

Nymphoides indica (L.) O. Kuntze (Menyanthaceae) em um pequeno lago raso subtropical (Rio Grande, RS)

Cleber Palma-Silva¹, Edélti Faria Albertoni¹, Cláudio Rossano Trindade Trindade²
& Simone Soares Oliveira²

¹ Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Instituto de Ciências Biológicas, Laboratório de Limnologia,
Av. Itália s/n. km 8, Caixa Postal 45, CEP 96201-900, Rio Grande, RS. dmbcps@furg.br

² Universidade Federal do Rio Grande – FURG, PPG-Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Recebido em 30.VI. 2006. Aceito em 04.VIII. 2008.

RESUMO – Ambientes aquáticos continentais rasos são comuns na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, e a macrófita aquática *Nymphoides indica* é comumente encontrada nas zonas marginais de lagos e banhados. Esta pesquisa foi desenvolvida em um pequeno lago localizado no Campus Universitário da Universidade Federal do Rio Grande – FURG, município de Rio Grande, RS (32°01' S e 52°05' W), e apresenta resultados sobre a variação mensal da biomassa, produtividade primária e composição química de *N. indica*. A variação da biomassa e a estimativa de produção primária (método de Smalley) foram feitas a partir de coletas mensais entre outubro de 2000 e setembro de 2001. As variáveis abióticas da coluna de água (temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido e pH) foram determinados em campo. Em laboratório foram determinadas as concentrações de Nitrogênio total (Nt), Fósforo Total (Pt), e Carbono total (Ct) na biomassa das plantas e na coluna de água. O valor máximo para biomassa total foi observado no mês de novembro (220,8 gPS.m⁻²). O maior valor para produtividade primária ocorreu no mês de outubro com 5,9 gPS.m⁻².d⁻¹. Os resultados indicaram que *N. indica* possui um crescimento sazonal, com os maiores valores de biomassa e produtividade primária ocorrendo nos meses de primavera, quando a comunidade acumula grande quantidade de nutrientes.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, produção primária, biomassa, nutrientes.

ABSTRACT – *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze (Menyanthaceae) in a small subtropical shallow lake (Rio Grande, RS). Shallow freshwater ecosystems are typical in the Rio Grande do Sul coastal plain, and the aquatic macrophyte *Nymphoides indica* is found in lakes and wetland shore zones. This study was carried out at a small lake in Rio Grande (RS). Biomass variation and primary productivity estimatives (Smalley method) were done from monthly samplings between October 2000 and September 2001. The abiotic variables of the water column (temperature, electric conductivity, dissolved oxygen and pH) were measured. In the laboratory, total nitrogen, phosphorous, and carbon of plant biomass and at water column were determined. The maximum biomass was recorded in November (220.8 g DW m⁻²). The greatest primary productivity was measured in October (5.9 gDW m⁻² d⁻¹). Results indicated that *N. indica* has a seasonal growth, with highest biomass and primary productivity in spring months, when these plants accumulate great amounts of nutrients.

Key words: aquatic macrophyte, primary production, biomass, nutrients.

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos padrões de ciclagem de matéria e transferência de energia é fundamental para compreensão da dinâmica funcional dos ecossistemas. Nos ambientes de água doce na parte sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul existem ainda muitas lacunas de informação sobre estes processos ecológicos básicos. Esta região apresenta características peculiares resultantes de seu processo

de formação. Segundo Vieira (1983), o processo de evolução desta região não apresentou condições para a presença de grandes rios, sendo que somente os arroios, lagoas e alagados compõem os elementos hidrográficos.

Segundo Knoppers (1994), a produção primária de lagoas costeiras frequentemente é dominada pelo fitoplâncton, por micro e macroalgas bentônicas, por macrófitas aquáticas, ou uma combinação destas populações. Os ecossistemas límnicos nesta região

de planície costeira são representados por banhados e lagoas rasas, nas quais ocorre o desenvolvimento de uma diversificada comunidade de macrófitas aquáticas, que influenciam várias características do sistema, como por exemplo, os elos de transferência de matéria e energia, e o padrão estrutural do habitat.

Na planície costeira do Rio Grande do Sul são encontradas entre 400 e 500 espécies de macrófitas aquáticas, presentes em todos os ecossistemas aquáticos (Irgang & Gastal, 1996).

Segundo Esteves (1998), devido à importância que as macrófitas aquáticas desempenham nos ecossistemas aquáticos onde ocorrem, os estudos relacionados a sua produtividade primária, ao aproveitamento de sua biomassa pela fauna aquática, e a sua importância nos ciclos biogeoquímicos, são hoje temas centrais nas pesquisas limnológicas. Esta importância tem sido confirmada por várias pesquisas sobre seu papel no ciclo dos nutrientes, fluxo energético e como habitat para vertebrados e invertebrados aquáticos (Palma-Silva, 1998; Würdig *et al.*, 1998; Pott & Pott, 2000; Albertoni *et al.* 2001; Palma-Silva *et al.*, 2002 a, b; 2004; Prellvitz & Albertoni, 2004; Trindade *et al.*, 2004; Albertoni *et al.*, 2005, 2007) entre outros.

