

## 2.12 - Estrutura Trófica da Ictiofauna – Isótopos de Carbono e Nitrogênio

### Introdução

Em planícies de inundação, o fluxo de águas promove elevada diversidade de fontes alimentares (Veríssimo, 1999), favorecendo o sucesso de espécies de peixes de diferentes grupos tróficos. O conhecimento da dieta de peixes permite uma avaliação dos processos interativos dentro das comunidades aquáticas e dos itens presentes na dieta, entretanto, indica apenas a dieta aparente, a que foi ingerida pelo animal, e não a que foi efetivamente incorporada ao tecido. Portanto, por meio unicamente deste método, é difícil aferir com exatidão, quais e quanto das fontes alimentares disponíveis no habitat aquático são importantes para a manutenção das espécies (Fry, 1988).

Nos últimos 30 anos, a análise de isótopos estáveis vem sendo utilizada com sucesso, na tentativa de elucidar questões acerca do fluxo de matéria orgânica, através da cadeia alimentar, em estudos desenvolvidos em planícies de inundação (Martinelli et al., 1994; Mozeto et al., 1996; Albuquerque & Mozeto, 1997). Os diversos organismos pertencentes à cadeia alimentar refletem exatamente os isótopos estáveis de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) das suas fontes de energia, aumentando de 0,2 a 1‰ a cada nível trófico (Fry, 1988). Os isótopos estáveis de nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ), por serem fracionados consistentemente ao longo da cadeia alimentar, permitem inferências sobre as relações tróficas dos organismos. O aumento de  $\delta^{15}\text{N}$ , por nível trófico, nos animais, é de cerca de 3,4‰ (Vander-Zanden et al., 1997) e aqueles com valores isotópicos mais próximos das plantas são considerados seus consumidores diretos.

Dentre os grupos de produtores primários, identificados como possíveis fontes autotróficas de carbono para as cadeias alimentares da planície de inundação do alto rio Paraná, destacam-se as plantas  $\text{C}_3$  (vegetação ripária, fitoplâncton, perifíton e macrófitas) e  $\text{C}_4$  (macrófitas) (Lopes, 2001). Composto a ictiofauna desta planície de inundação, destaca-se as espécies de peixes de importância econômica, que devido às alterações antrópicas do nível da água, têm suas densidades reduzidas nos últimos anos (UEM – Nupelia/PELD, 2003) e merecem, com urgência, estudos detalhados que possam subsidiar medidas de manejo e de recomposição populacional a médio e longo prazo. Entre estas espécies destacam-se *Pseudoplatystoma corruscans*, *Prochilodus lineatus*, *Leporinus friderici*, *Pterodoras granulosus* e *Schizodon borelli*.

Por outro lado, na fase larval, os peixes também são muito susceptíveis às oscilações que ocorrem no meio ambiente e à predação. O estudo do ictioplâncton tem-se mostrado importante para o entendimento dos eventos que ocorrem neste período de ciclo de vida, tais como aspectos relacionados à variação ontogenética na alimentação e ao monitoramento dos estoques (Nakatani et al., 2001). Entretanto, análises das fontes autotróficas que mantém sua biomassa e sua posição trófica ainda não tinham sido realizadas, nem mesmo com as espécies de peixes cujas larvas são abundantes nas amostragens ictioplânctônicas como *Plagioscion squamosissimus*, e *Hypophthalmus edentatus*, também exploradas comercialmente na fase adulta.

Neste sentido, o presente relatório objetiva apresentar a variabilidade isotópica de carbono e nitrogênio de espécies peixes de destacada importância econômica para a bacia do rio Paraná, além de relacionar o efeito do tamanho das larvas sobre a obtenção de carbono autotrófico. Outro resultado esperado é o de compreender a estrutura da teia alimentar da planície e o papel funcional desempenhado pelas espécies em estudo. A obtenção destas informações tem como intuito básico, auxiliar na proposição de medidas manejo e conservação para as espécies em questão.

### Materiais e métodos

#### 1. Obtenção do material biológico em campo:

##### a) larvas de peixes

O período de amostragem correspondeu à época de desova das espécies (de outubro a março de 2002 e 2003), no subsistema do rio Ivinheima (canal principal e lagoas do Finado Raimundo e dos Patos) Foram coletadas duas espécies de larvas de peixes sendo pertencentes a diferentes categorias tróficas, quando adulto: *Plagioscion squamosissimus*, piscívora e *Hypophthalmus edentatus*, zooplânctívora.

As coletas foram realizadas com rede de plâncton, de formato cônico-cilíndrico e rede de nêuston. Para *P. squamosissimus*, cada amostra continha de 8 a 10 indivíduos em cada um dos estágios de desenvolvimento, sendo no total, 9 amostras no estágio de pré-flexão, 10 no estágio de flexão, 9 no de pós-flexão e 9 no estágio de juvenil inicial. Para *H. edentatus*, foram obtidas 3 amostras no pré-flexão, 6 no flexão, 4 no pós-flexão e 1 no juvenil inicial. Este projeto contou com o apoio do laboratório de Ictioplâncton, tanto na coleta quanto na identificação das larvas e juvenis dos peixes.

