

## VARIAÇÕES ECOMORFOLÓGICAS INTRAESPECÍFICAS EM *ASTYANAX ALTIPARANAE* GARUTTI & BRITSKI, 2000 DE UM RIACHO NEOTROPICAL

Rogério Fernandes Hanisch<sup>1,2</sup>, Fábio Teruo Mise<sup>2</sup>, João Paulo Alves Pagotto<sup>2</sup>

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo averiguar a ocorrência de modificações ecomorfológicas na população de *Astyanax altiparanae* ao longo de um gradiente longitudinal de alterações antrópicas do Riacho Caracu, afluente da margem esquerda do Rio Paraná, localizado próximo a cidade de Porto Rico, Paraná, Brasil. Nesse corpo d'água, o trecho superior é caracterizado por um alargamento artificial que funciona como bebedouro de água para o gado presente na região, propiciando redução na velocidade da água. Por outro lado, os trechos médio e inferior, com suas características físicas e químicas mais bem preservadas, são caracterizados pela presença de rápidos e corredeiras. A hipótese testada foi de que o gradiente de alterações ambientais decorrentes das alterações antrópicas produz respostas adaptativas em nível intraespecífico, resultando na seleção de diferentes ecomorfotipos dentro de uma mesma população. Índices ecomorfológicos foram obtidos a partir de medidas morfométricas lineares e das áreas das estruturas morfológicas de indivíduos adultos. A identificação dos padrões de variação morfológica foi realizada por meio de análise discriminante canônica e a significância desses padrões testada pela análise de variância multivariada (MANOVA). Ambas as análises demonstraram existir divergências ecomorfológicas significativas dos indivíduos do trecho superior em relação aos demais, sobretudo quanto às maiores proporções da cabeça, área dos olhos, altura do corpo e área da nadadeira anal, características que tendem a propiciar maior capacidade de manobrabilidade e melhor desempenho em habitats lênticos. Portanto, os resultados do estudo confirmaram a hipótese inicial, sugerindo uma influência das características do hábitat sobre os padrões de diversificação ecomorfológica intraespecífica.

**Palavras-chave:** ecomorfotipos; degradação ambiental; alto Rio Paraná; Characiformes; adaptação.

### INTRASPECIFIC ECOMORPHOLOGICAL VARIATIONS IN *ASTYANAX ALTIPARANAE* GARUTTI & BRITSKI, 2000 FROM A NEOTROPICAL STREAM.

### ABSTRACT

The objective of this study was to analyze whether the longitudinal gradient of environmental condition from the Caracu Stream (a tributary of Paraná River) has significant influence on ecomorphological patterns in a population of *Astyanax altiparanae*. An artificial enlargement used by the livestock to drink water characterizes the upper stretch of this stream, and promotes a decrease in water velocity. On the other hand, the middle and lower stretch have their environmental conditions more preserved. The proposed hypothesis was that the gradient of environmental changes resulted from anthropogenic alterations lead to adaptive responses in intraspecific level, promoting a selection of different ecomorphotypes. Ecomorphological indexes were calculated from linear morphometric measures and areas of morphological traits taken from adult fish. The characterization of the ecomorphological patterns was performed by a canonical discriminant analysis, whereas the significant difference of these patterns was calculated by a multivariate analysis of variance (MANOVA). Both analysis provided evidences of significant ecomorphological divergences between fish collected in the upper stretch and those from other habitats, especially related to the proportions of head, eye area, body height and anal fin area. The highest values of these morphological traits tend to promote greater capacity of manoeuvrability and a higher performance in lentic habitats. Therefore, the results corroborate the presupposed hypothesis, evidencing the influence of environmental condition on the intraspecific ecomorphological patterns.

**Keywords:** ecomorphotypes; environmental degradation; upper Parana River; Characiformes; adaptation.

## INTRODUÇÃO

Em rios e riachos, desde a nascente até a foz, existe um gradiente de condições físicas que podem impulsionar uma série de respostas adaptativas em suas populações constituintes, resultando em um *continuum*, de ajustes bióticos

<sup>1</sup>Pós-graduando em Gestão de Recursos Naturais, Faculdade Integrado de Campo Mourão- PR.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais – Universidade Estadual de Maringá – PR.

- (1). Em tais ambientes, os organismos tendem a adquirir caracteres comportamentais e ecológicos, que de maneira geral, refletem a interação entre genótipo, fenótipo e o ambiente
- (2). De acordo com estudos realizados por Gatz
- (3) e Wood & Bain (4), a ocupação do hábitat em ambientes de riachos está diretamente



relacionada com as características morfológicas dos indivíduos, sendo as características físicas locais preponderantes na distribuição longitudinal dos peixes (5).

