

Varição ecomorfológica em populações de *Astyanax* aff. *paranae* Eigenmann, 1914, de diferentes sub-bacias no Alto Rio Paraná.

Amanda Caroline dos Santos Siqueira Cano¹, Kátia Aparecida Nunes Hiroki², Afonso Pelli³, Fagner de Souza⁴

1. Bióloga (Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil). Especialista em Educação Inclusiva (Universidade Cruzeiro do Sul, Brasil).
 amandacarolinecano@gmail.com  <http://lattes.cnpq.br/6907603885574220>  <http://orcid.org/0000-0002-2228-4505>
2. Bióloga (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil). Doutora em Ciências Biológicas (Instituto de Biociências de Botucatu, Brasil). Professora da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil.
 katahirok@ufmt@gmail.com  <http://lattes.cnpq.br/8008575700860004>  <http://orcid.org/0000-0003-4540-5493>
3. Biólogo (Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil). Doutor em Aqüicultura (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil). Professor da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil.
 apelli@terra.com.br  <http://lattes.cnpq.br/3020343973167468>  <http://orcid.org/0000-0001-8279-2221>
4. Biólogo (Faculdade de Apucarana, Brasil). Doutor em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (Universidade Estadual de Maringá, Brasil).
 gnaofagner@hotmail.com  <http://lattes.cnpq.br/2164958750167973>  <http://orcid.org/0000-0002-4203-8125>

RESUMO

Astyanax paranae, Eigenmann, 1914, conhecido popularmente como lambari do rabo vermelho, é amplamente distribuído na bacia do alto rio Paraná. Esta ampla distribuição torna esta espécie de grande interesse para pesquisadores de diversas áreas (ecologia, genética, taxonomia, dentre outras). Uma das áreas que tenta entender a dinâmica ecológica das espécies é a ecomorfologia, que tem como ideia central a influência do ambiente nas adaptações morfológicas dos organismos. Baseado neste conceito, testamos a hipótese de que em rios com características hidrodinâmicas distintas influenciam os aspectos ecomorfológicos das populações de *A. aff. paranae*. Objetivamos analisar a variação ecomorfológica em diferentes ambientes lóticos na bacia do alto rio Paraná. Para a análise das diferenças ecomorfológicas foram utilizados 15 exemplares de cada ambiente lótico, de maneira que em cada indivíduo foram tomadas 26 medidas morfométricas e calculadas seis áreas corporais. Logo depois, foram calculados 22 índices ecomorfológicos com base nos valores de áreas e medidas corporais. Foram encontradas diferenças nos índices ecomorfológicos relacionados as características natatórias e estratégias de obtenção de recursos, evidenciando a influência das características ambientais sobre a seleção de caracteres morfológicos peculiares em cada ambiente. Esta variação foi, principalmente, constatada na relação entre o Rio Uberaba e os córregos, Indaiá, Biguaçu, Jurema, Japira e Caviúna, demonstrando que além da característica ambiental, os fatores biogeográficos também propiciaram a estrutura morfológica das populações.

Palavras-chave: Divergência Intraespecífica, Ecologia de Populações, Ecomorfologia, Impactos Antrópicos, Lambari.

Ecomorphological variation in populations of *Astyanax* aff. *paranae* Eigenmann, 1914, from different sub-basins in the Upper Paraná River

ABSTRACT

Astyanax aff. *paranae*, Eigenmann, 1914, popularly known as redbill lambari, is widely distributed in the Upper Paraná River Basin. This wide distribution makes this species of great interest to researchers of several areas (ecology, genetics, taxonomy, among others). One of the areas that tries to understand the ecological dynamics of this species is the ecomorphology, which has as central idea the influence of environmental on morphological adaptations of organisms. Based on this concept, we tested hypothesis that in rivers with different hydrodynamic characteristics influence the ecomorphological aspects of *A. aff. paranae* populations. We aim to analyze the ecomorphological variation in different lotic environments in the Upper Paraná River Basin. For the analysis of the ecomorphological differences, 15 specimens of each lotic environment were used, so that in each individual were taken 26 morphometric measurements and six body areas were calculated. In sequence, 22 ecomorphological indexes were calculated based on areas values and body measurements. Difference were found in ecomorphological indices related to swimming aspects and obtaining resources strategies, evidencing the influence of environmental characteristics on selection of the peculiar morphological characters in each environment. These variations were, mainly, observed in relation among Uberaba River and the streams, Indaiá, Biguaçu, Jurema, Japira and Caviuna, demonstrating that beyond of the environmental characteristic, the biogeographic factors also provided the populations morphological structure.

