LUMEN ET VIRTUS

Comparação sazonal da razão molar da água e do perifíton em represa tropical (Lago das Niféias, São Paulo/SP)

https://doi.org/10.56238/levv15n38-103

Fabiana Schumacher Fermino
Doutora em Biologia Vegetal
Instituição: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS
LATTES: http://lattes.cnpq.br/1750771510669548

Denise de Campos Bicudo
Doutora em Biologia Vegetal
Instituição: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, Instituto de Botânica - São Paulo
LATTES: http://lattes.cnpq.br/9028158606012312

RESUMO
Foi avaliada a razão molar da água e do material perifítico em represa rasa mesotrófica em quatro épocas do ano (primavera, verão, outono e inverno) a partir de enriquecimentos isolado e combinado por N e P. Quatro tratamentos foram delineados utilizando substrato difusor de nutrientes (copos de poliestireno, preenchidos com solução Agar e nutrientes – controle: sem adição de nutrientes; N+: 0,75 M; P+: 0,05 M; NP+: adição combinada dos dois sais, razão molar N:P = 15). A abertura dos copos foi revestida com malha de 20 µm como substrato para o perifíton. Coletas foram realizadas aos 15o, 20o, 25o e 30o dias de colonização. A maior variabilidade dos dados limnológicos abióticos foi atribuída ao tipo de tratamento, seguida pela escala anual. A ACP indicou forte associação entre a adição de fósforo e, principalmente, adição combinada com os maiores teores de conteúdo de fósforo do perifíton, bem como dos tratamentos sem adição de fósforo com a razão N:P do perifíton. O fósforo pode ser considerado o direcionador dos valores de razão molar encontrados, tanto na água como no perifíton, seguido pela baixa temperatura nos meses frios.

Palavras-chave: Perifíton, Razão molar, Fósforo.

1 INTRODUÇÃO

As algas perifíticas têm importante papel no funcionamento de lagos e reservatórios rasos, pois atuam como importante produtor primário e fonte de alimento para os outros níveis tróficos (Vadeboncoeur & Steinman, 2002). A estrutura e o funcionamento do perifíton nos ecossistemas aquáticos são influenciados direta ou indiretamente por inúmeros fatores abióticos e bióticos (Stevenson 1997). Os fatores abióticos, principalmente a concentração de nutrientes na água, são considerados bons preditores da abundância de algas perifíticas em lagos e reservatórios tropicais (Vercellino & Bicudo, 2006). Considerando a questão do enriquecimento no ambiente aquático, nitrogênio e/ou fósforo, é tido como o principal desencadeador da eutrofização, já que tais nutrientes são comumente verificados como limitantes para o crescimento das algas em geral, incluindo as perifíticas e, quando disponíveis em maiores quantidades, são rapidamente assimilados provocando alterações estruturais e funcionais nas comunidades aquáticas (Borchardt, 1996; Dodds, 20023).

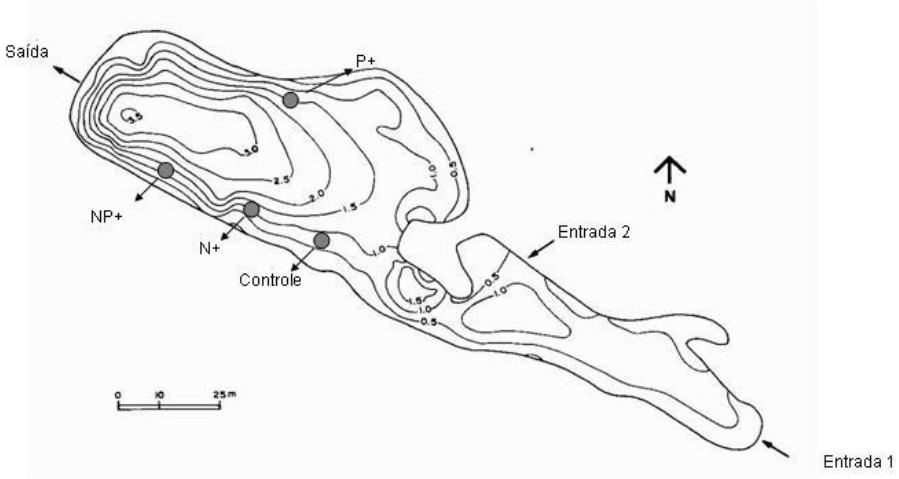
O uso do perifíton para avaliar a disponibilidade de nutrientes ainda está fortemente centrado em sistemas lóticos, principalmente de regiões temperadas (Biggs, 1995; Borchardt, 1996; Francoeur *et al*., 1999). Os estudos em regiões subtropicias vêm sendo crescentes e têm dado grande impulso a esta abordagem. Concentram-se, principalmente, em alguns ecossistemas, a exemplo do Everglades da Flórida (Vymazal *et al*., 1994; McCormick & Stevenson, 1998; McCormick *et al*., 1998, 2001) e do Lago Okeechobe, também na Flórida (Havens *et al*., 1996; Zimba, 1998; Vadeboncoeur & Steinman, 2002). Em ambiente tropicais, e especificamente no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI/São Paulo) tem-se os trabalhos com perifíton: em condição de oligotrofização experimental em represa eutrófica (Barcelos, 2003), adição de nutrientes em represa oligotrófica (Ferragut & Bicudo, 2009; Ferragut & Bicudo, 2010; Ferragut & Bicudo, 2012).

O estudo visou avaliar, em um experimento utilizando substrato difusor de nutrientes, a influência da temperatura e de concentrações de nutrientes, nitrogênio e fósforo, na abundância do perifíton e na água subjacente aos substratos, pelos dados de razão molar N/P. Os objetivos foram: a) comparar a razão molar do perifiton pelo conteúdo de nitrogênio e fosforo com a razão molar da água em escala temporal nas quatro estações do ano; b) verificar as variáveis limnológicas analisadas comparando-as estatisticamente em seus diferentes tratamentos de enriquecimentos.

2 ÁREA DE ESTUDO

O Lago das Ninféias (Figura 1) localiza-se no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), (paralelos 23º38’08” S e 23º40’18” S e meridianos 46º36’48” W e 46º38’00” W), Unidade de Conservação circunscrita na malha urbana de São Paulo. É um sistema mesotrófico polimítico (Bicudo, D. *et al*. (2002).

Figura 1. Mapa batimétrico do Lago das Ninféias (PEFI, São Paulo) com a localização das entradas e saída e dos experimentos (controle e tratamentos N^+, P^+ e NP^+). Modificado de Bicudo, C. *et al*. (2002).



3 MATERIAL E MÉTODOS

Delineamento experimental - O experimento constou de um controle (sem adição de sais) e três tratamentos enriquecidos: N^+ (adição isolada de nitrogênio, 0,75 M de $NaNO_3$, condição P-limitante), P^+ (adição isolada de fósforo, 0,05 M de Na_2HPO_4, condição N-limitante) e NP^+ (adição combinada dos dois sais, razão molar N:P=15). Os quatro tratamentos foram posicionados na região litorânea da represa no sentido do fluxo da água e distanciados uns dos outros para evitar a contaminação entre tratamentos (Figura 1). Os substratos difusores de nutrientes (SDN) foram feitos de copo de poliestireno (330 cm³, altura de 110 mm, diâmetro da abertura de 80 mm) preenchidos com solução Agar 2% e com sais, conforme o tratamento. Sua abertura foi revestida com malha de monofilamento de 20 µm (malha de rede de fitopâncton), que serviu de substrato para o desenvolvimento do perifíton (área de 47,75 cm²). Detalhes sobre a unidade experimental, conforme Fermino *et al*. (2004).

