



Revista de Biologia e Ciências da Terra  
ISSN: 1519-5228  
revbiocieter@yahoo.com.br  
Universidade Estadual da Paraíba  
Brasil

Fatores controladores da biomassa do ficoperifiton no Rio Jaú - Parque Nacional do Jaú (Amazônia Central)

Revista de Biologia e Ciências da Terra, vol. 8, núm. 2, 2008, pp. 93-104  
Universidade Estadual da Paraíba  
Paraíba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50080211>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Fatores controladores da biomassa do ficoperifiton no Rio Jaú – Parque Nacional do Jaú (Amazônia Central)

José Gerley Díaz Castro<sup>1</sup>, Bruce Rider Forsberg<sup>2</sup>, José Expedito Cavalcante da Silva<sup>1</sup>, Antonio Clementino dos Santos<sup>1</sup>

### RESUMO

Os fatores controladores da biomassa do ficoperifítton crescendo sobre substratos naturais na época de cheia no canal central do rio Jaú, um tributário de água preta do rio Negro, foi investigado durante três anos consecutivos (1995, 1996 e 1997). Os parâmetros ambientais estudados foram: largura (m), pH, temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), nitrogênio total ( $\mu\text{M}/\text{L}$ ), fósforo total ( $\mu\text{M}/\text{L}$ ), descarga ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), transparência da água (m), sedimentos em suspensão (mg/L), velocidade da correnteza (m/s), área de substrato disponível ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ), profundidade (m), abertura de dossel (%) e a clorofila-a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ). Uma matriz de correlação de Pearson foi utilizada para servir como *input* para realizar a Análise de Componentes Principais (ACP), com os fatores que reuniram cerca de 60% da variação total para incluí-los dentro de um Modelo Geral linear para os três anos: Clorofila-a = constante + Fatores significativos. Mediante tais indicadores estatísticos, foi possível mostrar que, no período de cheia a biomassa de ficoperifítton, é influenciada principalmente pela abertura do dossel, disponibilidade do substrato, velocidade da correnteza, fósforo total dissolvido e transparência da água. Adicionalmente, o presente trabalho é a primeira contribuição em grande escala para a determinação dos fatores controladores da biomassa de um dos principais produtores primários das águas pretas da Amazônia, o ficoperifítton.

**Palavras chave:** águas pretas, Amazônia, perifítton, planície de inundação.

## Controlling factors of biomass of phycoperiphyton in Jaú river – Jaú Park National (Central Amazon)

### ABSTRACT

The controlling factors of bloom of algae growing on natural substrates during the highwater period of the Jaú River was investigated for three consecutive years (1995, 1996 and 1997). The environmental parameters investigate ware width (m), pH, temperature (°C), dissolved oxygen (mg/L), conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), total nitrogen ( $\mu\text{M}/\text{L}$ ), total phosphorus ( $\mu\text{M}/\text{L}$ ), discharge ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), transparency (m), suspended sediments (mg/L), current velocity (m/s), available surface area of substrate ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ ), depth (m), dossel opening (%) and chlorophyll-a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ): The matrix of Pearson Simple Correlation, to used whith input for an *Principal Components Analysis* (PCA), in which those factors which accounted for more than 59% of the total variation were included within a geral linear model: Chlorophyll-a = constant + Factors significatives. Through these statistical indicators it was possible to improved that, the algae biomass is influenced primarily by the dossel opening, substrate availability, current velocity, total dissolved phosphorus and water transparency. In addition, the present study is the first large-scale assessment of factor controlling the biomass of one of the principal primary producers of the blackwater rivers of Amazônia, the phycoperiphyton.

**Key words:** black waters, Amazon, periphyton, floodplain.

## 1 INTRODUÇÃO

As águas pretas representam um dos principais ecossistemas fluviais na região amazônica. Vários aspectos dentro destes sistemas já foram investigados incluindo a estrutura, fenologia e produção da floresta alagada (igapó) (Pereira-Filho & Oliveira Pereira, 2003), a estrutura das comunidades de invertebrados aquáticos (Walker, 1994; Yoshimura et al., 2006) e de peixes (Henderson & Walker, 1990; Inove & Nunokawa, 2005). Estes estudos têm mostrado a importância do ciclo hidrológico anual na dinâmica da flora e fauna. No entanto, a variação espacial de características físico-químicas ao longo do sistema fluvial, e sua influência na distribuição e função das comunidades biológicas ainda não foram investigadas quantitativamente. Os fatores controladores da distribuição e a produção de algas perifíticas, que são especialmente abundantes durante certas épocas do ano (Goulding, Carvalho & Ferreira, 1988; Castro, 1999) são praticamente desconhecidos.

Por muitos anos a comunidade do perifítón foi considerada simplesmente como curiosidade pelos limnólogos devido à percepção geral de que as macrófitas e algas do fitoplâncton são os grupos dominantes de produtores primários (Lowe & Gale, 1980). Pouca atenção tem sido dada pelos pesquisadores à comunidade perifítica quando comparada a comunidade do fitoplâncton. Um levantamento de literatura na revista brasileira de Biologia (CAPES, 2006) mostrou que no período de 1988 a 2006, artigos científicos foram publicados com a comunidade do fitoplâncton enquanto com a comunidade do perifítón nenhum artigo foi escrito, muito embora as pesquisas com esta comunidade tenham sido iniciadas com mais ênfase a partir de 1995 (Bicudo, Necchi-Júnior & Chamixaes, 1995). As evidências indicam que esta comunidade além de produtiva, pode ser: um grande regulador do fluxo de nutrientes em águas interiores (Wetzel, 1990); a base da cadeia alimentar em ecossistemas aquáticos (Araujo-Lima, et al., 1986; Battin et al., 2003; Sandsten, Beklioglu & Özlem, 2005); contribuir significativamente mais para a nutrição da epifauna aquática que os tecidos

hospedeiros das macrófitas (Sozka, 1975) e utilizada para detectar mudanças dentro do ecossistema, por exemplo eutrofização (Mattila & Räisänen, 1998), uma vez que as algas perifíticas possuem ciclo de vida curto e ainda são sésseis, o que as impede de evitar condições adversas ao seu crescimento.