A despeito da relevância dos riachos para preservação da biodiversidade, intervenções antrópicas significativas têm sido registradas em suas características originais, principalmente no que diz respeito à urbanização das zonas marginais, ao despejo de efluentes domésticos e industriais, aos represamentos e à construção de rodovias nas proximidades dos cursos d'água (6). De maneira geral, estas condições têm contribuído para a redução dos recursos disponíveis nos corpos d'água, por meio da diminuição da complexidade ambiental consequência da redução da cobertura vegetal original, urbanização e homogeneização da paisagem por atividades agropecuárias (7,8,9).

Em riachos onde os distúrbios provenientes das atividades antrópicas perduram por longos períodos de tempo, os padrões referentes à organização e à dinâmica das populações de peixes podem ser afetados de maneira significativa (8). Em tais ambientes a estrutura da ictiofauna tende a ser alterada de acordo com as condições ambientais das bacias hidrográficas, no sentido de que o tipo e a intensidade da degradação destes ecossistemas podem favorecer a coexistência dos indivíduos mais bem adaptados às condições impactadas, com comportamentos e características morfológicas favoráveis à exploração de

ambientes essencialmente assoreados, com menor diversidade de habitats ou poluídos (8). A este grupo de indivíduos coexistentes que exploram recursos e condições ambientais semelhantes, utilizando um conjunto de variáveis morfológicas similares, provindas de uma seleção adaptativa estabelecida pelo ambiente, Oliveira *et al.* (10) denominaram de ecomorfotipo.

Neste estudo, testou-se a hipótese de que as alterações provocadas pela degradação ambiental tendem a selecionar ecomorfotipos específicos dentro das populações. Assim, no presente estudo investigou-se as relações da morfologia com a distribuição longitudinal da população de *Astyanax altiparanae* Garutti & Britski, 2000 em um riacho com um gradiente longitudinal de degradação ambiental.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O estudo foi realizado no Riacho Caracu, tributário da margem esquerda do Rio Paraná, localizado próximo a cidade de Porto Rico, Paraná, Brasil (Figura 1). Sua ictiofauna, assim como em outros pequenos tributários da região é composta, tipicamente, por espécies de pequeno porte, sendo Characiformes e Siluriformes as ordens mais representativas (5, 11).

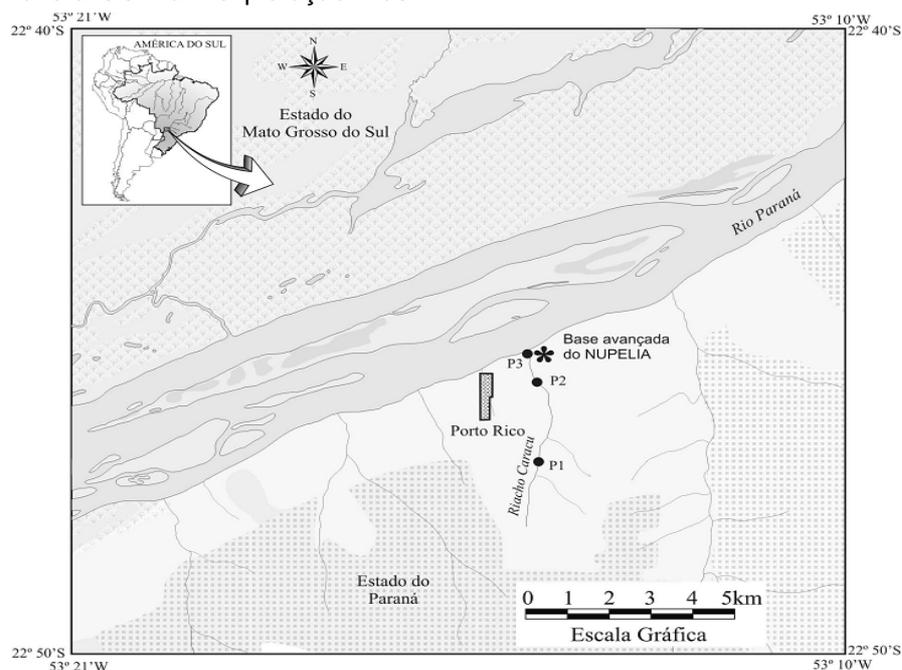


Figura 1. Riacho Caracu e respectivas estações de amostragem: Ponto 1 (P1), Ponto 2 (P2) e Ponto 3 (P3).

As variáveis físicas e químicas estimadas de cada ponto de coleta são mostradas na Tabela 1.

