

# Estrutura Trófica das Assembléias de Peixes da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná: Uso de Isótopos Estáveis.

Benedito-Cecilio, E., Lopes, C. A., Dourado, E. C. S., Manetta, G. I., Gimenes, M. F., Faria, A. E. A., Pinheiro, R. P. & Martinelli, L. A.  
Universidade Estadual de Maringá, NUPELIA-PEA, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-PR. E-mail: eva@nupelia.uem.br

## RESUMO

*Foram analisadas as composições isotópicas de carbono e nitrogênio de produtores primários, do carbono orgânico particulado (COP), do sedimento e de peixes pertencentes a diferentes categorias tróficas. As espécies exploradoras de fundo não apresentaram especificidade quanto à fonte autotrófica, enquanto que, os valores isotópicos dos demais grupos tróficos se sobrepuseram àqueles das plantas C<sub>3</sub>. Foram abordadas ainda, com base no  $\delta^{15}\text{N}$ , questões acerca da posição trófica das assembléias de peixes estudadas.*

**Palavras-chave:** isótopos estáveis, planície de inundação, produtores primários, sedimento, COP, peixes

## INTRODUÇÃO

As fontes de matéria orgânica que mantêm as cadeias alimentares e a posição trófica dos organismos correspondem, atualmente, às duas questões mais frequentemente abordadas em estudos de ecologia trófica em ecossistemas aquáticos. Interações tróficas e utilização de recursos têm sido inferidas através de observações diretas ou de análises do conteúdo estomacal. Entretanto, o material ingerido pode não necessariamente representar o item assimilado, enquanto outros componentes da dieta podem estar subestimados devido a sua rápida digestibilidade (Jepsen, 1999).

Marcadores biogeoquímicos naturais correspondem a uma das alternativas para traçar o fluxo de energia e nutrientes entre as assembléias de consumidores. Como resultado, uma ampla variedade de trabalhos, utilizando isótopos estáveis têm emergido nos últimos anos (Hobson & Wassenaar, 1999). O uso combinado de isótopos estáveis de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ), têm se revelado como eficiente ferramenta, considerando que, os organismos das teias alimentares refletem o  $\delta^{13}\text{C}$  de suas fontes de energia, com diferenças variando de 0,2 a 1‰ por nível trófico (Fry, 1988), enquanto que, o incremento em  $\delta^{15}\text{N}$  é de cerca de 3,4‰ (Vander-Zanden et al., 1997).

Em planícies de inundação, o ciclo de matéria e energia envolve a combinação de fontes alóctones e autóctones, que por sua vez são dependentes dos pulsos de inundação (Bezerra, 1999). Na planície de inundação do rio Paraná, represamentos a montante e a jusante têm promovido alterações visíveis no regime natural das cheias. Conseqüentemente, um melhor entendimento de como as propriedades geoquímicas e a produtividade primária disponibilizam nutrientes aos consumidores aquáticos auxiliaria na previsão de perturbações espaciais e temporais sobre os componentes do ecossistema e forneceria subsídios mais específicos aos planos de manejo e conservação. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo detalhar as vias de energia para a teia alimentar aquática da planície de inundação do alto rio Paraná, com ênfase à assembléia de peixes através do uso das assinaturas isotópicas de carbono e nitrogênio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletadas 274 amostras de músculos de peixes adultos pertencentes a diferentes grupos tróficos: piscívoros (*Serrasalmus marginatus*); herbívoros (*Leporinus lacustris* e *Schizodon borellii*); detritívoros (*Liposarcus anisitsii* e *Loricariichthys platymetopon*); iliófagos (*Apareiodon affinis*, *Cyphocarax nagellii*, *Prochilodus lineatus*, *Steindachnerina brevipina* e *S. insculpta*); insetívoros (*A. nuchalis*); bentófagos (*Hoplosternum littorale*, *Iheringichthys labrosus*, *Satanoperca pappaterra*) e omnívoros (*Leporinus friderici*), conforme descrição da dieta realizada por Agostinho et al. (1997). Amostras de produtores primários incluíram folhas de vegetação ripária (43 da via Calvin, 8 da via Metabólica dos Ácidos Crassuláceos - MAC); macrófitas aquáticas C<sub>3</sub> (n = 139), macrófitas aquáticas C<sub>4</sub> (n = 31), perifíton (n = 40) e fitoplâncton (n = 31). Valores isotópicos do sedimento (n = 46) foram obtidos de Gimenes (2002).

