

BIOMASSA E COMPOSIÇÃO ELEMENTAR (C, N E P) DA COMUNIDADE PERIFÍTICA NO ALTO RIO SANTA MARIA DA VITÓRIA, ESPÍRITO SANTO, BRASIL.

MARTINS, F. C. O.^{1*} & FERNANDES, V. O.^{1,2}

1 - Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Biológicas – Setor Botânica, Avenida Marechal Campos, 1468 – CEP: 29.060-900, Maruípe, Vitória, Espírito Santo – Brasil.

2 - valeriaes@uol.com.br

*Corresponding author: fabiolachrystian@gmail.com

ABSTRACT

Martins, F. C. O. & Fernandes, V. O. 2011. Biomass and elementary composition (C, N and P) from the periphytic community on the upper Santa Maria da Vitória River, Espírito Santo, Brazil. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 15(1): 11-18. ISSN 1983-9057. The research aimed to evaluate the influence of environmental variables into the biomass and elementary composition of the periphyton in *Brachiaria mutica* (Forsk) Stapf and inferences about the primary limiting nutrient to growth in different fluvial gradients of a tropical river (high course Santa Maria da Vitória, Espírito Santo, Brazil). Samples were taken at quarterly intervals of Oct./2004 to July/2005 in two sampling stations (E1 and E2), being E1 located in the preserved area and E2 subject to impacts anthropogenic. The biomass was evaluated through the dry weight (DW), organic matter (OM), ash (A), chlorophyll *a* and the elementary composition through the carbon, nitrogen and phosphorus concentration's. We also determined: precipitation, temperature (air and water), electric conductivity, total dissolved solids, dissolved oxygen, pH, nitrite, nitrate, orthophosphate, total nitrogen and total phosphorus. In the site E1, dry weight, organic matter, ash and chlorophyll *a* varied, respectively, 5.4 - 36.3 g/cm², 32.7 - 79.0% DW, 21.0 - 67.3 % DW, 0.07 - 0.67 mg/cm², while phosphorus, nitrogen and carbon ranged from 0.06 - 0.14 % DW, 7.3 - 10.9 % DW e 17.3 - 42.0% OM, respectively. In the site E2, the variation of the biomass was 9.9 - 51.0 g / cm² (dry weight), 12.7 - 62.7% DW (organic matter), 37.3 - 87.3% DW (ash) and 0.16 - 0.21 mg/cm² (chlorophyll *a*), while the elementary composition ranged, respectively from 0.13 - 0.18 % DW (phosphorus), 7.8 - 12.3 % DW (nitrogen) e 6.7 - 33.2 % MO (carbon). The spatial variation was explained by different trophic degrees of the sampling stations, influencing the periphytic elementary composition (correlation between the water's and periphyton's nutrients) and biomass (larger average DW, OM and ash in E2). The periphyton suffered physical disturbance effects, mainly on algae (low chlorophyll *a* concentration in both stations). Phosphorus was identified as primary limiting nutrient growth.

Keywords: periphyton, natural substratum, river, elementary composition, chlorophyll *a*.

INTRODUÇÃO

Em ambientes lóticos, o perífiton, juntamente com as macrófitas aquáticas, são considerados os principais produtores de matéria orgânica autóctone (Rodrigues et al., 2003), atuando como sítio de deposição de carbono orgânico (Fernandes, 2005). A comunidade representa um grande estoque de carbono particulado da região litorânea dos ambientes aquáticos, composto pela variabilidade de detritos inorgânicos e biomassa viva dos organismos que a compõem, sendo considerada importante rota no fluxo de carbono da cadeia trófica (Pomeroy & Wiebe, 1988).

Esta comunidade é caracterizada também pela habilidade em responder às mudanças ambientais e disponibilidade de nutrientes nos diversos ecossistemas aquáticos (Moschini-Carlos et al., 1998), principalmente nitrogênio e fósforo.

Segundo Borchardt (1996), vários experimentos têm sido realizados para avaliar a relação entre a concentração de nutrientes da água e o crescimento do perífiton, destacando, por exemplo, a comparação do habitat ou variação temporal na biomassa da comuni-

dade com o nível dos nutrientes, através de análises de regressão e estatísticas multivariadas.

A pesquisa visa avaliar a relação entre as variáveis ambientais, a biomassa e composição elementar perifítica, assim como inferir acerca do nutriente limitante primário ao crescimento da comunidade em diferentes gradientes fluviais do alto rio Santa Maria da Vitória. Dessa forma, contribui para o conhecimento da dinâmica do perífiton em ambientes lóticos tropicais, sendo este um estudo pioneiro no estado do Espírito Santo, Brasil.

ÁREA DE ESTUDO

O rio Santa Maria da Vitória possui 122 km de extensão, apresentando um desnível de aproximadamente 1.300 m entre a nascente e a foz, onde forma um delta. Apresenta 291 km de perímetro e está inserido em uma bacia hidrográfica de 1.884 km² de área. Este ambiente é utilizado como manancial de abastecimento público de cinco municípios do estado e barrado em dois trechos, formando as represas Rio Bonito e

Suíça, ambas destinadas à geração de energia elétrica. O alto curso do rio, localizado no município de Santa Maria de Jetibá, está compreendido entre a nascente e a primeira represa, onde predominam atividades agrícolas e intensas criações de aves e suínos em larga escala.

