

Abundância natural do isótopo estável de carbono (^{13}C) de alguns itens alimentares e sua contribuição no crescimento de juvenis de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Pimelodidae)

Valéria Rossetto Barriviera Furuya^{1*}, Carmino Hayashi¹, Wilson Massamitu Furuya² e Carlos Ducatti³

¹Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

³Centro de Isótopos Estáveis, IB, UNESP/Botucatu, Botucatu, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência.

e-mail: furuya@wnet.com.br

RESUMO. O presente estudo foi realizado com o objetivo de determinar a abundância natural do isótopo estável de carbono (^{13}C) de alguns componentes alimentares e determinar sua contribuição no crescimento de juvenis de pintado, em condições laboratoriais. Foram utilizados 150 peixes com peso vivo médio de 1,39 g, que permaneceram em dois tanques-rede com volume útil unitário de 125L, durante 60 dias. A cada 10 dias foram coletadas amostras de água para análise de fitoplâncton e zooplâncton. Cladocera foi o item dominante na análise de conteúdo estomacal, seguido de Chironomidae e Copepoda. Foi coletada amostra de peixes ao início e final do experimento para determinação do sinal isotópico. Foram obtidos valores médios de -20,94; -15,36 e -18,81 $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ para o fitoplâncton, Cladocera e Chironomidae, respectivamente. Cladocera foi a principal fonte de carbono e contribuiu com uma média de 89,24% do carbono na alimentação dessa espécie, enquanto que Chironomidae contribuiu com 10,76%. O $\delta^{13}\text{C}$ demonstrou ser efetivo como marcador de carbono (C) ao longo da cadeia alimentar, uma vez que o consumidor reflete isotopicamente sua dieta.

Palavras-chave: alimentação, isótopo estável, ^{13}C , pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*.

ABSTRACT. Carbon stable isotope (^{13}C) natural abundance of some foods and its contribution to the pintado juvenile growth, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Pimelodidae). The aim of this study is to determine the natural abundance of carbon stable isotope (^{13}C) of some food components and determine its contribution to the pintado juvenile growth, in laboratory conditions. 150 fishes were used with average weight of 1.39 g, and stocked in two net ponds with 125L each, during 60 days. Every 10 days a water sample was collected to analyse phytoplankton and zooplankton. Cladocera was dominant in the analysis of the stomach contents, following Chironomidae and Copepoda. A fish sample was collected in the beginning, and at the end of the experiment to analyses the isotopic signal. An average value of -20.94; -15.36 and -18.81 $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ was obtained for phytoplankton, Cladocera and Chironomidae, respectively. Cladocera was the main carbon source and contribution with carbon average 89.24% in feeding this species, while the Chironomid contribution was 10.76%. The $\delta^{13}\text{C}$ was effective as carbon tracer in food chain, because the consumer reflects its diet isotopically.

Key words: feeding, stable isotope, ^{13}C , pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*.

Introdução

Os isótopos podem ser estáveis quando não emitem radiação, ou radioativos quando emitem algum tipo de radiação. Os isótopos estáveis, em relação aos radioativos, possuem a vantagem de não

apresentarem riscos à saúde humana e contaminação ao ambiente (Boutton *et al.*, 1988).

O uso dos isótopos estáveis em estudos ecológicos foi intensificado nas décadas de 80 e 90, sendo utilizados principalmente os isótopos de carbono (^{13}C) (Kennedy e Krouse, 1990), baseando-

se na determinação da relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ no material em estudo. Na natureza, aproximadamente 98,89% de todo o carbono é ^{12}C , e 1,11 % é ^{13}C , sendo que a taxa desses dois isótopos pode variar como resultado do fracionamento durante processos físicos, químicos e biológicos (Boutton, 1991).

Sua utilização como marcador de carbono (C) ao longo da cadeia alimentar baseia-se na suposição de que o consumidor reflete isotopicamente a sua dieta (DeNiro e Epstein, 1978; Martinelli et al., 1988), havendo enriquecimento em ^{13}C com aumento do nível trófico em cerca de 1 (DeNiro e Epstein, 1978; Rau et al., 1991; Forsberg et al., 1993) a 2‰ (Fry e Sherr, 1984; Kennedy e Krouse, 1990; France e Peter, 1997) em relação à dieta.