De cada exemplar foi retirado o conteúdo estomacal, para que não houvesse interferência sobre a análise isotópica. Foram realizadas medidas de comprimento total de cada uma das larvas em lupa com ocular milimétrica.

##### b) adultos

Os peixes foram amostrados no rio Paraná (canal principal), Baía (canal principal e lagoa Fechada) e Ivinheima (canal principal e lagoa Ventura). A obtenção das amostras foi realizada no período de águas baixas dos anos de 2002 e 2003, com o auxílio de rede de espera, de malhagem variando de 3 a 16 cm entre nós e expostas por 24 horas.

Foram selecionadas espécies de diferentes hábitos alimentares, das quais foram extraídas 10g de músculo da região lateral de cada peixe, sendo estas: *Pseudoplatystoma corruscans* (piscívora); *Prochilodus lineatus* (iliófaga); *Leporinus friderici* e *Pterodoras granulosus* (onívoras) e *Schizodon borellii*. (herbívoras). De cada espécie, foram utilizados, no mínimo, 10 exemplares de cada local.

## 2. Preparação do material biológico em laboratório:

As amostras foram submetidas à secagem em estufa a 60°C, maceradas em moinho de esferas, até transformarem-se em um pó fino e enviadas ao CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP/Piracicaba-SP), para determinação de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  em espectrômetro de massa. Os resultados estão expressos em ‰ de desvio do material padrão de referência do material padrão de referência.

$$R = [(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}}) - 1] \times 10^3$$

onde: R =  $^{13}\text{C}$ :  $^{12}\text{C}$  ou  $^{15}\text{N}$ : $^{14}\text{N}$

## 3. Análise dos Dados:

Foi utilizada estatística descritiva na análise dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  determinados para larvas e adultos de peixes. Os valores médios e respectivos desvio padrão foram calculados e situados em gráficos do tipo “box plot”. As variações significativas ( $\alpha = 0,05$ ) foram investigadas através de ANOVA paramétrica, considerando que o pressuposto de homocedasticidade das distribuições foi atendido previamente. Diferenças entre as médias foram identificadas com teste *a posteriori* de Tuckey.

Na determinação das fontes isotópicas utilizou-se os valores isotópicos médios apresentados por Lopes (2001) para os produtores primários para os mesmos ambientes amostrados neste relatório, sendo suas contribuições aos peixes (larvas e adultos) estimadas através do programa IsoSource (1.1) (Phillips e Gregg, 2003). A posição trófica com base no  $\delta^{15}\text{N}$  foi calculada conforme Vander-Zanden et al. (1997).

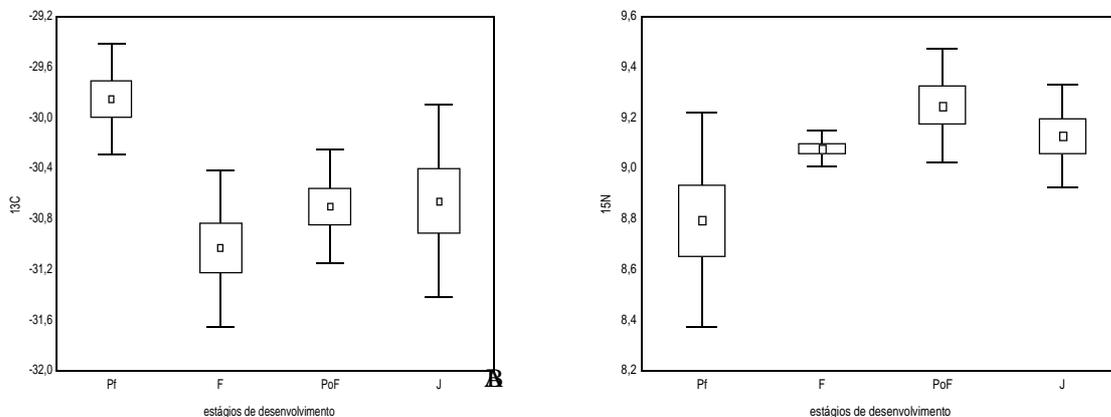
## Resultados e discussão

### ESTÁGIOS INICIAIS DE DESENVOLVIMENTO DOS PEIXES

#### 1. *Plagioscion squamosissimus*

A variabilidade isotópica de carbono de *Plagioscion squamosissimus*, na fase pré-flexão foi de -29,1 a -30,3‰, flexão de -29,9 a -31,6‰, pós-flexão de -30,4 a -31,4‰ e juvenil -29,2‰ a -31,4‰ (Fig. 1A). O valor médio e desvio padrão do  $\delta^{13}\text{C}$  para a espécie foi de  $-30,6 \pm 0,7$ ‰.