Além disso, estudos indicam que algumas macrófitas constituem-se em fonte potencial de ração (para peixes) e forragem (para gado) ou como complemento destas fontes alimentares (Thomaz & Esteves, 1984) e também com a possibilidade da utilização de macrófitas aquáticas na eliminação de compostos ligados a processos de eutrofização, como fosfato, amônia e nitrato (Kadlec & Knight, 1996).

No Campus da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) existem vários pequenos lagos que apresentam diferentes características tipológicas. Para realização deste trabalho, foi escolhido o lago dos Biguás que é colonizado em seu litoral por bancos de *Nymphoides indica*. Esta espécie habita áreas alagadiças de águas paradas ou com pouca movimentação (Irgang & Gastal, 1996), é perene, algumas vezes anual, com rizoma curto e raízes adventícias, caules ascendentes, com folhas flutuantes suborbiculares ou reniformes de bordo inteiro, que se apresenta firmemente enraizada ao substrato pelos extensos sistemas de rizomas e suas folhas alcançam a superfície através de pecíolos longos e flexíveis (Cordazzo & Seeliger, 1988; Pott & Pott, 2000).

Dada a lacuna de informações sobre o papel ecológico destas macrófitas nos ecossistemas regionais, esta pesquisa visou determinar a produção

primária de *N. indica* através da variação da sua biomassa, o seu papel como reservatório de nutrientes, e ainda monitorar alguns parâmetros abióticos do lago durante o seu período de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O lago estudado localiza-se no Campus Carreiros da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), município de Rio Grande-RS (32°01' S e 52°05' W), conhecido como Lago dos Biguás, com uma área superficial de aproximadamente 1½ hectare. A área ocupada pelo campus universitário, até a década de 1970, era o manancial da cidade do Rio Grande, porém desde o início da construção do Campus toda a área sofreu uma série de impactos antrópicos, como por exemplo, alteração de margens e escavações localizadas, o que delinearão o conjunto de lagos atuais.

Este lago apresenta duas pequenas ilhas que servem de ninhais para várias espécies de aves, entre elas biguás e garças brancas. A presença destas populações de aves tem aumentado o grau de trofia deste lago, pois elas realizam deslocamentos diários para alimentação em outros sítios e ao retornarem para repouso nas pequenas ilhas defecam em grande quantidade, transferindo deste modo grande quantidade de nutrientes para o lago, fato que tem promovido crescimento excessivo de algas fitoplancônicas. A região litoral do lago é colonizada por diferentes espécies de macrófitas aquáticas, destacando-se a presença de *N. indica*, que forma um estande com largura variando entre 2 a 4 metros.

As amostras de água foram feitas mensalmente, entre out/2000 e set/2001, em dois pontos, sendo um no interior do estande monoespecífico de *N. indica* (profundidade de 50 a 70 cm) e outro na zona limnética adjacente (profundidade entre 90 e 120 cm), sem a presença das plantas. Foram medidos *in situ* o pH (phmetro digital, 0,01 pH), a condutividade elétrica (condutímetro digital, $\pm 1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), a temperatura com termômetro de mercúrio ($\pm 0,1^\circ\text{C}$) e o oxigênio dissolvido com oxímetro digital ($\pm 0,1 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

Em cada data de coleta para análise do carbono total (Ct), nitrogênio orgânico total (Nt) e fósforo total (Pt) foram tomadas amostras de água, a 15 cm de profundidade, armazenadas em frascos de polietileno e congeladas. Foram determinados também os mesmos nutrientes para a biomassa vegetal, sendo que todas estas análises foram feitas no laboratório de solos da

Universidade Federal de Pelotas, conforme Tedesco *et al.* (1995).

As estimativas de biomassa e produtividade primária foram realizadas tomando-se amostras aleatórias da macrófita com coletor de diâmetro de 35 cm, em três repetições, na região mediana do estande monoespecífico de *N. indica*. As plantas contidas no coletor foram retiradas manualmente (folhas, flores e pecíolos), acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório, classificadas em biomassa viva (folhas que apresentavam mais de 50% do limbo verde) e biomassa senescente (folhas que apresentavam mais de 50% do limbo amarelado-marrom), e secas em estufa a 60°C, durante 72 horas, até atingirem peso constante. As amostras foram então pesadas e o valor médio da biomassa, expresso em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS.m⁻²).

Valores para a produtividade primária líquida foram obtidos utilizando a técnica de Smalley, descrita por Linthurst & Reinold (1978), e utilizada por Palma-Silva *et al.* (2000). Este método determina a produção primária líquida considerando a variação da biomassa viva e morta em duas amostras consecutivas como segue:

quando, $\Delta BV > 0$ e $\Delta BM > 0$; $PPL = \Delta BV + \Delta BM$;
 quando, $\Delta BV < 0$ e $\Delta BM < 0$; $PPL = 0$;
 quando, $\Delta BV > 0$ e $\Delta BM < 0$; $PPL = \Delta BV$;
 quando, $\Delta BV < 0$ e $\Delta BM > 0$; se $(\Delta BV + \Delta BM) > 0$, este valor é a PPL; se $(\Delta BV + \Delta BM < 0)$, $PPL = 0$.