O tipo climático dominante na região estudada, segundo a classificação de Köppen, é o brando úmido. O período chuvoso corresponde aos meses de Dezembro a Março, enquanto que o período seco estende-se de Julho a Outubro. Dados dos últimos 11 anos mostram que as maiores e menores vazões ocorrem, respectivamente, nos meses de Dezembro e Setembro (Habtec, 1997).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas 4 amostragens em intervalos trimestrais, no período de Outubro de 2004 a Julho de 2005, em duas estações. A estação 1 (E1) está inserida em uma área preservada com remanescentes de Mata Atlântica, enquanto que a estação 2 (E2) localiza-se à jusante da sede do município de Santa Maria de Jetibá, recebendo lançamento de efluentes domésticos e industriais, resíduos de granjas artesanais e efluentes agrícolas das culturas circundantes, principalmente hortaliças e café.

O perífíton foi amostrado manualmente, na região litorânea, através da retirada aleatória de folhas e caules submersos da gramínea *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf, removido do substrato por raspagem.

Para análise do peso seco o material raspado foi filtrado sob vácuo, em triplicata para cada amostra, utilizando filtros de fibra de vidro MN 85/90 de 25 mm de diâmetro e seco em estufa à 60°C até atingir peso constante (Schwarzbold, 1990). Em seguida, 3 filtros de cada amostra contendo o material seco da mesma forma para obtenção do peso seco foram submetidos à mufla sob temperatura de 550°C, durante duas horas para que todo o conteúdo orgânico fosse calcinado, restando apenas a fração inorgânica, que corresponde às cinzas. A determinação da matéria orgânica (peso seco livre de cinzas) equivale à diferença entre o peso seco e o peso das cinzas. Os resultados foram expressos em % de matéria orgânica e % de cinzas do peso seco.

Para determinação da concentração de nitrogênio e fósforo do perífíton, 3 filtros de cada amostra contendo o material perifítico secos à 60°C até atingir peso constante, conforme determinação do peso seco, foram autoclavados durante 30 minutos com 10 ml de solução de persulfato de potássio para digestão simultânea do nitrogênio perifítico e do fósforo perifítico, segundo Valderrama (1981). Desta forma, todo conteúdo de nitrogênio foi reduzido a nitrato e todo conteúdo de

fósforo foi reduzido a ortofosfato, os quais foram posteriormente analisados de acordo com Carmouze (1994), sendo os resultados expressos em % do peso seco, uma vez que a determinação destes elementos (N e P) foi realizada a partir da biomassa seca. O teor de carbono orgânico foi estimado conforme Wetzel (2001), como sendo correspondente a 53 ± 5 % do conteúdo de matéria orgânica. A concentração de clorofila *a* do perífíton foi determinada segundo Goltermam et al. (1978).

Para avaliação do nutriente limitante ao crescimento da comunidade adotaram-se os limiares 5% e 0,5% por unidade de peso seco do perífíton, respectivamente, para o nitrogênio e fósforo, abaixo dos quais há limitação pelo referido nutriente, conforme proposto por Biggs (1995). Para inferir sobre o fator limitante primário foi utilizada a razão atômica N:P do perífíton, conforme Borchardt (1996), que estabelece valores abaixo de 20 como limitação por nitrogênio e valores acima de 20 como limitação por fósforo.

Foram avaliadas as seguintes variáveis limnológicas abióticas: temperatura da água (termômetro de bulbo); condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (medidor multiparâmetros Handylab LF1); oxigênio dissolvido (oxímetro Scott OX1); pH (potenciômetro Handylab 1); nitrito, nitrato e ortofosfato foram determinados de acordo com Carmouze (1994), enquanto nitrogênio e fósforo totais conforme Valderrama (1981). A partir da determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo totais foi calculada a razão atômica N: P.

A transparência da água foi avaliada utilizando disco de Secchi. Com este equipamento foi medida a profundidade da coluna d'água, pois o mesmo apresenta cabo marcado a cada 10 cm. A zona eufótica foi estimada a partir dos valores da transparência multiplicados por 3, conforme Cole (1994). Segundo Esteves (1988), o valor obtido é admitido como correspondente a 1% da radiação da superfície. Essas três variáveis foram expressas em metros (m).

Os dados de pluviosidade (máximo mensal) foram obtidos através da Agência Nacional das Águas (ANA), enquanto a temperatura do ar foi medida durante as amostragens, através de termômetro de bulbo.

Para identificar possíveis relações entre as variáveis biológicas e as variáveis ambientais avaliadas utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman ($p < 0,10$). Essas mesmas variáveis foram agrupadas utilizando a Análise de Componentes Principais (ACP), sendo os dados inicialmente normalizados e estandarizados, através do programa Statsoft Statistica versão 6.0.

