que estão presentes somente nas lagoas de baixa salinidade), a influência das marés, evaporação e eventos de chuvas, as quais podem causar a ruptura esporádica da barra e a entrada de espécies marinhas, alterando a composição das comunidades de macrófitas aquáticas, macroalgas e peixes (Di Dario et al. 2013). Vale destacar que em períodos de alta precipitação, lagoas vizinhas como Catingosa e Pires podem estabelecer conexões temporárias (Camara et al. 2018).

Podemos encontrar *P. vivipara* em todas as seis lagoas analisadas no estudo. Além da espécie analisada, outras espécies da ordem Cyprinodontiformes também estão presentes, como *P. januarius* e *J. darwini*. No geral, todas possuem uma dieta baseada em matéria orgânica em decomposição (detrito), além de se alimentarem tanto de algas quanto de pequenos invertebrados (Moraes & Andreata 1994); *P. vivipara* e *P. januarius* possuem dietas muito parecidas, baseadas principalmente em detritos e algas (sendo para *P. vivipara* algas perifíticas e para *P. januarius* algas perifíticas e fitoplâncton), mas também incluem pequenos animais, como zooplâncton e insetos. Já *J. darwini* se diferencia por ter uma alimentação mais voltada a invertebrados, como larvas de insetos e pequenos crustáceos (Moraes & Andreata, 1994). Embora as três espécies se alimentem de uma combinação de detritos, material vegetal e material animal, *J. darwini* tem um foco maior na parte animal da dieta, enquanto as outras duas possuem uma alimentação mais relacionada com algas e detritos.

2.2 Amostragem e obtenção de dados

Como parte de um projeto de pesquisa do Laboratório de Ecologia dos Indivíduos já concluído, foram registradas as abundâncias de *P. vivipara* e de suas potenciais competidoras (*P. januarius* e *J. darwini*), bem como a presença ou ausência de predadores nas seis lagoas estudadas. As amostragens dos peixes foram realizadas durante o período seco e chuvoso durante os anos de 2011, 2012 e 2013, por meio de uma rede de arrasto passada ao longo da margem de cada lagoa. Os produtores primários (fitoplâncton, perifíton, algas e macrófitas aquáticas) foram coletados nas seis lagoas e suas razões isotópicas de carbono ($^{13}C/^{12}C$) e de nitrogênio ($^{15}N/^{14}N$), bem como as de *P. vivipara* foram quantificadas. Foram realizados vinte e um levantamentos ao longo de todo esse período.

A estimativa da posição trófica de *P. vivipara* foi realizada com base na composição isotópica de nitrogênio ($\delta^{15}N$), uma vez que esse isótopo apresenta enriquecimento previsível ao longo da cadeia alimentar. Para cada indivíduo, a posição trófica (*PT*) foi calculada a partir da seguinte expressão matemática:

$$PT = \lambda + \frac{\left(\delta^{15}N_{Poecilia} - \delta^{15}N_{base}\right)}{\Delta}$$

em que:

1. λ representa o nível trófico atribuído aos produtores primários do sistema, adotado como igual a 1;
2. $\delta^{15}N_{Poecilia}$ corresponde ao valor isotópico de nitrogênio medido para cada indivíduo de *P. vivipara*;
3. $\delta^{15}N_{baseline}$ indica o valor isotópico de referência do sistema, estimado a partir das fontes basais de produção;
4. Δ representa o fator de enriquecimento trófico por nível alimentar, isto é, o incremento médio esperado nos valores de $\delta^{15}N$ a cada transferência trófica.

Neste estudo, foi utilizado o valor de 5,34‰, conforme estimativas experimentais obtidas para poecilídeos sob condições controladas (Dennis et al. 2010).

A determinação do valor de $\delta^{15}N_{base}$ foi feita por meio de modelagem estatística para cada lagoa. Seguindo uma adaptação da abordagem proposta por Vander Zanden e Rasmussen (1999) e recomendações metodológicas de Post (2002), foram ajustados modelos de regressão relacionando os valores médios de $\delta^{15}N$ das diferentes fontes basais aos respectivos valores médios de $\delta^{13}C$. Um modelo independente foi construído para cada lagoa, incorporando dados de todas as coletas. A utilização de médias por tipo de fonte teve como objetivo evitar que categorias mais amostradas exercessem peso desproporcional nas estimativas de $\delta^{15}N_{base}$.