Keywords: Intra-specific Divergence; Population Ecology; Ecomorphology; Anthropic Impacts; Lambari.

Introdução

Astyanax paranae Eigenmann, 1914, pertence à família Characidae (MIRANDE, 2010), conhecido como “Lambari” ou “Lambari do rabo vermelho”, possui uma ampla distribuição na bacia do alto rio Paraná (GRAÇA; PAVANELLI, 2007). É uma espécie que apresenta suave dimorfismo sexual, sendo os machos, menos robustos do que as fêmeas e os mesmos exibem ganchos em sua nadadeira anal (fato observado no período de maturação) (ABELHA et al., 2006). A espécie se reproduz no período de agosto a dezembro com uma maior intensidade reprodutiva em outubro. No entanto, fatores abióticos (variações na temperatura, fotoperíodo, pluviosidade) e bióticos (competição e predação) e

disponibilidade de recursos podem influenciar o seu ciclo de reprodução sazonal (CORTE; AZEVEDO, 2010).

De acordo com Lima et al. (2003), a localidade dessa espécie é um pequeno tributário do rio Paranapanema na bacia do alto rio Tibagi, no município de Castro no Estado do Paraná. Contudo, devido à ampla distribuição em diversas bacias principais da América do Sul, Graça e Pavanelli (2007), comentam que indivíduos oriundos de outras regiões podem se tratar de uma espécie nova. Esta discussão se deu, principalmente, pela hipótese levantada por Moreira Filho e Bertollo (1991), que argumentam que esta espécie faz parte de um complexo de espécies chamado “*Astyanax scabripinnis*” Jenyns (1842). Além disso, Lima et al. (2003)

e Graça e Pavanelli (2007), também ressaltam a possibilidade de *A. paranae* apresentar uma distribuição restrita apenas na região sul do Brasil. Estes argumentos são embasados em pequenas variações morfológicas e cromossômicas da espécie ao longo da bacia do alto rio Paraná.

Assim, uma das formas de entender a dinâmica ecológica das espécies, principalmente as envolvidas em complexos taxonômicos, pode ser a análise das variações ecomorfológicas, apontando os possíveis motivos das variações populacionais, como exposto no trabalho de Mise et al. (2013). A ecomorfologia avalia as relações existentes entre a morfologia de comunidades, populações e indivíduos e os distintos ambientes que habitam (MARQUES; NOMURA, 2004), ou seja, se baseia na ideia de que a morfologia dos organismos é influenciada pelas características dos ambientes e pelos recursos disponíveis (BENEMANN; TEIXEIRA, 2007). Essa distinção morfológica dentro de uma espécie pode estar relacionada com diversos fatores que influenciam o nicho realizado da espécie (como competição intra e interespecífica, a disponibilidade dos recursos, a luminosidade, tamanho do território, dentre outros) e todos os processos ecológicos que o ambiente sofreu no decorrer do tempo, possibilitando a seleção de caracteres peculiares na morfologia dos organismos (SOUZA et al., 2015).

Neste contexto, pesquisas dessa natureza, podem ser usadas para responderem questões que influenciam as comunidades aquáticas. Assim, impactos antrópicos (diretamente ou indiretamente) tem um papel de grande destaque, gerando inúmeros problemas que afetam negativamente as comunidades aquáticas, como os efeitos negativos na qualidade de água (FERREIRA, 2004) e as alterações dos parâmetros ecológicos dentro de uma comunidade (SOUZA et al., 2013.; SOUZA et al., 2014).

Com base no exposto, testou-se a hipótese de que em rios com características ambientais distintas, os aspectos ecomorfológicos podem exibir também peculiaridades distintas. Partiu-se da premissa de que os diferentes atributos ambientais, como a hidrodinâmica e a influência antrópica, podem ter gerado as variações morfológicas nestas populações distantes e sem conectividade, por meio de fatores biogeográficos e de seleção natural, dando a elas características ecológicas diferentes. Desta maneira, objetivou-se analisar a variação ecomorfológica de *A. aff. paranae* em diferentes ambientes lóticos na bacia do alto rio Paraná.

Material e Métodos

Área de estudo

Os peixes foram oriundos de seis ambientes lóticos contidos em sub-bacias distintas, mas todas pertencentes à bacia do alto rio Paraná (Figura 1).

