

AS CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM RIACHOS PREDIZEM OS PADRÕES ECOMORFOLÓGICOS DAS COMUNIDADES DE PEIXES?

Anna Paulla Silva¹ (IC)*, Dianne Michelle Alves da Silva² (PQ), Fabrício Barreto Teresa¹ (PQ).

paulinhaundefined97@gmail.com - anna.paulla.123@hotmail.com

Universidade Estadual de Goiás- CCET¹, Universidade Estadual de Goiás- Porangatu².

Resumo: As características das espécies de uma comunidade indicam a sua adequabilidade às condições locais, sugerindo a atuação de filtros ambientais que selecionam as espécies de acordo com suas características. Testamos se a similaridade nos atributos ecomorfológicos em nível de comunidade são associados com a similaridade ambiental dos riachos, assim como avaliamos quais atributos são mais informativos como preditores das condições ambientais dos riachos. Os riachos foram caracterizados com relação às variáveis estruturais, paisagem e limnológicas. Para a obtenção do padrão ecomorfológico das comunidades a partir das informações das espécies foi calculada uma média de cada atributo morfológico das espécies que ocorrem em cada comunidade, ponderada pela abundância. Para obter padrão de similaridade entre os pares de riachos utilizamos a distância euclidiana e para a similaridade ecomorfológica utilizamos o coeficiente de Bray-Curtis. Avaliamos a correlação entre ambas matrizes de distância, utilizando o teste de Mantel. O conjunto de atributos não foi associado com as condições ambientais dos riachos. Alguns atributos apresentaram correlação significativa com as condições ambientais: altura relativa, relação do aspecto da nadadeira peitoral e orientação da boca. A relação entre os atributos ecomorfológicos e o ambiente sugerem a atuação de filtros ambientais que estruturam as comunidades.

Palavras-chave: Atributos funcionais. Filtros ambientais. Morfologia.

Introdução

Riachos são ecossistemas caracterizados pela alta variabilidade ambiental temporal e espacial, apresentando cursos de água relativamente pequenos e constituídos de um mosaico de condições ambientais (FRISSEL et al., 1986). Essa alta heterogeneidade têm forte influência no padrão de distribuição dos organismos, influenciando a biodiversidade do ecossistema (TERESA; CASATTI, 2013) e a composição funcional das comunidades.

A morfologia dos organismos e as suas estratégias de vida são fortemente relacionadas e o ambiente exerce influência sobre o fenótipo dos indivíduos que ocorrem nas comunidades locais (TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007). Diante disso, as adaptações das espécies refletem nos padrões morfológicos encontrados nas comunidades (OLIVEIRA et al., 2010). A ecomorfologia é o ramo da ecologia que estuda a relação entre a morfologia e aspectos ecológicos dos indivíduos, populações, guildas e comunidades (PERES-NETO, 1999). A forma pelo qual as

espécies conseguem utilizar os recursos e a resposta aos fatores físicos do hábitat, apresentando uma relação com os padrões morfológicos das espécies da comunidade (MAZZONI, 2010).

As características das espécies de uma comunidade são o resultado da sua adequabilidade às condições locais (POFF, 1997), baseando-se no fato de que os traços das espécies são influenciados pelas condições ambientais. De acordo com o conceito dos filtros ambientais, as restrições ambientais (filtros) selecionam as espécies com atributos que vão garantir a sobrevivência dos indivíduos (KEDDY, 1992). Assim, comunidades estruturadas por filtros ambientais serão compostas por espécies que compartilham atributos específicos que garantem sua persistência (POFF, 1997). Em escalas mais amplas, as variáveis de paisagem exercem diversos efeitos sobre o ecossistema aquático, como regulação da produtividade primária, temperatura e fornecimento de material alóctone (TERESA; CASATTI, 2010; CASATTI et al., 2012). Em escala local, as variáveis estruturais do habitat envolvem aspectos relacionados à composição do substrato, fluxo, profundidade e características dos barrancos e da vegetação ripária. Essas variáveis são conhecidamente importantes para a organização das comunidades de peixes, além dessas, as características limnológicas também exercem influência sobre a ictiofauna (WILLIS et al., 2005).

A previsibilidade da variação na composição de espécies e suas características tem grande aplicação para a conservação (OLDEN et al., 2010). Por sua vez, riachos estão mais sujeitos a degradação antrópica e, conseqüentemente, as condições abióticas com a destruição do hábitat, determinam os recursos que estarão disponíveis (LUIZ et al., 1998). Por exemplo, a identificação de características das espécies associadas com variáveis ambientais pode possibilitar a utilização de métricas baseadas nos atributos para o monitoramento ambiental. Além disso, seria possível identificar espécies que seriam mais susceptíveis às mudanças ambientais.