### a) Produtores primários, sedimento e COP

Os valores de isótopos estáveis de  $\delta^{13}\text{C}$  das fontes alóctones, para peixes da planície de inundação do alto rio Paraná, constituíram-se da análise da vegetação ripária terrestre de vias C<sub>3</sub> e MAC, as quais apresentaram variabilidade de -27,7 a -33,4‰ e de -28,9 a -30,2‰, respectivamente. Entretanto, não foram verificadas diferenças significativas entre as médias isotópicas destes dois grupos de plantas (ANOVA: g = 1; F = 0,03; p = 0,86). A variabilidade isotópica para as plantas vasculares aquáticas C<sub>3</sub> foi de -17,2 a -32,8‰ (*Eichhornia azurea*, *E. crassipes*, *Polygonum* sp, *Salvinia auriculata*, *Nymphaea* sp, *Hydrocotyle umbellata* e *Egeria najas*), enquanto que para as plantas C<sub>4</sub> foi registrada menor variabilidade isotópica (-11,2 a -15,1‰). Consequentemente, esses dois grupos de plantas diferiram significativamente (ANOVA: gl = 1; F = 1184; p = 0,00). Essa ampla variação nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  é resultante da interação da discriminação isotópica enzimática durante a fixação do carbono, taxa de difusão do CO<sub>2</sub> e composição isotópica do carbono inorgânico dissolvido, presente no ecossistema (Farquhar et al., 1982). A comunidade perifítica apresentou variabilidade isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  de -32 a -18,2‰. A ocorrência de valores isotópicos enriquecidos em  $\delta^{13}\text{C}$  para o perifíton tem sido explicada como decorrente à exposição à baixa turbulência de água em áreas litorâneas (France, 1995) em relação ao fitoplâncton, o qual apresentou valores mais negativos (-24,3 a -36,6‰). Para o sedimento o valor médio de carbono foi de  $-25,7 \pm 1,7\%$ .

Nos ecossistemas terrestres, os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  dos tecidos das plantas e do solo, estiveram compreendidos entre -10 a 15‰, sendo que a variação isotópica das plantas situou-se entre -9 a 10‰, demonstrando leve deplecionamento em  $\delta^{15}\text{N}$  em relação aos solos (Peterson & Fry, 1987). Para a vegetação ripária terrestre C<sub>3</sub> e MAC, a composição isotópica variou de 10,10 a -0,6‰ e de 2,8 a -0,9‰, respectivamente. Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  para macrófitas C<sub>3</sub> variaram de 14,34 a -4,5‰, enquanto que, para as plantas C<sub>4</sub>, a variação foi de 8,6 a -2‰. Entretanto, são raros os estudos realizados com o mensuramento de  $\delta^{15}\text{N}$  no fitoplâncton e perifíton de água doce (Lopes & Benedito-Cecilio, subm.). Para a planície de inundação, o  $\delta^{15}\text{N}$  destas duas comunidades esteve entre -0,6 e 11,6‰.

Na categoria herbívora, o valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  de *S. borellii* foi mais positivo ( $-26,8 \pm 2,5\%$ ) do que o observado para *L. lacustris* ( $-28,4 \pm 2,3\%$ ). Entre as espécies iliófagas, os valores médios variaram de  $-19,7 \pm 1,5$  para *A. affinis* a  $-30 \pm 4,1\%$  para *P. lineatus*. Para os bentófagos, os valores médios foram de  $-21,5 \pm 2,6\%$  e  $-31,5 \pm 2,6\%$  para *S. pappaterra* e *H. littorale*, respectivamente. A espécie insetívora *A. nuchalis* apresentou valor médio de  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-29,2 \pm 1,2\%$ , enquanto a espécie omnívora, *L. friderici*, de  $-28,4 \pm 1,2\%$  e a piscívora, *S. marginatus* de  $-27,5 \pm 1,4\%$  (Figura 2). Os valores observados na Figura 02 indicaram que as espécies iliófagas, exceto *P. lineatus*, estiveram provavelmente utilizando as plantas C<sub>4</sub> e

sedimento como fonte de  $\delta^{13}\text{C}$  em relação às demais categorias tróficas. Entretanto, a espécie *H. littorale*, demonstrou estar possivelmente explorando uma fonte deplecionada em  $\delta^{13}\text{C}$ .