As variáveis ambientais consideradas neste estudo correspondem a nove parâmetros limnológicos mensurados em cada lagoa, conforme descrito em Rius et al. (2019): salinidade, temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total, carbono orgânico dissolvido, concentração de clorofila a e abundância de zooplâncton. Esses descritores abrangem tanto aspectos físico-químicos da água quanto indicadores de produtividade e disponibilidade de recursos no sistema. Para sintetizar a variação conjunta desses parâmetros e reduzir a dimensionalidade dos dados, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA), a partir da qual foram obtidos os eixos ambientais utilizados nas análises subsequentes. Foram retidos os quatro primeiros eixos principais (PC1 - PC4), que representam 77,1% da variância. O primeiro eixo apresentou correlações positivas com nitrogênio total, carbono orgânico dissolvido, fósforo total, salinidade, pH e oxigênio dissolvido. Esse conjunto de variáveis indica que o PC1 representa um gradiente espacial entre lagoas mais salinas e ricas em nutrientes e lagoas menos salinas e com menos nutrientes. O segundo eixo esteve positivamente correlacionado com temperatura, clorofila a e abundância de zooplâncton, indicando um gradiente sazonal de produtividade, em que valores mais altos correspondem à estação chuvosa, com maior biomassa de zooplânctons e abundância de recursos alimentares de base autotrófica. Assim, o PC2 representa a variação na disponibilidade de recursos alimentares, que pode afetar diretamente a dieta e, consequentemente, a posição trófica de *P. vivipara*. No entanto, a resposta da espécie a esse aumento de disponibilidade depende também de sua preferência alimentar, que pode atuar como um modulador de sua posição trófica, determinando quais recursos serão efetivamente explorados em contextos de maior produtividade. O terceiro eixo

apresentou correlação positiva com oxigênio dissolvido e fósforo total, e correlação negativa com salinidade. Esse padrão descreve um gradiente ambiental no qual valores mais altos de PC3 correspondem a condições de maior oxigenação da água e menor salinidade, enquanto valores mais baixos estão associados a ambientes relativamente mais salinos e com menor oxigênio dissolvido. Diferentemente dos primeiros eixos, esse componente não diferenciou claramente as lagoas nem os períodos sazonais amostrados (Rius et al. 2019), indicando que representa uma variação ambiental mais difusa no sistema. O quarto eixo apresentou correlação positiva com a abundância de zooplâncton e com a concentração de fósforo total, e correlação negativa com a temperatura. Esse padrão indica um gradiente ambiental relacionado à variação temporal na disponibilidade de recursos no sistema. De acordo com Rius et al. (2019), esse componente descreve principalmente variação sazonal que difere entre as lagoas, refletindo mudanças na produtividade e na abundância de organismos planctônicos ao longo do tempo. Assim, valores mais elevados de PC4 correspondem a períodos ou condições em que há maior disponibilidade de zooplâncton e fósforo no ambiente, enquanto valores mais baixos estão associados a condições relativamente mais quentes e com menor disponibilidade desses recursos.

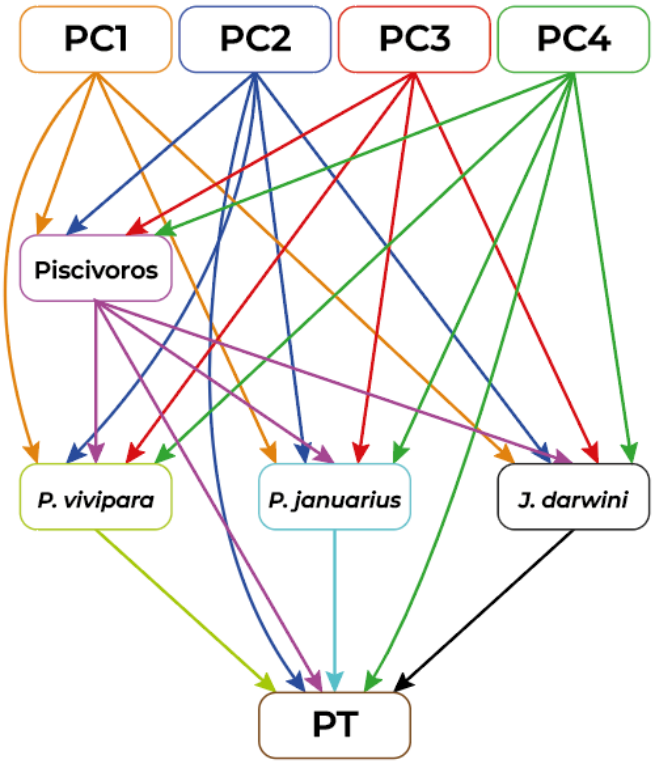
2.3 Análise dos dados

A fim de avaliar os efeitos das variáveis ambientais, da competição e da predação sobre a posição trófica de *P. vivipara*, foi empregada uma análise de trajetórias (*path analysis*), que permite testar relações causais diretas e indiretas entre múltiplas variáveis (Gotelli, 2010). Essa metodologia foi escolhida por possibilitar a integração simultânea dos efeitos ambientais e bióticos, oferecendo uma visão mais abrangente dos fatores que moldam a posição trófica das populações em diferentes lagoas.