Testamos se a similaridade nos atributos ecomorfológicos em nível de comunidade são associados com a similaridade ambiental dos riachos, assim como avaliamos quais atributos são mais informativos como preditores das condições ambientais dos riachos.

Material e Métodos

Área de estudo: O estudo foi realizado em riachos pertencentes à drenagem do rio Santa Teresa, sistema do Alto rio Tocantins, Norte de Goiás. Foram realizados estudos a partir de material biológico proveniente de amostragens em 30 riachos, contemplando o gradiente de condições ambientais presentes na região.

Coleta: A coleta da ictiofauna foi realizada em trechos de 80 metros de extensão, utilizando equipamento de pesca elétrica. Os peixes capturados foram fixados em solução de formol 10% e, depois de 72 horas, transferidos para uma solução de álcool 70%. Para a identificação da ictiofauna foram realizadas consultas a literatura especializada e ajuda de taxonomista.

Caracterização das espécies: As espécies foram caracterizadas por meio de 13 atributos funcionais baseadas em 18 medidas morfológicas. Esses atributos representam aspectos ecológicos associados com o uso de hábitat e ecologia trófica (CASATTI; CASTRO, 2006), utilizando 10 indivíduos de cada espécie (exceto para aqueles que apresentaram abundância inferior a 10 indivíduos), com o auxílio do paquímetro. Quanto as medidas de área (área da nadadeira caudal, peitoral e área do corpo) foram estimadas com auxílio do papel milimetrado, contornando-se a nadadeira expandida ao máximo e calculando sua área interna expressa em milímetros.

Caracterização ambiental: Em cada riacho foram obtidas as seguintes informações ambientais: largura, profundidade, composição do substrato, fluxo, presença de raízes, troncos e banco de folhiço no hábitat interno e estimativa da largura da mata ripária. Esses descritores foram medidos em nove transectos ao longo de cada trecho amostral. A porcentagem de mata nativa na microbacia à montante do trecho amostral e em uma faixa de 500 metros foram medidas a partir da análise de dados de paisagem utilizando ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica. Quanto as variáveis limnológicas foram obtidas ao longo trecho amostrado clorofila, fosfato, nitrato, nitrito, n- amoniacal, ntk, n-orgânico, n-total, condutividade, oxigênio, pH, temperatura, turbidez e sólido totais. A fim de verificar quais variáveis ambientais eram correlacionadas entre si, foi realizada correlação de Pearson para todo o conjunto de variáveis ambientais e para cada grupo de variável (limnológica, estrutural e paisagem). As variáveis correlacionadas foram omitidas das análises.

Análise de dados: Para a obtenção do padrão ecomorfológicos das comunidades a partir das informações das espécies, foi calculada para cada comunidade, a média de cada atributo morfológico que foi ponderado pela abundância das espécies. Esse cálculo é denominado CWM (community weighted mean trait values) e consistiu na multiplicação da matriz de abundância (espécie x riachos) com a matriz de atributos ecomorfológicos (atributos x espécies), resultando em uma matriz de atributos por riachos. Em seguida aplicamos o coeficiente de Bray-Curtis, obtendo o padrão de similaridade entre os pares de riachos. Para avaliar se a similaridade dos riachos a partir do padrão ecomorfológico das comunidades é associado com a similaridade ambiental dos riachos, a matriz de similaridade ecomorfológica foi correlacionada com uma matriz de similaridade ambiental, considerando todas as variáveis ambientais, assim como cada grupo (estrutural, limnológica e paisagem) separadamente, por meio do teste de Mantel. A matriz de similaridade ambiental geral e para cada grupo de variáveis foi obtida a partir da aplicação da distância euclidiana na matriz ambiental padronizada (escores de z). Visando avaliar quais atributos morfológicos são mais informativos para predizer as condições ambientais dos riachos, as análises foram realizadas para o conjunto de atributos morfológicos, assim como para cada atributo separadamente.