### Coleta de peixes

Foram realizadas três coletas com auxílio da pesca elétrica. Dessa forma, dois puçás eletrificados, um de pólo positivo e outro negativo, dispostos lado a lado, e ligados a um gerador de 2500 W operado a 500 V e 2 A, foram conduzidos longitudinalmente em direção contrária ao fluxo da água por cerca de 50 (12), etiquetados e congelados. Exemplares testemunhos foram depositados na coleção

metros, de modo a gerar um campo elétrico que capturava os peixes conforme estes se movimentavam próximos aos puçás. Cada local de coleta foi bloqueado com redes de espera dispostas a montante e a jusante, sendo conduzidas três capturas sucessivas por estação de amostragem. Os peixes coletados foram levados até a base avançada do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), localizada às margens do riacho Caracu (Figura 1), onde foram identificados de acordo com Graça & Pavanelli

ictiológica do Museu de Ictiologia da Universidade Estadual de Maringá.

**Tabela 1.** Variáveis físicas e químicas estimadas em cada ponto de coleta do riacho Caracu. Os valores estão apresentados como média ( $\pm$  desvio padrão).

Variáveis	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Largura (m)	10,97 ( $\pm$ 1,97)	1,41 ( $\pm$ 0,51)	2,26 ( $\pm$ 0,42)
Profundidade (m)	0,33 ( $\pm$ 0,18)	0,25 ( $\pm$ 0,13)	0,25 ( $\pm$ 0,16)
Velocidade da água (m/s)	0,03 ( $\pm$ 0,006)	0,37 ( $\pm$ 0,14)	0,37 ( $\pm$ 0,18)
Temperatura da água ( $^{\circ}$ C)	24,43 ( $\pm$ 3,23)	25,01 ( $\pm$ 2,18)	24,20 ( $\pm$ 1,1)
O <sub>2</sub> dissolvido (mg/L)	7,39 ( $\pm$ 0,66)	8,38 ( $\pm$ 1,73)	8,15 ( $\pm$ 0,17)
Condutividade ( $\mu$ S/cm)	51,93 ( $\pm$ 4,82)	50,53 ( $\pm$ 2,34)	47,45 ( $\pm$ 6,86)
pH	6,6 ( $\pm$ 0,21)	6,93 ( $\pm$ 0,1)	6,80 ( $\pm$ 0,32)

### Coleta dos dados morfométricos

As medidas lineares e as áreas, relacionadas ao tronco, nadadeiras, cabeça, olhos e boca dos peixes foram selecionadas com base em informações presentes em Gatz (3), Norton (13),

Breda *et al.* (14) e Oliveira *et al.* (10). No total foram escolhidos 24 caracteres morfológicos, relacionados à ocupação do hábitat, comportamento natatório e ecologia trófica da espécie (Quadro 1).

**Quadro 1.** Descrições das medidas morfométricas lineares e áreas tomadas dos exemplares coletados.

Medidas e áreas	Siglas	Descrições
1. Comprimento padrão	CP	Distância da extremidade anterior da cabeça ao término do pedúnculo caudal.
2. Altura máxima do corpo	AIMCp	Maior distância vertical perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.

3.	Altura da linha mediana do corpo	AILM	Distância do ventre até a linha horizontal que se estende da extremidade anterior da cabeça ao término do pedúnculo caudal (no ponto de altura máxima do corpo)
4.	Largura máxima do corpo	LMCp	Maior distância horizontal perpendicular ao eixo longitudinal do corpo
5.	Comprimento do pedúnculo caudal	CPd	Distância do ponto mais posterior da base da nadadeira anal até o término do pedúnculo caudal.
6.	Altura do pedúnculo caudal	AIPd	Menor altura do pedúnculo.
7.	Largura do pedúnculo caudal	LPd	Medida horizontal do pedúnculo no ponto de menor altura, perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
8.	Altura da nadadeira caudal	AIC	Maior distância vertical perpendicular ao eixo do comprimento da nadadeira caudal.
9.	Comprimento da nadadeira anal	CA	Maior distância anteroposterior da nadadeira anal.
10.	Comprimento da nadadeira peitoral	CPT	Maior distância da base da nadadeira peitoral até sua extremidade distal.
11.	Comprimento da nadadeira pélvica	CPv	Maior distância da base da nadadeira pélvica até sua extremidade distal.
12.	Comprimento da cabeça	CCb	Distância da extremidade anterior da cabeça até a porção posterior do opérculo.
13.	Altura da cabeça	AICb	Medida vertical na linha dos olhos.
14.	Largura da cabeça	LCb	Distância horizontal na região dos olhos, perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
15.	Comprimento do focinho com a boca fechada	CFF	Distancia horizontal entre a ponta do pocinho com a boca fechada até a margem anterior do olho.
16.	Comprimento do focinho com a boca aberta	CFA	Distancia horizontal entre a ponta do pocinho com a boca aberta até a margem anterior do olho.
17.	Altura dos olhos em relação à	AIO	Distância vertical do centro do olho até a parte



	cabeça		ventral da cabeça.
18.	Altura da boca	AlBo	Maior distância vertical (dorso-ventral) da abertura bucal.
19.	Largura da boca	LBo	Maior distância horizontal (lateral) da abertura bucal.
20.	Área da nadadeira caudal	AC	Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira caudal.
21.	Área da nadadeira anal	AA	Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira anal.
22.	Área da nadadeira peitoral	APt	Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira peitoral.
23.	Área da nadadeira pélvica	APv	Área delimitada pelo contorno externo da nadadeira pélvica.
24.	Área do olho	AO	Área delimitada pelo contorno externo do olho.