Estudos realizados em ecossistemas aquáticos de regiões temperadas e tropicais com a comunidade do perifítón têm mostrado que as mudanças dos parâmetros físicos e químicos, associados, especialmente à mudança no ciclo hidrológico, controlam a dominância entre as diferentes espécies, bem como o rápido desaparecimento do ficoperifítón em determinadas estações (Lowe & Gale, 1980; O'Reilly, 2006). Dentre os parâmetros abióticos apontados na literatura como importantes controladores do ficoperifítón nos rios estão: a profundidade e os materiais em suspensão (Hardwick, Blinn & Usher, 1992); a velocidade da correnteza (McIntire, 1966; Ács & Kiss, 1993); o pH (Steinberg & Putz, 1991); a luz (Scott & Scott, 2000; Forsberg et al., 2001) e o fósforo (Irvine & Jackson, 2006; Iwaniec, Childers & Rondeau, 2006). Para Inove & Nunokawa (2005) a luz tem um efeito positivo sobre o desenvolvimento de perifítón, desde que não existam nutrientes limitantes, caso contrário o aumento de luminosidade não incrementa a biomassa de perifítón.

Este estudo teve como objetivo principal investigar a influência de fatores abióticos na biomassa da comunidade ficoperíctica no canal central do rio Jaú, no período de cheia.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O rio Jaú é um rio típico de matas pluviais de águas pretas, segundo a classificação óptica sugerida por Sioli, (1950), é um afluente da margem direita do rio Negro, da nascente á foz encontra-se dentro do Parque Nacional do Jaú (Fig. 1). O rio Jaú está localizado no município de Novo Airão, a cerca de 200 km da cidade de Manaus. O canal central do rio é de 7<sup>a</sup> ordem, tem comprimento total estimado em 570 km e uma área de

drenagem de aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup>, inteiramente coberta por vegetação antiga e mata primária.

O rio Jaú se encontra sob o domínio de clima quente e úmido, apresentando um regime sazonal de precipitação, não muito bem definido. Em termos gerais, nos meses de dezembro a junho (inverno) as chuvas são mais freqüentes, e nos outros meses a precipitação é menos intensa (Castro, 1999).

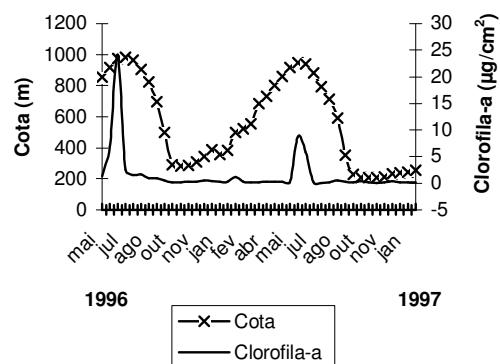


**Figura 1.** Área de estudo, em destaque o rio Jaú.

No curso médio do rio Jaú, a cota do rio varia de  $6,8 \pm 0,8$  m ( $n=5$ ) ao longo de um ano. O ciclo hidrológico anual é unifásico e varia predominantemente ao longo do canal central. Durante o período de estudo a cota fluviométrica do rio Jaú apresentou o seguinte comportamento: o pico de cheia é atingido nos meses de maio-junho, enquanto as menores cotas do rio estão entre setembro e outubro. Os meses transicionais de agosto e setembro apresentam alturas intermediárias.

## 2.2 Coleta de dados

O rio Jaú apresenta em época de cheia um florescimento de algas ficoperifíticas (fig. 2). A clorofila-a foi usada como indicadora da biomassa de algas visto que é uma medida eficiente na avaliação da biomassa fotossintética da comunidade do ficoperifítion em ambientes aquáticos. A coleta de ficoperifítion e as medidas dos parâmetros físicos e químicos foram feitas ao longo do canal central do rio Jaú, nas cheias de 1995, 1996 e 1997.



**Figura 2.** Cota do rio Jaú e clorofila-a na Capoeira Grande (Castro, 1999)

A posição geográfica de cada local de coleta foi determinada com um sistema de posicionamento global portátil (Galvin Inst. Inc., modelo GPS 50). A cada local de coleta, foi estipulado um número de transectos para a coleta dos dados que variaram de ou de 1 a 60, 1 a 40 e 1 a 120 para os anos de 1995, 1996 e 1997, respectivamente.

## 2.3 Desenho experimental

Os dois primeiros anos de estudo (1995 e 1996) serviram de base para ajustar a metodologia e para identificar os parâmetros que se correlacionaram com a biomassa de ficoperifítion, indicado pela clorofila-a. Os parâmetros que não correlacionaram nos dois primeiros anos com clorofila-a (variável dependente) foram retirados da análise no último ano. Um total de quartoze parâmetros físicos e químicos foi estudado nos anos de 1995 e 1996. Um total de 60 e 40 locais de coleta foi analisado nos anos de 1995 e 1996, respectivamente. No último ano (1997) foram escolhidos aleatoriamente 120 locais de coleta e reduzidos a seis o número de parâmetros abióticos.

Em cada local de coleta, foi realizado um transecto partindo desde a margem do rio (0,0 m) e entrando do igapó até um ponto no qual a abertura de dossel estivesse constante e perto de 6%. Em cada transecto foram escolhidos aleatoriamente três pontos, até uma profundidade máxima de 2 m. Esta profundidade limite foi escolhida após observar até onde as algas

chegavam e até onde fosse possível coletar o material sem perdê-lo. Os parâmetros abióticos foram mensurados nos mesmos locais. O resultado médio das estimativas de todos os parâmetros estudados por local foi utilizado para caracterizar e analisar a relação entre os fatores abióticos e a clofofila-a.