As variáveis ambientais foram consideradas como variáveis exógenas no modelo, uma vez que descrevem condições ambientais independentes dos fatores bióticos. As variáveis bióticas foram organizadas conforme o papel funcional das espécies na teia trófica, sendo estas a predação, competição intra e interespecífica e posição trófica (variável endógena principal).

Com base nesse delineamento, o modelo teórico (Figura 1) foi construído. Essa estrutura permite testar tanto efeitos diretos (por exemplo, o impacto da predação sobre a posição trófica) quanto efeitos indiretos (por exemplo, o efeito dos piscívoros sobre a posição trófica mediado pelas abundâncias de *P. vivipara* e das espécies competidoras).

Figura 1 – Modelo completo representando as relações potenciais entre variáveis ambientais e bióticas que podem influenciar direta ou indiretamente a posição trófica de *Poecilia vivipara*. *P. vivipara*: *Poecilia vivipara*; *P. januarius*: *Phalloptychus januarius*; *J. darwini*: *Jenynsia darwini*; PT: Posição Trófica de *Poecilia vivipara*.



Fonte: Autor, 2025

Antes de aplicar o modelo final, foi testada a influência do sexo sobre a posição trófica por meio de uma ANOVA de dois fatores (Sexo/Lagoa), a fim de verificar possíveis interações entre o sexo e o ambiente. A análise revelou um efeito significativo dessa interação, indicando que as diferenças entre posição trófica de machos e fêmeas variam conforme a lagoa. Dessa forma, os modelos de *path*

analysis foram conduzidas separadamente para machos e fêmeas, garantindo que potenciais diferenças entre os sexos não introduzissem vieses nos resultados.

Todos os modelos foram ajustados no ambiente R (R Development Core Team, 2023) utilizando os pacotes lavaan (Rosseel, 2012), AICcmodavg (Mazerolle, 2023), MuMIn (Bartoń, 2025) e semPlot (Epskamp, 2025). A seleção dos modelos foi conduzida com base no Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc), sendo mantidos apenas os modelos com $\Delta AICc \leq 2$. Os coeficientes padronizados foram estimados a partir de 1000 reamostragens bootstrap, permitindo avaliar a significância estatística dos efeitos diretos e indiretos. A colinearidade entre variáveis preditoras foi verificada pelo fator de inflação da variância (VIF), sendo aceitos apenas modelos com $VIF < 5$.

3 RESULTADOS

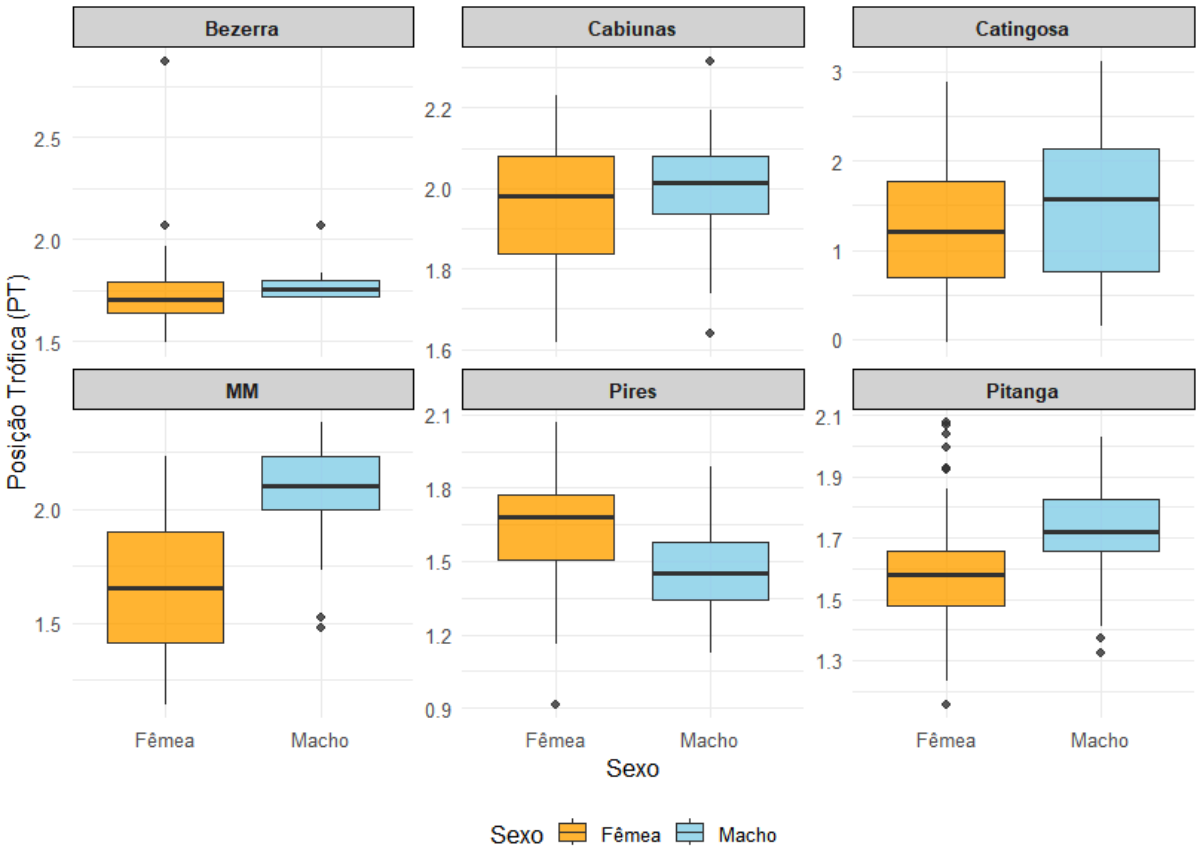
A ANOVA indicou diferenças significativas na posição trófica de *P. vivipara* entre os sexos e as lagoas analisadas (Tabela 1), indicando que machos e fêmeas apresentam valores médios distintos de posição trófica e refletindo a variação espacial. Além disso, observou-se uma interação significativa entre sexo e lagoa, sugerindo que a diferença sexual na posição trófica não é constante, variando conforme as condições ecológicas de cada lagoa (Figura 2). De modo geral, os machos apresentaram valores mais elevados de posição trófica, exceto em Pires.