Todos estes caracteres foram tomados do lado esquerdo dos indivíduos, por uma única pessoa, sendo as medidas lineares obtidas com o auxílio de um paquímetro digital, com aproximação de 0,01 mm. Áreas dos olhos e das nadadeiras foram obtidas a partir dos desenhos do contorno das estruturas, os quais, posteriormente, foram digitalizados e inseridos no *software* AutoCAD 2012 para o cálculo da área interna. Resíduos das regressões de cada variável morfométrica sobre o comprimento padrão foram analisados com o auxílio do *software* Statistica 7.0, para identificar e corrigir eventuais erros na tomada de medidas e tabulação dos dados. Com o intuito de evitar variabilidade morfométrica induzida por substâncias de preservação, todas as medidas foram tomadas de indivíduos recém-descongelados, sendo que apenas indivíduos adultos foram utilizados.

A partir das medidas morfométricas lineares e das áreas foram obtidos índices ecomorfológicos. Este procedimento permite que sejam avaliadas informações restritas às diferenças entre formas, uma vez que os índices, por representarem proporções, promovem independência das análises quanto ao tamanho dos indivíduos (10). A despeito das discussões acerca deste procedimento em

estudos ecomorfológicos (2), diversos autores fizeram uso de índices em seus trabalhos (3,10,15,16). Tais autores partiram do princípio que por expressarem a forma das estruturas morfológicas, os índices são capazes de revelar seus papéis ecológicos. Baseado nesta premissa, 22 índices ecomorfológicos foram calculados de acordo com informações provenientes da literatura especializada (Quadro 2).

**Quadro2.** Variáveis morfométricas lineares e áreas envolvidas no cálculo dos índices ecomorfológicos e suas respectivas interpretações ecológicas.

<b>Índices Ecomorfológicos</b>		
Índices	Fórmulas	Interpretação
1. Índice de compressão do corpo	$IC = AIMCp/LMCp$	Altos valores indicam compressão lateral do peixe, o que é esperado em peixes que ocupam habitats com baixa velocidade da água (3,17).
2. Índice de depressão da região ventral	$ID=AILM/AIMCp$	Valores mais baixos estão associados a peixes que exploram habitats com um rápido fluxo de água (17).
3. Comprimento relativo do pedúnculo caudal	$CRPd = CPd/CP$	Peixes com longo pedúnculo caudal possuem maior capacidade de arranque (17).
4. Altura relativa do pedúnculo caudal	$AIRPd = AIPd/AIMCp$	Baixos valores indicam alta manobrabilidade (15, 19).
5. Largura relativa do pedúnculo caudal	$LRPd = LPd/LMCp$	Altos valores indicam nadadores contínuos (15, 19).
6. Comprimento relativo da cabeça	$CRCb = CCb/CP$	Maiores valores são encontrados em peixes que se alimentam de presas maiores (15,17,18, 19).
7. Altura relativa da cabeça	$AIRCb = AICb/AIMCp$	Maiores valores relativos da altura da cabeça são encontrados em peixes que se alimentam de presas maiores (15,18).
8. Largura relativa da cabeça	$LRCb = LCb/LMCp$	Maiores valores relativos da largura da cabeça são encontrados em peixes que se alimentam de presas maiores (15, 18).
9. Índice de protrusão	$IP = CFA/CFF$	Altos valores para peixes que se alimentam de presas menores, ou seja, os que protraem mais a mandíbula e maxila se alimentam de presas pequenas. Os que protraem menos, ou não protraem utilizam mordidas e se alimentam de presas maiores (3).

