



Conexões entre peixes e micro-habitats em riachos de Cerrado: estruturas chave do ambiente e convergência no uso do nicho trófico

Renato de Mei Romero¹, Lilian Casatti²

¹Professor doutor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico – IFAL, campus Marechal Deodoro - AL e-mail: romerobio@yahoo.com.br

²Professora doutora do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas – IBILCE – UNESP. São José do Rio Preto – SP e-mail: licasatti@gmail.com.

Resumo:

Foi avaliada a importância relativa das porções de micro-habitats para peixes de riachos e a similaridade no uso do habitat em 19 riachos de três bacias hidrográficas do Cerrado Brasileiro (Paraguai, Paraná, São Francisco). Foram realizadas 74 horas de observações subaquáticas diurnas e noturnas para registrar a associação das espécies de peixes com 11 porções do micro-habitat de riachos. Dados de presença e ausência foram usados para calcular a conectância das espécies com as porções de micro-habitat. Nas três bacias, as espécies de Characidae exploraram o maior número de micro-habitats. Apesar de cada bacia demonstrar diferentes micro-habitats chave, no geral, os micro-habitats laterais foram os mais explorados pelos peixes. Estas medidas permitem a detecção de estruturas chaves de habitat, sendo de grande importância na restauração de ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: conectância, micro-habitat, nicho espacial, nicho trófico

1. INTRODUÇÃO

A ocupação de ambientes aquáticos pelos peixes está acompanhada pela radiação de características estruturais, fisiológicas e comportamentais (Keenleyside 1979); entre estas, destaca-se o “uso de habitat” como característica fundamental para o entendimento de questões básicas a respeito das dimensões do nicho e da colonização de novos ambientes.

A distribuição das espécies de peixes nos micro-habitats disponíveis pode fornecer importantes informações sobre características evolutivas, histórias de vida, estratégias alimentares e ocupação de habitat (Rincón 1999), permitindo a identificação de estruturas chave no ambiente e seu uso em propostas conservacionistas.

Hynes (1970) destaca o papel das estruturas de habitat em ambientes de riachos, tanto na diversificação alimentar, quanto na disponibilização de refúgios para comunidades ícticas. Karr & Chu (1999) apontam a descaracterização destas estruturas como um dos principais impactos negativos das atividades humanas sobre os ambientes aquáticos, de forma que a identificação destes componentes pode significar em um ganho de foco em projetos de conservação e restauração ambiental.

O presente estudo foi desenvolvido em ambientes de riacho de três bacias hidrográficas distintas com objetivo de identificar as redes de interações entre as espécies de peixes e as porções de micro-habitat. Foram identificadas as porções “chave” do ambiente e as espécies mais plásticas quanto ao uso do espaço. Adicionalmente, foi testada a hipótese de que existe convergência funcional no uso do nicho alimentar pela ictiofauna independente da bacia hidrográfica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O cerrado brasileiro, cobre mais de 2.000.000 km², representando originalmente 23% da superfície de país (Ratter *et al.*, 1983). Trata-se de um mosaico vegetacional composto por diversas



fitofisionomias (Sano e Almeida, 1998), que abriga nascentes e divisores de água de grandes bacias hidrográficas brasileiras (Padovesi-Fonseca, 2006). Foram amostrados 19 riachos (1st e 2nd ordens, 1:50.0000 escala Strahler) dentro ou próximos de unidades de conservação nas porções superiores das bacias hidrográficas dos rios Paraguai, Paraná e São Francisco. Na bacia do Paraguai (PG) foram selecionados riachos próximos ao Parque Nacional da Serra da Bodoquena; na bacia do Paraná (PN), riachos adjacentes e no interior do Parque Nacional das Emas e, na bacia do São Francisco (SF), riachos próximos ao Parque Nacional da Serra da Canastra. Cada riacho foi amostrado em seis ocasiões distintas ao longo de um ano (maio/2008 a abril/2009), totalizando 36 amostragens na bacia PG, 42 na bacia do alto Paraná e 36 na bacia do SF. Durante uma hora, dois coletores empregaram técnicas de coletas manuais, prezando pela melhor técnica para cada tipo de meso e micro-habitat explorado. Os peixes coletados foram anestesiados (2,5 g de benzocaína em 5 l de água) e fixados em formol 10%. Em laboratório, os mesmos eram lavados e transferidos para solução de EtOH 70%. Todos os peixes coletados foram identificados seguindo as chaves de identificação (Britski et al. 1984, Britski et al. 2007).