Tabela 1 – Resultados da ANOVA entre o efeito do sexo e da lagoa sobre a posição trófica de *P. vivipara*.

	F	g.l.	p
Sexo	18,998	1; 544	< 0,001
Lagoa	42,208	5; 544	< 0,001
Sexo x Lagoa	3,248	5; 544	0,0066

Fonte: Autor, 2025

Figura 2 – Comparação da posição trófica entre machos e fêmeas de *P. vivipara* em seis lagoas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. As diferenças entre os sexos variam conforme a lagoa, evidenciando a interação significativa.

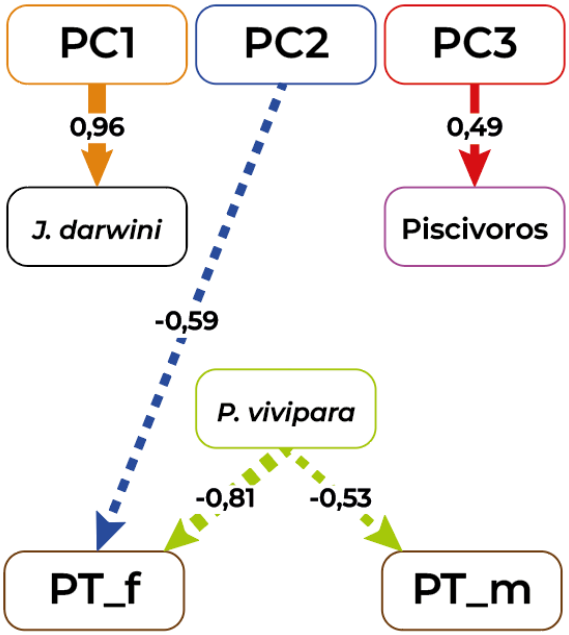


Fonte: Autor, 2025

3.1 Análise de trajetórias

O modelo revelou apenas efeitos diretos sobre a posição trófica, sem evidência de efeitos indiretos significativos. Entre as variáveis ambientais, dois componentes principais (PC1 e PC3) apresentaram efeitos sobre variáveis bióticas intermediárias, enquanto o PC2 influenciou diretamente a posição trófica em fêmeas. O diagrama estrutural resultante é apresentado na Figura 3, com indicação das conexões significativas obtidas a partir dos coeficientes padronizados (β).

Figura 3 – Modelo de análise de trajetórias final ajustado aos dados de *P. vivipara*, indicando os efeitos significativos entre variáveis ambientais, bióticas e posição trófica de machos (PT_m) e fêmeas (PT_f). Setas contínuas indicam efeitos positivos; setas tracejadas indicam efeitos negativos.



Fonte: Autor, 2025

O PC1, associado ao gradiente de salinidade e disponibilidade de nutrientes, apresentou efeito positivo sobre a abundância de *J. darwini* (β = 0,96; p < 0,001), indicando que esta espécie tende a ocorrer em maiores densidades em ambientes mais salinos e ricos em nutrientes. Nenhum outro efeito significativo foi observado a partir deste componente.