---

10. Altura relativa da boca	$AIRBo = \frac{AlBo}{AlMCp}$	A altura relativa da boca permite inferir sobre o tamanho relativo da presa, valores mais elevados são encontrados em peixes que se alimentam de presas relativamente maiores (3). Menores valores estão associados à maior capacidade de sucção (3).
11. Largura relativa da boca	$LRBo = \frac{LBo}{LMCp}$	Índice relacionado com o tamanho da boca, sugerindo presas relativamente grandes para índices com valores elevados (3,15).
<hr/>		
12. Posição vertical do olho	$PVO = \frac{AIO}{AICb}$	Índice associado à posição de forrageamento na coluna d'água. Maiores valores representam espécies com olhos dorsais (3,17).
13. Área relativa do olho	$ARO = \frac{AO}{(CP)^2}$	Este índice está relacionado à detecção de alimento na coluna d'água e fornece informações sobre acuidade visual das espécies (19). Pode indicar o posicionamento da espécie na coluna d'água, na medida em que espécies que habitam áreas mais profundas apresentam olhos menores (3,20).
14. Área relativa da nadadeira dorsal	$ARD = \frac{AD}{(CP)^2}$	Peixes com áreas maiores apresentam maior capacidade de estabilização em guinadas (3,20).
15. Área relativa da nadadeira caudal	$ARC = \frac{AC}{(CP)^2}$	Maiores nadadeiras caudais são importantes para aceleração (14).
16. Razão-aspecto da nadadeira caudal	$RAC = \frac{(AIC)^2}{AC}$	Peixes que apresentam nadadeiras caudais com alta razão-aspecto são nadadores mais ativos e contínuos, nos quais há uma tendência de bifurcação da caudal e redução da sua área (3)
17. Área relativa da nadadeira anal	$ARA = \frac{AA}{(CP)^2}$	Áreas relativas maiores implicam em maior capacidade de manobrabilidade e estabilização do movimento (14).
18. Razão-aspecto da	$RAA = \frac{(CA)^2}{AA}$	Maiores valores implicam em maior capacidade de

---

nadadeira anal		realizar movimentos progressivos e retrógrados (14).
19. Área relativa da nadadeira peitoral	$ARPt = APt/(CP)^2$	Áreas da nadadeira peitoral relativamente maiores são geralmente encontradas em espécies de natação lenta e com maior capacidade de manobrabilidade (17).
20. Razão-aspecto da nadadeira peitoral	$RAPt = (CPT)^2/APt$	Valores mais elevados indicam nadadeira peitoral mais longa e estreita, a qual é esperada em peixes que nadam continuamente e atingem alta velocidade, e conseqüentemente preferem regiões pelágicas (10).
21. Área relativa da nadadeira pélvica	$ARPv = APv/(CP)^2$	Áreas da nadadeira pélvica relativamente maiores são encontradas em peixes bentônicos e áreas menores em peixes pelágicos (14).
22. Razão-aspecto da nadadeira pélvica	$RAPv = (CPv)^2/APv$	Os maiores valores da razão-aspecto da nadadeira pélvica são encontrados em peixes pelágicos e estão relacionados à capacidade de equilíbrio (3).

## ANÁLISE DOS DADOS

### Padrões de variação intraespecífica

Segundo Peres-Neto (2), devido à multidimensionalidade de qualquer organismo, estudos que utilizam variáveis morfométricas para identificar padrões devem ser realizados com o auxílio de técnicas multivariadas, as quais reduzem o espaço multivariado (várias medidas) a poucas dimensões que explicam a maior variância dos dados originais. Com a finalidade do método *stepwise-forward*, com nível de significância de  $p < 0,05$ . Neste procedimento, variáveis ecomorfológicas com níveis de significância superiores ao adotado foram excluídas do modelo. A partir dos resultados deste teste foi possível prever os padrões ecomorfológicos que configuraram dentro dos diferentes ambientes.

Para testar se houve diferenças significativas na posição do espaço ecomorfológico ocupado por estes grupos, foi realizada uma Análise Multivariada da Variância (MANOVA). Nesta análise, o  $\lambda$  de Wilks varia entre zero e um, representando, respectivamente, as variações mínima e máxima entre os grupos. A hipótese

de avaliar possíveis tendências nas variações intraespecíficas no espaço morfológico multivariado, e deste modo identificar padrões de diversificação relacionados à distribuição longitudinal foi aplicada uma Análise Discriminante Canônica (ADC) sobre a matriz formada pelos 22 índices ecomorfológicos. Esta análise foi utilizada para identificar quais índices ecomorfológicos maximizaram as diferenças entre os grupos formados pelos indivíduos coletados nos três diferentes habitats do riacho Caracu (*i.e.* pontos 1, 2 e 3), por meio nula desse teste é de que não há diferenças significativas entre os grupos. Ambas as análises foram executadas no *Software Statistica 7.0*.

### Regressão múltipla

Foi realizada uma regressão múltipla para verificar a ocorrência de outros fatores físicos e químicos que não estivessem relacionados com a antropização existente na área.

## RESULTADOS

Foram analisados 71 indivíduos de *Astyanax altiparanae* (distribuídos ao longo dos três trechos do Riacho Caracu (superior, médio e inferior). O número de indivíduos em cada estação de coleta foi de 27 para a Ponto 1, 25 para a ponto 2 e 17 para a ponto 3. A ADC evidenciou os índices que tiveram maior influência sobre o padrão de distribuição das espécies no espaço ecomorfológico multivariado. Neste estudo, dos 22 índices utilizados, apenas 10 foram selecionados no modelo (Tabela 2).