Resultados e Discussão

O padrão de similaridade ecomorfológica, considerando todos os atributos combinados não foi correlacionado com as variáveis ambientais (todas variáveis ambientais: $r = -0,04$; $p = 0,75$; limnológicas: $r = -0,01$; $p = 0,61$; estrutural: $r = -0,05$; $p = 0,81$; paisagem: $r = 0,009$; $p = 0,39$) (Tabela 1). Mas quando foi avaliado cada atributo separadamente, a Altura relativa (AR) teve correlação significativa com o conjunto de variáveis ambientais, ($r: 0,21$; $p: 0,008$), com as variáveis limnológicas ($r = 0,21$; $p = 0,007$) e com as variáveis estruturais ($r = 0,22$; $p = 0,003$) (Tabela 1). A relação do aspecto da nadadeira peitoral (RAP) foi significativamente correlacionada com as variáveis limnológicas ($r = 0,14$; $p = 0,02$) e estruturais ($r = 0,14$; $p = 0,03$; $r = 0,14$) (Tabela 1). A orientação da boca (OB) foi significativamente correlacionada com as variáveis limnológicas, mas teve um efeito muito baixo ($r = 0,08$; $p = 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado do teste de Mantel, considerando o conjunto de atributos e cada atributo separadamente, assim como o todas as variáveis ambientais e os seus subconjuntos (limnológicas, estruturais e paisagem). As correlações significativas são indicadas em negrito. Atributos funcionais com a sua respectiva siglas: Índice de compressão do corpo (IC); Altura relativa (AR); Comprimento relativo do pedúnculo caudal (CRP); Índice de compressão do pedúnculo caudal (CPC); Índice de achatamento ventral (IAV); Relação do aspecto da nadadeira peitoral (RAP); Posição relativa dos olhos (PRO); Coeficiente de finura (CF); Área relativa da nadadeira caudal (ARC); Área relativa da nadadeira peitoral (ARP); Comprimento relativo da cabeça (CRC); Largura relativa da boca (LRB) e Orientação da boca (OB).

	Todas as Variáveis		Variáveis Limnológicas		Variáveis Estruturais		Variáveis de Paisagem	
	r	p	R	p	r	p	r	p
Todos os atributos	-0,04	0,75	-0,01	0,61	- 0,05	0,81	0,009	0,39
IC	0,09	0, 23	0, 14	0,12	0,10	0,20	-0,10	0,81
AR	0,21	0,008	0,21	0,007	0,22	0,003	-0,07	0,83
CRP	-0,05	0,75	0,004	0,51	-0,06	0,80	0,01	0,43
CPC	0,09	0,18	0,07	0,22	0,07	0,22	0,03	0,32
IAV	0,008	0,45	0,03	0,37	0,004	0,43	-0,01	0,53
RAP	0,05	0,17	0,14	0,02	0,14	0,032	0,05	0,16
CRC	0,10	0,17	0,05	0,28	0,04	0,30	0,10	0,17
PRO	-0,07	0,68	-0,04	0,567	-0,02	0,46	-0,11	0,78
LRB	-0,05	0,88	-0,04	0,80	-0,02	0,69	-0,05	0,86
CF	0,004	0,43	0,01	0,39	0,03	0,30	-0,04	0,62
ARC	0,09	0,14	0,09	0,13	0,02	0,32	0,04	0,28
ARP	-0,02	0,75	-0,04	0,82	0,03	0,21	-0,08	0,97
OB	0,03	0,28	0,08	0,05	0,02	0,28	-0,05	0,83

Os resultados deste estudo mostraram que, quando avaliados em conjunto, os atributos morfológicos não são preditos pelas condições do ambiente. Entretanto quando avaliados separadamente, alguns atributos apresentam correlações significativas com as condições ambientais, em especial com as variáveis limnológicas e estruturais. Os atributos ecomorfológicos refletem a ecologia das espécies e indicam como as espécies se distribuem pelas manchas de habitat (FERREIRA, 2007). Dessa forma, correlações entre os padrões ecomorfológicos e as condições ambientais são esperadas. A relação existente entre os atributos

ecomorfológicos e o ambiente sugerem a atuação de filtros ambientais que estruturam as comunidades, prescrevendo os tipos funcionais e as espécies que ocorrem na comunidade (KEDDY, 1992). Para passar de um determinado filtro ambiental a espécie deve apresentar características que são compatíveis com as restrições ambientais (POFF, 1997). Em nossos estudos esses filtros correspondem às variações nas condições limnológicas e estruturais.

A altura relativa (AR) é uma característica que está relacionada com a adaptação dos peixes para lidar com a velocidade da água. Espécies com valores baixos são aquelas com corpo deprimido, que possuem capacidade de fazerem curvas verticais e habitam águas rápidas. No sentido oposto, espécies com maior altura do corpo são associadas com riachos de águas lânticas (GATZ, 1979a). O fluxo é uma das principais variáveis ambientais que influenciam a distribuição espacial dos peixes, capaz de promover pressão seletiva para a distinção morfológica (LEAL et al., 2013; GORMAN; KARR, 1978). Assim, em ambientes com maior fluxo, a abundância de espécies que possuem o corpo deprimido seria maior, enquanto que em riachos mais lentos os peixes com corpo mais alto predominariam.