O PC2, que representa o gradiente de produtividade primária e disponibilidade de recursos alimentares, mostrou um efeito direto negativo sobre a posição trófica das fêmeas de *P. vivipara* (β = -0,59; p = 0,020). Esse resultado indica que em ambientes com maior produtividade e abundância de recursos autotróficos, as fêmeas apresentaram valores mais baixos de $\delta^{15}N$, correspondendo a uma posição trófica inferior.

O PC3, caracterizado por correlação positiva com oxigênio dissolvido e negativa com salinidade, apresentou efeito positivo sobre a abundância de predadores piscívoros (β = 0,49; p = 0,034). Esse resultado indica que a densidade de piscívoros tende a aumentar em condições ambientais associadas a maiores concentrações de oxigênio dissolvido e menor salinidade. No entanto, a predação não apresentou efeito direto significativo sobre a posição trófica de *P. vivipara* e suas potenciais competidoras.

Entre as variáveis bióticas, observou-se efeito negativo da abundância de *P. vivipara* sobre sua posição trófica em fêmeas (β = -0,81; p = 0,010), e uma tendência semelhante, embora marginalmente significativa, nos machos (β = -0,53; p = 0,089). Esses resultados sugerem que o aumento da densidade populacional está associado à redução do nível trófico médio da espécie, possivelmente refletindo intensificação de competição intraespecífica.

As demais conexões testadas, incluindo efeitos potenciais das espécies competidoras (*P. januarius* e *J. darwini*) e dos predadores sobre a posição trófica não apresentaram significância estatística. Assim, o modelo final indica que os principais determinantes diretos da posição trófica de *P. vivipara* foram a produtividade ambiental (PC2) e a densidade populacional da própria espécie, sem mediação significativa por predação ou competição interespecífica.

4 DISCUSSÃO

Não se observou efeito das espécies competidoras (J. darwini ou P. januarius) sobre a posição trófica de P. vivipara. Estudos indicam que peixes com elevada sobreposição alimentar podem coexistir sem prejuízo populacional significativo, sugerindo que compartilham recursos disponíveis sem que ocorra competição fortemente limitante. Esse padrão foi descrito por Phillipsen et al. (2015) ao analisar a coexistência entre espécies de peixes com dietas semelhantes. Isso pode decorrer de divisão fina de recursos (uso diferenciado por tamanho ou ontogenia) ou de abundância suficiente de alimento para sustentar ambas, evitando competição intensa (Philippsen, et al. 2015; Britton et al. 2017; Neves et al. 2021).

O modelo apontou influência significativa de PC1 sobre a abundância de *J. darwini*. Isso sugere que a salinidade, principal fator ambiental associado à distribuição dessa espécie nas lagoas do sistema, favorece sua presença em determinados ambientes. No entanto, essa variável não teve efeito sobre *P. vivipara*, uma espécie mais tolerante a variações de salinidade.

Os resultados do modelo de path analysis para fêmeas indicaram que a maior disponibilidade de recursos alimentares (PC2) e a abundância de *P. vivipara* apresentaram correlação negativa com a posição trófica (PT_f). Em termos ecológicos, isso significa que em lagoas mais produtivas ou com densidade populacional mais elevada, as fêmeas tendem a ocupar níveis tróficos mais baixos. Considerando que não houve efeitos significativos relacionados à competição interespecífica, um dos fatores que podem estar modulando esta resposta ao aumento de disponibilidade de alimento seria uma seletividade alimentar nas fêmeas. Esse padrão sugere que, diante de maior oferta de alimento, as fêmeas possivelmente selecionam itens de nível trófico inferior, como algas e detritos, em vez de presas zooplanctônicas de maior nível trófico, sugerindo dieta mais baixa na cadeia trófica. Esse efeito, contudo, não foi observado em machos, o que pode refletir diferenças morfológicas e comportamentais entre os sexos. Embora ainda não existam evidências diretas de segregação trófica sexual em *P. vivipara*, há diferenças sexuais em outros aspectos ecológicos, em que estudos apontam dimorfismo acentuado em forma corporal, tamanho e investimento reprodutivo (Gomes-Jr. & Monteiro, 2007; Araújo et al., 2014; Rius et al., 2019). Um estudo com

espécies próximas (como *P. latipinna* e *P. mexicana*) mostram que machos e fêmeas apresentam diferenças em aspectos como tempo de forrageamento, comprimento do trato intestinal e amplitude do nicho trófico (Scharnweber et al. 2011). Fêmeas tendem a ter trato intestinal mais longo e estômagos mais cheios, refletindo maior tempo dedicado à alimentação, enquanto machos apresentam nichos tróficos mais estreitos devido ao maior investimento em comportamento reprodutivo. No entanto, a composição da dieta neste estudo citado não apresentou diferenças marcantes entre os sexos, indicando ausência de segregação trófica clara.