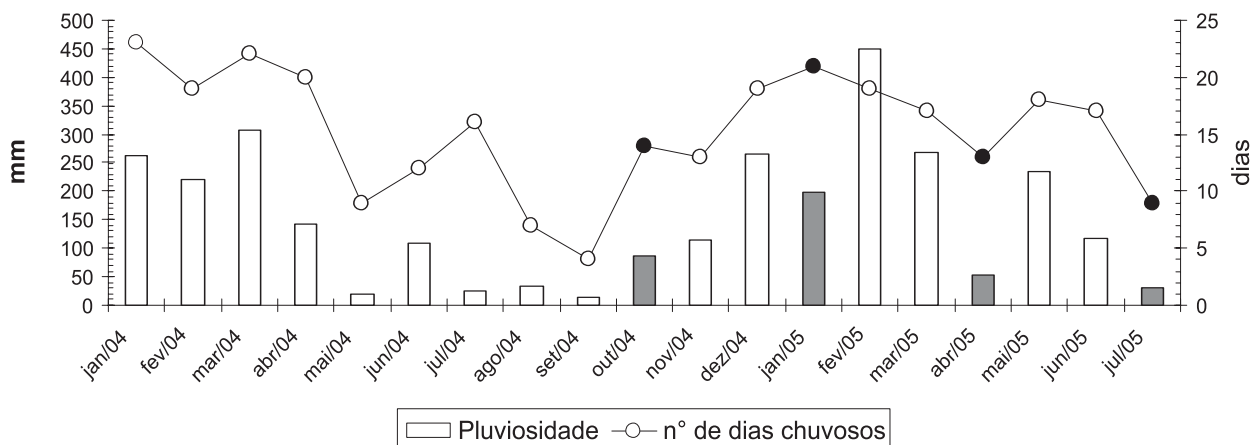


Figura 1 - Variação temporal da pluviosidade total e número de dias chuvosos (dados mensais) em Santa Maria de Jetibá nos anos de 2004 e 2005. Os círculos e as barras destacados correspondem aos meses amostrais (Fonte: Agência Nacional das Águas – ANA).

RESULTADOS

Variáveis limnológicas abióticas

Os valores da pluviosidade (PLU) aumentaram a partir da amostragem de Outubro de 2004, sendo este mês considerado como correspondente ao início do período chuvoso (Fig. 1), com valor máximo registrado em Fevereiro de 2005. Embora Abril de 2005 tenha apresentado baixa pluviosidade total, considera-se esta amostragem também como período chuvoso, pois foi realizada no início do mês, sendo registrada grande quantidade de chuvas nos meses anteriores. A amostragem de Julho de 2005 correspondeu ao período seco, sendo a pluviosidade registrada em Maio de 2005 considerada atípica para a região (Fig. 1).

Os menores valores da temperatura do ar (TAR) foram registrados em Outubro de 2004 tanto na esta-

ção 1 (18°C) quanto na estação 2 (19°C). As maiores temperaturas foram 26.5 °C (Janeiro de 2005) e 27.5°C (Abril de 2005) nas estações 1 e 2, respectivamente. A maior média (25.5°C) e coeficiente de variação (15.6%) ocorreram na estação 1 (Tabela 1). Tanto a pluviosidade quanto a temperatura do ar não apresentaram correlações significativas com nenhuma das demais variáveis limnológicas abióticas avaliadas.

Profundidade (PFD) e zona eufótica (ZEU) apresentaram maiores valores médios e coeficientes de variação na estação 2, enquanto que a transparência (SEC) apresentou mesmo valor médio em ambas as estações amostrais, porém maior coeficiente de variação na estação 2 (Tabela 1).

Oxigênio dissolvido (OD) e pH apresentaram maior média e coeficiente de variação na estação 1, enquanto a temperatura da água (TAG), condutividade

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis ambientais nas estações 1 e 2, durante o período estudado. SD = desvio padrão; C. V. (%) = coeficiente de variação.

Variáveis	Estação 1			Estação 2		
	Mín.-Máx. (Média)	SD	C.V. (%)	Mín.-Máx. (Média)	SD	C.V. (%)
Pluviosidade (mm)	30,4-197,5 (92)	74,2	80,6	30,4-197,5 (92)	74,2	80,6
Temperatura do ar (°C)	18,0-26,5 (25,5)	4,0	15,6	19,0-27,5 (23,5)	3,5	14,8
Temperatura da água (°C)	19,0-22,5 (20,5)	1,6	7,7	19,0-24,0 (21,4)	2,5	11,5
Transparência (m)	0,3-0,6 (0,4)	0,1	33,0	0,2-0,6 (0,4)	0,2	48,9
Zona eufótica (m)	0,4-0,6 (0,5)	0,1	16,3	0,6-1,6 (0,9)	0,5	52,9
Profundidade (m)	0,4-0,6 (0,5)	0,1	16,3	0,6-1,6 (1,1)	0,5	42,5
Condutividade elétrica (µS/cm)	32,5-38,9 (36,2)	3,2	8,8	42,6-51,6 (46,8)	3,7	8,0
Sólidos totais dissolvidos (mg/l)	32,0-38,0 (35,5)	3,0	8,5	42,0-51,0 (46,3)	3,8	8,2
Oxigênio dissolvido (% de satur.)	50,5-99,5 (82,5)	21,8	26,4	42,0-92,2 (72)	22,2	30,8
Oxigênio dissolvido (mg/l)	3,7-8,3 (6,5)	2,0	31,2	3,6-7,8 (5,7)	1,8	30,6
pH	5,4-6,5 (6)	0,5	8,1	5,6-5,9 (5,8)	0,2	2,9
Nitrato (µg/l)	101-328 (219)	94,3	43,1	102-266 (210,5)	75,8	36
Nitrito (µg/l)	0,2-22,1 (8,1)	9,7	119,1	1,1-54,2 (24,5)	22,2	91,4
N - Total (µg/l)	453-2819 (1054,8)	1176,2	111,5	578-990 (681,3)	292,5	4,9
P -Total (µg/l)	10,5-19,2 (13,2)	4,0	30,4	18,1-42,9 (26,4)	11,6	43,9
Razão atômica NT/PT	90,7-325,1 (150,4)	116,5	77,5	38,8-121,1 (63)	39	61,9