Para o  $\delta^{15}\text{N}$  a variabilidade por estágio de desenvolvimento foi de 8,2 a 9,4‰ para a a pré-flexão, 9,0 a 9,2‰ para a flexão, 8,9 a 9,6‰ para a pós-flexão e 8,8 a 9,4‰ para a fase juvenil (Fig. 1B). A variabilidade do  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  de *P. squamosissimus* foi significativamente diferente entre os estágios de desenvolvimento (ANOVA: GL = 3, F = 6,83, p = 0,001), demonstrando que a espécie durante seu crescimento, altera a fonte de energia utilizada, ocupando inclusive, diferentes possíveis tróficos na teia alimentar.



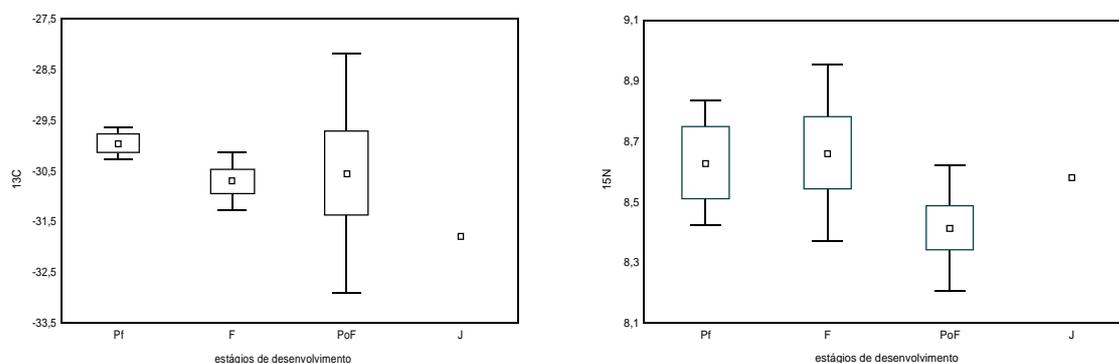
**Figura 1. Variabilidade de  $\delta^{13}\text{C}$  (A) e  $\delta^{15}\text{N}$  (B) para estágios de desenvolvimento de exemplares de *Plagioscion squamosissimus* amostrados no subsistema do rio Ivinhema, planície de inundação do alto rio Paraná (Pf = pr-flexão; F = flexão; PoF = ps-flexão; J = juvenil; I = desvio padrão;  $\sigma$  = erro padrão;  $\bar{x}$  = média).**

## 2. *Hypophthalmus edentatus*

Para *Hypophthalmus edentatus* os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  situaram-se na fase pré-flexão entre  $-29,7$  e  $-30,3\text{‰}$ , flexão entre  $-30,2$  e  $-31,8\text{‰}$ , e ps-flexão entre  $-24,9$  e  $-31,7\text{‰}$  (Fig. 2A). O valor isotpico médio de carbono e desvio padrão para *H. edentatus* foi  $-30,6 \pm 1,6\text{‰}$ . A variabilidade de nitrogênio foi de  $8,5$  a  $8,9\text{‰}$  para a fase de pr-flexão,  $8,4$  a  $9,1\text{‰}$  para flexão,  $8,4$  a  $8,6\text{‰}$  para ps-flexão (Fig. 2B).

Não houve diferença significativa nas médias isotópicas de carbono e nitrogênio, entre os estágios de desenvolvimento de *H. edentatus* (ANOVA: GL = 3, F = 0,317, p = 0,812). Desta forma, a espécie utilizou para o seu desenvolvimento ontogenético a mesma fonte de carbono ou fontes com valores isotópicos semelhantes, incluindo na sua dieta, itens alimentares da mesma posição trófica.

Estudos desenvolvidos com larvas de peixes por Vizzini e Mazzola (2002), Leite (2000) e Herzka et al. (2001) também não constataram enriquecimento ou depleção nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  durante o crescimento das mesmas. Entretanto, este resultado não foi verificado para *P. squamosissimus*, demonstrando que as duas espécies analisadas no presente estudo apresentam diferentes padrões em relação  obtenção de carbono nas fases de desenvolvimento, refletindo ainda na posição trófica das referidas espécies.