A covariância negativa entre a competição intraespecífica (abundância de *P. vivipara*) e a posição trófica em ambos os sexos é consistente com a literatura, em que em populações com maior densidade, a intensificação da competição por recursos pode favorecer maior especialização individual, na qual diferentes indivíduos passam a explorar subconjuntos distintos de recursos disponíveis. Esse processo reduz a sobreposição alimentar entre indivíduos e pode atenuar os efeitos da competição direta dentro da população (Ward et al. 2006; Evangelista et al. 2014; Latli et al. 2019; Prati et al. 2021). Assim, a relação negativa entre abundância e posição trófica observada neste estudo sugere que, sob alta densidade, *P. vivipara* tende a explorar mais intensamente recursos de base trófica inferior, mantendo a coexistência intraespecífica por meio da diferenciação no uso de recursos.

O modelo também evidenciou a influência significativa de variáveis ambientais sobre outros componentes da comunidade, com o PC3 apresentando associação positiva com a abundância de predadores piscívoros. Esse eixo está relacionado a condições de maior oxigênio dissolvido e menor salinidade. No sistema estudado, essas condições favorecem a ocorrência de piscívoros como *H. malabaricus* e *H. unitaeniatus*, espécies dulcícolas que apresentam baixa tolerância a ambientes mais salinos. Assim, lagoas com menor salinidade tendem a apresentar maior densidade desses predadores. Entretanto, embora a presença desses predadores varie com o gradiente ambiental, não houve efeito direto da predação sobre a posição trófica de *P. vivipara*, sugerindo que a pressão predatória pode ser fraca ou não ter resultado em alterações comportamentais e alimentares detectáveis.

Em ambientes onde predadores são mais abundantes, o comportamento de forrageamento tende a ser mais cauteloso, com menor exploração de áreas de risco,

o que pode reduzir o acesso a presas de níveis tróficos mais altos (Sommer-Trembo et al., 2017). Assim, embora a teoria ecológica preveja que o aumento da predação de topo promova um efeito *top-down*, reduzindo a competição entre presas e potencialmente elevando sua posição trófica, os resultados obtidos neste estudo sugerem que a pressão predatória foi menos determinante que outros fatores, como a produtividade primária (PC2) e a competição intraespecífica. Estudos prévios demonstraram que a predação influencia traços morfológicos, tamanho corporal e fecundidade em *P. vivipara* (Araújo et al., 2014; Rius et al., 2019), mas não necessariamente sua posição trófica, o que reforça a ideia de que os diferentes traços fenotípicos dos organismos respondem de forma diferenciada à predação. A ausência de um efeito trófico direto pode indicar que, embora a predação atue como um importante agente seletivo, ela não se traduz em uma mudança significativa na dieta predominantemente herbívoro-detritívora da espécie.

O PC4, associado positivamente à abundância de zooplâncton e fósforo e negativamente à temperatura, não apresentou efeito significativo sobre as variáveis bióticas, indicando influência ambiental limitada. Esse eixo representa um gradiente secundário de variação local na disponibilidade de recursos, com menor importância ecológica frente aos demais (PC1, PC2 e PC3). Além disso, o pequeno número de lagoas amostradas (n = 6) pode ter reduzido o poder estatístico do modelo, dificultando a detecção de efeitos sutis. Dessa forma, a variação representada por PC4 parece não ter sido determinante para a estrutura trófica ou abundância das espécies analisadas.

5 CONCLUSÃO

Embora nem todas as hipóteses propostas tenham sido confirmadas, os resultados deste estudo oferecem subsídios valiosos para compreender os fatores que modulam a posição trófica de *P. vivipara*. Observou-se que a produtividade ambiental e a abundância populacional foram os principais determinantes diretos, enquanto os efeitos da predação e da competição interespecífica mostraram-se pouco expressivos. Esses achados sugerem que as respostas da espécie às pressões bióticas podem ser amortecidas por sua flexibilidade alimentar e capacidade de explorar eficientemente diferentes fontes de recursos, o que lhe confere estabilidade trófica mesmo sob variações ambientais e ecológicas.

Cabe, contudo, destacar limitações relevantes no modelo adotado. A amostragem restrita a seis lagoas reduz o poder de detecção de efeitos sutis e pode ter mascarado interações indiretas entre variáveis ambientais e bióticas. Em última análise, os resultados reforçam que a ecologia trófica de *P. vivipara* é complexa e influenciada por múltiplos fatores integrados, recomendando que estudos futuros explorem experimentalmente os mecanismos que sustentam a estabilidade trófica dessa espécie em ecossistemas naturais.

REFERÊNCIAS

Araújo, M., Perez, S., Magazoni, M., & Petry, A. (2014). Body size and allometric shape variation in the molly *Poecilia vivipara* along a gradient of salinity and predation. BMC Evolutionary Biology, 14. https://doi.org/10.1186/s12862-014-0251-7.