## 2.4 Análise estatística

A normalidade das variáveis estudadas é uma das condições para realizar testes paramétricos e análise de componente principal (ACP) (Valentin, 2000). Uma inspeção visual da matriz de gráficos de dispersão para cada um dos fatores estudados indicou uma linearidade dos dados em quase todos os casos. O único fator que não mostrou linearidade foi a abertura de dossel (%), por isso foram transformados a raiz de *arc sen* (Snedecor & Cochran, 1973). Os fatores do ACP foram gerados utilizando como *input* uma matriz de correlação gerada entre os parâmetros estudados (Zar, 1996). Para interpretação dos resultados foram consideradas as variáveis que estiveram ligadas significativamente a um dos eixos do ACP. Os testes estatísticos foram feitos usando o pacote Statistica 5.0.

## 2.5 Coleta de dados

Em cada ponto de coleta foram obtidos valores dos seguintes parâmetros:

**Coleta do ficoperifítion:** A comunidade do ficoperifítion coletada em cada local de amostragem foi retirada das folhas onde estava aderida com água destilada e posteriormente colocada dentro de frascos de vidro de conhecido volume, devidamente rotulados. A seguir as amostras foram filtradas a vácuo com auxílio de uma bomba manual, através de filtros de fibra de vidro Tipo A/E, 47 mm e de 0,4 µm de poro. Em seguida, os filtros foram colocados dentro de envelopes devidamente etiquetados e armazenados em um frasco escuro contendo sílica gel e então congelados para manterem-se conservados. O volume filtrado nem sempre foi o mesmo, dependendo

da quantidade do material existente no material vegetal coletado. De modo geral o volume variou de 15 a 25 mL em cada uma das amostras.

A área de amostragem das folhas das árvores coletadas foi determinada desenhando a folha sobre um papel branco, como referido em Sladeckova (1962). Posteriormente, no laboratório, a área foi determinada usando um medidor de área foliar portátil LICOR, modelo 3050 A. A área dos galhos foi calculada usando a fórmula utilizada para calcular a área de um cilindro ( $A = 2\pi \times r \times h$ ) onde :  $A$  = área  $\text{cm}^2$ ;  $r$  = radio;  $h$  = altura.

A concentração da clorofila-a foi determinada segundo Parsons, Maita & Lalli (1989).

**Determinação de fósforo total (µM/L):** foi utilizado o método proposto por Valderrama (1981).

**Profundidade do canal do rio (m):** foi calculada a partir de sondagens feitas em pontos equidistantes ao longo de um trecho, utilizando uma corda graduada ou ecosonda (Lowrance Inc.).

**Abertura do dossel:** a abertura do dossel foi calculada em percentagem usando um densímetro côncavo *Robert El Lemmon Forest Densimeter*, seguindo a metodologia de Lemmon (1957).

**Transparência da água (m):** o limite da visibilidade foi determinado pelo desaparecimento visual de um disco branco de 30 cm de diâmetro.

**Área de substrato disponível por m<sup>3</sup> (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>):** A área de substrato disponível para as algas foi calculada na época de seca. Em cada um dos transectos, foram amostrados 20 pontos aleatoriamente de 0,125 m<sup>3</sup>, utilizando um cubo feito de ferro de 7 mm de diâmetro. O nível máximo do rio era previsto observando as marcas que a água produziu nas árvores no ano anterior. Uma descrição mais detalhada desta metodologia é feita em Castro (1999).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos três anos de estudo, um total de 1.494 dados foram reunidos. Os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros abióticos medidos nos três pontos de coleta,

nos três anos de estudo e em cada transecto, são apresentados na tabela 1.

A distribuição das algas da comunidade do perifítion, ao longo do rio jaú, decrescia com o aumento da profundidade e à medida que se adentrava no igapó (Figura 3).

A clorofila-a e a profundidade foram as variáveis que apresentaram maior variação ao longo dos anos. As medidas de abertura do

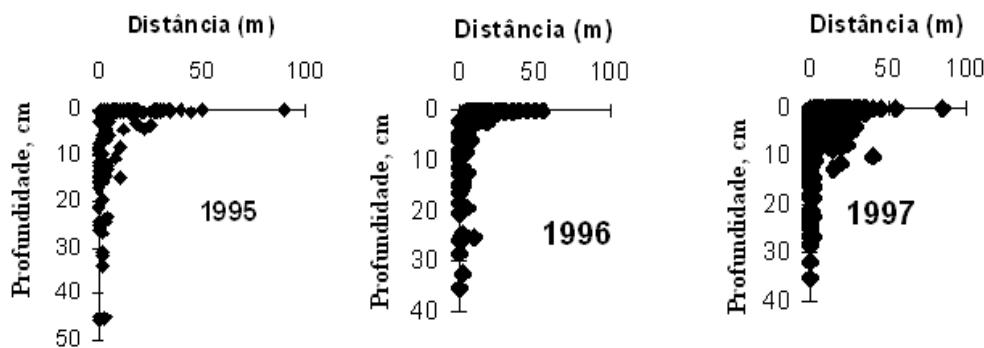
dossel (%) são as primeiras análises quantitativas feitas no igapó da Amazônia. A transparência e o fósforo dissolvido apresentaram valores similares aos detectados por outros autores na Amazônia (Schmidt, 1976; Forsberg, Castro & Cagnin, 1995), em rios de água preta.