Antes dos procedimentos de coleta da ictiofauna foram realizadas 74 horas de observação subaquáticas nos mesmos trechos selecionados para amostragem da ictiofauna nas três bacias hidrográficas. Foi empregado o mergulho livre em todos os trechos com transparência subaquática superior a 50 cm. As técnicas “*ad libitum*” e animal focal foram utilizadas para o registro de ocorrência de espécies e fidelidade de uso de porções de micro-habitat, tanto no período diurno quanto no noturno. Algumas espécies não foram registradas durante as observações em razão da baixa transparência da água, mas foram coletadas. Estas espécies foram incluídas nas análises, pois a metodologia de coleta empregada na captura dos peixes permite o estabelecimento de relações confiáveis com porções do micro-habitat.

Após as primeiras sessões subaquáticas, foram identificados 11 micro-habitats comuns a todas as bacias (SL – superfície lateral, CL – coluna lateral, GT – galhos e troncos, SD – substrato duro, SI – substrato inconsolidado, CC – coluna do canal, SC – superfícies da coluna, MA – macrófita, FO – folhoso, RFR – raiz fina em rede, VM – vegetação marginal). Tais micro-habitats, quando possível, foram mapeados e quantificados (% do leito ocupado). Em cada trecho de riacho as espécies de peixes foram registradas levando-se em consideração o uso de estruturas do habitat, a distribuição na coluna d’água, locais de forrageamento e abrigo.

A relação entre espécies e micro-habitats foi obtida por meio de medidas de conectância (razão entre as conexões observadas e o número de conexões possíveis, Fonseca e John 1996), utilizando matriz de presença e ausência com a ocorrência das espécies nas porções de micro-habitat de cada riacho. A conectância mede a proporcionalidade das relações e pode ser calculada tanto para as espécies (Cs) quanto para as porções de micro-habitats (Ch). Os valores de Cs representam medidas de amplitude de uso do nicho espacial. Para avaliar se as espécies de maior conectância são as mais abundantes, a abundância relativa das espécies de todas as bacias foi correlacionada (Rho, $\alpha = 0.05$) com os respectivos valores de Cs. Os valores de Ch indicam o nível de utilização das porções de micro-habitat pela comunidade e altos valores deste parâmetro indicam maior agregação de espécies a estas porções. Os valores de Ch de cada porção de micro-habitat foram correlacionados (Rho, $\alpha = 0.05$) com as respectivas proporções do habitat aquático por ele ocupado, para verificar se as porções de maior conectância são as de maior disponibilidade.

Para testar se exploração de micro-habitats pelos peixes de riachos independe da bacia hidrográfica foi realizada uma Análise de Similaridade (ANOSIM) com coeficiente de Bray-Curtis no software PRIMER 6 (Clarke & Gorley 2006, $\alpha = 0.05$, 999 permutações), utilizando a bacia hidrográfica como o fator a ser testado.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na bacia do Paraguai foram registradas 37 espécies de peixes e as que tiveram maiores conectâncias foram *Astyanax lineatus* ($C_s = 0.63$), *Astyanax asuncionensis*, *Jupiaba acanthogaster* e *Astyanax* sp. ($C_s = 0.54$) (Appendix). Na bacia do Paraná foram registradas 49 espécies de peixes e as com maior conectância foram *Astyanax altiparanae* ($C_s = 0.63$), *Astyanax fasciatus* e *Astyanax paranae* ($C_s = 0.54$). Na bacia do São Francisco foram registradas 19 espécies e as de maior conectância foram *Creagrutus varii* ($C_s = 0.73$) e *Astyanax rivularis* ($C_s = 0.63$). Analisando todos os riachos em conjunto, houve correlação significativa entre a C_s e as respectivas abundâncias das espécies ($Rho = 0.42$; $p = 0.002$).