As amostragens contemplaram a escala anual de variação, sendo realizadas nas épocas de primavera (23/11-08/12/2001), verão (21/02-08/03/2002), outono (03/05-18/05/2002) e inverno (10/07-25/07/2002). Para cada período e tratamento, foram realizadas quatro coletas correspondentes aos 15º, 20º, 25º e 30º dias de colonização do perifíton.

Variáveis abióticas - as variáveis climatológicas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica, vento e radiação solar) foram fornecidas pela Estação Metereológica do Departamento

de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências da Atmosfera da Universidade de São Paulo, situado cerca de 800 m do local de coleta.

As variáveis limnológicas analisadas foram: radiação subaquática ($\mu mol.s^{-1}.m^{-2}$, quantameter Li-COR, modelo LI-250); temperatura (ºC), pH e condutividade elétrica ($\mu S\ cm^{-1}$) mediante sonda multiparâmetro YSI 600R; oxigênio dissolvido ($mg\ L^{-1}$, método de Winkler modificado pela azida, conforme Golterman *et al*. (1978); alcalinidade ($mEq.L^{-1}$, segundo Golterman & Clymo, 1971); e formas inorgânicas de carbono ($mg.L^{-1}$), obtidas a partir dos dados de pH e alcalinidade, segundo Mackeret *et al.* (1978). Após filtração das amostras em filtros pré-calcinados GF/F, sob baixa pressão (< 0,5 atm), os seguintes nutrientes dissolvidos foram determinados e expressos pela concentração do elemento considerado: ortofosfato e fósforo total dissolvido (Strickland & Parsons, 1960); amônio (Solorzano, 1969); nitrato e nitrito (Mackeret *et al.,* 1978) e ácido ortossilícico (Golterman *et al*., 1978). Amostras não filtradas foram utilizadas para análise de fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT), conforme Valderrama (1981). As coletas foram realizadas com garrafas de polietileno na água sobrejacente aos tratamentos, em duplicatas. As análises foram processadas no dia de coleta, exceto aos nutrientes totais, que foram determinados em no máximo 7 dias.

Atributos do perifíton - As amostras (SDN) foram coletadas de forma aleatória, mediante processo de sorteio, com três repetições (n=3). No laboratório, o perifíton foi imediatamente removido das superfícies por meio de escovação delicada e jatos de água destilada ou ultrapura. O material removido foi mantido em freezer a um volume conhecido de água ultrapura para composição química do perifíton – nitrogênio e fósforo.

Tratamento Estatístico - Para comparação de médias dos dados limnológicos foi feita pelo método de comparações múltiplas de Bonferroni, com coeficiente de confiança global de 90% a cada um dos contrastes apresentados no Modelo Linear Generalizado (MLG), com distribuição Gama dos erros (Neter *et al*., 1996; Myers *et al*., 1999; Paula, 2004). A análise de componentes principais (ACP) foi realizada a partir de matriz de covariância com transformação dos dados pelo [log (x + 1)] para os dados abióticos. As transformações de dados foram feitas a partir do programa FITOPAC (Shepherd, 1996) e as análises multivariadas, pelo programa PC-ORD versão 4.0 para Windows (McCune & Mefford, 1999).

4 RESULTADOS

Variáveis climáticas - os dados climáticos diários apresentados referem-se ao período de 30 dias consecutivos de amostragem nas quatro estações do ano, iniciando no dia em que foram colocados os SDN no Lago das Ninféias. Maiores valores médios de radiação solar, precipitação e velocidade do vento foram registrados na primavera e no verão. O período de inverno caracterizou-se pelas

temperaturas médias inferiores e, juntamente com o outono, pelo baixo regime pluviométrico (Figura 2).

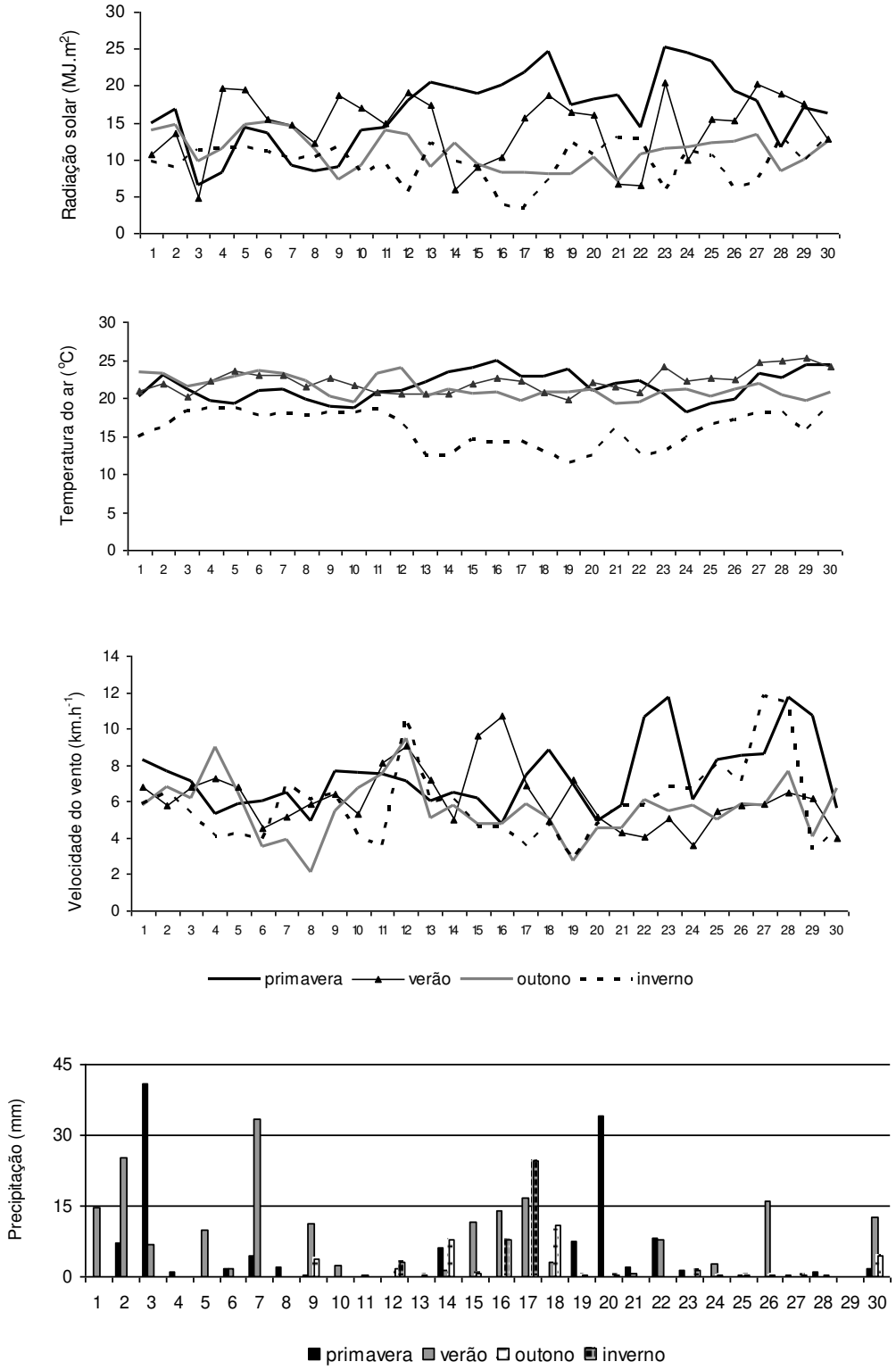
Condições limnológicas - os valores médios e erro padrão das características físicas e químicas da água dos tratamentos estão apresentados por período de amostragem (Tabelas 1-4). Na tabela 5 estão os valores médios da temperatura da água e da radiação sub-aquática medidos nos tratamentos ao longo do dia (8:00h, 10:00h, 12:00h, 14:00h, 16:00h e 18:00h) nas quatro épocas do ano.