O esboço da estrutura da cadeia alimentar com o uso do isótopo estável de C foi demonstrando por Fry e Sherr (1984) e Wada et al. (1991). No Brasil, Araújo-Lima et al. (1986) e Forsberg et al. (1993) coletaram amostras de possíveis fontes de alimento para diversas espécies de peixes da bacia Amazônica e identificaram a fonte principal de C autotrófico para peixes detritívoros dessa bacia, enquanto Vaz et al. (1999) estudaram a dieta de peixes detritívoros de quatro habitats distintos do rio Jacaré Pepira, obtendo informações sobre como a matéria orgânica era ciclada nesses ecossistemas.

Muitos componentes que não são identificáveis nos estômagos dos peixes podem representar a fração menos digestível de sua dieta, dificultando a determinação sobre a fonte de carbono original (Forsberg et al., 1993). Nestes estudos, os isótopos de carbono podem ser utilizados como metodologia auxiliar, pois fornecem informações sobre o produto consumido e a proporção que é assimilada.

O presente estudo teve por objetivo avaliar os principais componentes da dieta de juvenis do pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829), em condições experimentais, bem como a taxa de incorporação das mesmas no tecido muscular dessa espécie, através da análise do isótopo estável de carbono.

Material e métodos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Aquicultura, do Departamento de Biologia da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná, durante o período de 17 de fevereiro a 17 de abril de 2000.

Foram utilizados 150 juvenis de pintado com peso vivo médio de $1,39 \pm 0,28$ g, 76 dias de vida após a eclosão e obtidos através de reprodução induzida, no CEPTA (Centro de Pesquisa e Treinamento em Aquicultura, Pirassununga, Estado

de São Paulo). Os peixes foram distribuídos em dois tanques-rede com malha de 3mm entre nós com $0,50 \times 0,50 \times 0,50$ m de largura, altura e comprimento e volume útil unitário de 125 L, mantidos num tanque com volume individual de 800 L e capacidade individual de 1000 L. Anteriormente à montagem do experimento, os peixes foram alimentados com náuplios de artemia recém-eclodidas desde o início da alimentação exógena, fornecida a cada 6 horas e à vontade, das 6 às 23h.

O tanque foi adubado com antecedência de 60 dias da data de alojamento dos juvenis com levedura de pão (*Saccharomyces cerevisiae*), na proporção de 5 g/1000L de água. A inoculação do plâncton selvagem foi realizada na proporção de 10 L/tanque. Amostras de água dos tanques foram coletadas a cada 10 dias, procedendo-se à filtragem em rede de "nylon" de 70 μm de abertura de malha para coleta de zooplâncton e rede de 20 μm de abertura de malha para coleta de fitoplâncton, concentradas em um volume de 10 mL de solução de formaldeído 4% tamponado com carbonato de cálcio. Paralelamente, foi realizada a análise dos componentes do plâncton e mesoplâncton para análise de isótopos.

Os dados dos parâmetros físicos e químicos da água foram coletados a cada três dias, onde foram tomadas as medidas de temperatura, pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e oxigênio dissolvido (mg/L), através respectivamente de, termômetro graduado de 0 a 50°C e condutivímetro, peagômetro e oxímetro.

A identificação qualitativa dos organismos fitoplanctônicos foi realizada de acordo com Bourrelly (1966) e Bicudo e Bicudo (1970), sendo que a identificação dos organismos zooplanctônicos foi realizada conforme Koste (1972), Rocha e Matsumura-Tundisi (1976) e Needham e Needham (1982). Para análise do plâncton da água dos tanques e do conteúdo estomacal, foi utilizado microscópio óptico e estereoscópio. Os tratos digestórios foram retirados através de microcirurgia em microscópio. Para a análise do zooplâncton foi utilizado um volume de 5 mL, sendo que para o fitoplâncton, foi analisado 0,1 mL do volume fixado de cada tanque.

Para a determinação da razão isotópica $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ para a análise da variação natural em delta per mil ($\delta\text{‰}$) por espectrometria de massa, realizou-se a conversão do carbono da matriz ou amostra na forma de CO_2 conforme descrito por Ducatti et al. (1979). O carbono foi obtido através de processo destrutivo, em que todo o carbono da amostra foi oxidado a dióxido de carbono sob temperatura elevada em atmosfera de oxigênio, durante cinco minutos.

Realizou-se a combustão em três etapas: purificação do fluxo ($< 0,5 \text{ kgf/cm}^2$) de oxigênio utilizado na combustão, queimado em forno de quartzo sob óxido de cobre (CuO) granulado a 450°C , sendo que o CO_2 gerado foi retido em armadilha química de ascarita. Na segunda fase, foi realizada a combustão da amostra no forno de quartzo sob CuO granulado, a 900°C , sob pressão de oxigênio superior a 1 atm. , e na última etapa, realizados o isolamento e a retenção dos gases formados durante a combustão (Carrijo, 2000).