**Tabela 1.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros abióticos e a clorofila-a nos três anos de estudo.

Variável	1995	1996	1997
Clorofila-a ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	6,11±3,60	6,08±2,92	4,08±2,72
Área ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	0,58±0,19	0,67±0,32	0,75±0,28
Velocidade (m/s)	0,02±0,01	0,07±0,002	0,009±0,004
Profundidade (m)	4,72±1,77	3,55±1,28	4,80±1,56
Transparência (m)	0,90±0,20	0,62±0,14	0,53±0,15
Fósforo ( $\mu\text{M}/\text{L}$ )	0,45±0,26	0,44±0,21	0,35±0,17
Abertura do dossel (%)	23,31±6,84	26,12±7,91	23,10±6,35

Ao longo dos três anos de estudo foi observado que as algas diminuíram com profundidade e à medida que se adentrava no igapó (Figura 3). Esta observação está

relacionada com a diminuição da abertura do dossel dentro do igapó e com a diminuição da entrada de luz dentro da água.



**Figura 3.** Distribuição da clorofila-a ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) nos três anos de estudo ao longo dos eixos (igapó - 0 = borda do igapó) e profundidade (cm).

A matriz de correlação entre a clorofila-a e os fatores abióticos estudados é apresentada na tabela 2. Todas as correlações

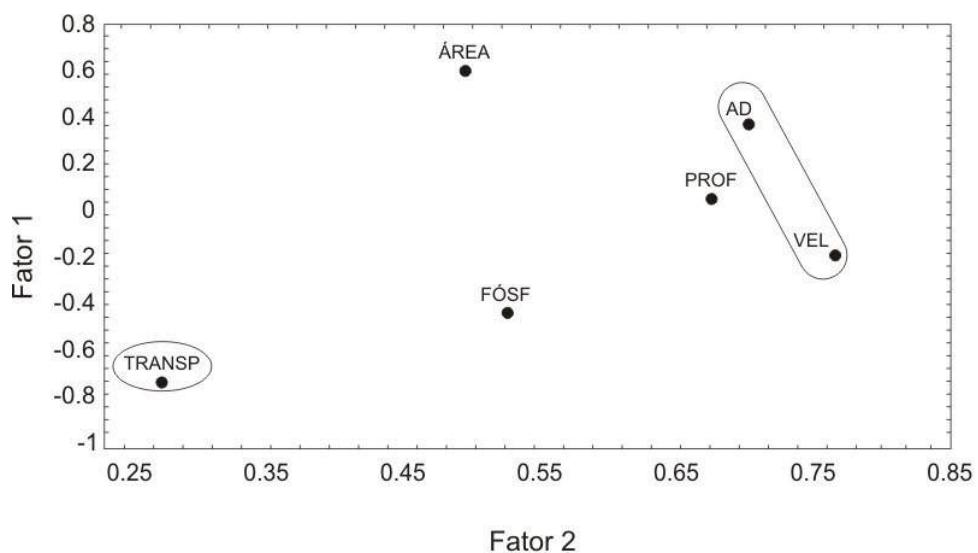
entre os fatores estudados e a clorofila-a foram significativas ( $P<0,05$ ), indicando forte intercorrelação entre elas.

**Tabela 2.** Matriz de correlação entre os parâmetros estudados. Correlações significativas ( $p<0,05$ ) são indicadas em asterisco.

Variável	Clor.-a ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	Área ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	Velocidade (m/s)	Profundidade (m)	Transparência (m)	Fósforo ( $\mu\text{M}/\text{L}$ )	AD (arc sen)
Clorofila-a ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	--						
Área ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )	0,46*	-					
Velocidade (m/s)	0,61*	0,20	-				
Profundidade (m)	0,37*	0,23	0,42*	-			
Transparência (m)	0,26*	-0,13	0,28*	0,04	-		
Fósforo ( $\mu\text{M}/\text{L}$ )	0,33*	0,02	0,28*	0,29*	0,18	-	
AD (arc sen)	0,80*	0,45*	0,37*	0,32*	0,10	0,20	-

Para investigar os efeitos destes parâmetros sobre a clorofila-a e para reduzir sua dimensionalidade, foi criado um novo grupo de preditores ortogonais, utilizando-se uma análise de componentes principais (ACP). Na ACP, os dois primeiros componentes principais lograram explicar 59% da variação da clorofila-a total observada neste estudo (o maior *eigen-value* explicou 37% e o segundo 22%). Através desta técnica,

foram identificados os parâmetros abióticos que mais tiveram peso nos dois primeiros fatores, agrupados por elipsóides, como mostrado na figura 4. Os parâmetros velocidade e abertura do dossel foram positivamente correlacionados com o fator 1 (próximo destes encontra-se a profundidade), e a transparência da água correlacionada com o fator 2.



**Figura 3.** Diagrama de ordenação (ACP) dos fatores abióticos estudados (dois primeiros fatores) nos três anos de estudo.

Ainda, a influência dos fatores abióticos sobre a biomassa de ficoperifítón (clorofila-a) foi investigada através de uma regressão linear

múltipla, utilizando os dois primeiros fatores (F1 e F2) com variáveis independentes (preditores significativos) e a clorofila-a como

variável dependente. A regressão foi globalmente significativa ( $r^2 = 66\%$ ;  $F = 170$ ;  $P=0,0001$ ). O modelo gerado para os três anos foi:  $Y = 5,09 + 2,63F1 + 0,29F2$ .