As variáveis temperatura da água, radiação subaquática, pH, alcalinidade, condutividade e ortossilicato não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,10$) entre tratamentos nas quatro estações do ano (Tabelas 1-4). Já, entre as estações do ano, estas duas primeiras variáveis (temperatura da água e radiação subaquática) apresentaram variação ao longo do ano (Tabela 5), sendo nitidamente inferiores no inverno. Os maiores valores registrados de radiação subaquática foram na primavera, seguidos pelo verão e outono. Já a temperatura apresentou diferenças significativas no inverno em relação às demais estações. De fato no inverno, a temperatura da água decaiu em torno de 10 ºC em relação aos demais períodos do ano (Tabela 5).

Em relação aos nutrientes, apenas o nitrito não apresentou diferenças significativas, exceto ao outono entre os tratamentos controle e P^+ (Tabela 3). As demais variáveis serão caracterizadas pelas estações do ano.

Primavera (Tabela 1) - O oxigênio dissolvido apresentou diferenças significativas entre tratamentos, com os menores valores registrados no controle. Somente os tratamentos N^+ e NP^+, com médias de 5,2 e 6,3 mg L^{-1}, não apresentaram diferenças significativas. O CO_2 livre e o HCO_3^- apresentaram os menores valores nos tratamentos com adição de fósforo. No que se refere à série fósforo, o tratamento com adição isolada deste nutriente apresentou os maiores teores. Mesma tendência, porém menos acentuada, foi observada em relação ao tratamento com adição combinada de fósforo e nitrogênio.

Figura 2. Variação diária da radiação solar, temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação durante 30 dias em cada época do ano na área do PEFI.



Em relação à série nitrogênio, tanto o nitrato quanto o nitrogênio total apresentaram os maiores teores nos tratamentos com adição isolada e combinada deste nutriente. O amônio apresentou valores acima do limite de detecção do método apenas em condições não-enriquecidas (controle).

Verão (Tabela 2) - Valores de oxigênio dissolvido foram significativamente mais elevados no tratamento NP^+, enquanto que este mesmo tratamento apresentou os menores valores para CO_2 livre. O PT, PDT e ortofosfato, ainda que em alguns casos ficaram abaixo do limite de detecção do método, foram mais elevados nos tratamentos com adição de fósforo. Os teores de nitrato foram mais elevados nos tratamentos com adição de nitrogênio, havendo diferença significativa apenas entre os tratamentos NP^+ e P^+. O nitrogênio total apresentou valores médios mais constantes entre tratamentos, com tênue elevação nos tratamentos N^+ e NP^+, porém sem diferenças significativas. O amônio, na maioria do período, permaneceu abaixo do limite de detecção do método.

Outono (Tabela 3) – Os teores de oxigênio foram relativamente baixos em todos os tratamentos, sendo mais elevado no NP^+. O dióxido de carbono apresentou os maiores teores no controle e os menores no tratamento NP^+ ($p < 0,10$). Os valores de fósforo foram os mais baixos encontrados entre todas estações do ano, sendo que o PT, PDT e ortofosfato ficaram quase sempre abaixo do limite de detecção do método. Assim mesmo, os maiores valores médios foram encontrados nos tratamentos com adição deste nutriente. O nitrato e o NT apresentaram teores mais elevados no tratamento N^+, seguido dos tratamentos NP^+ e controle. O amônio teve os maiores teores no controle.

Inverno (Tabela 4) – Não houve diferença significativa entre os gases dissolvidos nos tratamentos nesta estação do ano. Os valores médios de PT, PDT e ortofosfato foram mais elevados quando comparados à primavera e ao outono, sendo que nos tratamentos com adição isolada ou combinada de P foram significativamente mais elevados. Os teores de nitrato, em geral, foram os mais baixos encontrados ao longo do ano, enquanto que o de amônio foram os mais elevados. Particularmente o tratamento N^+ destacou-se com os maiores valores de nitrato.

Tabela 1. Valores mínimo e máximo e, entre parênteses, média e erro padrão (n = 8) das variáveis limnológicas nos tratamentos realizados no Lago das Ninféias, durante a primavera. Contrastes dos tratamentos pelo método de Bonferroni aplicado no Modelo Linear Generalizado (MLG). Legenda: NS = não significativo; * diferença significativa ($P < 0,10$).

Variáveis	Controle	N^+	P^+	NP^+	C x N	C x P	C x NP	N x P	N x NP	P x NP
Temperatura (°C)	21,0 - 23,6 (22,7 ± 0,8)	21,9 - 24,8 (23,3 ± 0,9)	23,4 - 27,4 (24,5 ± 1,4)	23,2 - 27,6 (24,8 ± 1,4)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Rad. subaq. ($\mu mol.s^{-1}.m^{-2}$)	1174,8	1183,3	1098,0	1224,7	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pH	6,1 – 6,3 (6,2 ± 0,03)	6,1 – 6,6 (6,3 ± 0,05)	6,3 – 7,0 (6,5 ± 0,10)	6,3 – 7,8 (6,8 ± 0,21)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Alcalinidade ($mEq.L^{-1}$)	0,290 – 0,317 (0,30 ± 0,001)	0,284 – 0,320 (0,30 ± 0,001)	0,273 – 0,319 (0,30 ± 0,001)	0,278 – 0,311 (0,30 ± 0,001)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	35,0 – 70,9 (46,4 ± 4,45)	36,0 – 62,6 (45,3 ± 3,49)	35,0 – 58,3 (43,7 ± 3,2)	36,0 – 57,2 (44,9 ± 2,68)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$)	0,51 – 2,60 (1,36 ± 0,25)	2,04 – 8,59 (5,23 ± 0,77)	1,34 – 8,98 (3,45 ± 1,08)	1,12 – 12,75 (6,26 ± 1,6)	*	*	*	*	NS	*
CO_2 livre ($mg.L^{-1}$)	11,64 – 19,32	5,79 – 19,49 (15,29 ± 1,80)	2,15 – 18,97	0,44 – 19,43 (13,04 ± 2,9)	NS	*	*	*	NS	NS