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis biológicas do perifíton nas estações 1 e 2, durante o período estudado. SD = desvio padrão; C. V. (%) = coeficiente de variação.

Variáveis	Estação 1			Estação 2		
	Mín.-Máx. (Média)	SD	C.V. (%)	Mín.-Máx. (Média)	SD	C.V. (%)
Clorofila a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	0,07-0,67 (0,3)	0,3	90,4	0,16-0,21 (0,03)	0,2	16,3
PS - Peso seco (g/cm^2)	5,4-36,3 (14,8)	23,6	62,7	9,9-51 (18,8)	26,4	71,2
MO - Matéria orgânica (% PS)	32,7-79 (20,3)	57,6	35,2	12,7-62,7 (22,1)	4,8	54,2
Cinzas (% PS)	21-67,3 (20,3)	42,4	47,8	37,3-87,3 (22,1)	59,2	37,4
Carbono perifítico (% MO)	17,3-42 (10,8)	30,5	35,3	6,7-33,2 (11,7)	21,6	54,3
Fósforo perifítico (% PS)	0,06-0,14 (0,03)	0,1	33,9	0,13-0,18 (0,02)	0,2	14,5
Nitrogênio perifítico (% PS)	7,3-10,9 (1,7)	8,5	19,5	7,8-12,3 (2,4)	8,9	27,3

elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD) mostraram padrões opostos, com maiores valores registrados na estação 2 (Tabela 1).

Quanto aos nutrientes, nitrato (NO_3^-) e nitrogênio total (NT) apresentaram maiores valores médios e coeficientes de variação na estação 1, sendo padrão inverso observado para nitrito (NO_2^-) e fósforo total (PT), cujas maiores médias e coeficientes de variação foram registrados na estação 2 (Tabela 1).

A condutividade elétrica apresentou correlações significativas positivas com a profundidade ($r = 0.64$) e concentração de fósforo total ($r = 0.69$). Os sólidos totais dissolvidos correlacionaram-se positivamente com as mesmas variáveis que a condutividade elétrica, apresentando com a profundidade coeficiente de correlação de 0.68 e com a concentração de fósforo total 0.71. Já a profundidade apresentou também correlação significativa positiva com a zona eufótica ($r = 0.93$), uma vez que as medidas foram realizadas na região litorânea, próximo ao estande de macrófitas que serviam de substrato natural para o perifíton, onde a profundidade é reduzida.

A transparência da água mostrou correlação significativa positiva com o oxigênio dissolvido ($r = 0.73$) e com a concentração de nitrito ($r = 0.72$). Esta última variável, finalmente, mostrou-se negativamente correlacionada com o pH ($r = -0.81$), sendo estas as únicas correlações significativas registradas entre as variáveis limnológicas abióticas avaliadas nesta pesquisa.

Variáveis biológicas do perifíton

Durante o período amostral, o peso seco (PS) e o percentual de matéria orgânica (MO) da comunidade apresentaram maiores médias e coeficientes de variação na estação 2, enquanto que a concentração de clorofila a (CLOa) mostrou padrão inverso, com os maiores valores registrados na estação 1 (Tabela 2). O percentual de cinzas (CIN) apresentou maior média na estação 2, porém maior coeficiente de variação na estação 1 (Tabela 2).

O fósforo total perifítico (Pper) apresentou maior coeficiente de variação na estação 1 (Tabela 2) e os

padrões de oscilação ao longo do período avaliado foram opostos aos registrados na estação 2. No entanto, tanto na estação 1 quanto na estação 2, o percentual de fósforo perifítico esteve abaixo do valor de limitação deste nutriente (Fig. 2). Quanto ao carbono (Cper) e nitrogênio total (Nper) da comunidade, maiores médias e coeficientes de variação foram registrados na estação 2 (Tabela 2), porém a concentração de nitrogênio total perifítico esteve acima do valor de limitação, em ambas as estações (Fig. 2). Já a razão atômica N: P do perifíton esteve acima de 20, durante todo o período amostral, em ambas as estações (Fig. 3).