As populações de algas que crescem fixas às partes submersas da floresta inundada são expostas a alguns fatores que estão continuamente variando, como: o nível da água, a intensidade luminosa e a velocidade da corrente. Esta variação é responsável pela dinâmica populacional desta comunidade. Rodrigues & Bicudo (2004), mostraram que as variações do nível hidrológico do rio Paraná e ventos fortes, foram fatores controladores do sucesso da sucessão ficoperifítica em substratos artificiais em curtos intervalos de tempo. Segundo Wetzel (1975), as plantas aquáticas liberam grande quantidade de compostos inorgânicos (oxigênio, dióxido de carbono, fosfatos, sílica, etc.) e orgânicos que são fixados imediatamente pela microflora do epífiton. Este fator pode ser decisivo para o desenvolvimento do ficoperifiton no rio Jaú, pois o florescimento das algas do perifiton só ocorre na época de águas altas (Figura 3), onde a vegetação das margens do rio está alagada, sugerindo a liberação de nutrientes necessária para o desenvolvimento das mesmas. Resultados similares foram encontrados por Peres e Senna (2000) e para o fitoplâncton num estudo realizado na lagoa do Diogo (São Paulo). Os autores atribuíram este aumento ao aporte de material da planície inundada.

Neste trabalho as algas diminuíram com profundidade e à medida que se adentrava no igapó. Similares observações foram feitas por Iltis (1982) e Luttenton et al. (1986) em alguns rios do oeste africano, e o rio Danúbio, respectivamente, sendo que estes autores correlacionaram o decréscimo das algas com a diminuição da luz em ambos sentidos, para dentro do igapó e com a profundidade.

Alguns autores têm registrado limitação do crescimento de algas devido à deficiência de fósforo (Fairchild & Sherman, 1993; Iwaniec, Childers & Rondeau, 2006). O fósforo é um elemento raro nos afluentes da bacia do rio Negro e é um elemento importante na formação de compostos de alta energia (ATP). Schmidt (1976) e Santos et al. (1984), encontraram 20 afluentes com fósforo total menor que 0,02 µg/l e somente nove com valores maiores. As

concentrações médias de fósforo estiveram em conformidade com as verificadas por Forsberg, Castro & Cargnin (1995) para este mesmo rio. A importância do fósforo total para o ficoperifiton foi evidente, pois se correlacionou significativa e positivamente com a clorofila-a nos anos de estudo. As baixas concentrações de fósforo refletem a pobreza relativa deste elemento na bacia da drenagem do rio Jaú, principais fontes de nutrientes para o sistema fluvial. A maior evidência de limitação por fósforo pode refletir a menor disponibilidade deste elemento em relação às necessidades fisiológicas das algas. A razão molar de nitrogênio total (estimado nos dois primeiros anos)/fósforo total encontrada aqui foi de aproximadamente 18, um valor geralmente associado à limitação por fósforo (Forsberg, 1984). A decomposição das macrófitas aquáticas é também uma importante fonte de nutrientes para os ecossistemas aquáticos (Furch & Junk, 1992). No caso específico do rio Jaú, o ficoperifiton pode estar absorvendo os nutrientes que são liberados pelas “árvores substrato” como sugerido por Goulding, Carvalho & Ferreira (1988).

Em ecossistemas lóticos, a velocidade da correnteza é uma importante determinante da distribuição da flora aquática (Biggs & Thomsen, 1995; Taniguchi, Bicudo & Senna, 2005). A perda de biomassa devido à lavagem do substrato pela corrente da água é também um importante fator influindo na dinâmica e distribuição do ficoperifiton (Lamberti & Resch, 1983). Os problemas para a manutenção de uma população flutuante em um rio são enormes, pois os produtos de divisão são continuamente perdidos e transportados para jusante (Round, 1983). Deste modo, como sugerido por Taniguchi; Bicudo & Senna (2005) é de se esperar que ocorra um decréscimo da clorofila-a com o aumento da velocidade da correnteza. No rio Jaú, o florescimento das algas coincide com o pico da cheia, quando a velocidade da corrente dentro do igapó atinge o valor mínimo (valor médio para os três anos de estudo = 0,09 m/s;  $n=220$ ). Porém, a velocidade da correnteza também se correlacionou positivamente com a clorofila-a e com o fator 1, nos três anos de estudo. Estes resultados aparentemente contrários aos obtidos por Biggs (1995) podem ser explicados de duas diferentes maneiras. A

correlação positiva entre clorofila-a e velocidade pode estar refletindo a queda da disponibilidade de luz que acompanha a redução em velocidade. Ela também pode ser real, refletindo um aumento na disponibilidade de nutrientes associados à maior velocidade.

A velocidade da água também pode afetar as comunidades de algas, ao aumentar as taxas metabólicas que controlam a espessura da camada limite de absorção de nutrientes, isto causa resistência para a transferência de metabólitos para dentro das células (Bergey, Boettiger & Resh, 1995). Portanto, os movimentos de água podem influenciar direta ou indiretamente a produtividade, pois a corrente tem o efeito de remover a água parada ao redor das plantas e provê-las com um novo suprimento de gases dissolvidos e nutrientes. Estes fatos poderiam ajudar a explicar porque foi encontrada maior biomassa de algas nas margens do rio, além das diferentes estruturas de fixação das algas (Holmes & Whitton, 1977), as quais servem como suporte para sua fixação nos galhos e folhas das árvores do igapó.

A luz, medida através da abertura do dossel foi fator que correlacionou com clorofila-a, este fator também foi determinante para o desenvolvimento da comunidade do perifítion no sistema do rio Jaú. Forsberg, et al. (2001) em um estudo que objetivou caracterizar a variação espaço-temporal dos parâmetros físicos, químicos e biológicos ao longo do contínuo dos rios na bacia do rio Jaú, observaram que os igarapés das cabeceiras (1a e 2a ordem) são extremadamente estreitos e rasos, sendo que a copa da floresta encobre completamente o canal destes rios, reduzindo muito a quantidade de luz que atinge a superfície e a temperatura da água. Os rios de tamanho intermediário (3<sup>a</sup> - 4<sup>a</sup> ordem) são mais largos e profundos, há uma maior entrada de luz e um aumento na temperatura da água. A partir deste "tamanho de rio" a diversidade e a produção de algas do perifítion aumenta significativamente. Goulding, Carvalho & Ferreira (1988) ao observarem o florescimento de algas do perifítion no rio Negro, apontaram que a biomassa da comunidade do perifítion é provavelmente mais abundante que a do fitoplâncton. Os autores também assinalaram que as algas são provavelmente mais abundantes nas margens onde a penetração da luz é melhor.