Os halogênios foram retidos no forno de quartzo sob prata metálica à 450°C , enquanto o óxido de enxofre e o óxido de nitrogênio foram retidos na armadilha química com dióxido de manganês. A água e o CO_2 gerados durante a combustão da amostra foram retidos em armadilha criogênica, de gelo seco e álcool (-80°C) e nitrogênio líquido (-190°C), respectivamente. Todas as etapas foram conduzidas sob fluxo contínuo de oxigênio, aspirado por bomba mecânica de duplo estágio, sendo que os procedimentos de rotina seguiram a metodologia descrita por Licatti (1997).

As amostras e os padrões foram analisados no espectrômetro de massa de razões isotópicas com dupla entrada, modelo DELTA - Finnigan Mat, com seis coletores, acoplados ao Software Isodat (Finnigan Mat, 1994), que faz a correção e obtenção da razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ em relação ao padrão internacional Peedee Belemnite (PDB) através da equação descrita por Carrijo (2000). Os valores foram expressos em delta per mil ($\delta\text{‰}$) em relação ao padrão PDB, sendo cada amostra realizada em duplicata com erro de análise $< 0,4\text{‰}$ e desvio padrão menor que 1‰ dentro da amostra.

A assimilação relativa de cada item foi calculada de acordo com a equação descrita por Parker *et al.* (1989), assumindo que as fontes eram isotopicamente distintas:

$$CR_a = \frac{\delta_p - \delta_b}{\delta_a - \delta_b} \cdot 100$$

Em que:

CR_a = contribuição relativa da fonte a;

δ_p = valor de $\delta^{13}\text{C}$ do produto p;

δ_b = valor de $\delta^{13}\text{C}$ da fonte b;

δ_a = valor de $\delta^{13}\text{C}$ da fonte a.

A contribuição relativa (%) da fonte b foi determinada pela equação:

$$CR_b = 100 - CR_a$$

Em que:

CR_b = contribuição relativa da fonte b;

CR_a = contribuição relativa da fonte a.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios de temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, da água dos tanques experimentais. Foi observada pequena variação nos dados dos parâmetros analisados, sendo que os mesmos permaneceram dentro da faixa recomendada por Egna e Boyd (1997), para os peixes tropicais.

Tabela 1. Valores médios de temperatura, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido da água dos tanques

Parâmetro	Tempo (dias)						
	1	10	20	30	40	50	60
pH	7,40	7,21	7,16	6,98	6,85	7,09	7,14
Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	11,00	11,00	12,00	11,00	13,00	12,00	12,00
Temperatura ($^\circ\text{C}$)	26,55	26,55	26,45	27,15	26,5	27,5	27,4
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,91	6,03	5,78	6,18	6,31	5,81	6,04

A análise da água demonstrou predominância quantitativa de Rotifera, com pico inicial aos 15 dias, e Copepoda como segundo item predominante seguido de Cladocera. Cladocera e Copepoda apresentaram pico inicial aos 20 dias, sendo que para Cladocera ocorreu um segundo pico aos 50 dias, o que não foi observado para a população de Copepoda, que reduziu após o primeiro pico. As densidades de Chironomidae permaneceram constantes ao longo do período experimental (Figura 1).

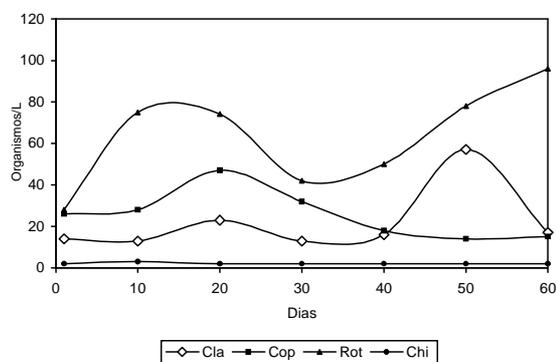


Figura 1. Composição qualitativa e quantitativa do zooplâncton e mesoplâncton do tanque ao longo do período experimental. Cla = Cladocera; Cop = Copepoda; Rot = Rotifera e Chi = Chironomidae

Pela análise do fitoplâncton, nos tanques, pode-se observar predominância de *Scenedesmus* ao longo de todo o período experimental, ocorrendo maior produção com aproximadamente 20 dias, período em que também foi verificada elevação na produção de diatomáceas, *Coelastrum* e *Golenkia* (Figura 2).