Relação entre variáveis limnológicas abióticas e biológicas do perifíton

O coeficiente de correlação de Spearman mostrou que a concentração de fósforo perifítico apresentou correlação significativa positiva com a condutividade elétrica ($r = 0.66$), sólidos totais dissolvidos ($r = 0.69$) e

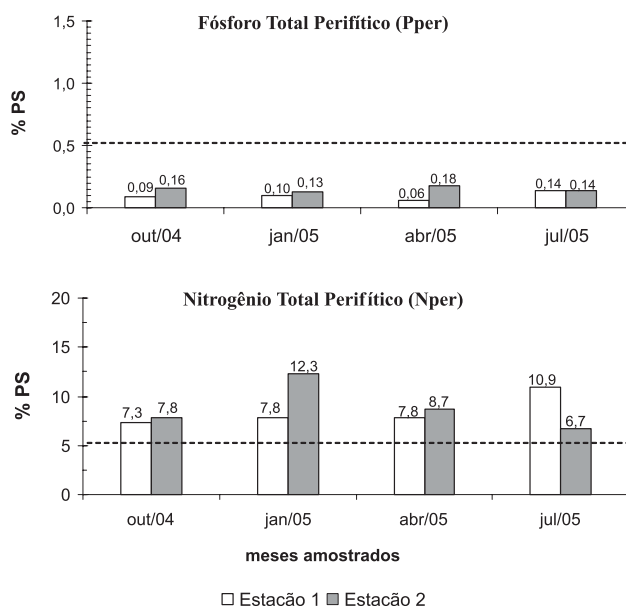


Figura 2 - Variação temporal do fósforo e nitrogênio total perifítico, em ambas as estações, durante o período estudado. A linha tracejada indica o limiar ($= 0.5\%$ PS para o fósforo e $= 5\%$ PS para o nitrogênio) abaixo do qual há limitação pelo nutriente considerado.

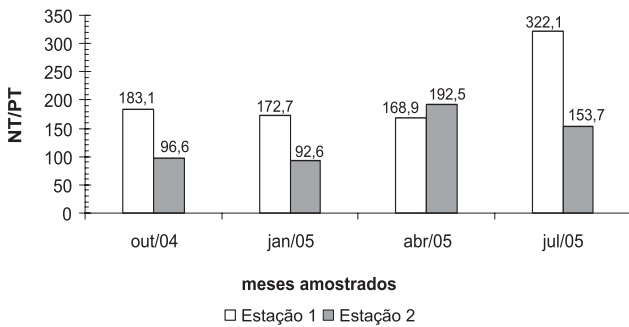


Figura 3 - Variação temporal da razão atômica N: P do perífiton nas estações 1 e 2, durante o período amostral.

com a concentração de fósforo total da água ($r = 0.97$). Além disso, verificou-se também correlação significativa positiva da concentração de nitrogênio perifítico com a concentração total deste mesmo nutriente da água ($r = 0.95$).

Peso seco, matéria orgânica, cinzas e carbono perifítico não apresentaram nenhuma correlação significativa com as variáveis abióticas.

A análise em componentes principais (ACP) explicou 67.4 % das variações ocorridas no sistema. O fator 1 foi responsável por 31.1 % da variabilidade e associou-se positivamente com a concentração de nitrogênio total (NT) e com a razão atômica NT: PT da água, além da concentração de matéria orgânica (MO), clorofila *a* (Clo *a*) e carbono perifítico (Cperi) e negativamente com as cinzas do perifíton (CIN). Já o fator 2 explicou 21.2 % da variações e relacionou-se positivamente com o pH e negativamente com as concentrações de nitrito (NO_2^-) e fósforo perifítico (Pperi). Finalmente, o fator 3 explicou 15.1 % da variabilidade no ambiente e relacionou-se positivamente com o percentual (% OD) de oxigênio dissolvido (Fig. 4).

DISCUSSÃO

O processo de desenvolvimento da comunidade perifítica requer recursos locais e disponibilidade de espécies, enquanto que sua dinâmica é controlada pelo