	(16,78 ± 1,09)		(12,75 ± 2,53)							
HCO_3 (mg.L^{-1})	15,83 – 22,68 (18,61 ± 0,69)	12,88 – 21,28 (17,30 ± 1)	7,53 – 18,41 (13,19 ± 1,59)	8,66 – 18,45 (14,98 ± 1,41)	*	*	*	*	*	*
PT (µg.L^{-1})	<4-33,3 (22,75 ± 4,04)	5,79 – 30,57 (21,27 ± 3,05)	41,11 – 174,85 (98,16± 16,14)	17,3 – 65,6 (43,22 ± 6,41)	NS	*	*	*	*	*
PDT (µg.L^{-1})	<4 - 4,27 (4,03 ± 0,03)	<4 -5,19 (4,2 ± 0,15)	13,1 – 142,43 (50,87± 15,88)	<4 – 26,15 (11,99 ± 3,04)	NS	*	*	*	*	*
P-PO_4 (µg.L^{-1})	<4	<4	<4 – 188,08 (51,36 ± 21,32)	<4 – 40,27 (12,97 ± 5,00)	---	---	---	---	---	---
NT (µg.L^{-1})	208,4 – 771,9 (465,9 ± 70,4)	262,6 – 1395,5 (705,5± 127,1)	91,0 – 834,3 (457,0± 115,1)	134,4–1607,2 (705,2±209,3)	*	NS	*	NS	NS	NS
N-NO_2 (µg.L^{-1})	<5	<5	<5	<5	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-NO_3 (µg.L^{-1})	<8	45,72 – 342,53 (131,18±32,5)	<8	42,46 – 240,67 (140,6 ± 0,91)	*	NS	*	*	NS	*
N-NH_4 (µg.L^{-1})	<4,2 – 7,34 (4,6 ± 0,99)	<4,2	<4,2	<4,2	---	---	---	---	---	---
Si-SiH_4O_4 (mg.L^{-1})	0,37 – 2,68 (1,18 ± 0,34)	0,40 – 2,58 (1,14 ±0,32)	0,35 – 2,38 (0,98 ± 0,3)	0,31 – 2,30 (0,96 ± 0,29)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

< valores abaixo do limite de detecção do método

Tabela 2. Valores mínimo e máximo e, entre parênteses, média e erro padrão (n = 8) das variáveis limnológicas nos tratamentos realizados no Lago das Ninféias, durante o verão. Contrastes dos tratamentos pelo método de Bonferroni aplicado no Modelo Linear Generalizado (MLG). Legenda: NS = não significativo; * diferença significativa ($P < 0,10$).

Variáveis	**Controle**	**N^+**	**P^+**	**NP^+**	**C x N**	**C x P**	**C x NP**	**N x P**	**N x NP**	**P x NP**
Temperatura (ºC)	22,3 - 24,6 (22,9 ± 0,8)	22,3 - 25,0 (23,0 ± 0,9)	22,4 - 25,6 (23,4 ± 1,0)	22,5 - 25,3 (23,4 ± 0,9)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Rad. subaq. (µmol.s^{-1}.m^{-2})	1026,4	1058,9	1011,0	979,9	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pH	5,9 – 6,3 (6,1 ± 0,03)	6,1 – 6,3 (6,2 ± 0,02)	6,1 – 6,4 (6,2 ± 0,03)	6,2 – 6,6 (6,3 ± 0,06)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Alcalinidade (mEq.L^{-1})	0,233 – 0,253 (0,24 ± 0,001)	0,237 – 0,250 (0,24 ± 0,001)	0,246 – 0,263 (0,25 ± 0,001)	0,242 – 0,274 (0,25 ± 0,001)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Condutividade (µS.cm^{-1})	46,0 – 53,6 (49,2 ± 0,92)	42,6 – 52,2 (47,3 ± 1,22)	45,7 – 53 (49,3 ± 0,94)	43,0 – 56,3 (49,8 ± 1,7)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1})	1,84 – 4,56 (3,12 ± 0,31)	2,48 – 4,56 (3,37 ± 0,26)	2,3 – 4,11 (2,89 ± 0,26)	3,09 – 8,63 (5,20 ± 0,65)	NS	NS	*	NS	*	*
CO_2 livre (mg.L^{-1})	11,69 – 24,76 (15,75 ± 1,43)	10,35 – 16,33 (13,41 ± 0,75)	8,48 – 18,81 (13,80 ± 1,14)	4,95 – 16,08 (11,53 ± 1,46)	NS	NS	*	NS	*	NS
HCO_3 (mg.L^{-1})	14,21 – 15,4 (14,67 ± 0,14)	14,37 – 15,32 (14,73 ± 0,13)	14,99 – 16,02 (15,42 ± 0,16)	14,76 – 16,69 (15,61 ± 0,23)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

PT ($\mu g.L^{-1}$)	12,27 – 25,07 (19,45 ± 1,67)	14,48 – 22,02 (18,67 ± 1,09)	20,2 – 32,99 (27,71 ± 1,66)	15,77 – 35,74 (23,69 ± 2,24)	NS	*	NS	*	NS	NS
PDT ($\mu g.L^{-1}$)	<4 - 9,71 (6,25 ± 0,88)	<4 – 9,11 (6,24 ± 0,85)	4 – 12,96 (7,82 ± 1,46)	<4 – 10,91 (7,12 ± 1,08)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P-PO_4 ($\mu g.L^{-1}$)	<4	<4 – 6,71 (4,33 ± 0,33)	<4 – 14,08 (6,39 ± 1,57)	<4 – 5,97 (4,34 ± 0,25)						
NT ($\mu g.L^{-1}$)	208,5 – 529,7 (404,1 ± 44,2)	240,3 – 727,4 (513,7 ± 59,2)	286,2 – 758,0 (492,4 ± 57,3)	305,9 – 786,4 (516,1 ± 66,8)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-NO_2 ($\mu g.L^{-1}$)	5,55 – 10,87 (8,75 ± 0,61)	<5 – 14,03 (9,83 ± 1,14)	<5 – 11,86 (9,20 ± 1,07)	<5 – 14,87 (11,22 ± 1,74)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-NO_3 ($\mu g.L^{-1}$)	67,17–190,91 (132,52±12,94	76,35 – 422,39 (177,57±39,00	12,85 – 111,31 (58,59± 13,62)	40,75 – 741,78 (210,30±82,14	NS	NS	NS	NS	NS	*
N-NH_4 ($\mu g.L^{-1}$)	<4,2	<4,2	<4,2 – 83,63 (14,36± 10,36)	<4,2	---	---	---	---	---	---
Si-SiH_4O_4 ($mg.L^{-1}$)	0,24 – 2,96 (1,76 ± 0,4)	0,32 – 2,99 (1,63 ± 0,36)	0,31 – 3,17 (1,74 ± 0,37)	0,28 – 2,91 (1,69 ± 0,37)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

< valores abaixo do limite de detecção do método

Tabela 3. Valores mínimo e máximo e, entre parênteses, média e erro padrão (n = 8) das variáveis limnológicas nos tratamentos realizados no Lago das Ninféias, durante o outono. Contrastes dos tratamentos pelo método de Bonferroni aplicado no Modelo Linear Generalizado (MLG). Legenda: NS = não significativo; * diferença significativa ($P < 0,10$).