Foi observada dominância relativa de Cladocera na análise do conteúdo estomacal, enquanto Copepoda e Chironomidae estiveram presentes,

porém em menores proporções (Figura 3). Foi observado que Cladocera foi preferido em relação a Copepoda. Segundo Kissick (1987) e Campbell (1991), Cladocera é mais facilmente capturado que Copepoda, devido à diferença na capacidade locomotora dessas presas, tornando-as mais vulneráveis à predação. Não foi observada ocorrência de canibalismo durante o período experimental, o que facilitou a interpretação dos resultados. Nas condições em que foi realizado o presente estudo, a variável canibalismo poderia alterar a taxa de substituição do isótopo estável de carbono, em função das diferenças nas taxas de crescimento entre os peixes que estariam realizando o canibalismo (maior) em relação aos peixes que estariam consumindo somente o zooplâncton e componentes do mesoplâncton.

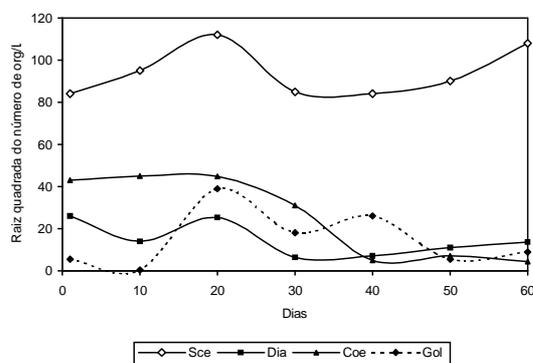


Figura 2. Composição qualitativa e quantitativa (raiz quadrada) do fitoplâncton do tanque ao longo do período experimental. Sce = *Scenedesmus*; Dia = Diatomaceae; Coe = *Coelastrum* e Gol = *Golenkia*

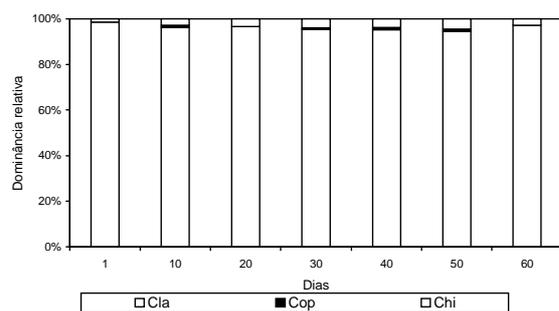


Figura 3. Dominância relativa dos componentes presentes na análise de conteúdo estomacal do pintado ao longo do período experimental. Cla = Cladocera; Cop = Copepoda e Chi = Chironomidae

Na Tabela 2 encontram-se os valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) dos componentes do plâncton e do pintado ao início e final do período experimental. O desvio padrão dentro de cada amostra foi baixo, demonstrando que a coleta, o preparo e a análise das

amostras foram adequadas. DeNiro e Epstein (1978) descreveram desvio padrão de 0,2 a 2,0‰, para animais de mesma espécie, em ambientes semelhantes e consumindo o mesmo tipo de alimento.

Tabela 2. Valores ($\bar{x} \pm \sigma$) de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) dos componentes do plâncton, mesoplâncton e do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) ao início e final do experimento

Item	$\delta^{13}\text{C}$ ‰
Fitoplâncton	-20,94 ± 0,04
Cladocera	-15,36 ± 0,10
Chironomidae	-18,81 ± 0,86
Pintado inicial	-20,40 ± 0,12
Pintado final	-15,46 ± 0,30

De acordo com Gearing (1991), o erro associado à análise laboratorial, ou "variabilidade analítica", geralmente é de $\pm 0,1$ a $0,3\%$, dependendo do tipo e tamanho da amostra, método de combustão e espectrômetro de massa. De acordo com este autor, quando não existe homogeneidade da amostra, as variações podem ser originadas da coleta inadequada e/ou do processo da amostra para análise, pois a quantidade da amostra utilizada para análise é pequena.

As "variações analíticas" foram pequenas, fato observado por Marques (1998), com os valores de média e intervalo de confiança de $\delta^{13}\text{C}$ do tecido muscular de peixes da bacia do rio Paraná (*Rhinelepis aspera*, *Leporinus friderici*, *Serrasalmus spilopleura* e *Hypophthalmus edentatus*), analisados no espectrômetro de massas. Segundo Stephenson et al. (1984), animais alimentados em laboratório com dietas isotopicamente semelhantes e da mesma espécie, ainda podem apresentar desvio padrão médio de cerca de $0,6\%$, dependendo das condições de crescimento e tipo de tecido analisado.