**Figura 1. Variabilidade de  $\delta^{13}\text{C}$  (A) e  $\delta^{15}\text{N}$  (B) para estágios de desenvolvimento de exemplares de *Hypophthalmus edentatus* amostrados no subsistema do rio Ivinhema, planície de inundação do alto rio Paraná (Pf = pr-flexão; F = flexão; PoF = ps-flexão; J = juvenil; I = desvio padrão;  $\sigma$  = erro padrão;  $\bar{x}$  = média).**

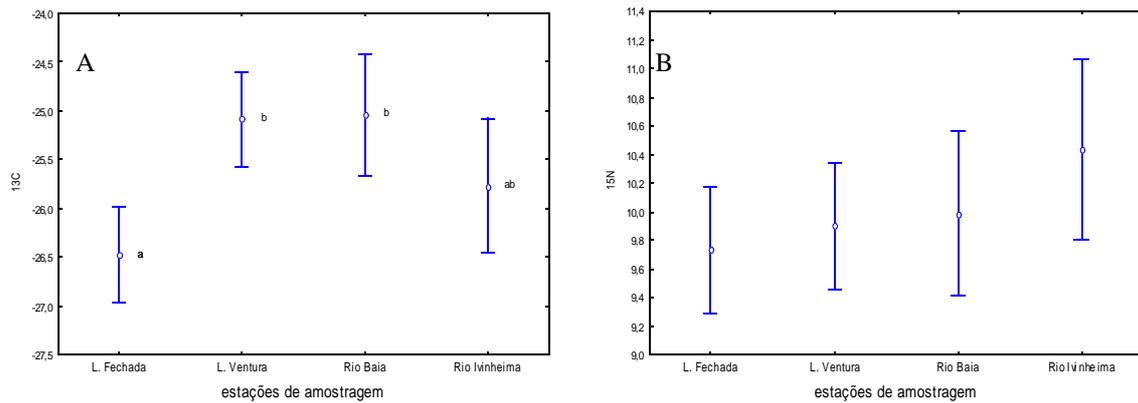
No cálculo das contribuições médias dos produtores primários para as larvas das duas espécies, constatou-se que para ambas a maior porcentagem do carbono é proveniente do fitoplâncton (59%), seguido de longe pela vegetação ripária (18,6%) e pelas macrófitas  $\text{C}_3$  (12,1%). A contribuição das macrófitas  $\text{C}_4$  é muito baixa, considerando que esta foi inferior a 3%.

## ESTÁGIOS ADULTOS

### 1. *Pseudoplatystoma corruscans*

Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  variaram de  $4,6$  a  $13,3\text{‰}$ . A variabilidade do  $\delta^{13}\text{C}$  foi de  $-24,1$  a  $-25,3\text{‰}$  para o subsistema Paraná; de  $-24,6$  a  $-27,6\text{‰}$  para o Ivinhema; de  $-25,2$  a  $-27,9\text{‰}$  para a lagoa Fechada e  $-24,7$  a  $-25,3\text{‰}$  para a lagoa Ventura. Os valores médios do  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  não foram significativamente diferentes quando comparadas estações de coleta amostradas (ANOVA $_{\delta^{13}\text{C}}$ : GL = 3, F = 7,2209, p < 0,05; ANOVA $_{\delta^{15}\text{N}}$ : GL = 3, F = 1,1914, p = 0,3365) (Fig. 1).

As posições tróficas calculadas com o isótopo  $^{15}\text{N}$  para o *P. corruscans* foram semelhantes entre os rios e entre as lagoas, sendo maiores nos primeiros e menores nas últimas (Tab. 1).



**Figura 2.** Valores médios e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  (A) e  $\delta^{15}\text{N}$  (B) para *Pseudoplatystoma corruscans* em estações de amostragem da planície de inundação do alto rio Paraná (as letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre as médias à 5% de probabilidade).

Quanto à contribuição dos produtores primários, houve um predomínio do carbono da vegetação ripária (96%), seguida do perifiton (91%) e da macrófita  $\text{C}_3$  (82%). A menor contribuição foi da macrófita  $\text{C}_4$  (41%). Em relação aos valores médios, o maior foi observado para macrófitas  $\text{C}_4$  (22%) e o menor para o fitoplâncton (12,2%).

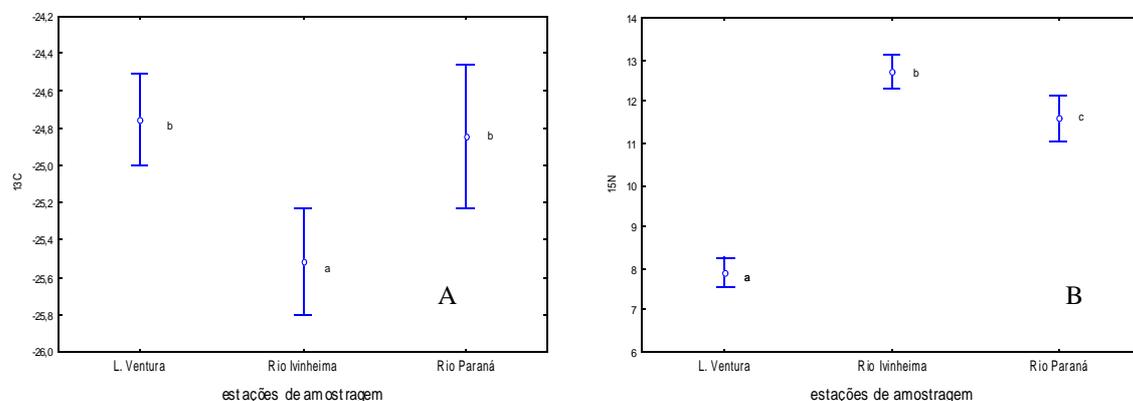
**Tabela 1.** Posição trófica média das espécies de peixes estudadas, por estação de amostragem, da planície de inundação do alto rio Paraná.