Variáveis	**Controle**	**N^+**	**P^+**	**NP^+**	**C x N**	**C x P**	**C x NP**	**N x P**	**N x NP**	**P x NP**
Temperatura (ºC)	20,0 - 21,5 (20,9 ± 0,5)	20,0 – 21,6 (20,9 ± 0,5)	21,2 – 21,8 (21,4 ± 0,2)	21,1 - 22,0 (21,5 ± 0,3)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Rad. subaq. ($\mu mol.s^{-1}.m^{-2}$)	610,4	645,5	642,2	631,1	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pH	5,8 – 6,0 (5,9 ± 0,03)	5,8 – 6,1 (6,0 ± 0,04)	5,9 – 6,2 (6,0 ± 0,03)	6,0 – 6,2 (6,1 ± 0,02)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Alcalinidade ($mEq.L^{-1}$)	0,203 – 0,241 (0,22 ± 0,001)	0,221 – 0,248 (0,23 ± 0,001)	0,238 – 0,248 (0,24 ± 0,001)	0,225 – 0,257 (0,24 ± 0,001)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	44,3 – 62,8 (50,2 ± 2,12)	44,9 – 53,1 (48,7 ± 1,24)	44,6 – 54,7 (49 ± 1,48)	45,6 – 54,1 (49,2 ± 1,35)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$)	1,88 – 4,31 (2,60 ± 0,3)	1,72 – 3,76 (2,47 ± 0,22)	0,91 – 2,64 (1,88 ± 0,2)	2,13 – 4,21 (3,37 ± 0,27)	NS	*	*	*	*	*
CO_2 livre ($mg.L^{-1}$)	19,55 – 31,3 (24,1 ± 1,52)	16,03 – 28,03 (22,86 ± 2,04)	16,06 – 27,28 (20,67 ± 1,49)	14,22 – 22,7 (18,43 ± 1,17)	NS	NS	*	NS	*	NS
HCO_3 ($mg.L^{-1}$)	12,37 – 14,69 (13,78 ± 0,27)	13,49 – 15,05 (14,37 ± 0,2)	13,72 – 15,66 (14,84 ± 0,2)	14,54 – 15,15 (14,79 ± 0,07)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
PT ($\mu g.L^{-1}$)	<4 – 11,77 (7,29 ± 1,21)	<4 – 8,86 (6,02 ± 0,83)	9,83 – 86,08 (45,32± 12,44)	<4 – 37,51 (15,51 ±3,85)	NS	*	*	*	*	*

PDT ($\mu g.L^{-1}$)	<4 – 7,41 (4,96 ± 0,42)	<4 – 7,85 (4,97± 0,46)	<4 – 62,96 (17,76 ± 7,78)	<4 – 18,72 (9,4 ± 1,65)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P-PO_4 ($\mu g.L^{-1}$)	<4	<4	<4 – 52,51 (14,74 ± 6,40)	<4	---	---	---	---	---	---
NT ($\mu g.L^{-1}$)	687,1 – 933,1 (783,4 ± 31,4)	625,0 – 2929,2 (1077,3±270,4	229,5 – 817,2 (566,4 ± 75,7)	252,6 – 1499,3 (798,6± 147,7)	*	*	NS	*	NS	*
N-NO_2 ($\mu g.L^{-1}$)	<5 – 8,91 (5,78 ± 0,68)	<5 – 13,23 (8,21 ± 1,18)	<5 – 16,24 (10,93 ± 2,41)	<5 – 15,68 (8,64 ± 2,06)	NS	*	NS	NS	NS	NS
N-NO_3 ($\mu g.L^{-1}$)	73,53 – 192,85 (109,87±17,18	119,82– 477,06 (243,09±45,75	<8 – 69,25 (37,71 ± 8,5)	31,15 – 285,9 (144,22±32,34	NS	NS	NS	*	NS	*
N-NH_4 ($\mu g.L^{-1}$)	<4,2 – 63,76 (23,74 ± 7,97)	<4,2 – 7,5 (2,68 ± 1,32)	<4,2 – 43,67 (11,68 ± 6,45)	<4,2 – 24,37 (4,11 ± 2,98)	---	---	---	---	---	---
Si-SiH_4O_4 ($mg.L^{-1}$)	2,54 – 3,75 (3,22 ± 0,15)	2,59 – 3,79 (3,22 ± 0,16)	2,91 – 2,9 (3,41 ± 0,13)	2,84 – 3,84 (3,31 ± 0,15)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

< valores abaixo do limite de detecção do método

Tabela 4. Valores mínimo e máximo e, entre parênteses, média e erro padrão (n = 8) das variáveis limnológicas nos tratamentos realizados no Lago das Ninféias, durante o inverno. Contrastes dos tratamentos pelo método de Bonferroni aplicado no Modelo Linear Generalizado (MLG). Legenda: NS = não significativo; * diferença significativa ($P < 0,10$).

Variáveis	**Controle**	**N^+**	**P^+**	**NP^+**	**C x N**	**C x P**	**C x NP**	**N x P**	**N x NP**	**P x NP**
Temperatura (ºC)	14,4 - 16,0 (15,1 ± 0,5)	14,2 - 16,0 (14,9 ± 0,6)	14,4 - 16,2 (15,0 ± 0,6)	14,5 – 15,9 (15,0 ± 0,5)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Rad. subaq. ($\mu mol.s^{-1}.m^{-2}$)	168,1	196,0	155,4	189,5	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pH	6,2 – 6,5 (6,2 ± 0,03)	6,2 – 6,4 (6,3 ± 0,03)	6,2 – 6,5 (6,3 ± 0,04)	6,2 – 6,5 (6,3 ± 0,05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Alcalinidade ($mEq.L^{-1}$)	0,231 – 0,254 (0,24 ± 0,001)	0,228 – 0,257 (0,24 ± 0,001)	0,230 – 0,258 (0,24 ± 0,001)	0,230 – 0,254 (0,24 ± 0,001)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	40,0 – 61,6 (48 ± 2,59)	39,0 – 49,1 (44,2 ± 1,32)	39,0 – 49,8 (43,2 ±1,34)	41,0 – 48,9 (44,6 ± 1,07)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$)	3,64 – 6,58 (5,03 ± 0,45)	3,74 – 6,57 (5,09 ± 0,32)	3,95 – 7,49 (5,60 ± 0,45)	4,32 – 8,26 (5,85 ± 0,54)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CO_2 livre ($mg.L^{-1}$)	7,99 – 16,88 (14,2 ± 1,10)	9,5 – 17,29 (13,4 ± 1,02)	6,96 – 16,21 (12,72 ± 1,39)	6,47 – 16,71 (12,09 ± 1,48)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
HCO_3 ($mg.L^{-1}$)	14,07 – 15,48 (14,73 ± 0,18)	13,92 – 15,69 (14,68 ± 0,2)	14,05 – 15,72 (14,82 ± 0,19)	14,05 – 15,48 (14,75 ± 0,17)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
PT ($\mu g.L^{-1}$)	5,46 – 9,99 (7,84 ± 0,58)	5,46– 13,55 (8,21 ± 0,99)	13,07 – 86,72 (45,24 ± 9,73)	9,67 – 28,61 (15,92 ± 2,25)	NS	*	*	*	*	*
PDT ($\mu g.L^{-1}$)	<4 – 5,35 (4,26 ± 0,18)	<4 – 4,62 (4,14 ± 0,08)	7,56 – 37,09 (16,66 ± 4,06)	4,18 – 7,12 (5,53.± 0,33)	NS	*	NS	*	NS	NS