Rio Uberaba: está localizado na sub-bacia do rio Grande nas coordenadas 19°42'55,85"S e 47°56'24,44"O, na cidade de Uberaba. Apresenta alteração antrópica em suas margens, como a perda de quase metade da vegetação nativa, devido à agricultura e pecuária (CANDIDO et al., 2010). O rio Uberaba está exposto a uma barragem de captação em sua montante. Em seu leito há rochas de diferentes tamanhos, não apresenta sedimentos finos e cheiro forte. Enquanto na jusante apresenta sedimento fino em grande quantidade, forte cheiro e ausência de rochas. Quatro trechos do rio Uberaba foram analisados por Souza et al.

(2016), sendo o primeiro ponto da montante o único no qual não apresenta cheiro forte, enquanto os outros três estudados, evidenciam essa característica. Isto pode estar relacionado com a grande proximidade que esses pontos apresentam da barragem, além de um dos pontos da jusante ser o mais próximo da cidade e da central de tratamento de esgoto, podendo evidenciar assim o mau cheiro. O fluxo hídrico é alternado em corredeiras, remansos e poções (SOUZA et al., 2016).

Córrego Jurema: está localizado na sub-bacia do rio Pirapó nas coordenadas 23°33'18,61"S e 51°29'12,51"O, na cidade de Apucarana. As margens desse córrego são próximas a área rural, apresentando uma grande faixa de mata ciliar. Exibe em toda sua extensão uma grande quantidade de rochas no leito e seu fluxo de água se alterna em corredeiras e remansos (SOUZA et al., 2013; 2014; 2015).

Córrego Biguaçu: está localizado na sub-bacia do rio Ivaí nas coordenadas 23°33'51,81"S e 51°27'2,48"O, na cidade de Apucarana. Sua nascente é canalizada por um curso cimentado. O leito possui grande quantidade de rochas de diversos tamanhos. Sua margem é localizada em uma região com grande densidade de mata ciliar. O fluxo hidrodinâmico exibe diversas corredeiras, com grande afloramento de rochas em diversos tamanhos, que formam em vários pontos poços e remansos (SOUZA et al., 2013; 2014; 2015).

Córrego Japira: está localizado na sub-bacia do rio Tibagi nas coordenadas 23°32'58,45"S e 51°26'40,45"O, na cidade de Apucarana. As margens desse córrego estão inseridas na área urbana, circundada por residências e indústrias. Seu fluxo de água é de remanso e em seu leito há predominância de pequenas rochas. Alguns trechos apresentam atividades de pecuária em sua margem esquerda (SOUZA et al., 2013; 2014; 2015).

Córrego Indaiá: pertencente a sub-bacia do rio Pirapó, situado nas coordenadas 23°32'58,85"S e 51°31'35,37"O, na cidade de Apucarana. Localiza-se bem próximo a área urbana. Seu fluxo de água se alterna em corredeiras e remansos. Seu leito exibe presença de sedimento argiloso fino em toda sua extensão (SOUZA et al., 2014).

Córrego Caviúna: está localizado na bacia hidrográfica do Pirapó, na cidade de Aricanduva, nas coordenadas 23°29'17,89"S e 51°26'35,28". Em sua cabeceira existem residências e uma indústria de veneno, ocorrendo a presença de um forte cheiro em toda a sua extensão. Exibe uma alta densidade de mata ciliar em suas margens e seu fluxo hídrico alterna entre corredeiras e remansos.

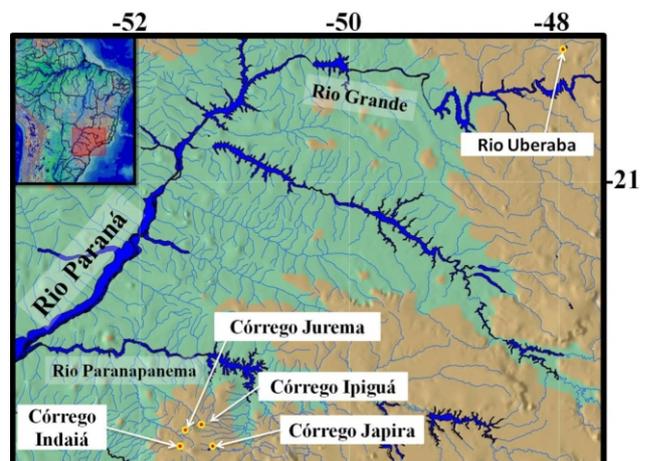


Figura 1. Localização dos pontos de amostragem na bacia do alto rio Paraná. / Figure 1. Location of the sampling points in the Upper Paraná River Basin.