No presente estudo, deu-se preferência à análise somente do tecido muscular, pois os macronutrientes (carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas e minerais) e a água diferem em sua composição isotópica. O lipídio é pobre em ^{13}C e um aumento na relação C/N é geralmente relacionado ao aumento no conteúdo de lipídio no tecido muscular.

Os valores obtidos de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) demonstraram que a composição do isótopo de carbono do peixe depende do alimento assimilado. Trabalhos como os de Araujo-Lima et al. (1986) e de Benedito-Cecilio et al. (2000) evidenciaram a variação isotópica de diversos componentes da cadeia alimentar, que foi relacionada com sua alimentação.

A fonte utilizada como substrato para o desenvolvimento primário foi a levedura (*Saccharomyces*

spp), com sinal isotópico próximo a - 20‰. Na Tabela 3 encontram-se os valores da contribuição relativa de cada item no desenvolvimento dos peixes. A análise do isótopo estável de carbono no tecido muscular do pintado e dos itens alimentares indicou que Cladocera e Chironomidae contribuíram, respectivamente, com 89,24 e 10,76% do carbono assimilado pelo pintado, concordando com DeNiro e Epstein (1978) e Martinelli *et al.*, (1988), segundo os quais o consumidor reflete isotopicamente a dieta, havendo enriquecimento em ^{13}C com aumento do nível trófico em cerca de 1‰ (DeNiro e Epstein, 1978; Rau *et al.*, 1991; Forsberg *et al.*, 1993) a 2‰ (Fry e Sherr, 1984; Kennedy e Krouse, 1990; France e Peter, 1997) em relação à dieta.

Tabela 3. Contribuição relativa ($\bar{x} \pm \sigma$) dos itens alimentares do pintado (*Pseudoplattystoma corruscans*)

Item	Contribuição relativa de cada fonte (%)
Cladocera	89,24 ± 1,02
Chironomidae	10,76 ± 1,02

Associam-se os dados obtidos com a análise de conteúdo estomacal, em que foi observada rara ocorrência de Copepoda, além da pequena contribuição das algas no desenvolvimento do pintado. O valor estimado da contribuição de Chironomidae (10,76%) pode ser considerado como relativamente elevado, em função do pequeno valor encontrado para esse item na análise de dominância relativa no estômago ($\bar{x} = 3,16\%$) (Figura 3), indicando que o mesmo foi consumido e assimilado a uma taxa elevada em relação a Cladocera.

Segundo Forsberg *et al.* (1993), os compostos identificáveis em um estômago de peixes podem na verdade representar a fração menos digestível da dieta, uma vez que muitos componentes encontrados no estômago não são identificáveis e, dessa forma, não fornecem informações claras sobre a fonte de carbono original. Os resultados obtidos nesse estudo ressaltam a importância do uso do isótopo estável de carbono como metodologia auxiliar nos estudos de alimentação, pois a análise conjunta dos resultados fornece mais informações sobre o esboço da estrutura da cadeia alimentar (Fry e Sherr, 1984; Araújo-Lima *et al.*, 1986; Wada *et al.*, 1991).

Referências

ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M. *et al.* Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, Washington, DC., v. 234, p. 1256-1258, 1986.

BENEDITO-CECÍLIO, E. *et al.* Carbon sources of Amazonian fisheries. *Fish. Manag. Ecol.*, Oxford, v. 7, n. 4, p. 305-315, 2000.

BICUDO, C.E.M.; BICUDO, R.M.T. *Algas de águas continentais brasileiras*. São Paulo: Fundação Brasileira de Desenvolvimento do Ensino de Ciências, 1970.

BOURRELLY, P. *Les algues d'eau douce*. Initiation à la systématique. I - Les algues vertes. Paris: N. Boubee & Cie, 1966.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials: I. Sample preparation and mass spectrometric analysis. In: COLEMAN, D. C.; FRY, B. *Carbon isotope techniques*. Academic Press, Inc. 1991.

BOUTTON, T.W. *et al.* Carbon kinetics of milk formation in holstein cows in late lactation. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 66, p. 2336-2645, 1988.

CAMPBELL, C.E. Prey selectivities of threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) and phantom midge larvae (*Chaoborus* spp.) in Newfoundland lakes. *Freshw. Biol.*, Oxford, v. 25, n. 1, p. 155-167, 1991.