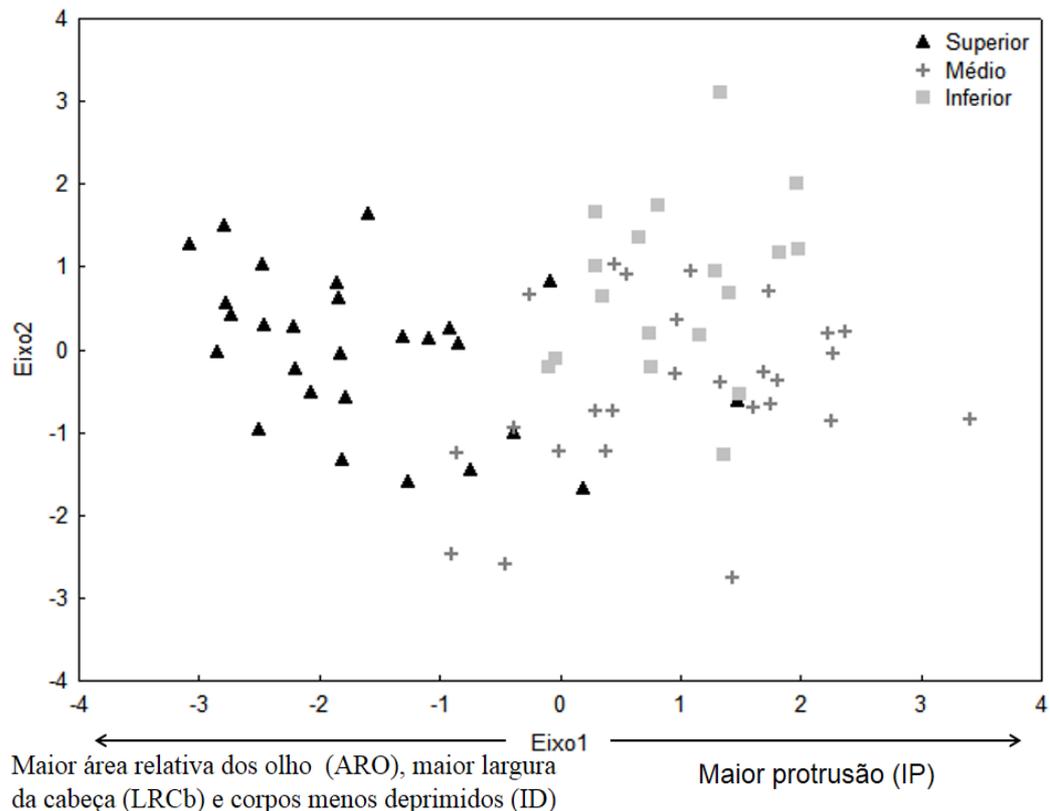
Segundo os resultados observados, só o primeiro eixo foi significativo, sendo este responsável por explicar 87% da variância total dos dados (Tabela 2). Neste sentido é possível notar uma nítida divergência ecomorfológica dos indivíduos coletados no trecho superior em relação aos demais (Figura 3). Tais indivíduos apresentaram valores negativos para os escores no eixo 1, e foram caracterizados por possuírem maiores áreas dos olhos, cabeça mais larga,

corpos mais deprimidos e menor protrusão. Por outro lado, os indivíduos dos trechos médio e inferior apresentaram olhos menores, cabeças mais estreitas e longas e maior protrusão. A MANOVA sugeriu existir efeitos significativos do habitat sobre a morfologia dos peixes, apresentando  $\lambda$  de Wilks com valor de 0,30 e  $p < 0,05$ .

Para verificar se ocorria influência de algum fator físico químico que não fossem relacionados a interferência antrópica foi realizada uma regressão múltipla cruzando os fatores físicos e químicos de cada ambiente, onde três variáveis foram significativas para o ponto 1 de acordo com o critério de Delta AICc menor que 2, sendo estas três variáveis ordenadas pela significância da seguinte forma, primeiramente a velocidade da corrente ( $\Delta AICc=0$ ), seguida pela profundidade ( $\Delta AICc=<001$ ) e depois pela largura ( $\Delta AICc=0.492$ ) fatores que estão diretamente relacionados a intervenção antrópica observada na área de estudo.

**Tabela 2.** Valores de correlação dos índices ecomorfológicos com o eixo gerado pela Análise Discriminante Canônica. Na parte inferior estão descritos os valores correspondentes aos autovalores obtidos para o eixo e a variabilidade explicada para este eixo, em termos percentuais. Os índices mais correlacionados com o eixo foram selecionados para interpretação, e estão destacados em negrito.