Amostragem Ictiológica

Os espécimes analisados foram coletados no período de janeiro a novembro de 2012, para os córregos Biguaçu, Jurema, Japira, Caviúna e Indaiá e no período de outubro de 2014 a julho de 2015, para o rio Uberaba. A amostragem foi realizada com auxílio de peneiras, de 1,0x0,50 m com malha de 3 mm entre nós adjacentes, e rede de arrasto, de 5 metros com malha de 5 mm entre nós adjacentes. A licença de coleta foi adquirida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO (Número 33448-1).

Após coletados os peixes foram anestesiados (Cloridrato de Benzocaína dissolvido em água, 100 ml/15 L), mortos, fixados em formol a 10% e conservados em álcool a 70°GL. Em laboratório, os peixes foram identificados de acordo com Graça e Pavanelli (2007) e bibliografia especializada, quando necessária. Para maior confiabilidade os exemplares testemunhos analisados neste projeto foram depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM 100, UFTM 174, UFTM 175, UFTM 176, UFTM 177 e UFTM 178).

Análise Ecomorfológica

Para a análise das diferenças ecomorfológicas foram utilizados 15 exemplares de *A. aff. paranae* de cada ambiente, de maneira que em cada indivíduo foram tomadas 26 medidas morfométricas e calculadas seis áreas corporais. As medidas foram realizadas no lado esquerdo do corpo de cada espécime, com a utilização de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, e as áreas obtidas através do desenho do contorno das estruturas, que em seguida foram digitalizadas e calculadas no *software* AUTO CAD 2009.

As medidas morfométricas foram: comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura máxima do corpo (AlMCp), altura média do corpo (AlM), largura máxima do corpo (LMCp), comprimento do pedúnculo caudal (CPd), altura do pedúnculo caudal (AlPd), largura do pedúnculo caudal (LPC), comprimento da caudal (CC), altura da caudal (AlC), comprimento da dorsal (CD), altura da dorsal (AlD), comprimento da anal (CA), altura da anal (AlA), comprimento da peitoral (CPT), altura da peitoral (AlPt), comprimento da pélvica (CPv), altura da pélvica (AlPv), comprimento da cabeça (CCb), altura da cabeça (AlCb), largura da cabeça (LCb), altura média do olho (AlO), altura máxima da boca (AlBo), largura máxima da boca (LBo), comprimento do focinho com a boca aberta (CFA) e comprimento do focinho com a boca fechada (CFF). Já as áreas calculadas foram: área da nadadeira dorsal (AD), área da nadadeira anal (AA), área da nadadeira caudal (AC), área da nadadeira peitoral (APt), área da nadadeira pélvica (APv), e a área do olho (AO). Após a obtenção dos dados, foram calculados 22 índices ecomorfológicos, com base nos valores de áreas e medidas corporais. Estas proporções serviram para controlar o efeito do tamanho dos indivíduos e evidenciar formas e estruturas corporais (WINEMILLER, 1991). Tais índices foram calculados e interpretados de acordo com as metodologias de Gatz (1979), Winemiller (1991), Mazzoni et al. (2010), Oliveira et al. (2010) e Pagotto et al. (2011).

Para evidenciar diferenças ecomorfológicas entre os espécimes foi realizada uma Análise de Variáveis Canônicas (AVC). Esta análise produz uma separação máxima entre todos os grupos, sendo que os eixos são combinações lineares das variáveis originais e seus valores evidenciam a quantidade de variação explicada por cada eixo. Posteriormente,

foi realizado um teste “*post hoc*” de comparações pareadas de Hotelling entre as populações para testar a significância das diferenças. Foram considerados significantes os dados com valores de “*p*” < 0,05. Todas as análises foram realizadas no *software* PAST versão 2.03 (HAMMER et al., 2001).