### b) Fontes de carbono para os peixes

A comparação entre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de produtores e do sedimento com os diferentes grupos tróficos dos peixes demonstra que as espécies herbívoras têm maior coincidência do  $\delta^{13}\text{C}$  da vegetação ripária terrestre, macrófitas  $\text{C}_3$  e perifíton. O mesmo ocorre com *I. labrosus* (bentófago) e *L. platymetopon* (detritívoro) cujos valores são sobreponíveis aos de *S. borellii* (Figura 1). O fitoplâncton, grupo de plantas mais deplecionado em  $\delta^{13}\text{C}$ , contribuiu para a biomassa de *P. lineatus* (iliófaga), *L. anisitsi* (detritívora) e *H. littorale* (bentófaga), enquanto que a *A. affinis*, *C. nagellii*, *S. brevipinna* e *S. insculpta* (iliófaga) e *S. pappaterra* (bentófaga), por se apresentarem entre as espécies com maior enriquecimento de  $^{13}\text{C}$ , receberam seu carbono proveniente do perifíton, além da macrófita  $\text{C}_4$ . Estes resultados demonstraram que, embora estas espécies exploradoras de fundo retirem do sedimento seu carbono, cada categoria trófica não apresenta especificidade quanto à fonte autotrófica. O sedimento, por sua vez, é constituído de matéria orgânica, na sua porção vegetal, oriunda de plantas  $\text{C}_3$  (perifíton, macrófitas  $\text{C}_3$ ) além de plantas  $\text{C}_4$ . Os demais grupos tróficos, representados por *A. nuchalis* (insetívora), *S. marginatus* (piscívora) e *L. friderici* (omnivívora), apresentaram valores isotópicos que se sobrepuseram àqueles das plantas  $\text{C}_3$ .

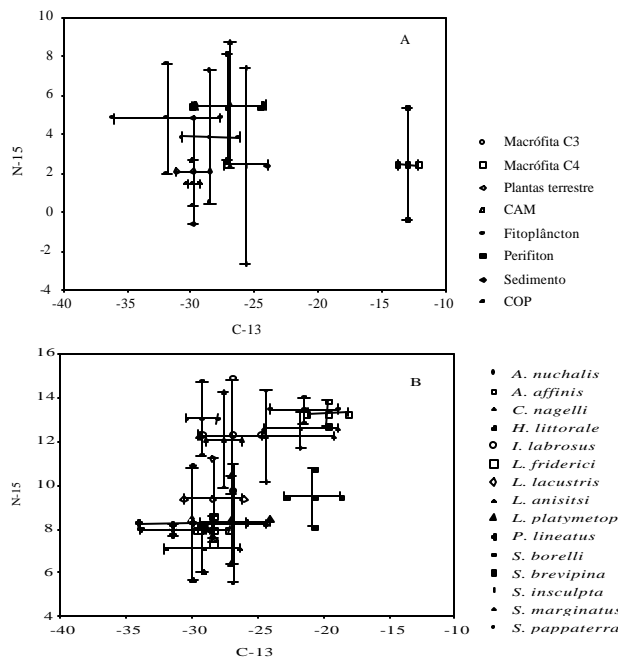


Figura 1. Valores médios e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  para: A) produtores primários, COP, sedimento e B) peixes da planície de inundação do alto rio Paraná.

### c) Posição Trófica

A posição trófica estimada para as espécies de peixes, com base na proporção de  $\delta^{15}\text{N}$ , variou de 2 a 4 (Tabela 1), agrupando as espécies em dois níveis tróficos (Figura 1). O primeiro grupo foi constituído de *L. anisitsi*, *L. friderici*, *H. littorale*, *S. borellii*, *L. platymetopon*, *P. lineatus*, e *S. brevipinna*, e segundo grupo foi de *S. marginatus*, *S. insculpta*, *I. labrosus*, *C. nagellii* e *A. nuchalis*. Apenas uma espécie teve seus valores de  $\delta^{15}\text{N}$  superior ao terceiro nível trófico (*S. pappaterra*). Isto indica que a teia alimentar analisada é curta, sendo que a maioria das espécies

analisadas assimila o  $\delta^{15}\text{N}$  diretamente das plantas, enquanto que as demais são carnívoras primárias.

O fato de *S. pappaterra* estar posicionada do terceiro nível trófico sugere a intermediação do “microbial loop” na cadeia. Waichmann (1996) identificou o “microbial loop” como uma alternativa para o carbono fixado pelas plantas atingir os níveis tróficos superiores de cadeia em planície de inundação. Neste caso, a transferência poderia envolver, no mínimo, dois outros elos (carbono orgânico dissolvido, bactéria, protozoários) (Hobbie,1992).