O sedimento em suspensão correlacionou-se positivamente com transparência da água nos dois primeiros anos ( $R_p= 0,88$  e  $0,78$  para 1995 e 1996 respectivamente). Esta correlação pode refletir a floculação do carbono orgânico dissolvido (COD), que diminuiria a extinção devida a COD à medida que os sedimentos em suspensão aumentam. Este resultado pode estar relacionado a pouca luz, no local de estudo, restrita mais pela copa das árvores e pela vegetação submersa, do que pelos sedimentos suspensos na água. A sombra da vegetação ripária tem uma forte influência no desenvolvimento dos produtores primários. Num estudo realizado por Roberts et al (2003) realizado no lago Müggelsee (Alemanha), a comunidade ficoperifítica (estimada através da clorofila-a) indicou que a luz era um dos mais importante fatores limitantes para seu desenvolvimento.

A luz, tanto em quantidade (Havens et al., 1996) como em qualidade (Dodds, 1992), tem uma importância fundamental para o desenvolvimento do ficoperifítion. No rio Jaú, a luz diminui espacialmente com profundidade e para dentro do igapó e temporalmente de acordo com a cota do rio. Estes fatores exerceram influência direta na atividade fotossintética das algas bem como nos seus ritmos biológicos, ciclos de divisão celular e adaptação à luz (Alves, 1993). No rio Jaú, a abertura do dossel foi um dos parâmetros que mais se correlacionou com clorofila-a ( $R_p=0,77$ ,  $R_p=0,83$  e  $R_p=0,54$ , para os anos de 1995, 1996 e 1997, respectivamente), indicando a forte influência do sombreamento sobre o ficoperifítion. Este resultado corroborou a observação feita por Putz (1997) em diferentes sistemas aquáticos da Amazônia onde a luz é um dos principais fatores limitantes da produção de fitoplâncton e perifiton. A abertura do dossel também se correlacionou com área do substrato. A área de substrato disponível compôs sempre o fator 1 da análise de componentes principais, nos três anos de estudo. Também compôs o mesmo fator junto com a velocidade no modelo geral. Estes resultados indicam uma forte influência dos parâmetros ligados às características físicas do sistema sobre o ficoperifítion do rio Jaú.

Embora este estudo não objetivasse avaliar o consumo de ficoperifítom por parte das comunidades biológicas, foi comum observar, nos três anos de estudo, a “raspagem” do perifítom por diversos organismos nos substratos amostrados. A pastagem sobre a comunidade perifítica realizada pelos peixes (Dam et al. 2002) e outros organismos herbívoros (Cattaneo & Kalff, 1986; Geddes & Trexler, 2003) reduz a biomassa do ficoperifítom em ambientes naturais é bem conhecida na literatura.

#### 4 CONCLUSÃO

Segundo indicadores estatísticos, os principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento do bloom de ficoperifítom no rio Jaú no período de cheia foram: disponibilidade de substrato (via abertura do dossel), velocidade da corrente e transparência da água. Ainda, dentre os nutrientes, o fósforo poder ser um importante fator que limita o desenvolvimento das algas do perifítom.

A fim de que as conclusões aqui apresentadas possam ser aprofundadas, necessita-se de estudos mais detalhados sobre o ficoperifítom, abrangendo aspectos das interações bióticas com os herbívoros. Sugerem-se estudos de isótopos estáveis de carbono para pesquisar a importância das algas do perifítom para as cadeias tróficas do rio Jaú.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de Doutorado concedida ao primeiro autor. Ao Fundo Mundial para a Natureza (CSR 048-96), pelo apoio financeiro e à Fundação Vitória Amazônia, pelo apoio logístico e financeiro.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁCS, E.; KISS, K.T. Effects of the water discharge on periphyton abundance and diversity in a large river (River Danube, Hungary). *Hydrobiologia*, v. 249, n. 1-3 p. 125-133, 1993.

ALVES, L.F. *The fate of stream water nitrate entering littoral areas of an Amazonian*

*floodplain lake: The role of plankton, periphyton, inundated soils and sediments.* 370 f. Tesis (Ph.D limnology). Thesis University of Maryland-CEES. 1993.

ARAUJO-LIMA, A.C.; FORSBERG, R.B.; VICTORIA, R. L.; MARTINELLI, L. A. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science*, v.234, p. 1256-1258, 1986.

BATTIN T.J.; KAPLAN, L.A.; NEWBOLD, J.D.; HANSEN, C.M.E. Contributions of microbial biofilms to ecosystem processes in stream mesocosms. *Nature*, v. 426, p.439-442, 2003.

BIGGS, B.J.F. The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use to the habitat template of periphyton in stream ecosystems. *Freshwater Biology*, v. 33, p. 419-438, 1995.

BIGGS, B.J.F.; THOMSEN, H.A. Disturbance of stream periphyton by perturbations in shear stress: Time to structural failure and differences in community resistance. *J. Phycol.* v. 31, p. 233-241, 1995.

DAM, A.A. V.; BEVERIDGE, M.C.M.; AZIM, M.E.; VERDEGEM, M.C.J. The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 12, n. 1, p. 1-31, 2002.

DICKMAN, M. The effect of grazing by tadpoles on the structure of a periphyton community. *Ecology*. v. 49, n. 6, p. 188-1190, 1968.