Resultados

Nas análises das variáveis canônicas, os índices que mais explicaram as variações entre as populações foram encontrados no eixo 1, com 43,03%. Neste eixo os índices mais significativos foram: razão aspecto da nadadeira pélvica (RAPV) (valores positivos), área relativa da nadadeira pélvica (ARPV), área relativa da nadadeira peitoral (ARPT), área relativa da nadadeira anal (ARA) e área relativa da nadadeira dorsal (ARD) (valores mais negativos). Já no eixo 2, com 41,16%, os índices mais significativos foram razão aspecto da nadadeira pélvica (RAPV), razão aspecto da nadadeira peitoral (RAPT) (valores positivos), área relativa da nadadeira dorsal (ARD), razão aspecto da nadadeira caudal (RAC) e área relativa da nadadeira peitoral (ARPT) (valores negativos) (Tabela 1).

Nas análises de comparações pareadas de Hotelling, entre as populações dos córregos, a maioria das populações apresentou diferenças significativas, exceto nas relações entre as populações dos córregos Biguaçu *versus* Jurema/Indaiá, Jurema *versus* Japira-Indaiá, e Japira *versus* Indaiá (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 1. Análise de variáveis canônicas, com indicação de significância do teste de Wilk's Lambda e valores das coordenadas de acordo com seus respectivos eixos. / **Table 1.** Canonical variables analysis, with indication of significance of the Wilk's Lambda and coordinate values according to their respective axes.

| Wilk's Lambda= 0,002; f = 6,794 p < 0,05 | | |
|--|--------|--------|
| Eixo | 1 | 2 |
| Autovalores | 6,938 | 6,636 |
| Variância | 43,03 | 41,16 |
| Índice de depressão da região ventral | -0,063 | -0,042 |
| Comprimento do pedúnculo caudal | -0,069 | -0,033 |
| Altura relativa do pedúnculo caudal | -0,065 | -0,036 |
| Largura relativa do pedúnculo caudal | -0,056 | -0,040 |
| Comprimento relativo da cabeça | -0,057 | -0,038 |
| Altura relativa da cabeça | -0,049 | -0,035 |
| Largura relativa da cabeça | -0,069 | -0,043 |
| Altura relativa da cabeça | -0,086 | -0,046 |
| Largura relativa da boca | -0,072 | -0,029 |
| Índice de protrusão da boca | -0,053 | -0,037 |
| Posição vertical do olho | -0,070 | -0,039 |
| Área relativa da nadadeira dorsal | -0,117 | -0,069 |
| Área relativa da nadadeira caudal | -0,091 | -0,032 |
| Razão aspecto da nadadeira caudal | -0,001 | -0,066 |
| Área relativa da nadadeira anal | -0,102 | -0,059 |
| Razão aspecto da nadadeira anal | -0,027 | -0,031 |
| Área relativa da nadadeira peitoral | -0,148 | -0,060 |
| Razão aspecto da nadadeira peitoral | -0,002 | 0,029 |
| Área relativa da nadadeira pélvica | -0,184 | -0,066 |
| Razão Aspecto da Nadadeira Pélvica | 0,028 | 0,059 |

Tabela 2. Comparação pareada de Hotelling para os córregos analisados. Em negrito os valores significativos. / **Table 2.** Hotellin's pairwise comparisons for analyzed streams. In bold the significant values.

| | BIGUACU | JUREMA | JAPIRA | UBERABA | INDAIÁ | CAVIÚNA |
|---------|---------|--------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| BIGUACU | ϕ | 0,08 | 0,04 | 0,001 | 0,05 | 0,0003 |
| JUREMA | | ϕ | 0,21 | 0,003 | 0,10 | 0,004 |
| JAPIRA | | | ϕ | 0,0001 | 0,05 | 0,0001 |
| UBERABA | | | | ϕ | 0,001 | 0,002 |
| INDAIÁ | | | | | ϕ | 0,0006 |