P-PO_4 ($\mu g.L^{-1}$)	4,36 – 11,53 (8,16 ± 8,09)	5,38 – 12,26 (8,72 ± 7,95)	8,57 – 26,27 (14,9 ± 8,37)	<4 – 9,23 (6,0 ± 8,45)	---	---	---	---	---	---
NT ($\mu g.L^{-1}$)	507,6 – 651,1 (585,3 ± 15,3)	574,2 – 3040,4 (1032,9±288,8)	179,7 – 720,1 (438,3 ± 69,8)	344,2 – 875,2 (577,0 ± 71,6)	*	NS	NS	*	*	NS
N-NO_2 ($\mu g.L^{-1}$)	<5	<5	<5	<5	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N-NO_3 ($\mu g.L^{-1}$)	<8 – 44,5 (21,96 ± 5,88)	90,08 – 524,13 (232,92± 52,5)	<8 – 70,32 (30,2 ± 9,07)	<8 – 351,33 (129,55±47,37)	*	NS	*	*	NS	*
N-NH_4 ($\mu g.L^{-1}$)	<4,2 – 11,77 (5,7 ± 1,51)	<4,2 – 349,58 (70,51± 45,65)	<4,2 – 375,62 (54,44± 45,97)	<4,2 – 478,21 (71,07± 58,46)	---	---	---	---	---	---
Si-SiH_4O_4 ($mg.L^{-1}$)	7,69 – 32,95 (22,24 ± 2,99)	9,89 – 45,04 (26,91 ± 3,8)	4,39 – 29,66 (17,71 ± 2,72)	12,08 – 25,26 (18,26 ± 1,68)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tabela 5. Valores mínimo e máximo da temperatura da água (n = 32) e radiação subaquática (n = 6) nas quatro estações do ano (P: primavera, V: verão, O: outono e I: inverno) no Lago das Ninféias. Contrastes dos tratamentos pelo método de Bonferroni aplicado no Modelo Linear Generalizado (MLG). Legenda: NS = não significativo; * diferença significativa (*P* < 0,10).

Variável	**Prim.**	**Ver.**	**Out.**	**Inv.**	**P xV**	**P x O**	**P x I**	**V x O**	**V x I**	**O x I**
Temp. água (ºC)	21-27,6	22,3-25,6	20-21,8	14,2-16,2	NS	NS	*	NS	*	*
Rad. subaq. ($\mu mol.s^{-1}.m^{-2}$)	1174,8-1224,7	979,9-1058,9	610,4-645,5	155,4-189,5	*	*	*	*	*	*

Para avaliar as principais tendências de variação das características limnológicas abióticas nos tratamentos, durante as quatro estações do ano, foi aplicada análise de componentes principais (ACP). A análise resumiu 62,8% da variabilidade dos dados em seus dois primeiros eixos (Figura 3, Tabela 6). Na coordenada principal 1 (40,8%), as unidades amostrais posicionaram-se à esquerda do eixo em associação à maior disponibilidade de fósforo (PT e PDT) e à direita do eixo, em associação aos maiores teores de nitrato (NO_3). Tais variáveis apresentaram correlações elevadas com este eixo, respectivamente com valores de -0,7; -0,6 e 0,9. Desta forma, nos extremos do eixo 1 ordenaram-se, à esquerda, as unidades relativas ao tratamento com adição isolada de fósforo (P^+) e, à direita, as relativas ao tratamento com adição isolada de nitrogênio (N^+) e, em parte, as com adição combinada (NP^+). Ainda, próximo às unidades amostrais enriquecidas com fósforo ordenaram-se as condições sem enriquecimento (controle) no período da primavera, evidenciando uma maior disponibilidade de fósforo no Lago das Ninféias nesta estação do ano.

Na coordenada 2, as unidades amostrais ordenaram-se em seu lado positivo, fundamentalmente, em função da maior disponibilidade do amônio (r = 0,9) e, em seu lado negativo, pelos maiores valores de temperatura da água (r = -0,4). Associadas ao amônio posicionaram-se as observações do inverno, independentemente do tratamento e, do lado negativo, as estações mais quentes do ano (primavera e verão).

Em síntese, o eixo 1 indicou que a maior variabilidade dos dados abióticos foi atribuída, principalmente, ao tipo de enriquecimento, de forma que a maior disponibilidade de fósforo foi encontrada no tratamento com adição isolada de fósforo (na maioria) e maior disponibilidade de nitrato nos tratamentos com adição isolada, mas também combinada de nitrogênio. Já, no eixo 2, a ordenação deu-se mais em função da época do ano. Depreende-se, portanto, que a variabilidade limnológica abiótica foi fundamentalmente condicionada pelo tipo de tratamento, embora também pela escala anual de variação. Observa-se, também, que o fósforo sofreu influência temporal, estando mais disponível em condições naturais (controle) no período da primavera.

Figura 3. Ordenação pela ACP das unidades amostrais dos tratamentos (letras em maiúsculo: C, N, P, NP) nas quatro estações do ano (letra em minúsculo: p, v, o, i) ao longo do período experimental (números: dias do experimento). Abreviações - NH_4: amônio; NO_3: nitrato; NT: nitrogênio total; PDT: fósforo total dissolvido; PT: fósforo total; Temp: temperatura da água. Vetores menores que 0,200 foram excluídos.

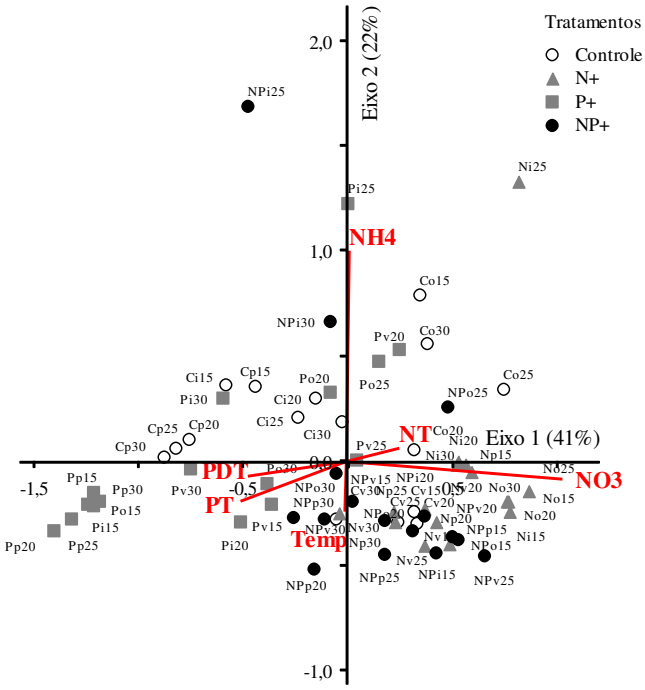


Tabela 6. Correlação das variáveis abióticas com os eixos 1 e 2. Em negrito, $r \geq 0,5$.

Variáveis	**Componentes Principais**	
	1	**2**
Temp	-0,101	-0,451
Ph	-0,225	-0,074
Condutividade	0,113	-0,102
Oxigênio dissolvido	0,182	0,090
$CO_{2\ livre}$	0,147	-0,008
HCO_3	0,040	-0,026
PT	**-0,654**	-0,399
PDT	**-0,627**	-0,249
NT	0,465	0,241
NO_3	**0,928**	-0,278
NH_4	0,122	**0,916**
Si	0,289	0,061
Variação Explicada	**40,8%**	**22,0%**

Razão molar N:P - a razão **molar N:P da água** (Figura 4) indicou nítida limitação por fósforo (razão molar N:P = 45-238) em condição natural (controle) em todas estações do ano. A adição isolada de N aumentou a limitação por P. Já, a adição isolada de P alterou a água para condição de boa disponibilidade de recursos ($10 \leq$ N:P $\leq$ 20-32), exceto ao verão que permaneceu com limitação de P. Finalmente, a adição combinada (NP^+) tornou o meio P-limitado, principalmente no outono. Desta forma, em condição de adição de fósforo (P^+ e NP^+), a razão da água não refletiu as condições experimentais pré-estabelecidas, quer sejam, de limitação por nitrogênio (P^+) e de boa disponibilidade de recursos (NP^+).