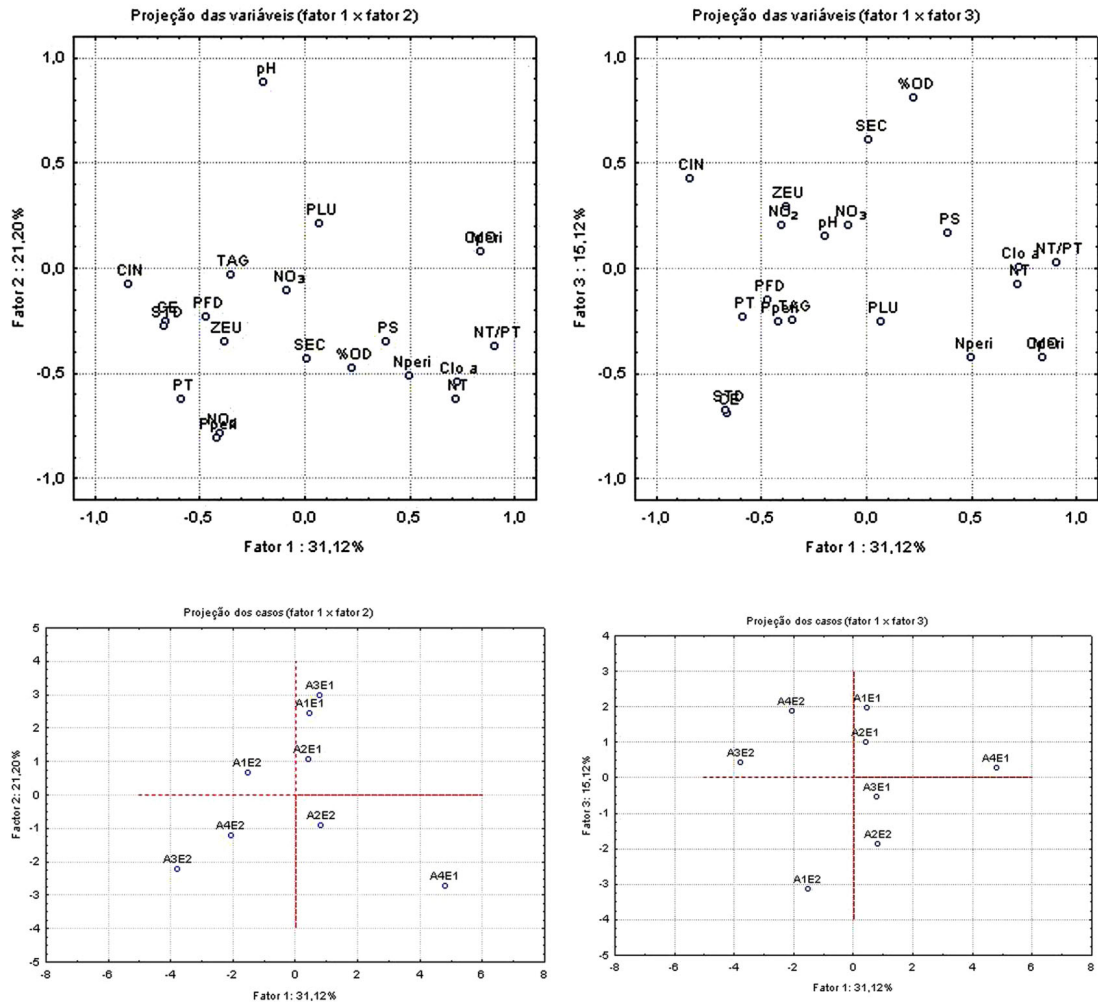


Figura 4 - Análise dos componentes principais (ACP) das variáveis abióticas, biológicas do perifíton e dos casos (A=amostragens; E=estações), durante o período estudado.

desempenho diferencial destas no ambiente, como por exemplo a ecofisiologia, histórico de vida, "stress", alelopatia, competição, predação, luz, nutrientes, dentre outros (Peterson, 1996).

A biomassa perifítica no rio Santa Maria, avaliada através do peso seco, não apresentou correlação significativa com as variáveis abióticas, provavelmente devido à considerável fração inorgânica, constituída basicamente por detritos, que compõe a comunidade. Os valores do peso seco no rio Santa Maria assemelharam-se aos registrados por Schwarzbald (1990), em sua pesquisa numa lagoa marginal, com macrófitas em avançado estágio de desenvolvimento foliar.

Schwarzbald (1990) cita que, em ambientes que sofrem alagamentos, como a região litorânea do rio Santa Maria, os detritos têm relevante contribuição na massa total da comunidade. Por isso, pesquisas que avaliam a biomassa perifítica consideram também a matéria orgânica e o conteúdo de cinzas. Segundo este mesmo autor, a matéria orgânica expressa a massa formada exclusivamente pelos organismos e detritos orgânicos, enquanto as cinzas são representadas pelos minerais constituintes do protoplasma dos organismos perifíticos e os detritos inorgânicos, basicamente argilo-minerais, sendo estes últimos os maiores contribuintes da massa total da comunidade.

É freqüente o registro elevado do percentual de cinzas na comunidade perifítica, independente do tipo de substrato colonizado, em ambientes sujeitos à entrada de material alóctone, sejam por chuvas constantes, inundações de rios (Fernandes, 1998) ou por ressuspensão do sedimento através da ação de ventos. Segundo Sládecek & Sládecková (1963), as cinzas contribuem com cerca de 20% no peso seco em ambientes de regiões temperadas. Porém, esta pesquisa demonstrou uma contribuição percentual de cinzas na biomassa da comunidade mais elevada.

Os valores de matéria orgânica registrados nesta pesquisa (Tabela 2) assemelham-se aos obtidos por Fernandes (1998) em substrato natural (*Typha domingensis* Pers) e artificial (mangueiras plásticas) na lagoa Imboacica (Rio de Janeiro, Brasil).