Onde: ΔBV variação da biomassa viva no intervalo;
 ΔBM variação da biomassa morta no intervalo;
 PPL produção primária líquida no intervalo.

Os dados meteorológicos (temperatura média do ar, umidade relativa, intensidade do vento, direção predominante do vento, taxa de precipitação, evaporação e insolação) no período foram obtidos junto a Estação Meteorológica do Departamento de Geociências da FURG.

Foram realizadas as seguintes análises estatísticas: obtenção de média e desvio padrão para cada variável durante o período coletada; comparação, com teste-t, entre as regiões litorânea e limnética para cada variável durante o período; obtenção de médias e desvio padrão, e comparação dos nutrientes na coluna de água entre as duas regiões; obtenção de média e desvio padrão para os valores biomassa para cada data amostral. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa GraphPad™ InStat 3.0, com $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das variações do ambiente durante o período de crescimento

Os resultados para variáveis abióticas são apresentados na Tabela 1. Todas as comparações realizadas entre as duas regiões não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$), visto que a variação sazonal imposta produz um conjunto de dados de grande amplitude, conseqüentemente com grande variabilidade. Desta forma, os valores são apresentados e procura-se discutir as causas de seu padrão de variação anual.

TABELA 1 – Variáveis abióticas da coluna de água no estande de macrófitas aquáticas (Mac) e na região limnética (Lim).

Meses	pH		Condutividade (µS.cm ⁻¹)		Temperatura °C		Oxigênio diss. (mg.l ⁻¹)		
	Mac	Lim	Mac	Lim	Ar	Água	Mac	Lim	
Out/2000	6,91	7,12	185	185,4	17,2	25	25	8,5	8,5
Nov/2000	8,95	9,19	189,4	186,7	19	23,5	21	8,08	7,41
Dez/2000	9,28	9,46	197,8	184,8	22,2	27	28	7,05	8,02
Jan/2001	8,63	8,98	240	200	24,2	27,5	27,5	4,13	8,98
Fev/2001	9,14	9,27	191	205	24,5	29	29	6,88	9,27
Mar/2001	7,6	7,53	169,1	195,1	24	24	24,5	5,57	6,18
Abr/2001	8,22	8,15	157,7	159,1	19,8	21,5	20	6,77	6,57
Mai/2001	7,79	7,56	175,1	197,7	16	19,5	19,5	7	7,2
Jun/2001	7,65	7,34	142,4	155,4	15,3	10,5	13	8,2	8,5
Jul/2001	7,61	7,93	163,1	163,1	13,7	12,5	12,5	9,9	10,5
Ago/2001	7,6	7,58	179,6	180,2	16,9	19	18	7,29	7,02
Set/2001	7,57	7,68	167,2	172,6	15,8	17	17	6,93	7,57
Média (DP)	8,07 (0,75)	8,14 (0,84)	179,78 (24,59)	182,09 (16,49)	19,05 (3,83)	21,33 (5,85)	21,25 (5,61)	7,19 (1,45)	7,97 (1,23)

A temperatura da água variou entre 10,5°C e 29°C, com média de $21,3 \pm 5,85^\circ\text{C}$ para a região ocupada por *N. indica* e 13°C e 29°C, ($21,25 \pm 5,61^\circ\text{C}$) para a região limnética do lago, com nítida variação sazonal. A variação dos mesmos mostrou um ciclo anual bem definido, com valores mais altos nos meses de primavera-verão e mais baixos nos meses de outono-inverno, acompanhando a variação dos valores atmosféricos apresentados na Tabela 2.

No estande de *N. indica*, os valores de pH variaram de 6,91 a 9,28 com média de $8,07 \pm 0,75$. Na região limnética do lago, o maior valor obtido foi 9,46 com média de $8,14 \pm 0,84$. Para ambos locais, entre os meses de out/2000 a mar/2001 ocorreu um platô próximo ao valor 9,0, e entre abr/2001 a out/2001 um platô mais baixo próximo ao valor 7,0. O primeiro platô observado variou numa faixa alcalina, provavelmente pela maior produção primária fitoplanctônica predominante no período, e a posterior diminuição observada a partir de abr/2001, pelo aumento do processo de decomposição da biomassa vegetal, associado também às altas taxas de precipitação registrada para este período com entrada de material alóctone de origem orgânica, aumentando os processos de mineralização no sistema.

A condutividade elétrica da água nos locais de coleta variou de $142,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $240 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, com média geral de $179,78 \pm 24,59 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para o estande de *N. indica*; e $155,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $205 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, média de $182,09 \pm 16,49 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para a região pelágica do lago. O valor máximo de condutividade encontrado neste estudo foi $240 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no mês de jan/2001. Neste período ocorreram altas temperaturas, combinadas com altas taxas de evaporação e menor pluviosidade, com redução do nível de água e conseqüente aumento na

concentração de íons e material particulado. Da mesma forma, a diminuição dos valores de condutividade a partir de fev/2001 pode estar relacionada ao aumento da precipitação, que possibilitou uma maior diluição da carga iônica presente no sistema.