Índices ecomorfológicos	Eixo 1
Área relativa do olho (ARO)	<b>-0.894450</b>
Razão aspecto caudal (RAC)	-0.283426
Área relativa pélvica (ARPV)	0.200609
Índice de protrusão (IP)	<b>0.577949</b>
Largura relativa da cabeça (LRCb)	<b>-0.607690</b>
Índice de depressão (ID)	<b>-0.454079</b>
Razão aspecto caudal (RAA)	0.248220
Comprimento relativo da cabeça (CRCb)	0.334217
Altura relativa da cabeça (ALRCb)	0.357672
Área relativa anal ARA	-0.324465
Autovalor	1.684857
Variabilidade explicada	0.869976



**Figura 5.** Gráfico gerado pela análise discriminante canônica demonstrando a segregação entre os grupos formados pelos indivíduos coletados nos diferentes trechos do Riacho Caracu.

## DISCUSSÃO

A ecomorfologia baseia-se no argumento de que variações morfológicas inter e intraespecíficas estão associadas às pressões exercidas pelo ambiente (22). Nesse sentido, a ecomorfologia pode ser utilizada para indicar as características morfológicas de populações que estão mais susceptíveis aos efeitos das variações ambientais (23). No presente estudo, observou-se, por intermédio da ADC, uma nítida segregação ecomorfológica dos indivíduos de *Astyanax altiparanae* entre diferentes trechos do Riacho Caracu, enfatizando a relevância das características do hábitat e a consequente associação da forma do corpo com o ambiente como fator estruturador das populações. Esse resultado corroborou Breda (14), que também encontrou variações ecomorfológicas intraespecíficas entre espécies de Characidae coletadas em diferentes tipos de hábitat da planície de inundação do alto Rio Paraná.

A antropização no entorno do trecho superior promove alterações nas características físicas deste ambiente. Esse trecho foi substancialmente modificado para funcionar

como um bebedouro de água para os bovinos criados na região. Tais modificações promoveram alterações nas principais características físicas e químicas da água, ao ponto da referida localidade se tornar um ambiente semi-lótico, condição esta que é totalmente contrária a maioria dos riachos brasileiros (24). Nesse local, a vegetação ripária arbórea foi completamente devastada, dando lugar a uma vegetação rasteira, composta, essencialmente, por gramíneas, que muitas vezes invadem a água e tornam o ambiente densamente estruturado.

Na separação ecomorfológica apresentada por *A. altiparanae* destacaram-se os indivíduos do trecho superior, os quais apresentaram, de acordo com o eixo 1, olhos maiores. Este resultado sugere maior acuidade visual desses indivíduos (20), o que é esperado em locais onde a coluna d'água é mais turva, como o trecho superior do riacho Caracu. Nesse trecho, o intenso desmatamento das margens tende a produzir maior sedimentação e maior quantidade de sedimento carreada para dentro do riacho, o que reduz, de forma significativa, a transparência da coluna d'água, levando assim a



uma seleção de indivíduos com olhos maiores e maior acuidade visual.

A largura da cabeça está ligada diretamente ao tamanho das presas que podem ser consumidas (19). No Ponto 1, o tamanho relativo das presas pode ser um fator preponderante para seleção dos indivíduos, os quais podem ser maiores que nos demais trechos. Por outro lado, os peixes dos trechos médio e inferior apresentaram bocas com maior índice de protrusão o que sugere que estes indivíduos se alimentam de presas de pequeno porte, esta característica também possibilita uma maior capacidade de sucção diminuindo desta forma as chances de evasão das presas, a protrusão da boca está relacionada a captura de presas mais evasivas, essa característica pode ser auxiliada pela nadadeira anal e pélvica, que oferece maior estabilidade nos movimentos (14). Todavia, essa hipótese só pode ser confirmada com a realização de estudos de ecologia trófica. Os corpos menos deprimidos apresentados pelos indivíduos do trecho superior podem estar relacionados com a velocidade da corrente, pois baixos valores do índice de depressão indicam a exploração de habitats com menor fluxo de água, de forma que nos pontos 2 e 3 ocorrem indivíduos com os

corpos mais deprimidos os quais podem ser mais adaptados as condições com maior fluxo de água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo sugeriu que a variação ambiental promovida pela ação antrópica tem efeitos significativos sobre a diversificação ecomorfológica da população de *A. altiparanae*, como foi comprovado pela significância da MANOVA. A rejeição da hipótese nula desse teste comprovou que a população do trecho superior é significativamente distinta, em termos ecomorfológicos, das populações dos trechos à jusante, onde a interferência antrópica apresenta efeitos menos intensos, corroborando a hipótese inicialmente testada. O estudo enfatizou a relevância da ecomorfologia como ferramenta para análise da estrutura de populações e comunidades, demonstrando sua contribuição para o entendimento das consequências dos impactos ambientais sobre a ictiofauna de ambientes dulceaquícolas, fornecendo assim subsídios teóricos para ações de manejo e conservação ambiental.

Rogério Fernandes Hanisch, Fábio Teruo Mise, João Paulo Alves Pagotto.