As **razões molares N:P do perifíton** corroboraram algumas tendências observadas para a água, mas, de modo geral, a comunidade respondeu de forma bem mais sensível às condições experimentais (Figura 5). Assim sendo, na condição controle e de adição de N, a razão N:P do perifíton foi extremamente elevada (N:P = 80-561), evidenciando P-limitação (Figura 10). A adição isolada de P causou N-limitação (N:P < 10). Apesar das razões próximas ou igual a 10, no verão e principalmente no outono, o conteúdo de N apontou limitação por nitrogênio. Já com adição conjunta (NP^+), a razão demonstrou boa disponibilidade (repartição) de recursos.

Finalizando, no inverno, a adição isolada ou conjunta de P (P+, NP+) suprimiu a limitação por P, entretanto a comunidade sempre permaneceu N-limitada, indicando a influência de outro fator controlador, que podemos supor exatamente as baixas temperaturas mostradas nos resultados dos dados limnológicos e climatológicos amostrados.

Figura 4. Valores médios (n = 4) da razão molar NT:PT da água ao longo do período experimental (30 dias), por tratamento (C = controle; N^+ = adição isolada de nitrogênio; P^+ = adição isolada de fósforo; NP^+ = adição combinada) e nas quatro estações do ano no Lago das Ninféias.

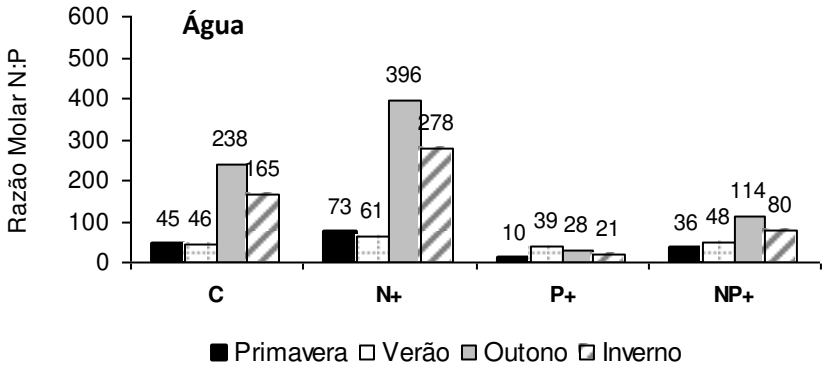
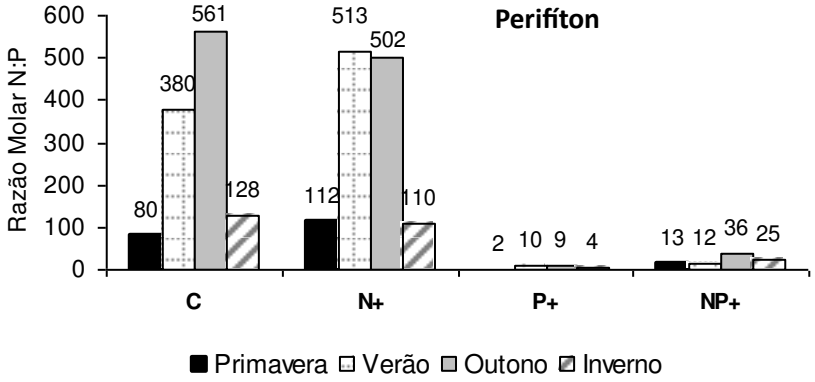


Figura 5. Valores médios (n = 4) da razão molar N:P do perifíton ao longo do período experimental (30 dias), por tratamento (C= controle; N^+= adição isolada de nitrogênio; P^+= adição isolada de fósforo; NP^+= adição combinada) e nas quatro estações do ano no Lago das Ninféias.



5 DISCUSSÃO

5.1 CONDIÇÕES ABIÓTICAS

Os resultados obtidos demonstraram que a maior fonte de variabilidade abiótica deveu-se ao tipo de tratamento, ou da adição isolada e/ou combinada de nitrogênio e fósforo, seguido pela variabilidade em escala anual. Neste caso, com destaque para a precipitação, radiação solar e subaquática, bem como temperatura. O inverno caracterizou-se pelos menores valores destes fatores, sendo a temperatura inferior em até 10°C em relação às das demais épocas do ano. Contrapondo está a primavera, com os valores mais elevados das variáveis mencionadas. Ainda, nesta época, ocorreram os maiores teores de fósforo em condições naturais (controle), cujas unidades amostrais se associaram à maior disponibilidade de fósforo (lado esquerdo da ACP-1, Figura 3).

Considerando as variações entre tratamentos, nas condições de enriquecimento combinado foram encontrados, exceto para o inverno, teores significativamente maiores de oxigênio dissolvido e menores de dióxido de carbono, evidenciando a maior atividade fotossintética nessas condições nutricionais. Mesma tendência foi encontrada em experimentos de enriquecimento realizado com

mesocosmos, em represa oligotrófica durante o inverno no PEFI (Ferragut, 1999). Os nutrientes manipulados responderam coerentemente, sendo o fósforo (PT, PDT) nitidamente mais elevado no tratamento com adição isolada de fósforo e o nitrogênio (NO_3^-), nos tratamentos com adição isolada ou conjunta de nitrogênio. De modo geral, entretanto, a liberação de ortofosfato pelos SDN não foi suficiente para incrementar seus teores na água sobrejacente aos tratamentos, muito provavelmente pela assimilação imediata por parte da comunidade perifitica desenvolvida sobre os SDN, bem como por outros componentes da biota na água circundante. Estas tendências também foram encontradas por Ferragut (2004) que também utilizou SDN, porém com diferentes níveis de adição de fósforo durante o inverno em represa oligotrófica do PEFI.

5.1.1 Razão Molar N/P

A razão molar N:P do perifíton tem sido bastante empregada para indicar o estado nutricional da comunidade, tendo como base a razão ótima (16) de Redfield (1958), proposta para plâncton marinho. De modo geral, os estudos sobre perifíton de águas continentais vêm utilizando a razão molar menor do que 10 para condição N-limitante, maior do que 20 para P-limitante e, entre 10-20, para boa repartição de recursos (Biggs, 1995; Borchardt, 1996; Stelzer & Lamberti, 2001). De acordo com Borchardt (1996), estudos de enriquecimento têm comprovado estes valores. Com base em revisão de literatura para o perifíton de águas continentais, Kahlert (1998) considerou a razão molar acima de 32 como indicadora de P-limitação, inferior a 12, de N- limitação e razão ótima de 18.

Os presentes resultados sobre composição química do perifíton foram extremamente sensíveis aos enriquecimentos, fornecendo respostas condizentes com as faixas mais comumente utilizadas para limitação de nutrientes. Tanto a razão molar, quanto os teores de nitrogênio e fósforo do perifíton apresentaram respostas fundamentais na avaliação da limitação de nutrientes, corroborando trabalhos realizados para outras represas do PEFI (Ferragut, 1999, 2004; Barcelos, 2003). Ainda, de acordo com tais trabalhos, a razão N:P da água foi considerada menos preditiva das condições de limitação nutricional, particularmente em condições de enriquecimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciaram o papel do perifíton na retenção de fósforo, uma vez que a liberação de ortofosfato pelos SDN não provocou alteração de seus teores na água sobrejacente aos experimentos, apesar do marcado aumento de P no perifíton. Os resultados também permitem inferir que o Lago das Ninféias é bem mais sensível ao aporte de fósforo e que, dependendo da carga deste nutriente, pode haver alterações profundas na estrutura e funcionamento deste sistema. Também evidenciaram a influência das baixas temperaturas (inverno) nas concentrações de N e P na água e no

material perifítico. Finalmente, destaca-se a importância do perifiton na retenção de nutrientes em ecossistemas rasos.