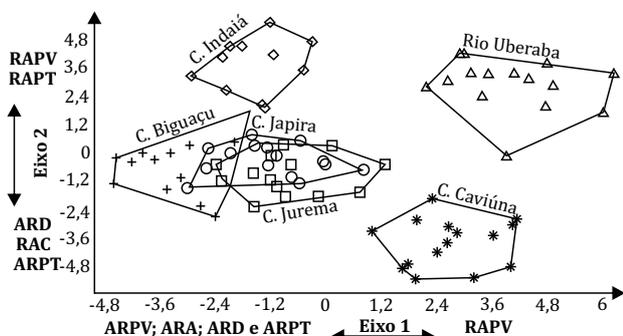


Figura 2. Análise de variáveis canônicas (AVC) para populações de *Astyanax aff. paranae*. Triângulo = rio Uberaba; Asterisco = córrego Caviúna; Cruz = córrego Biguaçu; Quadrado = córrego Jurema; Círculo = córrego Japira, Losango = córrego Indaiá. RAPV= Razão aspecto da nadadeira pélvica; ARPV= Área relativa da nadadeira pélvica; RAPT= Razão aspecto da nadadeira peitoral; ARPPT= Área relativa da nadadeira peitoral; ARD= Área relativa da nadadeira dorsal; RAC= Razão aspecto da nadadeira caudal; ARA= Área relativa da nadadeira anal / **Figure 2.** Canonical variables analysis (CVA) to *Astyanax aff. paranae* populations. Triangle = Uberaba River; Asterisk = Caviúna Stream; Cross = Biguaçu Stream; Square = Jurema Stream; Circle = Japira Stream, Diamond = Indaiá Stream. RAPV= Aspect-ratio of pelvic fin; ARPV= Relative area of pelvic fin; RAPT= Aspect-ratio of pectoral fin; ARPPT= Relative area of pectoral fin; RAC= Aspect-ratio of caudal fin; ARD= Relative area of dorsal fin; ARA= relative area of anal fin.

Discussão

A população de *Astyanax aff. paranae* do rio Uberaba em relação aos córregos Biguaçu, Japira, Jurema e Indaiá, com base nos índices ecomorfológicos, apresentaram características de alta eficiência natatória com grande capacidade de manobrabilidade e estabilização dos movimentos (GOSLINE, 1971; BREDA et al., 2005), com movimentos estáveis durante frenagens e acelerações (GOSLINE, 1971; BOND, 1979; GATZ JR., 1979; BREDA et al., 2005). Além disso, exibem atributos de peixes que exploram regiões mais bentônicas, em relação às outras populações e que vivem em ambientes de fluxo hidrodinâmico rápido, como em corredeiras (CASATTI; CASTRO, 1998).

A caracterização desta população (rio Uberaba) em relação as outras pode estar ligada a característica ambiental, que sofre um intenso impacto antrópico em sua calha. Destes impactos se destacam os barramentos (SOUZA et al., 2016), erosões e assoreamentos (CANDIDO et al., 2010). Assim, a presença de impactos como os provocados pelos barramentos, de acordo com Agostinho et al. (1994) possibilitam mudanças drásticas nos parâmetros abióticos e bióticos, proporcionando relações ecológicas negativas, como a aumento da taxa de predação, devido à alta densidade de peixes próximos a barragem. Esta condição pode ter gerado uma forte pressão seletiva sobre a população *A. aff. paranae* no rio Uberaba, selecionando os que tem uma maior capacidade de realizar manobras e movimentos de forma rápida, podendo assim evadir-se facilmente dos predadores, como um sistema de antipredação ou forragear com maior eficiência suas presas.

Em relação à população do córrego Caviúna quando comparada aos córregos Biguaçu, Jurema, Japira e Indaiá, possuem um aspecto natatório contínuo e com rápida resposta (GOSLINE, 1971; PAULY, 1989; BREDA et al., 2005). Este fato pode estar ligado aos atributos qualitativos do córrego Caviúna, que exhibe evidências de atividades antrópicas negativas em toda a sua extensão. No entanto, há a presença de densa mata ciliar. Esta combinação pode ter selecionado indivíduos com estratégias antipredatórias, como a realização eficiente de forrageio e respiração na superfície com rápido retorno ao local de refúgio, ou seja, devido a sua capacidade natatória, durante sua exposição na coluna d'água oxigenada os indivíduos procuram suas presas e retornam antes que sejam percebidos pelos preda-

dores (e.g. *Hoplias malabaricus* Bloch, 1794).

Em uma relação mais específica entre o córrego Caviúna e o rio Uberaba, é possível observar que os indivíduos apresentam características de explorador de regiões pelágicas (VIDELER, 1993; BREDA et al., 2005). Esta relação também pode ser explicada pelo caráter qualitativo do ambiente, pois a presença de impactos como indústria de veneno e outras atividades antrópicas no córrego Caviúna, culmina na necessidade de que os indivíduos precisam passar mais tempo na superfície para obtenção de oxigênio. Os indivíduos com características mais bentônicas tendem a ser excluídos pelo ambiente. As espécies submetidas a ambientes com a baixa taxa de oxigênio dissolvido na coluna d'água, devido aos processos degradantes, desenvolvem estratégias eficientes na obtenção deste recurso (CASATTI; CASTRO, 1998; CASATTI et al., 2009; ROA-FUENTES, 2011).