A relação do aspecto da nadadeira peitoral (RAP) relaciona-se com capacidade de realizar manobras (WATSON; BALON, 1984). São associadas com espécies bentônicas, onde as nadadeiras peitorais tem a função de manobras na busca de presas e principalmente com a capacidade de lidar com o fluxo da água (TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007). Valores altos de RAP indicam nadadeira peitoral longa e estreita, esperada entre peixes que nadam constantemente (WATSON; BALON, 1984). Nadadeiras amplas (largas) estão relacionadas com espécies bentônicas, sendo observada em indivíduos que vivem em ambientes com alto fluxo de água. De fato, o alto fluxo de água é uma importante pressão seletiva que direciona a especialização morfológica dos peixes (GORMAN; KARR, 1978).

A orientação da boca (OB) indica a posição que o peixe está ocupando na coluna d'água e dos tipos de alimento que consome (PIET, 1998). Peixes com boca ventral alimentam-se de presas no fundo (GATZ, 1979a). Altos valores de orientação da boca indicariam espécies que se alimentam de recursos alóctones (BARRETO; ARANHA, 2006). As variáveis limnológicas foram associadas com esse atributo, porém com baixo poder de explicação (r baixo).

As variáveis limnológicas dos ambientes aquáticos determinam e estruturam a composição de peixes (MATOS et al., 2013). Por exemplo, as características físico-químicas da água, tais como a condutividade explicaria a variação na diversidade de espécies, já o pH alterações fisiológicas como a absorção e transporte de oxigênio, que são fatores que estão relacionados com a ocorrência e distribuição dos peixes (BARROS et al., 2013; ESTEVES, 1998). A temperatura da água está relacionada com todas as atividades fisiológicas dos peixes (OLIVEIRA, 2010). Neste estudo, essas variáveis, assim como as variáveis estruturais foram associadas com AR e RAP. Isso poderia sugerir que ambas variáveis ambientais poderiam ser autocorrelacionadas. De fato, a avaliação de correlação entre ambos conjuntos de preditores evidenciou correlação significativa. Assim, a correlação das variáveis limnológicas com os atributos morfológicos podem não representar um mecanismo causal, mas ser um artefato da influência da estrutura física do habitat sobre os padrões morfológicos das comunidades.

As variáveis de paisagem apesar de exercerem diversos efeitos sobre o ecossistema aquático (TERESA; CASATTI, 2010), influenciando a estrutura física dos riachos, e conseqüentemente a ocorrência das espécies nas comunidades (MACEDO et al., 2014). Em nossos estudos, este conjunto de variáveis não mostrou correlação com os atributos morfológicos. É possível levantar algumas explicações para isso, dentre as quais, a não inclusão de atributos que teriam algum significado para esse conjunto de variável. Outra explicação é que a paisagem da região é relativamente bem conservada (BORGES et al, 2015) e as alterações não seriam suficientes para influenciar os padrões das comunidades. Diante disso, não é possível afirmar que a paisagem não afeta as comunidades de peixes, uma vez que existem estudos e evidências que comprovam a interação do ambiente aquático com ambientes terrestres (BORGES et al, 2015).

Considerações Finais

Os atributos ecomorfológicos em conjunto não são pazes de predizer as condições do habitat. Seu poder preditivo é maior quando considerados os atributos separadamente. Alguns atributos morfológicos são associados com as variáveis limnológicas e estruturais podendo ser utilizados como indicadores dessas

condições ambientais. Entretanto, para avaliar as condições da paisagem, os atributos morfológicos não devem ser utilizados como indicadores.

Agradecimentos

Ao CNPq pelas bolsas concedidas a APS (PIBIC/CNPq) e FBT (302158/2015-4).