Espécies	Estações de amostragem				
	R. Paraná	R. Baía	Lagoa Fechada	R. Ivinheima	L. Ventura
<i>L. friderici</i>	3,03 ± 0,29	3,73 ± 0,56		4,33 ± 0,33	1,75 ± 0,23
<i>P. granulosus</i>	2,79 ± 0,08			4,14 ± 0,28	1,94 ± 0,07
<i>S. borelli</i>	1,49 ± 1,75	2,50 ± 0,04	2,19 ± 0,13	3,90 ± 0,45	1,58 ± 0,16
<i>P. corruscans</i>		3,37 ± 0,43	2,48 ± 0,11	3,46 ± 0,80	2,53 ± 0,5
<i>P. lineatus</i>	2,89 ± 0,44	2,48 ± 0,65		1,87 ± 0,90	1,70 ± 0,3

## 2. *Pterodoras granulosus*

Para *P. granulosus*, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  variaram de -24,3 a -26,9‰, sendo a variabilidade do  $\delta^{13}\text{C}$  de -24,7 a -25,2‰ para o rio Paraná; de -24,9 a -26,9‰ para o Ivinheima e de -24,3 a -25,3‰ para a lagoa Ventura. Diferenças significativas foram observadas quando comparado o subsistema Ivinheima com os demais locais (ANOVA; GL=2; F = 9,2146; p < 0,05) (Figura 2A).

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variaram de 7,51 a 13,55‰. Os valores médios do  $\delta^{15}\text{N}$  apresentaram diferenças significativas nos diferentes subsistemas (ANOVA: GL = 2; F = 178,70; p < 0,05) (Figura 2B), sendo os maiores valores encontrados para a espécie no rio Ivinheima (12,72 ± 0,94), seguido do subsistema Paraná (11,59 ± 0,29) e lagoa Ventura (7,90 ± 0,26).



**Figura 3. Valores médios e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  (A) e  $\delta^{15}\text{N}$  (B) para *Pterodoras granulosus* em estações de amostragem da planície de inundação do alto rio Paraná (as letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre as médias à 5% de probabilidade).**

Os resultados do cálculo da posição trófica com base nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  encontra-se na Tabela 1. Da mesma forma que *P. corruscans*, verificou-se para *P. granulosus* que as posições tróficas calculadas foram semelhantes entre rios e entre as lagoas amostradas, sendo o maior valor verificado para o rio Ivinheima e o menor para a Lagoa Fechada, pertencente ao subsistema Baía.

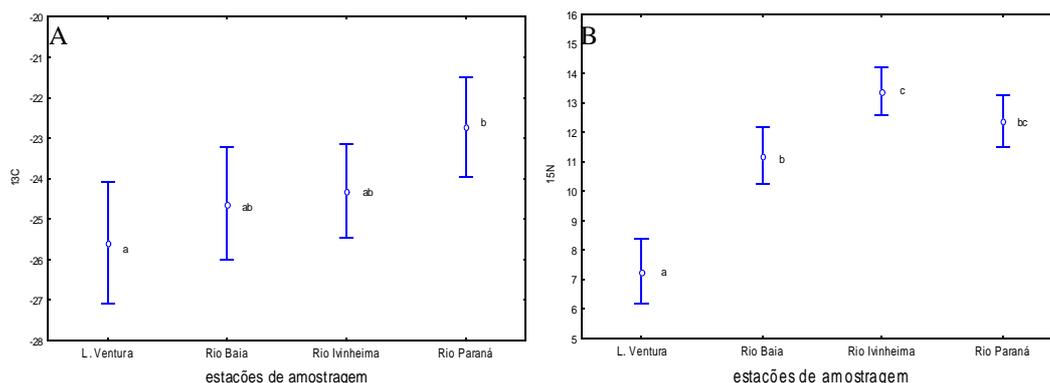
Para *Pterodoras granulosus*, foi observado que o fitoplâncton teve a maior contribuição (100%), seguido de macrófitas  $\text{C}_3$  (83%) registrada no subsistema Paraná. A contribuição média mais elevada foi a do perífiton e POC (20%) e das macrófitas  $\text{C}_4$  (16,9%) para esse subsistema.