Em nove lagoas de água doce do litoral norte do estado do Rio de Janeiro os valores de condutividade foram bastante variáveis, entre 32 e $3710 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, segundo Esteves *et al.* (1984). Em lagos de regiões temperadas foram encontradas relações dos valores de condutividade elétrica da água em função da tipologia do lago (oligotrófico ou eutrófico), sendo citado por Siebeck (1982 apud Esteves, 1998) para o lago oligotrófico König, o maior valor de $160 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e num lago eutrófico, segundo Müller (1977 apud Esteves, *op. cit.*), $530 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Os valores médios encontrados no presente estudo indicam uma condição de trofia intermediária para o lago dos Biguás.

Os teores de oxigênio dissolvido determinados na coluna de água apresentaram uma grande variação na região litoral, de $4,13 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a $9,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, com média de $7,19 \pm 1,45 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ e na região limnética uma variação de $6,18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a $9,27 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, com média de $7,97 \pm 1,23 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Em geral, as concentrações de oxigênio dissolvido foram consideradas altas, caracterizando o ambiente bem oxigenado e favorável a manutenção da vida aquática. Ocorreu uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido em jan/2001, provavelmente relacionada às altas temperaturas registradas para os meses de verão, acompanhadas pelo aumento de biomassa morta e conseqüente decomposição originada por *N. indica*. O pico de oxigênio ocorreu nos meses de inverno, provavelmente associado à baixa temperatura da água e menor atividade decompositora.

TABELA 2 – Dados meteorológicos para o período de estudo. UR (umidade relativa, %); IV (intensidade do vento, m/s); DPV (direção predominante do vento); TP (taxa de precipitação, mm); Evp (taxa de evaporação, mm); Insol. (número de horas com insolação direta, hs).

Mês/ano	UR	IV	DPV	TP	Evp	Insol
Out/2000	105.86	2.95	SP	100.40	79.40	157.30
Nov/2000	77.45	2.93	SP	87.30	119.50	225.80
Dez/2000	79.1	1.79	SP	94.40	156.20	250.00
Jan/2001	81.8	2.50	SP	175.30	140.70	227.70
Fev/2001	82.61	2.85	NE	118.30	103.00	194.10
Mar/2001	87.39	1.45	SP	227.30	108.50	192.30
Abr/2001	84.35	2,05	NE	198.30	93.10	163.00
Mai/2001	90.12	1,87	SP	108.50	52.30	108.70
Jun/2001	90.51	1,85	SP	186.60	47.90	97.40
Jul/2001	13.7	2.20	NE	148.10	54.20	125.20
Ago/2001	16.5	1.66	NE	24.20	62.10	168.40
Set/2001	15.8	4.22	NE	162.70	75.60	127.20

FONTE: Estação Meteorológica DGEO-FURG.

Biomassa e produção primária de *Nymphoides indica*

Os resultados para biomassa em cada data de coleta são apresentados na Tabela 3. Os valores demonstram uma variação de biomassa total desde a ausência até 220,08 gPS.m⁻².

Esta variação dos valores de biomassa mostrou um ciclo sazonal bem definido, com maior acúmulo de biomassa nos meses de primavera e início da formação de detrito para os meses de outono. *Nymphoides indica* é a única espécie do gênero na região sul do Brasil, e sua floração e frutificação ocorre na primavera e verão (Irgang & Gastal, 1996). Segundo Pott & Pott (2000), plantas deste gênero, na região do Pantanal, se comportam como anuais em lagos temporários, embora persistam por muitos anos em corpos de água permanentes, necessitando de muita intensidade luminosa, o que pode explicar o maior crescimento da planta durante as estações mais quentes do ano. Segundo alguns autores, a biomassa de *N. indica* pode variar em função de ciclos de cheia e vazante em alguns sistemas, como os resultados de Menezes *et al.* (1993), em um reservatório em São Paulo, com valores entre 174,0 gPS.m⁻² (fase aquática) e 26,9 gPS.m⁻² (fase terrestre).

A rápida dinâmica de crescimento e acúmulo de biomassa e a perda por decomposição é visualizada pela relação entre biomassa viva (BV) e morta (BM). Esta relação também apresentou ampla variação durante o período (Tab. 3). Como tendência geral pode-se notar o crescimento rápido com grande acumulação de biomassa viva durante os dois primeiros meses de desenvolvimento, após o qual o material morto aumenta e fica praticamente igual

ao vivo do terceiro ao quinto mês. Nos dois últimos meses de presença da macrófita ocorreu uma pequena inversão nos valores, com aumento da biomassa viva, provavelmente provocado por um aumento ocasional de nível da água. No Pantanal, esta planta acompanha a subida da cheia, crescendo 30 cm por dia, até 3,5 m de profundidade (Pott & Pott, 2000). Assim, o crescimento constatado no presente estudo, entre os meses de mar/2001 e abr/2001, é provavelmente relacionado ao período de intensa pluviosidade (Tab. 2), com aumento do nível de água, o que levou a um crescimento rápido dos pecíolos a fim de manter as partes fotossinteticamente ativas na superfície da água.