DODDS, K.W. A modified fiber-optic light microprobe to measure spherically integrated photosynthetic photon flux density:characterization of periphyton photosynthesis-irradiance patterns. *Limnol. Oceanogr.* v. 34, n. 4, p. 871-878, 1992.

DUDLEY, L.T.; D'ANTONIO, M.C. The effects of substrate texture, grazing, and disturbance on macroalgal establishment in streams. *Ecology*, v. 72, n. 1, p. 297-309, 1991.

CASTRO, J.G.D. 1999. *Biomassa, Biodiversidade e fatores abióticos controladores*

*do “blomm” de ficoperifítón no canal central do rio Jaú, na época de cheia. Parque Nacional do Jaú, Amazônia Central.* 173 f. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 1999.

CAPES, 2006. Scielo Brasil ([http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_issuet&pid=0034-7108&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuet&pid=0034-7108&lng=en&nrm=iso)). Acesso: 21 de novembro de 2006.

FAIRCHILD, W.G.; SHERMAN, W.J. Algal periphyton response to acidity and nutrients in softwaters lakes: lake comparison vs. nutrient enrichment approaches. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, v. 12, n.2, p.157-167, 1993.

FORSBERG, R.B. Nutrient Processing in Amazon floodplain lakes. *Verh. Internat. Verein Limnol.*, v. 22, p. 1294-1298, 1984.

FORSBERG, B.R.; CASTRO, J.G.D; CARGNIN, F.E. *Sub-projeto de Limnologia/Ecologia aquática. Relatório sub-projeto de Limnologia.* Fundação Vitória Amazônica. 1995, 33 pp.

FORSBERG, R.B.; DIAZ-CASTRO, J.G.D.; CARGNIN-FERREIRA, E.; ROSENQVIST, A. 2001. The structure and function of the Negro River Ecosystem: Insights from the Jaú Project. In: Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil – Project Piaba. CHAO, N.L.; PETRY, P.; PRANG, G.; SONNESCHIEN, L.; TLUSTY, M. (Eds.). *Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil – Project Piaba.* Manaus: EDUA, 2001 p. 3-14.

FURCH, K.; JUNK, W.J. Nutrient dynamics of submersed decomposing Amazonian herbaceous plant species *Paspalum fasciculatum* and *Eichinochloa polystachya*. *Rev. Hydrobiol. Trop.* v. 25, n. 2, p. 75-85, 1992.

GEDDES, P.; TREXLER, J.C. Uncoupling of omnivore-mediated positive and negative effects on periphyton mats. *Oecologia*, v. 136, n. 4, p. 585-595, 2003.

GELWICK, F.P.; MATTHEWS, W.J. Effects of algivorous minnows (*Campostoma*) on spatial and temporal heterogeneity of stream periphyton. *Oecologia*, v. 112, n. 3, p. 386-392, 1997.

GOULDING, M.; CARVALHO, L.M.; FERREIRA, G.E. *RIO NEGRO, rich life in poor water. Amazonian diversity and foodchain ecology as seen through fish communities.* The Hague: SPB Academic Publishing bv. 1988. 200 p.

HARDWICK, G.C.; BLINN, W.D.; USHER, D.H. Epiphytic diatoms on *Cladophora glomerata* in the Colorado river, Arizona: longitudinal and vertical distribution in a regulated river. *The southwestern naturalist.*, v. 37, n. 2, p 148-156, 1992.

HAVENS, E.K.; EAST, L.T.; MEEKER, H.R.; DAVIS, P.W.; STEINMAN, D.A. Phytoplankton and periphyton responses to in situ experimental nutrient enrichment in a shallow subtropical lake. *Journal of plankton research*, v. 18, n. 4, p. 551-566, 1996.

HENDERSON, P.A.; WALKER, I. Spatial organization and population density of the fish community of the litter banks within a Central Amazonian blackwater stream. *J. Fish Biol.* v. 37, p. 401-411, 1990.

HOLMES, N.H.T.; WHITTON, B.A. The macrophytic vegetation of the river tees in 1975: observed and predict changes. *Freshwater Biology*, v. 7, p. 43-60, 1977.

ILTIS, A. Peuplements algaux des rivières de Côte d'Ivoire. II. Variations saisonnières des biovolumes, de la composition et de la diversité spécifique. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, v. 15, n. 3, p. 241-253, 1982.

INOUE, M.; NUNOKAWA, M. Spatial variation in density of stream benthic fishes in northern Hokkaido, Japan: does riparian vegetation affect fish density via food availability? *Limnology*, v. 6, p. 7–14, 2005.

IRVINE, R.L.; JACKSON, L.J. Spatial variance of nutrient limitation of periphyton in montane,