No subsistema Ivinheima, *P. granulosus* recebeu as maiores contribuições do fitoplâncton (100%), seguida das macrófitas  $\text{C}_3$  (81%). As contribuições médias maiores e menores foram de 25,3% para o fitoplâncton e 17% para o perífiton, respectivamente.

### 3. *Leporinus friderici*

Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para *L. friderici* tiveram uma variação de -19,3 a -27,2‰, apresentando para o subsistema Paraná uma variabilidade de 19,3 a -25,0‰; de -20,9 a -26,8‰ para o Baía; de -21,4 a -26,1‰ para o Ivinheima e de -21,3 a -27,2‰ para a lagoa Ventura.

Considerando os valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$ , a espécie apresentou valor mais positivo no rio Paraná (-22,7 ± 1,7‰), seguidos pelo rio Ivinheima (-24,3 ± 1,5‰), Baía (-24,6 ± 1,9‰) e lagoa Ventura (-25,6 ± 2,2‰). Entretanto, diferenças significativas foram observadas quando comparado o subsistema Paraná com lagoa Ventura (ANOVA; GL = 3; F = 3,4203; p < 0,05). Os demais locais não diferenciaram-se significativamente (Figura 3A).



**Figura 4. Valores médios e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  (A) e  $\delta^{15}\text{N}$  (B) para *Leporinus friderici* em estações de amostragem da planície de inundação do alto rio Paraná (as letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre as médias à 5% de probabilidade).**

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variaram de 7,3 a 13,4‰. Os valores médios do  $\delta^{15}\text{N}$  apresentaram diferenças significativas nos diferentes locais amostrados (ANOVA: GL = 3; F = 30,867; p < 0,05) (Figura 3B), sendo os maiores valores encontrados para a espécie no rio Ivinheima (13,4 ± 1,2), seguido do subsistema Paraná (12,4 ± 1,0), rio Baía (11,2 ± 1,9) e lagoa Ventura (7,3 ± 0,8).

A posição trófica calculada com base nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , foram maiores nos rios amostrados do que na lagoa, sendo que o rio Ivinheima foi aquele de mais elevado valor (Tabela 1).

Constatou-se que para *Leporinus friderici*, a mais elevada contribuição foi do perífiton e POC (85%) e das macrófitas  $\text{C}_3$  (68%), registrada no subsistema Paraná. No rio Baía, as maiores contribuições foram da vegetação ripária (88%) e perífiton (83%).

No subsistema Ivinheima, *L. friderici* recebeu as maiores contribuições do fitoplâncton (91%), seguida das macrófitas  $\text{C}_3$  (73%). A vegetação ripária e o perífiton também apresentaram elevada participação na composição isotópica da espécie, sendo esta superior a 68%. Entretanto, as maiores e as menores contribuições médias foram observadas para Macrófitas  $\text{C}_4$  (32%) e vegetação ripária (10,7%) no rio Paraná; macrófitas  $\text{C}_4$  (29%) e fitoplâncton (11,1%) no subsistema Baía; e fitoplâncton (23,5%) e macrófitas  $\text{C}_4$  (14,9%) no Ivinheima, respectivamente.

#### 4. *Schizodon borelli*

Para *S. borelli*, a variação dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  foi de -13,9 a -32,3‰, sendo a variabilidade do  $\delta^{13}\text{C}$  de -22,5 a -29,9‰ para o subsistema Paraná; de -23,3 a -26,3‰ para o Baía; de -13,9 a -27,7‰ para o Ivinheima; de -24,7 a -25,1‰ para a lagoa Fechada e -25,1 a -32,3‰ para lagoa Ventura.

A espécie apresentou valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$  mais positivos para o subsistema Paraná ( $-21,1 \pm 5,2\%$ ), seguido da lagoa Fechada ( $-25,1 \pm 0,4\%$ ), do rio Baía ( $-25,3 \pm 1,4\%$ ) e lagoa Ventura ( $-26,7 \pm 2,8\%$ ). Entretanto, diferenças espaciais significativas não foram observadas para a espécie (ANOVA; GL = 4; F = 2,8046; p = 0,5696) (Figura 4A).

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variaram de 6,1 a 13,9‰. Os valores médios do  $\delta^{15}\text{N}$  apresentaram diferenças significativas nos diferentes subsistemas quando comparados os subsistemas Ivinheima com os demais locais e entre as lagoas amostradas (ANOVA: GL = 4; F = 33,014; p < 0,05) sendo os maiores valores encontrados para a espécie no rio Ivinheima ( $11,9 \pm 1,5$ ), seguidos da lagoa Fechada ( $8,8 \pm 0,4$ ), do subsistema Paraná ( $7,2 \pm 0,6$ ), rio Baía ( $7,0 \pm 0,1$ ) e lagoa Ventura ( $6,7 \pm 0,5$ ) (Figura 4B).