*Endereço para correspondência:* Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA) Av. Colombo, 5790 - PEA - Bloco G90, sala 106 C, CEP 87.020-900 – Maringá - PR - Brasil  
Tel.: (44) 3261-4751 / 3261-4630 Fax: (44) 3261-4626,  
E-mail: [hanischbio@gmail.com](mailto:hanischbio@gmail.com)

Recebido em 10/11/2012

Revisado em 01/04/2013

Aceito em 05/03/2014

## REFERÊNCIAS

- (1) Uieda, V. S Vannote, R. L.; Minshall, G. W.; Cummins, K. W.; Sedell, J. R.; Cushing, C. E. The river continuum concept. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Science**. Ottawa, 1980.v.37, p. 130 – 137.
- (2) Peres-Neto, P. R. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riacho. In: Caramaschi, E. P.; Mazzoni, R.; Peres-Neto, P. R. (eds) **Ecologia de Peixes de Riacho-Série Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro: PPGE – UFRJ, v 6, p. 209 - 236, 1999.
- (3) Gatz, A. J. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies in Zoology and Botany**, v. 21, n. 2, p. 91 – 124, 1979.
- (4) Wood, B. M.; Bain, M. B. Morphology and microhabitat use in stream fish. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Science**. Canada, 1995. 52: 1487 – 1498.
- (5) ABES, S. S.; Agostinho, A. A. Spatial patterns in fish distributions and structure of the ichthyocenosis in the Água Nanci stream, upper Paraná River basin, Brazil. **Hydrobiology**, Netherlands, v. 445, p. 217 – 227, 2001.
- (6) Winemiller, K. O.; Agostinho, A. A.; Caramaschi, E. P. 2008. Fish ecology in tropical streams, Chapter 5. In: Dudgeon, D. (Ed.). **Tropical Stream Ecology**, Elsevier/Academic Press: San Diego, pp. 107-146.
- (7) Pusey, B. J.; Arthington, A. H., Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fishes: a review with special emphasis on tropical Australia. **Marine and Freshwater Research**. v. 54, p. 1-16, 2003.
- (8) CASATTI, L. Ichthyofauna of two streams (silted and reference) in the upper Paraná River basin, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n.4, p. 757-765, 2004.
- (9) CUNICO, A. M. **Efeitos da urbanização sobre a estrutura das assembléias de peixes em córregos do município de Maringá, Paraná, Brasil**.2010. 73 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais)/Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- (10) OLIVEIRA, E. F., GOULART, E., BRENDA, L., MINTE-VERA, C. V., PAIVA, L. R. S. AND 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.
- (11) PENCZAK, T.; AGOSTINHO, A. A.; OKADA, E. K. Fish diversity and community structure in two small tributaries of the Paraná River, Paraná State, Brazil. **Hydrobiologia**. Belgium: Kluwer Academic Publishers, v. 294, p. 243 – 251, 1994.
- (12) Graça, W. J. and C. S. Pavanelli. 2007. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. Maringá.EDUEM.241 p.



- (13) Norton, S. F. A functional approach to ecomorphological patterns of feeding in cottid fishes. **Environmental Biology of Fishes**, v. 44, n1-3, p. 61-78, 1995.
- (14) BREDA, L.; OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E. Ecomorfologia de locomoção de peixes com enfoque para espécies neotropicais. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, 27(4): 371-381, 2005.
- (15) WINEMILLER, K. O. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish assemblages from five biotic regions. **Ecological Monographs**, v. 61, n.4, p. 343-365, 1991.
- (16) 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**, vol. 71, no. 2, p. 469-479, 2011.
- (17) Watson, D. J.; Balon, E. K. Ecomorphological analysis of fishes taxocenes in rainforest stream of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**. 1984. 25: 371 – 384.
- (18) WILLIS S. C.; WINEMILLER K. O; LOPEZ-FERNANDEZ, H. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. **Oecologia**, v.142, p. 284–295, 2005.
- (19) POUILLY, M.; LINO, F.; BRETENOUX, J. G.; ROSALES, C. Dietary-morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. **Journal of Fish Biology**, v. 62, p. 1137-1158, 2003.
- (20) PIET, G. J. Ecomorphology of a size-structured tropical freshwater fish community. **Environmental Biology of Fishes**, v. 51, p. 67-86, 1998.
- (21) MATTHEW, W. J. **Patterns in freshwater fish ecology**. New York: Champman & Hall, c1998, p. 750, ill.
- (22) NEVES, F.M.; MONTEIRO, L.R. Body shape and size divergence among populations of *Poecilia vivipara* in coastal lagoons of south-eastern **Brazil**. **J. Fish. Biol.** v.63, n. 4, p. 928-941, 2003
- (23) Castro R.M.C. 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. pp. 01-22. In Caramaschi, E.P; Mazzoni, R. P.R. Peres-Neto (eds). **Ecologia de Peixes de Riachos**. Série Oecologia Brasiliensis, Vol. VI PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.