- headwater streams (McLeod River, Alberta, Canada). *Aquatic Ecology*, v. 40, n.3, p. 337-348, 2006.
- IWANIEC, D.M.; CHILDERS, D.L.; RONDEAU, D. Effects of hydrologic and water quality drivers on periphyton dynamics in the southern Everglades. *Hydrobiologia*, v. 569, n.1, p. 223-235, 2006.
- LAMBERTI, A.G; RESH, H.V. Stream periphyton and insect herbivores. An experimental study of grazing by caddisfly population. *Ecology*, v. 64, n. 5, p.1124-1135, 1983.
- LEMMON, E.P. A new instrument for measuring forest overstory density. *Journal of Forestry*, v. 55, n. 2, p. 667-668, 1957.
- LOWE, L.R.; GALE, W.F. 1980. Monitoring river periphyton with artificial benthic substrates. *Hydrobiologia*. v. 69, n. 3, p. 235-244, 1980.
- LUTTENTON, L.M.; VANSTEENBURG, B.J.; RADA, G.R. Phycoperiphyton in selected reaches of the Upper Mississippi River: community composition, architecture, and productivity. *Hydrobiologia*, v. 136, p. 31-46, 1986.
- MATTILA, J. E RÄISÄNEN, R. Periphyton growth as an indicator of eutrophication; an experimental approach. *Hydrobiologia* v. 377, p. 15-23, 1998.
- MCINTIRE, C.D. Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams, *Hydrobiologia*, v. 27, n. 3-4, p. 559-570, 1996.
- O'REILLY, C.M. Seasonal Dynamics of Periphyton in a Large Tropical Lake, *Hydrobiologia*, v. 553, n.1, p.293-301, 2006.
- PARSONS, T.R.; MAITA, Y.; LALLI, C.M. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. 3. ed.. Great Britain: Pergamon Press., 1989, 173 p.
- PERES, A.C.; SENNA, P.A.C. 2000. Estudo quantitativo e estatístico do fitoplâncton da lagoa do Diogo em um ciclo hidrológico (1995-1996). In: Santos, J.E. e Pires, J.S.R. (Eds.). *Estação Ecológica de Jataí* . v. 2. São Carlos, São Paulo:RiMa, 2000. p.483-495.
- POWER, E.M. Resource enhancement by indirect effects of grazers: armored catfish, algae, and sediment. *Ecology*. v. 71, n. 3, p. 897-904, 1990.
- PUTZ, R. Periphyton communities in Amazonian black- and whitewater habitats: Community structure, biomass and productivity. *Aquatic sciences*, v. 59, n.1, p. 74-93, 1997.
- ROBERTS, E; KROKER, J.; KÖRNER, S.; NICKLISCH A. The role of periphyton during the re-colonization of a shallow lake with submerged macrophytes. *Hydrobiologia*, v. 503, n. 1-3, p. 525-530, 2003.
- RODRIGUES, L.; BICUDO, D.C. Periphytic algae. In: S.M. Thomaz, A.A. Agostinho ; N.S. Hahn (Eds.) The upper Paraná River and its floodplain. Backhuys Publishers, Leiden, p.125-143. 2004.
- ROUND, F.E. (1983) *Biologia das algas*, tradução de Francisco Perlingeiro. 2 ed. Rio de Janeiro. Guanabara Dois. 127 p.
- SANTOS, U.M.; BRINGEL, S.R.B.; BERGAMIN, H.F. RIBEIRO, M.N.G. ; BANANEIRA, M. Rios da Bacia Amazônica. I. Afluentes do rio Negro. *Acta Amazonica*, v. 14, p.222-237, 1984.
- SANDSTEN, H.; BEKLIOGLU M.; ÖZLEM O. Effects of waterfowl, large fish and periphyton on the spring growth of *Potamogeton pectinatus* L. in Lake Mogan, Turkey. *Hydrobiologia*, v. 537, p. 1-3, p. 239-248., 2005.
- SCHMIDT, W.G. Primary production of phytoplankton in the three types of amazonian waters. *Amazoniana*, v.5, n.4, p. 517-528, 1976.
- SCOTT, T.L.; SCOTT, R.S. Light- and nutrient-limited periphyton in low order streams of Oahu, Hawaii, *Hydrobiologia*, v. 432, n.1-3, p. 101-111, 2000.

- SILVA, J.A.M. DA; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I. de. 2003. Valor nutricional e energético de espécies vegetais importantes na alimentação do tambaqui. *Acta Amazônica*, v. 33, n. 4, p. 687-700, 2003.
- SIOLI, H. Das Wasser im Amazonasgebiet. *Forsch Fortschr*, v. 26, p. 274-280, 1950.
- SLADECKOVA, A. Limnological investigations methods for the periphyton (Aufwuchs) community. *Bot. Rev.* v. 28, p. 286-350, 1962.
- SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. *Statistical methods*. 6. ed. 6. impr. Ames, Iowa (USA): The Iowa State University Press, 1973, 593 p.
- SOSKA, G.J. Ecological relation between invertebrates and submerged macrophytas in the lake littoral. *Ekol. Pol.*, v. 23, p. 393-415, 1975.
- STEINBERG, C.; PUTZ, R. Epilithic diatoms as bioindicators of stream acidification. *Ver. Internat. Verein Limnol.* v. 24, p. 1877-1880, 1991.
- TANIGUCHI, G.M.; BICUDO, D.C.; SENNA, P.A.C. Gradiente litorâneo-limnético do fitoplâncton e ficoperifítion em uma lagoa da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu. *Revista Brasil. Bot.*, v. 28, n. 1, p.137-147, 2005.
- YOSHIMURA, CH.; TOCKNER, K.; OMURA, T; MOOG, O. Species diversity and functional assessment of macroinvertebrate communities in Austrian rivers. *Limnology*, v. 7, p.63-74, 2006.
- VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* v. 10, p. 109-122, 1981.
- VALENTIN, J.L. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro:EDITORIA INTERCIENCIA, 2000. 117 p.
- WALKER, I. The benthic litter-dwelling macrofauna of the Amazonian forest stream Tarumá-Mirim: patterns of colonization and their implications for community stability. *Hidrobiologia*. v. 100, p.1-18, 1994.
- WETZEL, R.G. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* v. 24, p. 6-24, 1990.
- ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. London:Prentice Hall International Editions, 5th. ed. 1996. 662 p.
- 
- <sup>1</sup> Prof. Adjunto Universidade Federal do Tocantins. Campus de Araguaína, TO, BR 153, km 112 CP 132 – Zona Rural, Araguaína, TO, Fone: (63) 2112- 2120. clementino@uft.edu.br, jecs@uft.edu.br, diazcastro@uft.edu.br
- <sup>2</sup> Pesquisador Titular do INPA/CPEC. Cx.P. 478 – 69011-970 – Manaus, AM, Brasil. Fone: (63) 3644 4619. forsberg@vivax.com.br