A primavera favorece o acúmulo de produção pela elevação da temperatura da água e o aumento da radiação solar que se observa ao longo desta estação. Assim, inicia-se um intenso desenvolvimento de folhas, quando são registrados os maiores valores de produtividade primária. Já no outono, esta apresenta valores muito baixos, próximos de zero. Como foi observado, no final do outono toda biomassa de macrófitas foi transformada em detritos. Lammens & Velde (1978), encontraram que *N. peltata* (Gmel.), O. Kuntze, na Holanda, apresenta uma decomposição contínua na primavera, verão e outono, com as folhas velhas primeiro ficando amarelas e marrons. Ainda segundo estes autores, no outono, após a produção de frutos, as hastes com folhas começam a desprender-se na base do estolão, e após o período de floração a decomposição reduz bancos com 15 metros de largura a menos de 2 metros. Bianchini & Toledo (1998) encontraram que, durante a decomposição de *N. indica*, no estado de São Paulo, cerca de 75%

TABELA 3 – Nutrientes na biomassa de *Nymphoides indica*. BV = biomassa viva, BM = biomassa morta.

Mês/ano	Biomassa (gPS.m ⁻²) Média ± DP (n=3)			BV : BM	Nutrientes (mg.g ⁻¹ PS)			Razão C : N : P
	BV	BM	Total		C	N	P	
Set/2001	0,00	0,00	–	–	–	–	–	–
Out/2000	178.32 ± 12,39	0,00	178,32	Máxima	422	18.8	3.7	114 : 5 : 1
Nov/2000	220.8 ± 52,72	0,00	220,80	Máxima	446	19.3	3.8	117 : 5 : 1
Dez/2000	100.07 ± 52,43	111,28 ± 51,31	221,35	0,9	509	23.6	3.9	130 : 6 : 1
Jan/2001	68.95 ± 3,97	88,05 ± 42,59	157,0	0,79	398	29.5	5	80 : 6 : 1
Fev/2001	37.91 ± 15,98	40,26 ± 15,09	78,17	0,94	430	29.6	4.9	88 : 6 : 1
Mar/2001	62.54 ± 1,63	45,57 ± 28,70	108,11	1,37	436	27.4	5.2	84 : 5 : 1
Abr/2001	88.64 ± 46,87	43,66 ± 57,70	132,30	2,03	420	21.9	4.1	102 : 5 : 1
Mai/2001	33,78 ± 26,57	28,9 ± 31,9	62,68	1,16	–	–	–	–
Jun/2001	0,00	0,00	0,00	–	–	–	–	–
Ago/2001	0,00	0,00	0,00	–	–	–	–	–
Set/2001	0,00	0,00	0,00	–	–	–	–	–

dos elementos inorgânicos foram solubilizados durante os 5 primeiros dias do processo. Desta forma, verificamos que a dinâmica da formação e posterior desaparecimento dos estandes de *N. indica* na região subtropical do Brasil apresenta semelhança com outras regiões onde ocorrem espécies do mesmo gênero ou a mesma espécie em regiões com clima diferenciado, e que apresentam alguma variação sazonal.

Como a produtividade primária calculada considera a variação da biomassa viva e morta, deve ser minimizado o efeito da perda de folhas vivas para o compartimento de necromassa. Entretanto a rápida decomposição desta inevitavelmente leva a obtenção de valores de produtividade primária inferiores aos reais. Neste estudo, o maior valor de produtividade primária foi registrado em out/00 com 5,9 gPS.m⁻².d⁻¹, seguido de nov/2000, com valor de 1,42 gPS.m⁻².d⁻¹. Para os meses de jan/2001 e fev/2001 não foi possível calcular a taxa de produtividade primária, visto que tanto os valores de biomassa viva quanto de morta tiveram variação negativa. Os meses de mar/2001 e abr/2001 apresentaram os valores mais baixos, de 1,0 e 0,82 gPS.m⁻².d⁻¹, respectivamente.

As macrófitas aquáticas, especialmente as emersas e com folhas flutuantes, estão enraizadas em sedimentos com concentrações de nutrientes muitas vezes superior àquelas encontradas na água, e têm as suas folhas dispostas acima da coluna de água, o que permite melhor eficiência fotossintética (Esteves, 1998) e *N. indica* é uma espécie que se enquadra nesta situação.

Menezes *et al.* (1993) calcularam a produtividade primária de *N. indica* através do método do crescimento relativo médio e biomassa, citando o valor de 2,199 gPS.m⁻².d⁻¹ na fase aquática e 1,336 gPS.m⁻².d⁻¹ na fase terrestre, de um ciclo de cheia e seca em um reservatório no estado de São Paulo. Segundo os autores, o pico de produção ocorreu no mês de agosto (inverno) e não foi observado sazonalidade. Estas observações demonstram que vários fatores influenciam na variação de biomassa e valores de produtividade primária de *N. indica*, podendo haver um comportamento diferenciado dos indivíduos crescendo em regiões climáticas e ambientes diferentes.