Bartoń K (2025). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.48.11, https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn.

Britton, J., Ruiz-Navarro, A., Verreycken, H., Amat-Trigo, F., & Amat-Trigo, F. (2017). Trophic consequences of introduced species: Comparative impacts of increased interspecific versus intraspecific competitive interactions. Functional Ecology, 32, 486 - 495. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12978.

Camara, E., Caramaschi, É., Di Dario, F., & Petry, A. (2018). Short-Term Changes in Two Tropical Coastal Lagoons: Effects of Sandbar Openings on Fish Assemblages. Journal of Coastal Research, 34, 105 - 90. https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-16-00026.1.

Dennis, C. A., MacNeil, M. A., Rosati, J. Y., Pitcher, T. E., & Fisk, A. T. (2010). Diet discrimination factors are inversely related to δ15 N and δ13C values of food for fish under controlled conditions. *Rapid communications in mass spectrometry: RCM*, 24 24, 3515-20 . https://doi.org/10.1002/rcm.4807.

Di Dario F, Petry AC, Pereira MMS, Mincarone MM, Agostinho LS, Camara EM, Caramaschi EP, Britto MR. (2013). An update on the fish composition (Teleostei) of the coastal lagoons of the Restinga de Jurubatiba National Park and the Imboassica Lagoon, northern Rio de Janeiro State. https://www.scielo.br/j/alb/a/H4NNHNrLQg9PK8SnPR9Fr5J/

Epskamp, S. (2025). semPlot: Path Diagrams and Visual Analysis of Various SEM Packages' Output. R package version 1.1.7, https://github.com/sachaepskamp/semplot.

Evangelista, C., Boiché, A., Lecerf, A., & Cucherousset, J. (2014). Ecological opportunities and intraspecific competition alter trophic niche specialization in an opportunistic stream predator. The Journal of animal ecology, 83 5, 1025-34 . https://doi.org/10.1111/1365-2656.12208.

Gomes-Jr, J., & Monteiro, L. (2007). Size and fecundity variation in populations of *Poecilia vivipara* Block & Schneider (Teleostei; Poeciliidae) inhabiting an environmental gradient. Journal of Fish Biology, 71, 1799-1809. https://doi.org/10.1111/J.1095-8649.2007.01653.X.

Gomes-Jr, J.L. & Monteiro, L.R. (2008). Morphological divergence patterns among populations of *Poecilia vivipara* (Teleostei Poeciliidae): test of an ecomorphological paradigm. Biol. J. Linnean Soc. 93, 799–812.

Gotelli, Nicholas J.; Ellison, Aaron M. Princípios de estatística em ecologia. Porto Alegre: ArtMed, 2010. E-book. p.296. ISBN 9788536324692. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536324692/. Acesso em: 12 out. 2025.

IUCN (2017). The IUCN Red List of threatend species. https://www.iucnredlist.org/species/186944/1820729

Latli, A., Michel, L., Lepoint, G., & Kestemont, P. (2019). River habitat homogenisation enhances trophic competition and promotes individual specialisation among young of the year fish. Freshwater Biology. https://doi.org/10.1111/fwb.13239.

Lindeman, R. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. Bulletin of Mathematical Biology, 53, 167-191. https://doi.org/10.1016/S0092-8240(05)80045-X.

Mazerolle, M. J. (2023). AICcmodavg: Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c). R package version 2.3-3. Disponível em: https://cran.r-project.org/package=AICcmodavg.

Menge, B., & Sutherland, J. (1976). Species Diversity Gradients: Synthesis of the Roles of Predation, Competition, and Temporal Heterogeneity. The American Naturalist, 110, 351 - 369. https://doi.org/10.1086/283073.

Moraes L. & Andreata J. (1994). Relações tróficas entre as cinco espécies de peixes mais representativas nas margens da laguna de Jacarepaguá, Rio de Janeiro.

Neves, M., Kratina, P., Delariva, R., Jones, J., & Fialho, C. (2021). Seasonal feeding plasticity can facilitate coexistence of dominant omnivores in Neotropical streams. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 31, 417-432. https://doi.org/10.1007/s11160-021-09648-w.

Philippsen, J., Hauser, M., & Benedito, E. (2015). Isotopic niches of sympatric native and exotic fish species in a Neotropical floodplain. Anais da Academia Brasileira de Ciencias, 87 2, 825-33. https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140266.

Post, D. (2002). USING STABLE ISOTOPES TO ESTIMATE TROPHIC POSITION: MODELS, METHODS, AND ASSUMPTIONS. Ecology, 83, 703-718. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0703:USITET]2.0.CO;2.