**Tabela 1. Posição trófica, estimada através de  $\delta^{15}\text{N}$ , para as espécies de peixes da planície de inundação do rio Paraná.**

Espécies	Número	Grupo trófico*	Posição trófica ( $\delta^{15}\text{N}$ )
<i>A. affinis</i>	17	iliófaga	4,0
<i>S. pappaterra</i>	3	bentófaga	4,0
<i>A. nuchalis</i>	9	Insetívora	3,9
<i>C. nagelii</i>	10	iliófaga	3,7
<i>I. labrosus</i>	9	bentófaga	3,7
<i>S. inscupta</i>	3	iliófaga	3,6
<i>S. marginatus</i>	9	piscívora	3,6
<i>S. brevipinna</i>	4	iliófaga	2,8
<i>L. lacustris</i>	12	herbívoros	2,8
<i>P. lineatus</i>	98	iliófaga	2,5
<i>L. platymetopon</i>	55	detritívora	2,5
<i>S. borellii</i>	6	herbívoros	2,5
<i>H. littorale</i>	10	bentófaga	2,4
<i>L. friderici</i>	7	omnívoros	2,4
<i>L. anisitsi</i>	24	detritívora	2,1

\* conforme Agostinho et al. (1997)

## PERSPECTIVAS FUTURAS

No presente estudo, os resultados apresentados consideraram a planície de inundação do rio Paraná como um sistema único e homogêneo. É sabido que seus subsistemas (Paraná, Baía e Ivinheima), com seus respectivos canais e lagoas, apresentam peculiaridades. Benedito-Cecilio & Araújo-Lima (2002) constataram que a tomada de energia pelas espécies exploradoras de fundo da Amazônia é muito mais complexa do que tem sido considerada. Este grupo, geralmente composto de espécie de importância comercial, deve ser melhor analisado. Para que se possa interpretar de forma mais precisa o fluxo de energia no ecossistema, estabelecendo relação entre cadeias alimentares e rendimento pesqueiro é necessário o entendimento da variabilidade espacial e sazonal dos isótopos estáveis de produtores e consumidores por subsistema, sendo este o objetivo da próxima etapa deste subprojeto.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S.; GOMES, L. C. & BINI, L. M. Estrutura trófica. p. 229-248. In Vazzoler, A. E. A. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (editores.) **A planície de inundação do rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM/NUPELIA, 1997. 460p.
- BENEDITO-CECILIO, E.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. Variation in the carbon isotope composition of *Semaprochilodus insignis*, a detritivorous fish associated with oligotrophic and eutrophic Amazonian rivers. **Journal of Fish Biology**, London, v. 60, p. 1603–1607, 2002.

- BEZERRA, M. A. O. **O uso de multi-traçadores na reconstrução do holoceno no pantanal matogrossense, Corumbá, MS**. 1999. 214f. Tese (Ecologia e Recursos Naturais – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- FARQUHAR, G. D.; O'LEARY, M. H.; BERRY, J. A. On the relationship between carbon isotope discrimination and intercellular carbon dioxide concentration in leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood, v. 9, p. 121–137, 1982.
- FRANCE, R. L. Critical examination of stable carbon isotope analysis as a means for tracing carbon pathways in stream ecosystems. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 52, p. 651–656, 1995.
- FRY, B. Food web structure on Georges bank from stable C, N, and S isotopic compositions. **Limnology and Oceanography**, Lawrence, v. 33, n. 5, p. 1182–1190, 1988.
- GIMENES, M. F. **Caracterização das fontes de matéria orgânica dos sedimentos da planície de inundação do rio Paraná: utilização de isótopos estáveis**. Relatório PIBIC/CNPq. 25p. 2002.
- HOBBIE, J. E. Microbial control of dissolved organic carbon in lakes: research for the future. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v. 229, p. 169–180, 1992.
- HOBSON, K. A.; WASSENAAR, L. I. Stable isotope ecology: an introduction. **Oecologia**, Berlin, v. 120, n. 3, p. 312–313, 1999.
- JEPSEN, D. B. **Analysis of trophic pathways in freshwater ecosystems using stable isotope signatures**. 1999. 148f. Thesis (Doctor of Philosophy), A & M University.
- LOPES, C. A. & BENEDITO-CECILIO, E. Variabilidade isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$ ) em produtores primários de ambientes terrestres e de água doce. **Acta Scientiarum**, Maringá, (no prelo), 2002.
- PETERSON, B. J. & FRY, B. Stable isotopes in ecosystem studies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 293–320, 1987.
- VANDER-ZANDEN, M. J.; CABANA, G.; RASMUSSEM, J. B.. Comparing trophic position of freshwater fish calculated using stable nitrogen isotope ratios ( $\delta^{15}\text{N}$ ) and literature dietary data. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 54, p. 1142–1158, 1997.
- WAICHMAN A. V. Autotrophic carbon sources for heterotrophic bacterioplankton in a floodplain lake of central Amazon. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v. 341, p. 27–36, 1996.