O cálculo da posição trófica com base nos valores de  $\delta^{15}\text{N}$  encontra-se na tabela 1. Não verificou-se semelhanças nas estimativas entre as lagoas e os rios amostrados. O rio Ivinheima correspondeu ao local de mais elevada posição trófica para a espécie, enquanto o rio Paraná o de menor. A lagoa Ventura, pertencente ao subsistema Ivinheima, apresentou valores baixos para a posição trófica da espécie

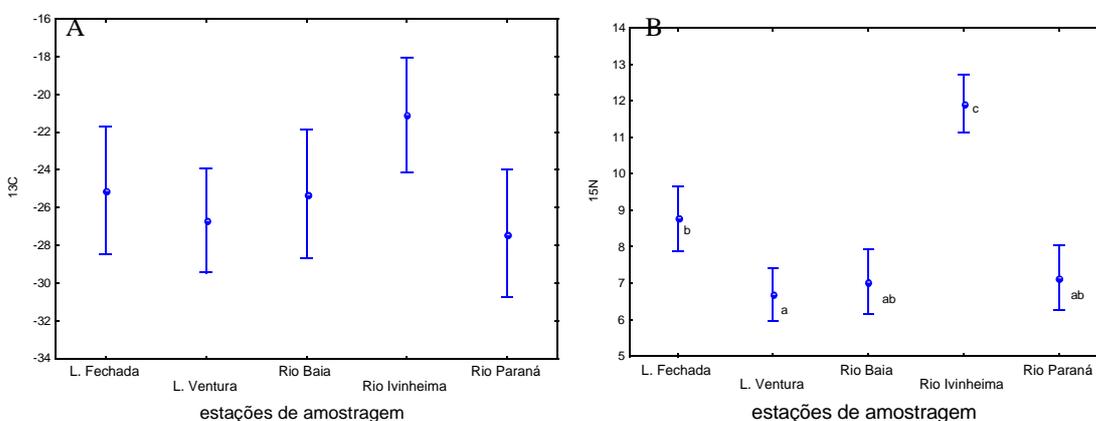


Figura 5. Valores médios e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  (A) e  $\delta^{15}\text{N}$  (B) para *Schizodon borelli* em estações de amostragem da planície de inundação do alto rio Paraná (as letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre as médias à 5% de probabilidade).

No subsistema Paraná, observou-se contribuição máxima para macrófitas  $C_3$  (100%), seguido de fitoplâncton (88%) e vegetação ripária (83%). Os menores valores foram observados para macrófitas  $C_4$  (22%). O valor médio mais elevado observado para esse subsistema foi proveniente das macrófitas  $C_3$  (21%), enquanto que o menor valor foi constatado para macrófitas  $C_4$  (5,1%).

No subsistema Baía, a maior contribuição foi da vegetação ripária (93%), seguido de perífiton (87%) e macrófita  $C_3$  (79%). A menor contribuição foi de macrófita  $C_4$  (43%). Em relação aos valores médios foram encontrados o maior valor para macrófitas  $C_4$  (24,9%) e o menor para o fitoplâncton (11,7%).

Constatou-se que para *S. borelli*, a mais elevada contribuição foi do perífiton (100%), seguido do fitoplâncton (65%), registradas no subsistema Ivinheima. O valor médio mais elevado foi das macrófitas  $C_4$  (35,3%) e o menor da vegetação ripária (11,6%).

#### 4. *Prochilodus lineatus*

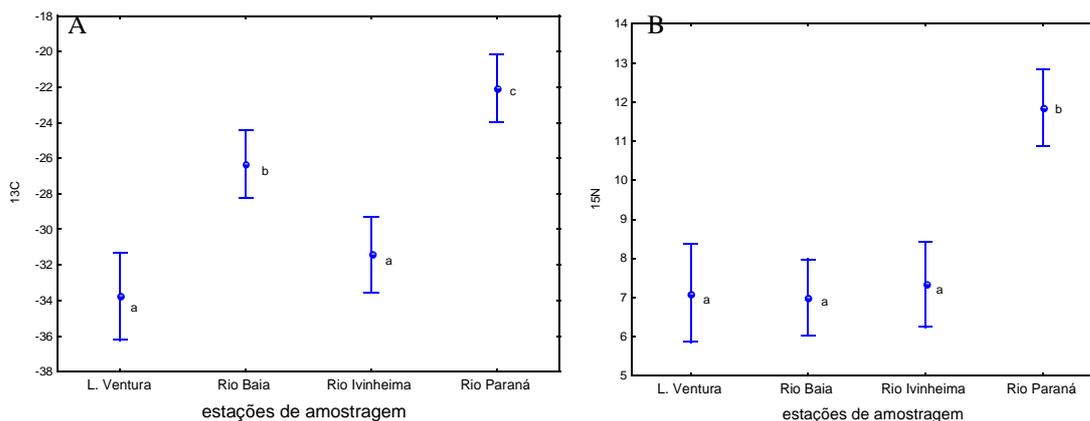
Os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para *Prochilodus lineatus* variaram de -17,8 a -34,0‰, sendo esta variabilidade de -17,9 a -25,6‰ para o Paraná; de -17,8 a -31,9‰ para o Baía; de -29,4 a -34,0‰ para o Ivinheima; e de -31,7 a -35,7‰ para a lagoa Ventura.