As porções de micro-habitat mais utilizadas pelos peixes em todas as bacias foram a superfície lateral, superfície da coluna e substrato inconsolidado. Na bacia do Paraguai a vegetação marginal, e superfície lateral e da coluna foram igualmente importantes em números totais de conexões com as espécies ($Ch = 0.35$); na bacia do Paraná, a porção de habitat mais importante foi raízes finas em rede ($Ch = 0.45$) e, na bacia do São Francisco, destacaram-se o substrato duro ($Ch = 0.68$) e raízes finas em rede ($Ch = 0.37$). Analisando os riachos em conjunto, houve correlação significativa entre a Ch e a proporção de substrato consolidado e raízes finas em rede.

Todas as porções de micro-habitat foram relacionadas com pelo menos uma espécie em todas as bacias, refletindo uma ampla e heterogênea ocupação do ambiente aquático pelas espécies de peixes, independente da bacia hidrográfica. Nas três bacias, representantes da família Characidae, em especial espécies do gênero *Astyanax*, conectaram-se a mais porções de micro-habitat, mostrando, portanto, maior amplitude de nicho espacial. Esta família pertence à ordem Characiformes, com posição basal dentro de Ostariophysi e com forte tendência à diversificação morfológica e à exploração das porções nectônicas do habitat (Vari, 1998). Características da história de vida, bem como o formato do corpo (Keenleyside, 1979), o tamanho reduzido (Castro, 1999), a habilidade de formar grupos de variados tamanhos para exploração do espaço (Ceneviva-Bastos e Casatti, 2007), os hábitos alimentares generalistas (Abelha *et al.*, 2001, 2006) e a prática da captura de itens arrastados na correnteza (Casatti e Castro, 1998) são características que permitem aos membros desta família o uso de diversos extratos da coluna d'água, reforçando o oportunismo espacial e alimentar já atribuído ao grupo (Mazzoni e Rezende, 2003; Ceneviva-Bastos e Casatti, 2007).

A abundância e a conectância das espécies são variáveis correlacionadas e mostram que os peixes mais abundantes são também os mais generalistas quanto ao uso de habitat. De acordo com o princípio da otimização (Maynard Smith, 1978), populações com maior amplitude de nicho espacial acabam por evitar a sobreposição no uso de recursos e otimizam sua sobrevivência e reprodução, conseqüentemente aumentando em número. Assim, as espécies de peixes que utilizam mais porções de micro-habitat obtêm vantagens adaptativas que refletem em maior abundância nos ambientes de riacho.

As estruturas de micro-habitat podem ter importâncias distintas para comunidades de peixes (Meffe e Sheldon, 1988), que é dependente da escala em consideração. Ward (1989) menciona a dimensão lateral como um dos componentes mais importantes na estruturação das comunidades em riachos, principalmente em razão das trocas de matéria e energia existentes entre os componentes internos e externos do riacho. Esta dimensão é representada no presente estudo pelas porções “raiz fina em rede”, “superfície lateral”, “coluna lateral” e “vegetação marginal”, micro-habitats chave que apresentaram grande número de conexões em todas as bacias e estão diretamente associados à integridade da zona ripária. As raízes finas em rede são estruturas chave para a comunidade de peixes nas bacias do Paraná e São Francisco. A importância deste componente para a comunidade de peixes está relacionada com fatores hidráulicos, como proteção contra a corrente (Angermeier e Karr, 1984); comportamentais, como a fuga de predadores; e possivelmente também tróficas, em razão da disponibilidade de recursos alimentares neste tipo micro-habitat (Benke *et al.*, 1985).



Na bacia do São Francisco, o substrato duro (rocha e cascalho) foi a estrutura mais abundante nos riachos e também considerada um micro-habitat chave nesta bacia. A irregularidade do substrato, promovida pelas rochas, cria ambientes favoráveis à maior variação da correnteza, formação de abrigos anti-predação (Kikuchi e Uieda, 1998; Castro, 1999) e acúmulo de matéria orgânica e de macroinvertebrados bentônicos (Duan *et al.*, 2008). Casatti e Castro (1998) relataram o papel que este componente de micro-habitat exerce sobre as comunidades ícticas no alto trecho do rio São Francisco, onde a maior parte das espécies registradas como residentes encontrava-se associada a este tipo de substrato.