Outro ponto de divergência está entre a população do córrego Biguaçu e o córrego Japira, sendo que o último córrego a população exibe uma menor capacidade de realizar manobras, aceleração e frenagens (GATZ JR., 1979). Os indivíduos alocados no córrego Biguaçu interagem com uma grande quantidade de corredeiras e rochas de diversos tamanhos, apresentando uma maior capacidade de arranque quando comparado os indivíduos do córrego Japira, proporcionando uma maior destreza para transpor as barreiras físicas do fluxo hídrico durante seu deslocamento. Segundo Júnior (2015), ao se deslocar na coluna d'água, os peixes sofrem de resistência de movimentos com a turbulência do ambiente. Assim, indivíduos que apresentam a capacidade de romper obstáculos, por meio de energia mecânica gerado por suas estruturas corporais (por exemplo, o arranque proporcionado por sua nadadeira caudal), podem explorar e se manter em ambientes com fluxo hidrodinâmico intenso.

Conclusão

Com base nos resultados, foi possível constatar que as populações exibiram atributos peculiares que dependem da característica ambiental, esta por sua vez foi o principal fator que influenciou tanto a morfologia, quanto as estratégias ecológicas das populações, corroborando a hipótese inicial.

Dessa forma, foi possível notar a importância da conservação de alguns ambientes, principalmente diante aos impactos antrópicos, visto que os indivíduos mais vulneráveis podem ser extintos devido aos impactos causados. Portanto, faz necessário a implementação de atividades conservacionista e mitigadoras nos ambientes mais impactados, como a restauração da mata ciliar, a diminuição de despejo de resíduos e programas voltado a Educação Ambiental.

Agradecimentos

Ao laboratório de Ecologia e Evolução, ao laboratório de Ecologia Aquática do ICENE e a Coleção Ictiológica do Nupélia pelo suporte estrutural e de materiais. Aos graduados Luna, Michael, Pedro Peixoto, Manuela Leitão e Janaína, e aos Biólogos Carlos Eduardo da Silva, Robson Tozzo, Ariane Gouveia, Jéssica Abreu e Fábio Mise, pelos auxílios nas coletas. À Mestra Tânia Halley e ao Dr. Wagner Oliveira, pela revisão do manuscrito. A coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), pelo provimento de bolsa ao Dr. Fagner de Souza.