O valor médio do carbono foi de  $-22,0 \pm 2,1\%$  para o rio Paraná; de  $-26,3 \pm 4,4\%$  para o rio Baía; de  $-31,4 \pm 1,8\%$  para o rio Ivinheima e  $-33,8 \pm 2,0\%$  para a lagoa Ventura. Entretanto, diferenças significativas foram constatadas quando comparados os subsistemas Paraná, Baía e Ivinheima (ANOVA, GL = 3; F = 25,868; p < 0,05). Porém, lagoa Ventura e rio Ivinheima não foram diferentes estatisticamente (Figura 5A).

Os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  variaram de 4,6 a 13,4‰, sendo identificadas razões de isótopo de 8,8 a 13,4‰ para o rio Paraná; de 4,6 a 11,6‰ para o rio Baía; de 5,7 a 7,8‰ para o rio Ivinheima e de 7,0 a 7,9‰ para a lagoa Ventura. Os valores médios situaram-se em  $11,8 \pm 1,5\text{‰}$  para o rio Paraná; de  $7,0 \pm 2,2\text{‰}$  para o rio Baía; de  $7,3 \pm 0,7\text{‰}$  para o rio Ivinheima e  $7,1 \pm 0,1\text{‰}$  para Lagoa Ventura. Foram observadas diferenças significativas quando comparado o subsistema Paraná com os demais (ANOVA:  $\text{Gl} = 3$ ;  $F = 23,135$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 5A).

Os valores médios de  $\delta^{15}\text{N}$  apresentaram tendências semelhantes àquelas observadas para os  $\delta^{13}\text{C}$ , isto é, os maiores valores médios foram encontrados para exemplares da espécie amostradas no rio Paraná  $\delta^{15}\text{N}$  (11,9‰) e  $\delta^{13}\text{C}$  (-22,0‰).

A posição trófica da espécie foi mais elevada nos rios Paraná e Baía, e menor no subsistema Ivinheima (canal principal e lagoa Ventura) (Tabela 1).



**Figura 6.** Valores médios e desvio padrão de  $\delta^{13}\text{C}$  (A) e  $\delta^{15}\text{N}$  (B) para *Prochilodus lineatus* em estações de amostragem da planície de inundação do alto rio Paraná (as letras minúsculas diferentes representam diferenças significativas entre as médias à 5% de probabilidade).

Observou-se que no subsistema Ivinheima, a contribuição máxima para espécie foi oriunda do fitoplâncton (100%), seguido de macrófitas  $\text{C}_3$  (86%) e vegetação ripária (81%). As menores contribuições foram de macrófitas  $\text{C}_4$  (24%). O valor médio mais elevado observado para esse subsistema foi para macrófitas  $\text{C}_3$  (28%) e o menor valor para perifíton (13,2%).

No geral, constatou-se que tanto para as formas iniciais do desenvolvimento dos peixes quanto para os adultos, as plantas  $\text{C}_4$ , apresentaram pequena contribuição de carbono. Forsberg et al. (1993) e Leite (2000) em estudos desenvolvidos na Amazônia com adultos e larvas de peixes não encontraram participação das macrófitas  $\text{C}_4$  na biomassa das espécies por eles analisadas. Este resultado impede que sejam levantadas suposições acerca do papel funcional deste grupo de plantas nas cadeias alimentares de planícies de inundação, tanto em ambientes em que representam a mais elevada biomassa entre os produtores, quanto naqueles, como é o caso da bacia do alto rio Paraná, onde sua biomassa é comparativamente menor.

Constatou-se que dentre as estações amostradas, a do rio Ivinheima, correspondendo a mais protegida de impactos antrópicos, como o desmatamento, é a que apresentou as mais elevadas posições tróficas para as espécies de peixes analisadas, excetuando-se *P. lineatus*. Este resultado indica que existe um efeito significativo na proteção da vegetação ripária para a estruturação da cadeia alimentar, tornando-se mais complexas, nestas áreas de margens protegidas. Para *P. lineatus*, embora a posição trófica desta estação tenha sido uma das menores a contribuição da vegetação ripária, ainda foi elevada. Esta espécie é dependente do carbono fitoplanctônico e possivelmente possa ter incremento em seus níveis tróficos pela participação do bacterioplâncton, nos rios Baía e Paraná.