CARRIJO, A.S. *Avaliação do metabolismo nutricional em poedeiras, pela técnica dos isótopos estáveis do carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), provenientes de rações formuladas com plantas do ciclo C_3 e C_4* . Botucatu, 2000. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

DeNIRO, M.J.; EPSTEIN, S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, Kidlington, v.42, p. 495-506, 1978.

DUCATTI, C. *et al.* Método de análise da razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ em matéria orgânica e das razões $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ e $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ em carbonatos. *An. Acad. Bras. Cien.*, Rio de Janeiro, v. 51, n. 2, p. 275-286, 1979.

EGNA, H.S.; BOYD, C.E. *Dynamics of pond aquaculture*. Boca Raton: CRC, 1997.

FINNIGAN MAT. ISODAT[®] Software 5.0 Operating Manual. San Jose (CA): Finnigan Mat. Inc.; 1994.

FORSBERG, B.R. *et al.* Autotrophic carbon sources for fish of the central Amazon. *Ecology.*, New York, v. 74, n. 3, p. 643-652, 1993.

FRANCE, R.L.; PETER, R.H. Ecosystem differences in the trophic enrichment of ^{13}C in aquatic food webs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Ottawa, v. 54, n. 6, p. 1255-1258, 1997.

FRY, B.; SHERR, E.B. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contrib. Mar. Sci.*, Port Aransas, v. 27, p. 13-47, 1984.

GEARING, J.N. The study of diet and trophic relationships through natural abundance ^{13}C . In: COLEMAN, D. C.; FRY, B. (Ed.). *Carbon isotope techniques*. San Diego: Academic Press, Inc. San Diego, 1991. p. 201-218.

KENNEDY, B.V.; KROUSE, H.R. Isotope fraction by plants and animal: implications for nutrition research. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, Ottawa, v. 68, p. 960-972, 1990.

KISSICK, L.A. Prey selectivity and feeding periodicity of logperch larvae in Acton Lake, Ohio. *Environ. Biol. Fishes*, Dordrecht, v. 20, n. 2, p. 155-160, 1987.

KOSTE, W. Rotatorien aus Gewasserm Amazoniens kiel. *Amazoniana*, Manaus, v. 3, n. 3/4, p. 258-505, 1972.

LICATTI, F. *Isótopos estáveis do carbono (^{12}C , ^{13}C) em plantas dos ciclos bioquímicos C_3 e C_4* . 1997. Monografia

(Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

MARQUES, S.F.G. *Determinação dos isótopos estáveis ^{15}N e ^{13}C por espectrometria de massa em amostras biológicas (músculos de peixes)*. 1998. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

MARTINELLI, L.A. et al. Utilização das variações naturais de $\delta^{13}\text{C}$ no estudo de cadeias alimentares em ambientes aquáticos: princípios e perspectivas. *Acta Limnologica Brasiliensia*, São Paulo, v. 11, p. 859-882, 1988.

NEEDHAM, J.G.; NEEDHAM, P.R. *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. Barcelona: Reverte, S.A., 1982.

PARKER, P.L. et al. $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$ tracer study of nutrition in aquaculture: *Pennaeus vannamei* in a pond growout system. In: RUNDEL, P.W. et al. (Ed.). *Stable isotopes in ecological research*, New York: Springer-Verlag, 1989.

RAU, G.H. et al. $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ in Weddell sea invertebrates: implications for feeding diversity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Oldendorff, v. 77, p. 1-6, 1991.

ROCHA, O.; TUNDISI, T. *Atlas de zooplâncton. I - Copepoda*. São Carlos: UFSCar., v. 1, 1976.

STEPHENSON, R.L. et al. Stable carbon isotope variability in marine macrophytes and its implications for food web studies. *Mar. Biol.*, New York, v. 81, p. 223-230, 1984.

VAZ, M.M. et al. The dietary regime of detritivorous fish from the River Jacaré Pepira, Brazil. *Fish. Manag. Ecol.*, Oxford, v. 6, p. 121-132, 1999.

WADA, E. et al. The use of stable isotopes for food web analysis. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, Boca Raton, v. 30, n. 3, p.361-371, 1991.

WAICHMAN, A.V. Autotrophic carbon sources for heterotrophic bacterioplankton in a floodplain lake of central Amazon. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 341, p.27-36, 1996.

Received on May 31, 2001.

Accepted on September 11, 2001.