Nutrientes na coluna de água e biomassa de *Nymphoides indica*

As concentrações de carbono total, nitrogênio total e fósforo total na coluna d'água e na biomassa das macrófitas, assim como as razões C:N:P estão

apresentadas nas Tabelas 3 e 4. Não ocorreu diferenças significativas entre as concentrações de nutrientes nas regiões estudadas.

TABELA 4 – Concentração de nutrientes na água, no estande de *Nymphoides indica* (Mac) e região limnética (Limn) do lago.

Mês/ano	Região	Nutrientes (mg.l ⁻¹)			Razão C:N:P
		C	N	P	
Nov/2000	Mac	11.2	3.11	0.37	30:8:1
	Limn	12.4	3.53	0.36	34:10:1
Dez/2000	Mac	11.6	3.81	0.3	39:13:1
	Limn	15.6	3.39	0.22	71:15:1
Jan/2001	Mac	10.8	3.96	0.3	36:13:1
	Limn	11.6	3.11	0.23	50:14:1
Fev/2001	Mac	15.2	4.52	0.3	51:15:1
	Limn	15.6	3.11	0.21	74:14:1
Mar/2001	Mac	11.5	3.53	0.13	88:27:1
	Limn	9.6	2.83	0.1	96:28:1
Abr/2001	Mac	12.8	2.4	0.11	116:22:1
	Limn	12.4	2.4	0.13	95:18:1

O carbono total apresentou seu valor máximo na coluna d'água no mês de fev/2001 com 15,2 mg.l⁻¹ na região litoral e 15,6 mg.l⁻¹ na região limnética, com médias de 12,18 ± 1,62 e 12,86 ± 2,35 mg.l⁻¹ respectivamente. O maior valor na biomassa de *N. indica* ocorreu no mês de dez./2000, atingindo 509 mg.g⁻¹PS.

Em jan/2001 e fev/2001 foram obtidos os maiores valores de nitrogênio total na água, para região colonizada por macrófitas (3,96 mg.l⁻¹ e 4,52 mg.l⁻¹) e no mês de nov/2001 (3,53 mg.l⁻¹) para região limnética. As menores concentrações desse nutriente foram obtidas no mês de abr/2001 (2,4 mg.l⁻¹) tanto para região limnética quanto para litoral. Na biomassa das plantas, as maiores concentrações foram observadas durante os meses de jan/2001 e fev/2001 (29,5 e 29,6 mg.g⁻¹). Segundo Fujita *et al.* (1989), a concentração mínima necessária para o crescimento de macrófitas é de 15 mg.g⁻¹. Portanto, durante o período de estudo, os valores encontrados para o nitrogênio mantiveram-se acima da concentração mínima necessária.

A espécie *N. indica* pode reproduzir-se por semente ou por pedaço de rizoma com folha, onde forma uma nova planta que pode ser separada (Pott & Pott, 2000) e, durante este período, os indivíduos podem utilizar nutrientes dissolvidos na coluna de água. Desta forma, *N. indica* pode utilizar diferentes fontes de nutrientes (sedimento e coluna de água), e concentrá-lo no tecido vegetal. Assim, independente do fato da concen-

tração de nitrogênio na coluna d'água (média de $3,55 \pm 0,73 \text{ mg.l}^{-1}$), o conteúdo de nitrogênio nos tecidos vegetais foi alto, média de $25,22 \pm 3,55 \text{ mg.l}^{-1}$. Com base nos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que o nitrogênio não atuou como fator limitante para esta macrófita neste lago. Barbieri & Esteves (1991) encontraram resultados semelhantes para a mesma espécie, em clima tropical.

O suprimento de fósforo é normalmente o fator limitante para o crescimento de macrófitas aquáticas, seguido pelo nitrogênio (Gerloff & Krombholz, 1966). Segundo estes autores a concentração mínima nos tecidos para o crescimento é $1,3 \text{ mg.g}^{-1}\text{PS}$. Para a coluna de água as maiores concentrações de fósforo total foram, $0,37 \text{ mg.l}^{-1}$ para região litoral e $0,36 \text{ mg.l}^{-1}$ para região limnética, no mês de nov/2000. Durante os meses de março e abr/2001 ocorreram as menores concentrações de fósforo, com média de $0,12 \text{ mg.l}^{-1}$ para região litoral e $0,11 \text{ mg.l}^{-1}$ para região limnética, sendo as médias $0,25 \pm 0,04$ e $0,20 \pm 0,09 \text{ mg.l}^{-1}$, respectivamente. Na biomassa das plantas, as maiores concentrações foram obtidas de jan/2001 a mar/2001 (média de $5,03 \text{ mg.g}^{-1}\text{PS}$) e o menor valor obtido no mês de out/00 ($3,7 \text{ mg.g}^{-1}\text{PS}$). Assim, embora em menor concentração na coluna de água, o fósforo não foi fator limitante, pois esteve, em todo período, acima da concentração mínima para o crescimento na biomassa.