O aumento da conectância das espécies com os micro-habitats de fundo consolidado e raiz fina em rede, à medida que estes micro-habitats se tornaram mais disponíveis, evidencia a importância destas porções em grande escala. Raízes finas em rede e substrato consolidado, apesar de bem distintos fisicamente, aumentam a heterogeneidade hidráulica e a disponibilidade de recursos nos ambientes aquáticos, reforçando a sua importância como componentes chave do ambiente para a fauna de peixes.

Em adição à importância dos micro-habitats chave em escala local, observa-se ainda grande consistência na importância das porções de micro-habitat também se considerada a escala de bacia. Estruturas chave particulares emergem em cada riacho, porém, quando analisadas globalmente, pode-se notar que os componentes considerados chave em todas as bacias são representados pelas dimensões bentônica e lateral dos ambientes. Estas dimensões estão relacionadas principalmente com a vegetação ripária que é um importante elemento para retenção de sedimentos de áreas adjacentes da bacia e para a transferência de matéria, energia e nutrientes para o sistema aquático (Pusey e Arthington, 2003). O tipo de cobertura ripária pode ser tão relevante a ponto de, ao longo do gradiente longitudinal de um mesmo riacho, a heterogeneidade da fitofisionomia da vegetação ripária pode ser identificada como a característica preditora mais importante na estrutura e composição da fauna de peixes (Teresa e Romero, 2010).

6. CONCLUSÕES

O Cerrado brasileiro é visto como um grande celeiro, com grandes propriedades e intenso comércio, representando um sistema produtivo longe de ser ambientalmente correto (Ratter *et al.*, 1997). O alto potencial natural de erosões combinado com a intensiva mecanização dos campos e com a ausência de cobertura florestal resulta em um sério processo de assoreamento dos córregos e rios. Nesta condição, importantes estruturas bentônicas (substrato consolidado, macrófitas, folhiço, galhos e troncos) são as primeiras a desaparecerem do meio aquático. Na bacia do São Francisco, por exemplo, os resultados aqui obtidos mostram que 68% das espécies estiveram associadas a este tipo de estruturas bentônicas. Após o assoreamento, mais da metade das espécies de peixes é perdida, resultando em uma comunidade visivelmente mais simplificada. Os grupos mais afetados pela eliminação desses micro-habitats são especialmente os peixes com hábitos reofílicos.

A junção de métodos simples de registro subaquático com técnicas básicas de análise pode trazer bons subsídios a programas de restauração de riachos em diversas escalas. Normalmente, os recursos financeiros para esses programas são escassos e os gestores frequentemente se deparam com a necessidade de realizar escolhas. De acordo com os resultados aqui apresentados, a seleção de locais prioritários para restauração pode estar embasada no critério de conectância entre espécies e micro-habitats. Além disso, a existência de interdependência das assembléias ícticas com os componentes laterais do habitat reforça a importância da conservação e restauração de zonas ripárias, independentemente da bacia hidrográfica.