A matéria orgânica (peso seco livre de cinzas) da comunidade perifítica é influenciada, dentre outros fatores, pelos nutrientes. Algumas pesquisas mostram que a qualidade, quantidade, e distribuição espacial e temporal da comunidade perifítica são determinadas pela abundância dos principais nutrientes limitantes – nitrogênio e fósforo - ao seu desenvolvimento (Burkholder & Coker, 1991; Huszar et al., 2005, Leandrini & Rodrigues, 2008)

A biomassa fotossintética perifítica foi extremamente baixa durante todo o período estudado (Tabela 2). No entanto, mesmo com disponibilidade de nutrientes, os reduzidos valores de clorofila a provavelmente

estiveram associados aos fatores físicos como turbulência e ação da correnteza, os quais podem ter provocado exportação das formas frouxamente aderidas ou até mesmo remoção dos substratos, afetando o acúmulo de biomassa.

Com as chuvas, a conseqüente elevação do nível da água e ampliação da região litorânea do ambiente, os substratos já anteriormente colonizados podem ter ficado em maiores profundidades e, no momento da amostragem, podem ter sido selecionados substratos em estágios iniciais de sucessão, explicando a reduzida concentração de clorofila a. Além disso, o aporte de material inorgânico da região adjacente pode ter efeito abrasivo sobre a comunidade, conforme também observado por Fernandes (1998) e Oliveira e Rodrigues (2002).

Segundo Rodrigues et al. (2005) a sedimentação após a ressuspensão, tanto por chuvas quanto por ventos, com conseqüente acúmulo de matéria particulada sobre o perifíton, provoca diminuição das trocas de substâncias com água, além de promover o sombreamento e conseqüentemente a redução, não só da biomassa fotossintética, como também da riqueza e densidade numérica de organismos.

Engle e Melack (1990), estudando o perifíton em um lago da Amazônia observaram que a deposição de silte nas raízes impedia o desenvolvimento da comunidade.

Os efeitos perturbatórios sobre o perifíton, como os fatores físicos citados anteriormente, são variados e dependentes da magnitude e duração do evento promotor da perturbação, mas também de fatores relacionados às propriedades da comunidade como sua fisionomia, idade e populações dominantes (Peterson, 1996). Segundo este autor, o aumento da biomassa após um evento perturbatório parece estar associado à melhoria das condições limitantes de crescimento (como regime de luz e nutrientes) com o avanço da organização estrutural da comunidade, de forma que as perturbações de baixa a moderada intensidade podem retardar o processo de senescência da comunidade.

Baixas concentrações de clorofila a na comunidade perifítica, semelhantes às obtidas nesta pesquisa, foram registrados por Fernandes (1998) em um sistema lêntico no Rio de Janeiro no início do processo sucessional do perifíton em substrato natural.

A composição elementar do perifíton fornece uma medida bastante sensível sobre a disponibilidade de nutrientes. Estes têm papel fundamental na composição e biomassa dos produtores primários aquáticos, dentre os quais se destacam as algas perifíticas (Huszar et al., 2005). Estes autores citam que as razões ótimas de nutrientes para o crescimento são espécie-específica e podem determinar a exclusão ou co-existên-

cia de espécies potencialmente competidoras, além das espécies possuírem habilidades diferentes de aquisição nutricional do meio e a razão, isto é, a disponibilidade de um nutriente em relação a outro será importante para definir qual espécie terá maior possibilidade de excluir a outra ou, apenas, tornar-se dominante.

No alto rio Santa Maria, foram observadas elevadas correlações entre os nutrientes (N e P totais) da água e a composição elementar do perifíton (N e P totais), evidenciando relação direta entre o distinto grau de trofia das estações amostrais e composição química do perifíton durante o período estudado, com também observado por Fernandes (1998). Já Moschini-Carlos (1998), avaliando a composição elementar do perifíton no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) não verificou relação entre os nutrientes da água e da comunidade.

Em ambas as estações amostrais do presente estudo, o fósforo ficou abaixo do percentual de limitação e o nitrogênio acima, indicando que neste ambiente o nutriente limitante primário é o fósforo, mesmo que na estação 2 considere-se a maior contribuição.

Segundo Huszar et al. (2005) razões atômicas marcadamente acima de 20 evidenciam que o fósforo é o principal nutriente limitante ao crescimento da comunidade perifítica, independente do estado trófico do sistema. Estes mesmos autores realizaram uma revisão quanto à questão dos nutrientes limitantes ao crescimento do perifíton em reservatórios brasileiros e concluíram que em todos os ambientes avaliados tanto o fósforo quanto o nitrogênio estiveram abaixo do percentual de limitação, mas mostraram elevadas razões N: P perifítica, indicando também ser o fósforo o nutriente limitante primário.

Desta forma, esta pesquisa revelou que as estações 1 e 2 apresentaram diferenças com relação a alguns nutrientes, como nitrito e fósforo total, mostrando variação espacial através da análise de componentes principais (Fig. 4). O fósforo foi apontado como nutriente limitante primário do crescimento da comunidade (Fig. 2).