Os altos valores de fósforo obtidos para o mês de nov/2000 na coluna d'água acompanham os baixos valores de oxigênio dissolvido. Este fator pode facilitar a liberação de uma fração do fosfato que se encontra imobilizado no sedimento, disponibilizando-o para a coluna de água (Esteves, 1998).

Com relação às razões C:N:P encontradas para a região litoral, pode-se observar que o menor valor obtido foi de 30:8:1 em nov/2000, e, para região limnética, 34:10:1, também em nov/2000. Os maiores valores foram encontrados em abr/2001 (116:22:1) para região litoral e mar/2001 (96:28:1) para região limnética. Na biomassa de *N. indica* obteve-se em dez/2000 a maior razão C:N:P (130:6:1) e em jan/2001 a menor razão (80:6:1). A partir deste mês observou-se um declínio na razão C:N:P, devido ao aumento na concentração de fósforo na biomassa da planta. Neste período, a planta apresentou uma alta taxa de absorção de fósforo. A partir das baixas concentrações encontradas de nitrogênio e fósforo na coluna d'água, essa espécie tem no sedimento a maior fonte para esses elementos. Dessa forma, atua como "bombeadora" de nutrientes do sedimento para a coluna d'água (Esteves, 1998).

Considerando o maior valor de biomassa viva no período, as concentrações médias de nutrientes na biomassa, associado ao tamanho do estande (250 m^2), calcula-se que são retidos nesta comunidade cerca de 24,18 kg carbono, 1,34 kg de nitrogênio e 0,24 kg de fósforo. Entretanto, não foram detectadas diferenças significativas entre a concentração dos nutrientes entre as duas regiões, provavelmente pela mistura promovida pelo vento que tende a homogeneizar lagos rasos.

Greenway & Woolley (1999), estudando a eficiência da bioacumulação de nutrientes entre 60 espécies de macrófitas aquáticas, destacaram a alta acumulação de fósforo nas raízes de *N. indica* e a grande capacidade desta planta em remover nutrientes da coluna d'água e do sedimento.

No reservatório do Broa, no interior de São Paulo, várias pesquisas demonstraram a importância de *N. indica* no funcionamento do sistema: Camargo *et al.* (1983) concluíram que esta é a espécie de macrófita mais importante no metabolismo do reservatório, pois tem a maior biomassa e maior taxa de reciclagem; Barbieri *et al.* (1984), no mesmo local, encontraram que *N. indica* é a mais importante espécie de macrófita pois acumula grande quantidade de nitrogênio e fósforo, e Helbing *et al.* (1986) concluíram que, em comparação com outras macrófitas aquáticas, *N. indica* tem uma taxa rápida de decomposição, e que as concentrações de nutrientes liberados a partir da decomposição influenciam a eutrofização em uma região desta represa.

Desta forma, pode-se sugerir a grande importância de *N. indica* para este ambiente visto a variação da biomassa total e a capacidade destas plantas participarem dos ciclos de nutrientes.

Os resultados encontrados no presente estudo, indicam que esta espécie apresenta uma alta taxa de produtividade primária durante seu período de crescimento, retirando nutrientes da coluna de água e do sedimento, e o seu o padrão sazonal de crescimento e mortalidade apresenta o potencial de influenciar as características de trofia do corpo de água. Desta forma, novos estudos devem abordar em maiores detalhes o papel desta espécie na ciclagem de nutrientes dos lagos rasos da região.

REFERÊNCIAS

- ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F.A. 2001. Macroinvertebrates associated with Chara in a tropical coastal lagoon (Imboassica lagoon, Rio de Janeiro, Brazil). *Hydrobiologia*, v. 457, p. 215-224.

- ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C.; VEIGA, C.C. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados associada às macrófitas aquáticas *Nymphoides indica* e *Azolla filliculoides* em dois lagos subtropicais (Rio Grande, RS, Brasil). **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 27, n. 3, p. 137-145.
- ALBERTONI, E.F.; PRELLVITZ, L.J.; PALMA-SILVA, C. 2007. Macroinvertebrate fauna associated with *Pistia stratiotes* and *Nymphoides indica* at subtropical lakes (South Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, n. 3, p. 499-507.
- BARBIERI, R.; ESTEVES, F.A. 1991. The chemical composition of some macrophyte species and implications for the metabolism of a tropical ecosystem – Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 213, p. 133-140.
- BARBIERI, R.; ESTEVES, F.A.; REID, J.W. 1984. Contribution of to aquatic macrophytes to the nutrient budget of Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. **Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Limnologie**, v. 22, p. 1631-1635.
- BIANCHINI, JR., I.; TOLEDO, A.P.P. 1998. Estudo da mineralização de *Nymphoides indica* (L.) Kuntze. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 8., 1998, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar. p. 41- 57.
- CAMARGO, A.F.M.; ISHII I.H.; ESTEVES, F.A. 1983. Liberação de compostos orgânicos e inorgânicos para a coluna d'água durante o processo de decomposição de duas espécies de macrófitas aquáticas tropicais. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 3., 1983, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar. p. 87-99.
- CORDAZZO, C.V.; SEELINGER, U. 1988. **Guia ilustrado da vegetação costeira do extremo sul do Brasil**. Rio Grande: Ed. da FURG. 275p.
- ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed Rio de Janeiro: Interciência. 602p.
- ESTEVES, F.A.; ISHI, I.H.; CAMARGO, A.F.M. 1984. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do litoral do estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L.D. et al. (Org.). **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. Niterói: CEUFF. p. 65-74.
- FUJITA, R.M.; WHEELER, P.A.; EDWARDS, R.L. 1989. Assessment of macroalgal nitrogen limitation in a seasonal upwelling region. **Marine Ecology Progress Series**, v. 53, p. 293-303.
- HELBING, U.W.; ESTEVES, F.A.; TILZER, M.M.; STABEL, H.H. 1986. Influência dos produtos de decomposição da macrófita aquática *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze, na composição química da água da represa do Lobo (Broa) – São Paulo. **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 1, p. 611-637.
- IRGANG, B.E.; GASTAL, C.V.S. 1996. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. Porto Alegre: Ed. dos autores. 290p.
- GERLOFF, G.C.; KROMBHOLZ, P.H. 1966. Tissue analysis as a measure of nutrient availability for the growth of angiosperm aquatic plants. **Limnology and Oceanography**, v. 11, p. 529-537.
- KADLEC, R.H.; KNIGHT, R.L. 1996. **Treatment wetlands**. Boca Raton: CRC Press. 893p.
- KNOPPERS, K. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed). **Coastal lagoon processes**. Amsterdam: Elsevier. p. 243-286. (Oceanography Series, 60).
- LAMMENS, E.H.R.R.; VAN DER VELDE, G. 1978. Observations on the decomposition of *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze (Menyanthaceae) with special regard to the leaves. **Aquatic Botany**, v. 4, p. 331-346.
- LINTHRUST, R.A.; REINOLD, R.J. 1978. An evaluation of methods for estimating net aerial primary productivity of estuarine angiosperms. **Journal of Applied Ecology**, v. 15, p. 919-931.
- MENEZES, C.F.S.; ESTEVES, F.A.; ANÉSIO, A.M. 1993. Influência da variação artificial do nível d'água da represa do Lobo (SP) sobre a biomassa e produtividade de *Nymphoides indica* (L.) Kuntze e *Pontederia cordata* L. **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 6, p. 163-172.
- PALMA-SILVA, C. 1998. Crescimento e produção de *Typha domingensis* Pers. na lagoa Imboassica. In: ESTEVES, F.A. **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: NUPEM/UFRJ. p. 205-220.
- PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F.; ESTEVES, F.A. 2000. *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. subject to drawdowns in a tropical coastal lagoon, State of Rio de Janeiro, Brazil. **Plant Ecology**, v. 148, p. 157-164.
- _____. 2002a. Clear water associated with biomass and nutrient variation during the growth of a Charophyte stand after a drawdown, in a tropical coastal lagoon. **Hydrobiologia**, v. 482, p. 79-87.
- _____. 2002b. The role of Charophytes primary production in a coastal lagoon subjected to human impacts (RJ, Brazil). **Acta Limnologia Brasiliensia**, v. 14, p. 59-69.
- _____. 2004. Charophytes as a reservoir of nutrients and energy in a tropical coastal lagoon subject to human impact (RJ, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3A, p. 479-487.
- POTT, V.J.; POTT, A. 2000. **Plantas aquáticas do pantanal**. Brasília: EMBRAPA. 404p.
- PRELLVITZ, L.J.; ALBERTONI, E.F. 2004. Caracterização temporal da comunidade de macroinvertebrados associada a *Salvinia* spp (Salviniaceae) em um arroio da planície costeira de Rio Grande, RS. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, n. 2, p. 213-223.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. 1995. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS. 174p.
- THOMAZ, S.M.; ESTEVES, F.A. 1984. Valores energéticos da biomassa de algumas espécies de macrófitas aquáticas. **Ciência e Cultura**, v. 38, p. 1691-1694.
- TRINDADE, C.R.T.; ALBERTONI, E.F.; PALMA-SILVA, C. 2004. Crescimento e preferência alimentar de *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae) em laboratório. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, n. 1, p. 51-60.
- VIEIRA, E.F. 1983. **Rio Grande. Geografia Física, Humana e Econômica**. Porto Alegre: Sagra. 158p.
- WÜRDIG, N.L.; ALBERTONI, E.F.; OZORIO, C.P.; WIEDENBRUG, S.; RODRIGUES, G.S. 1998. The influence of environmental parameters in the structure of the benthic community in coastal lagoons of Rio Grande do Sul, Brazil. **Verhandlungen der Internationale Vereinigung für Limnologie**, v. 26, n. 3, p. 1514-1517.