REFERÊNCIAS

BARCELOS, E.M. 2003. Avaliação do perifíton como sensor da oligotrofização experimental em reservatório eutrófico (Lago das Garças, São Paulo). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 118 p.

BICUDO, C.E.M.; CARMO, C.F.; BICUDO, D.C.; HENRY, R.; PIÃO, A.C.S.; SANTOS, C.M. & LOPES, M.R.M. 2002. Morfologia e morfometria de três reservatórios do PEFI. *In*: BICUDO, D,C.; FORTI, M.C. & BICUDO, C.E.M. (Eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação ameaçada pela urbanização de São Paulo. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 141-158.

BICUDO, D.C.; FORTI, M.C.; CARMO, C.F.; BOUROTE, C.; BICUDO, C.E.M.; MELFI, A.J. & LUCAS, Y. 2002. A atmosfera, as águas superficiais e os reservatórios no PEFI: caracterização química. *In*: BICUDO, D,C.; FORTI, M.C. & BICUDO, C.E.M. (Eds.). Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação ameaçada pela urbanização de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. p. 158-198.

BIGGS, B.J.F. 1995. The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use to the habitat template of periphyton in stream ecosystems. Freshwater Biology 33: 419-448.

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. p. 184-227.

DODDS, W.K. 2003. The role of periphyton in phosphorous retention in shallow freshwater aquatic systems. Journal of Phycology 39: 840-849.

FERMINO, F.S.; BICUDO, D.C. & MERCANTE, T.J. 2004. Substrato difusor de nutrientes (SDN): avaliação do método em laboratório para experimentos *in situ* com perifíton. Acta Scientiarum 26: 273-280.

FERRAGUT, C. 1999. Efeito do enriquecimento por nitrogênio e fósforo sobre a colonização e sucessão da comunidade de algas perifíticas : biomanipulação em reservatório raso oligotrófico em São Paulo. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 190 p.

FERRAGUT, C. 2004. Respostas das algas perifíticas e planctônicas à manipulação de nutrientes (N e P) em reservatório urbano (Lago do IAG, São Paulo). Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP. 184 p.

FERRAGUT, C.; BICUDO, D.C. Efeito de diferentes níveis de enriquecimento por fósforo sobre a estrutura da comunidade perifítica em represa oligotrófica tropical (São Paulo, Brasil). Revista Brasileira de Botânica, V.32, n.3, p.571-585. 2009.

FERRAGUT, C.; BICUDO, D.C. Periphytic algal community adaptive strategies in N and P enriched experiments in a tropical oligotrophic reservoir. Hydrobiologia, 646:295309. DOI 10.1007/s10750-010-0168-0. 2010.

FERRAGUT, C.; BICUDO, D.C. Effect of N and P enrichment on periphytic algal community succession in a tropical oligotrophic reservoir. Limnology (Tokyo. Print), v. 13, p. 131-141, 2012.

FRANCOEUR, S.N., BIGGS, B.J.F., SMITH, R.A. & LOWE, R.L. 1999. Nutrient limitation of algal biomass accrual in streams: seasonal patterns and a comparison of methods. Journal of the North American Benthological Society 18: 242-260.

GOLTERMAN, H.L. & CLYMO, R.S. 1971. methods for chemical analysis of freshwaters. Ed. Oxford and Edinburg, Blackwell Scientific Publications. International Biological Programmer. 166 p.

GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.S., OHMSTAD, M.A.M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. 2ª edition. Blackwell Scientific Publications. International Biological Program, Oxford, 213 p. (Handbook, 8).

HAVENS, K.E., EAST, T.L., MEEKER, R.H. & DAVIS, W.P. 1996. Phytoplankton and perifiton responses to in situ experimental nutrient enrichment in a shallow subtropical lake. Journal of Plankton Research 18: 551-556.

KAHLERT, M. 1998. C:N:P ratios of freshwater benthic algae. Archives fur Hydrobiologie, Advances in Limnologia 51: 105-114.

MACKERET, F.J.H., HERON, J., TALLING, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. Cumbria: Freshwater Biological. (Association. Scientific Publication, 39). Ed. Wilson, Son Ltda, Kendall. 117 p.

MCCORMICK, P.V., O´DELL, M.B., SHUFORD III, R.B.E., BACKUS, J.G. & KENNEDY, W.C. 2001. Periphyton responses to experimental phosphorus enrichment in a subtropical wetland. Aquatic Botany 71: 119-139.

MCCORMICK, P.V., SHUFORD III, R.B.E., BACKUS, J.G. & KENNEDY, W. 1999. Spatial and seasonal patterns of periphyton biomass and productivity in the northern Everglades, Florida, USA. Hydrobiologia 362: 185-208.

MCCORMICK, P.V. & STEVENSON, R.J. 1998. Periphyton as a tool for ecological assessment and management in the Florida Everglades. Journal of Phycology 34: 726-733.

MCCUNE, B. & MEFFORD, M.J. 1999. PC-ORD for Windowns. Multivariate analysis of ecological data, version 4.10. MjM Software Design, Oregon. 47 p.

MYERS, R.H., MONTGOMERY, D.C. & VINING, G.G. 2002. Generalizad Linear Models: with applications in engineering and the sciences. Ed. John Wiley & Sons Inc. New York. 342 p.

NETER, J., KUTNER, M.H., NACHTSHEIM, C.J. & WASSERMAN, W. 1996. Applied Linear Statistical Models. Chicago. Irwen. 1408p.

PAULA, G.A. 2004. Modelos de regressão com apoio computacional. Editora do IME.

REDFIELD, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. American Scientist. p. 205-221.

SHEPHERD, G.J. 1996. Fitopac 1: manual do usuário. Departamento de Botânica, UNICAMP. 95p.

SOLORZANO, L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenolhypochlorite method. Limnology and Oceanography 14: 799-801.

STELZER, R.S. & LAMBERTI, G.A. 2001. Effects of N:P ratio and total nutrient concentration on stream periphyton community structure, biomass, and elementar composition. Limnology and Oceanography 46: 356–367.

STEVENSON, J.R. 1997. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. *In*: STEVENSON, J. R., BOTHWELL, M.L., LOWE, R.L. Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems. New York: Academic Press. p.3-30.

STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. 1960. A manual of sea water analysis. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada 125: 1-185.

VADEBONCOEUR, Y. & STEINMAN, A.D. 2002. Periphyton function in lake ecosystems. The Scientific World Journal 2: 1449-1468.

VALDERRAMA, G.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. Marine Chemistry 10: 109 – 112.

VERCELLINO, I. & BICUDO, D.C. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. Revista Brasileira de Botânica, 29: 363-377. 2006.

VYMAZAL, J., CRAFT, C.B. & RICHARDSON, C.J. 1994. Periphyton response to nitrogen and phosphorus additions in Florida Everglades. Archiv fur Hydrobiologie, Algological Studies 73: 75-97.

ZIMBA, P.V. 1998. The use of nutrient enrichment bioassays to test for limiting factors affecting epiphytic growth in Lake Okeechobee, Florida: confirmation of nitrogen and silica limitation. Archiv fuer Hydrobiologie 141:459-468.