REFERÊNCIAS



- ABELHA, M. C. F., AGOSTINHO, A. A., GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum*, 23(2): 425–434, 2001.
- ABELHA, M. C. F., E. GOULART, E. A. L. KASHIWAQUI, M. R. SILVA. *Astyanax paranae* Eigenmann, 1914 (Characiformes: Characidae) in the Alagados Reservoir, Paraná, Brazil: diet composition and variation. – *Neotrop. Ichthyol.* 4: 349–356, 2006
- ANGERMEIER, P. L., J. KARR. Relationships between woody debris and fish habitat in a small warm water stream. – *Trans. Am. Fish. Soc.* 113: 716–726, 1984.
- BENKE, A. C., R. L. HENRY III, D. M. GILLESPIE, J. HUNTER. Importance of snag habitat for animal production in southeastern stream. – *Fisheries* 10: 8–13, 1985.
- BRITSKI, H. A.; SATO, Y., ROSA, A. B. S. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco. Brasília; Câmara dos Deputados/Codevasf, 143 p, 1984.
- BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S., LOPES, B. S. Peixes do Pantanal: manual de identificação. Brasília: EMBRAPA, 184p, 2007.
- CASATTI, L., R. M. C. CASTRO. A fish community from the headwaters of the São Francisco river, southeastern Brazil. – *Ichthyol. Explor. Fresh.* 9: 229–242, 1998.
- CASTRO, R. M. C. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões ferais e possíveis processos causais. In: Caramaschi, E. P., R. Mazzoni and P. R. Peres-Neto (eds.): *Ecologia de peixes de riachos*. – Série Oecologia Brasiliensis, vol. 4, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 139–155 (in Portuguese), 1999.
- CENEVIVA-BASTOS, M., L. CASATTI. Oportunismo alimentar de *Knodus moenkhausii* (Teleostei, Characidae): uma espécie abundante em riachos do noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. – *Iheringia* 97: 7–15 (in Portuguese), 2007.
- CLARKE, K. R., R. N. GORLEY. PRIMER v6: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth, 2006.
- DUAN, X., Z. WANG, S. TIAN. Effect of streambed substrate on macroinvertebrate biodiversity. – *Front. Env. Sci. Eng. China* 2: 122–128, 2008.
- FONSECA, C. R., J. L. JOHN. Connectance: a role for community allometry. – *Oikos* 77: 353–358, 1996.
- KEENLEYSIDE, M. H. A. Diversity and adaptation in fish behaviour. – Springer, Berlin, 208 p. 1979.
- KIKUCHI, R. M., V. S. UIEDA. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: Nessimian, J. L. and A. L. Carvalho (eds.): *Ecologia de insetos aquáticos*. – Série Oecologia Brasiliensis, vol. 5, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 157–173 (in Portuguese), 1998.
- MAYNARD SMITH, J. Optimization theory in evolution. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 9: 31–56, 1978.
- MAZZONI, R., C. F. REZENDE. Seasonal diet shift in a Tetragonopterinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, RJ, Brazil. – *Braz. J. Biol.* 63: 69–74, 2003.
- MEFFE, G. K., A. L. SHELDON. The influence of habitat structure on fish assemblage composition in southeastern blackwater streams. – *Am. Mid. Nat.* 120: 225–240, 1988.
- PADOVESI-FONSECA, C. Caracterização dos ecossistemas aquáticos do Cerrado. In: Scariot, A., J. C. Souza-Silva and J. M. Felfili (eds.): *Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação*. – Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 415–429 (in Portuguese), 2006.
- PUSEY, B. J., A. H. ARTHINGTON. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. – *Mar. Fresh. Res.* 54: 1–16, 2003.



RATTER, J. A., J. F. RIBEIRO, S. BRIDGEWATER. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. – *Ann. Bot.* 80: 223–230, 1997.

RINCÓN, P. A. Uso do micro-hábitat em peixes de riachos: métodos e perspectivas. In: Caramaschi, E. P., R. Mazzoni and P. R. Peres-Neto (eds.): *Ecologia de peixes de riachos*. – Série *Oecologia Brasiliensis*, vol. 4, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 23–90 (in Portuguese), 1999.

SANO, S. M., S. P. ALMEIDA. *Cerrado: ambiente e flora*. – Editora Embrapa, Planaltina (in Portuguese), 1998.

TERESA, F. B., R. M. ROMERO. Influence of the riparian zone phytophysiognomies on the longitudinal distribution of fishes: evidence from a Brazilian savanna stream. – *Neotrop. Ichthyol.* 8: 163–170, 2010.

VARI, R. P. Higher level phylogenetic concepts within Characiformes (Ostariophysi), a historical review. – In: Malabarba, L. R., R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena and C. A. S. Lucena (orgs): *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. EDIPUCRS, Porto Alegre, p. 111–144, 1998.

WARD, J. V. The four-dimensional nature of lotic ecosystems. – *J. N. Am. Benthol. Soc.* 8: 2–8, 1989.