Referências

- BARRETO, A. P.; ARANHA, J. M. R. Alimentação de quatro espécies de Characiformes de um riacho da Floresta Atlântica, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. Paraná, v. 23, n. 3, p. 779-788, set. 2006.
- BARROS, D. F. et al. Effects of isolation and environmental variables on fish community structure in the Brazilian Amazon Madeira-Purus interfluve. **Braz. J. Biol.** São Carlos, v. 73, n. 3, p. 491-499, ago. 2013.
- BORGES, P. P. et al. Relative influence of direct and indirect environmental effects on sestonic chlorophyll-a concentration in Cerrado streams. **Acta Limnologica Brasiliensia**. Rio Claro, v. 27, n. 3, p. 301-310, jul/set. 2015.
- CASATTI, L. et al. From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish?. **Neotropical Ichthyology**. Brasil, v. 10, n. 1, p. 205-214, mar. 2012.
- CASATTI, L.; CASTRO, R. M. C. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the São Francisco, Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**. v. 4, n. 2, p. 203-214. jun. 2006.
- ESTEVES, F. A. CARBONO INORGÂNICO. In: ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Ed. Rio de Janeiro : Interciência, 1998. p. 8- 226.
- FERREIRA, K. M. Biology and ecomorphology of stream fishes from the rio MogiGuaçu basin, Southeastern Brazil. **Neotropical Ichthyology**. Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 311-326, jul/set. 2007.
- FRISSELL, C. A. et al. A hierarchical framework for stream habitat classification viewing streams in a watershed context. **Environmental Management**. Estados Unidos, v. 10, p. 199–214, mar. 1986.
- GATZ, A. J. Ecological morphology of freshwater stream fishes. **Tulane Studies in Zoology and Botany**. v. 21, p. 91-124, nov. 1979a.
- GORMAN, O.T.; KARR, J. R. Habitat structure and stream fish communities. **Ecology**. Estados Unidos, v. 59, n. 3, p. 507-515, mai. 1978.

- KEDDY, P.A. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. **Journal of Vegetation Science**. Canadá, v.3, n. 2, p. 157-164, abr. 1992.
- LEAL, C. G. et al. Variações ecomorfológicas e de uso de habitat em *Piabina argentea* (Characiformes, Characidae) da bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**. Porto Alegre, v.103, n. 3, p. 222-230, set. 2013.
- LUIZ, E. A. Ecologia trófica de peixes em dois riachos da bacia do rio Paraná. **Rev. Brasil. Biol.** Paraná, v. 58, n. 2, p. 273- 285, mai. 1998.
- MACEDO, D. R. et al. The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate richness in cerrado biome streams. **Landscape Ecology**, v. 29, n. 6, p. 1001–1016, mai. 2014.
- MATOS, P. R. et al. Relação entre variáveis ambientais e a estrutura da comunidade de peixes em córregos das bacias do Rio das Mortes e do rio Xingu – MT, Brasil. **Biotemas**, Mato Grosso, v. 26, n. 3, p. 139-151, set. 2013.
- MAZZONI, R. et al. Alimentação e padrões ecomorfológicos das espécies de peixes de riacho do alto rio Tocantins, Goiás, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**. Porto Alegre, v. 100, n. 2, p. 162-168, jun. 2010.
- OLDEN, J. D. et al. Conservation biogeography of freshwater fishes: past progress and future directions. **Diversity and Distributions**. Estados Unidos, v. 16, p. 496–513, 2010.
- OLIVEIRA, E. F. et al. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. **Neotropical Ichthyology**. Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 569–586, set. 2010.
- OLIVEIRA, R. P. C. Variáveis Hidrológicas Físico-químicas na Criação da Tilápia-doNilo n Sistema Raceway com Diferentes Renovações de Água. **Ci. Anim. Bras.** Goiânia, v. 11, n. 3, p. 482-487, jul/set. 2010.
- PERES-NETO, P. Alguns métodos e estudos em ecomorfologia de peixes de riachos. In: CARAMASCHI, E. P., MAZZONI, R., PERES-NETO, P. R. **Ecologia de peixes de riachos**. Rio de Janeiro: Oecologia Brasiliensis. 1999. p. 157-182.
- PIET, G. Ecomorphology of a size-structured tropical freshwater fish community. **Environmental Biology of Fishes**. v. 51, n.1, p. 67–86, jan. 1998.
- POFF, N. L. Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. **Journal of North American Benthological Society**. Estados Unidos, v. 16, n. 2, p. 391–409, mai. 1997.

TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S. T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotropica**. Paraná, v. 7, n. 2, p. 68- 75, mai/ago. 2007.

TERESA, F. B.; CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. **PanAmerican Journal of Aquatic Sciences**. São José do Rio Preto, v. 5, n. 3, p. 444-453, mai. 2010.

TERESA, F.B.; CASATTI, L. Development of habitat suitability criteria for Neotropical stream fishes and an assessment of their transferability to streams with different conservation status. **Neotropical Ichthyology**. Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 395-402, jun. 2013.

WATSON, D. J.; BALON, E. K. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. **Journal of Fish Biology**. v. 25, n. 3, p. 371-384, set. 1984.

WILLIS, S.C. et al. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. **Oecologia**. Canadá, v. 142, n.2, p.284- 295, jan. 2005.