Prati, S., Henriksen, E., Smalås, A., Knudsen, R., Klemetsen, A., Sánchez-Hernández, J., & Amundsen, P. (2021). The effect of inter- and intraspecific competition on individual and population niche widths: a four-decade study on two interacting salmonids. Oikos. https://doi.org/10.1111/oik.08375.

R Development Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria.

Reznick, D., Butler, M., & Rodd, H. (2001). Life-History Evolution in Guppies. VII. The Comparative Ecology of High- and Low-Predation Environments. The American Naturalist, 157, 126 - 140. https://doi.org/10.1086/318627.

Ripple, W., Estes, J., Schmitz, O., Constant, V., Kaylor, M., Lenz, A., Motley, J., Self, K., Taylor, D., & Wolf, C. (2016). What is a Trophic Cascade?. Trends in ecology & evolution, 31 11, 842-849 . https://doi.org/10.1016/j.tree.2016.08.010.

Rius, B. F., Petry, A. C., Langerhans, R. B., Figueiredo-Barros M. P., Bozelli R. L., Honda, L. K., Nova, C. C., Araújo, M. S. (2019). Correlates of life-history variation in the livebearing fish *Poecilia vivipara* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) inhabiting an environmental gradient. Biological Journal of the Linnean Society, Volume 126, Issue 3, March 2019, Pages 436–446, https://doi.org/10.1093/biolinnean/bly208

Robertson, D. (1996). INTERSPECIFIC COMPETITION CONTROLS ABUNDANCE AND HABITAT USE OF TERRITORIAL CARIBBEAN DAMSELFISHES. Ecology, 77, 885-899. https://doi.org/10.2307/2265509.

Rosseel, Y. (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. Journal of Statistical Software, 48(2), 1-36. doi:10.18637/jss.v048.i02

Scharnweber, K., Plath, M., & Tobler, M. (2011). Trophic niche segregation between the sexes in two species of livebearing fishes (Poeciliidae). , 13, 11-20.

Sommer-Trembo, C., Petry, A., Silva, G., Vurusic, S., Gismann, J., Baier, J., Krause, S., De Araujo Cardoso Iorio, J., Riesch, R., & Plath, M. (2017). Predation risk and abiotic habitat parameters affect personality traits in extremophile populations of a neotropical fish (Poecilia vivipara). Ecology and Evolution, 7, 6570 - 6581. https://doi.org/10.1002/ece3.3165.

Svanbäck, R., & Bolnick, D. (2007). Intraspecific competition drives increased resource use diversity within a natural population. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 274, 839 - 844. https://doi.org/10.1098/rspb.2006.0198.

Thompson, S., Sydeman, W., Santora, J., Black, B., Suryan, R., Calambokidis, J., Peterson, W., & Bograd, S. (2012). Linking predators to seasonality of upwelling: Using food web indicators and path analysis to infer trophic connections. Progress in Oceanography, 101, 106-120. https://doi.org/10.1016/J.POCEAN.2012.02.001.

Vander Zanden, M., J.M., Casselman, & Rasmussen, J.B. (1999) Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasions in lakes. Nature 401, 464–467. https://doi.org/10.1038/46762.

Vander Zanden, M., & Rasmussen, J.B. (1999) Primary Consumer $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ and the Trophic Position of Aquatic Consumers. *Ecology,* 80, 1395-1404.

Ward, A., Webster, M., & Hart, P. (2006). Intraspecific food competition in fishes. Fish and Fisheries, 7, 231-261. https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2006.00224.x.

Zandonà, E., Auer, S., Kilham, S., Howard, J., López-Sepulcre, A., O'connor, M., Bassar, R., Osorio, A., Pringle, C., & Reznick, D. (2011). Diet quality and prey selectivity correlate with life histories and predation regime in *Trinidadian guppies*. Functional Ecology, 25, 964-973. https://doi.org/10.1111/J.1365-2435.2011.01865.X.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática - SIDRA**: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Brasil: IBGE, 2016. Disponível em: http://sidra.ibge.gov.br/. Acesso em: 29 jun. 2022.

LUZ, F. E. R.; COSTA, D. R. S.; BEZERRA, J. B. Comportamento da pressão arterial de hipertensos ativos. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, Florianópolis, v. 29, p. 14, 2024. Disponível em: https://rbafs.org.br/plugins/generic/pdfJsViewer/pdf.js/web/viewer.html. Acesso em: 10 mar. 2025.

MANACORDA, M. A. **História da educação**: da antiguidade aos nossos dias. São Paulo: Cortez Editora e Livraria Ltda, 2022.

MICROSOFT. **MS Office**: creative content library. Microsoft, 2022.

SILVA, E. G. **O escritório de comunicação científica como perspectiva de atuação para bibliotecas universitárias brasileiras**. 2023. Tese (doutorado em Ciência da Informação) - Universidade Estadual Paulista, Marília, 2023. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/243319. Acesso em: 22 jun. 2023.