Referências

- ABELHA, M. C. F.; GOULART, E.; KASHIWAQUI, E. A. L.; da SILVA, M. R. *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 (Characiformes: Characidae) in the Alagados reservoir, Paraná, Brazil: diet composition and variation. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, n. 3, p. 349-356, 2006.
- AGOSTINHO, A. A. Pesquisas, monitoramento e manejo da fauna aquática em empreendimentos hidrelétricos. In: COMASE; ELETROBRÁS. **Seminário sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro**. Rio de Janeiro, p. 38-58, 1994.
- BOND, C. E. **Biology of the fishes**. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1979. 514p.
- BREDA, L.; OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum, Biological Science**, v. 27, n. 4, p. 371-381, 2005.
- CANDIDO, H. G.; GALBIATTI, J. A.; PISSARRA, T. C. T.; FILHO, M. V. M.; Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba: uma abordagem metodológica. **Engenharia, Agrícola**, v. 30, n. 1, p. 179-192, 2010.
- CASATTI, L.; CASTRO, R. M. A fish community of the São Francisco River headwater riffles, southeastern Brazil. **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 9, n. 3, p. 229-242, 1998.
- CASATTI, L.; FERREIRA, C. P.; CARVALHO, F. R. Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: an assessment of two tropical pasture river basins. **Hydrobiologia**, v. 632, p. 273-283, 2009.
- DALA-CORTE, R. B.; AZEVEDO, M. A. Biologia reprodutiva de *Astyanax henseli* (Teleostei, Characidae) do curso superior do rio dos Sinos, RS, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, v. 100, p. 259-266, 2010.
- FERREIRA, A. **Ecologia trófica de *Astyanax paranae* (Osteichthyes, Characidae) em córregos da bacia do rio Passa-cinco, Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Piracicaba, 2004. 56p.
- GATZ, A. J. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies Zoology and Botany**, v. 21, n. 2, p. 91-124, 1979.
- GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. **Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes**. EDUEM, Maringá, 2007. p.241.
- GOSLINE, W. A. 1971. **Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes**. University Press of Hawaii, Honolulu, 1971, p. 208.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RIAN, P. D. Past: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Eletrônica**, v. 4, n. 1-9, Version. 1.37, 2001.
- JÚNIOR, G. A. V. **Aspectos da morfologia na relação presa/predador de três predadores characiformes e suas principais presas**. 2015. 79 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro.
- LIMA, F. C. T.; MALABARBA, L. R.; BUCKUP, P. A.; SILVA, J. F. P.; VARI, R. P.; HAROLD, A.; BENINE, R.; OYAKAWA, O. T.; PAVANELLI, C. S.; MENEZES, N. A.; LUCENA, C. A. S.; MALABARBA, M. C. S. L.; LUCENA, Z. M. S.; REIS, R. E.; LANGEANI, F.; CASATTI, L.; BERTACO, V. A.; MOREIRA, C.; LUCINDA, P. H. F. 2003. Genera incertae sedis in Characidae. In: **Check list of the freshwater fishes of South and Central America**, ed. R. E. REIS; KULLANDER, S. O.; FERRARIS Jr; C. J. EDIPUCRS, Porto Alegre, p. 106-169.
- MARQUES, N. C. S.; NOMURA, F. **Ecomorfologia de girinos brasileiros: relação entre ecologia, morfologia e filogenia**. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS, 63, 2004, Goiânia.
- MAZZONI, R.; MORAES, M.; REZENDE, C. F.; MIRANDA, J. C. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto Tocantins, Goiás, Brasil. **Iheringia, Série Zoológica**, v. 100, n. 2, p. 162-168, 2010.
- MIRANDE, J. M. Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 385-568, 2010.
- MISE, F. T.; TENCATT, L. F. C.; SOUZA, F. Ecomorphological differences between *Rhamdia* (Bleeker, 1858) populations from the Iguazu River basin. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 99-104, 2013.
- MOREIRA-FILHO, O.; BERTOLLO, L. A. C. *Astyanax scabripinnis* (Pisces, Characidae): a species complex. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 14, p. 331-357, 1991.
- OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E.; BREDA, L.; MINTEVERA, C. V.; PAIVA, L. R. S.; VISMARA, M. R. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**, v. 8, n. 3, p. 569-586, 2010.
- PAGOTTO, J. P. A.; GOULART, E.; OLIVEIRA, E. F.; YAMAMURA, C. B. Trophic ecomorphology of Siluriformes (Pisces, Osteichthyes) from a tropical stream. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 469-479, 2011.
- PAULY, D. Food consumption by tropical and temperate fish populations: some generalizations. **Journal of Fish Biology**, v. 35 (Suppl. A), p. 11-20, 1989.
- ROA-FLUJENTES, C. A. Estrutura ecomorfológica e trófica de peixes de riachos: comparação entre ambientes com diferentes graus de conservação e entre bacias hidrográficas. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP, 2011. 112p.
- SOUZA, F.; ABREU, J. A. S.; SILVA, C. E.; GOUVEIA, A. A. Relação entre parâmetros ecológicos e qualidade ambiental em três córregos na bacia do alto rio Paraná. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 101-110, 2013.
- SOUZA, F.; SANTOS, C. J.; MATEUSSI, N. T. B.; ZUANON, L. A. Variação espacial na estrutura da ictiofauna em dois riachos na bacia do rio Pirapó. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, p. 366-382, 2014.
- SOUZA, F.; OLIVEIRA, E. F.; PAGOTTO, J. P. A.; SILVA, C. E. Estrutura ictiofaunística na zona litorânea de um lago urbano na bacia do rio Ivaí. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 95-110, 2015.
- SOUZA, F.; LEITÃO, L. M. C.; ROCHA, B. G. A.; HIROKI, K. A. N.; PELLI, A. Estrutura ictiofaunística do rio Uberaba: a influência dos barramentos na dinâmica ecológica das comunidades de peixes. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 4, p. 87-93, 2016.
- TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S. T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotropica**, v. 7, n. 2, p. 67-77, 2007.
- VIDELER, J. J. **Fish Swimming**. The Netherlands: Chapman e Hall, 1993.
- WINEMILLER, K. O. Ecomorphological diversification in LowLand Freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v. 61, n. 4, p. 343-365, 1991.