A biomassa perifítica mostrou-se quantitativamente distinta nas duas estações com valores médios de peso seco, matéria orgânica e cinzas maiores na estação 2, assim como teores de nitrogênio e carbono. O perifíton caracterizou-se como heterotrófico, explicado pela contribuição da fração inorgânica e pelas baixas concentrações de clorofila a em ambas as estações amostrais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espíri-

to Santo (UFES). Pesquisa financiada pelo Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia do Município de Vitória (FACITEC).

REFERÊNCIAS

- Biggs, B. J. F. 1995. The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use the habitat template of periphyton in stream ecosystem: *Freshwater Biology* 33: 419-438.
- Borchardt, M. A. 1996. Nutrients. in Stevenson, R. J.; Bothwell, M. L. & Lowe, R. L., (eds). *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego, 183 – 227 pp.
- Burkholder, J. M. & Coker, B.E. 1991. Response of periphyton communities to clay and phosphate loading in a shallow reservoir: *Journal of Phycology* 27: 373-384.
- Carmouze, J. P. 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises química. Edgard Blücher/ FAPESP. São Paulo. 253p.
- Cole, G. 1994. *Textbook of Limnology*. Saint Louis: The C. V. Mosby. 283 p.
- Engle, D. L. & Melack, J. M. 1990. Floating meadow epiphyton: biological and chemical features of epiphytic material in Amazon floodplain lake: *Freshwater Biology* 23: 479 – 494.
- Esteves, F. A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência /FINEP. 602 p.
- Fernandes, V. O & Esteves, F. A. 1996. Temporal variation of dry weight, organic matter, chlorophyll a + phaeopigments and organic carbono f the periphyton on leaves of *Typha dominguensis*: *Algological Studies* 81: 85-98.
- Fernandes, V. O & Esteves, F. A. 1998. Variations in dry weight, organic matter and chlorophyll a of the periphytic community in Imboacica lagoon, Rio de Janeiro, RJ, Brazil: *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*. 26: 1445-1447.
- Fernandes, V.O. 2005. Perifíton: conceitos e aplicações da limnologia à engenharia. In: Roland, F.; César, D. & Marinho, M., (eds). *Lições de Limnologia*, Rima, São Carlos, São Paulo, 351 – 370 pp.
- Golterman, H.L.; Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M. 1978. *Methods for physicals and chemical analysis of freshwaters*. IBP n.8. 2en edition. Oxford: Blackwell. 213 p.
- HABTEC. 1997. Diagnóstico e plano diretor das bacias dos rios Santa Maria e Jucu: biodiversidade, região estuarina e espaços territoriais protegidos. Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu, Vitória, Espírito Santo. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>

- AcoesAdministrativas/CDOC/docs/
planos_diretores/plano10/pdfs/volume_III.pdf (Acesso em abril de 2005).
- Huszar, V.L.M. et al. 2005. Subsídios para compreensão sobre a limitação de nutrientes ao crescimento do fitoplâncton e perifíton em ecossistemas lênticos do Brasil. In: Roland, F.; César, D. & Marinho, M., Editores. Lições de Limnologia. Rima, São Carlos, São Paulo, 243 – 260 pp.
- Leandrini, J. A. & Rodrigues, L. 2008. Temporal variation of periphyton biomass in semilotic environments of the upper Paraná river floodplain: *Acta Limnologica Brasiliensia*. 20 (1): 21-28
- Moschini-Carlos, V.; Pompêo, M. L. M. & Henry, R. 1998. Temporal variation in C, N and P of the periphyton on the tropical aquatic macrophyte *Echinochloa ploystachya* (H. B. K.) Hitch. In *Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil): The Japanese Journal of Limnology* 59 (3): 281-294.
- Oliveira, M. D. & Rodrigues, L. 2002. Impacto do sedimento sobre o desenvolvimento do perifíton no rio Taquari, Pantanal, MS: *Embrapa Pantanal. Boletim de pesquisa e desenvolvimento* 37: 20 p.
- Peterson, C. G. 1996. Response of benthic algal communities to natural physical disturbance. In: Stevenson, R. J.; Bothwell, M. L. & Lowe, R. L., (eds). *Algal ecology: freshwater benthic ecosystems*. Academic Press, San Diego, 375 – 402 pp.
- Pomeroy, L. R. & Wiebe, W. J. 1988. Energetics of microbial food webs: *Hydrobiologia* 159: 7-18.
- Rodrigues, L. et al. 2005. Distribuição espacial da biomassa perifítica em reservatórios e relação com o tipo de substrato. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A. & Gomes, L. C., (eds). *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. Editora Rima. São Carlos, São Paulo, 87 – 96 pp.
- Rodrigues, L.; Bicudo, D. e Moschini-Carlos, V. 2003. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M., (eds). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 211 – 229 pp.
- Shwarzbold, A. 1990. Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifíton: *Acta Limnologica Brasiliensia* 3: 545 – 592.
- Sládeck, V. & Sládecková, A. 1963. Relation between wet weight and dry weight of the periphyton: *Limnology and Oceanography* 8 (2): 309 – 311
- Valderrama, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural water. *Marine Chemistry*: 10: 109-122.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3 th edition. Academic Press. San Diego. 1006 p.

Submetido: Setembro/2009
Revisado: Maio/2010
Aceito: Novembro/2010