MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

ESTUDOS ECO-FISIOLÓGICOS DE *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE) EM AMBIENTES COM DIFERENTES NÍVEIS DE ALAGAMENTO

Ubiracy Allan Sousa Magalhães

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais para obtenção do Título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Rio Grande, Dezembro de 2007.

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

ESTUDOS ECO-FISIOLÓGICOS DE *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE) EM AMBIENTES COM DIFERENTES NÍVEIS DE ALAGAMENTO

Ubiracy Allan Sousa Magalhães

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais para obtenção do Título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Orientadora: Drª Ioni Gonçalves Colares

Rio Grande, Dezembro de 2007.

Aos meus pais, Ubirahi e Penha,
exemplos de vida, luta e amor.
DEDICO E OFEREÇO

Aos meus irmãos, Aline e Diogo,
à minha linda sobrinha e afilhada
Julia e à toda minha família.
MINHA HOMENAGEM

“De tudo ficam três coisas:
a certeza de que estamos sempre começando,
a certeza de que precisamos continuar,
a certeza de que seremos interrompidos antes de terminar.
Portanto devemos:
fazer da interrupção um caminho novo,
da queda, um passo de dança,
do medo uma escada...
do sonho, uma ponte,
da procura, um encontro”

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela oportunidade oferecida ao desenvolvimento deste trabalho.

À FAPERGS pela concessão da bolsa.

Ao Departamento de Ciências Morfo-biológicas pela utilização das instalações para o desenvolvimento do trabalho.

À Profª Drª Ioni Gonçalves Colares, pela orientação deste e de outros trabalhos, pelo apoio dado ao término do curso e pelo estímulo e amizade em todos esses anos.

A todos os professores do PGBAC pelos ensinamentos oferecidos ao longo da realização do curso.

A todos os funcionários do DCMB e do PGBAC que contribuíram para a realização deste trabalho.

À técnica bióloga Eonice, pela amizade e colaboração.

Ao técnico biólogo Fernando, pelos serviços prestados e ajuda em campo.

A todos colegas do PGBAC pela amizade nesse período de nossas vidas.

À Lena, pelas sugestões para a melhoria do trabalho, pelo amor, confiança, amizade e convívio.

Ao amigo biólogo Antonio pela amizade, companheirismo e ajuda nesses muitos anos, desde a graduação.

Ao amigo biólogo Leonardo pela amizade e companheirismo.

A todos aqueles que, de uma forma ou outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

ESTUDOS ECO-FISIOLÓGICOS DE *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE) EM AMBIENTES COM DIFERENTES NÍVEIS DE ALAGAMENTO

Autor: Ubiracy Allan Sousa Magalhães

Orientadora: Drª Ioni Gonçalves Colares

RESUMO

As plantas aquáticas possuem diferentes graus de colonização, com ampla adaptação em diversas condições ambientais. Seu rápido crescimento populacional e as elevadas produções de biomassa favorecem a ocupação de diversas áreas. *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze propaga-se por sementes ou por pedaços de rizoma. Este trabalho teve o objetivo de comparar duas populações de *Nymphoides indica* presentes no município de Rio Grande – RS, crescendo em dois lagos distintos: um perene (Lago I) e outro intermitente (Lago II). Para isso, foram realizados experimentos de viabilidade e germinação de sementes nas duas populações de plantas testando as condições ambientais: (1) capacidade de campo – CC, na qual o substrato é mantido saturado; (2) inundado, no qual o substrato é mantido com água acima de 1,5 cm de altura. O crescimento foi avaliado através de medidas mensais de sua biomassa, medidas biométricas de folhas e pecíolos, estimativas de produtividade primária e as concentrações de nitrogênio e fósforo da parte aérea nas duas populações. A viabilidade das sementes diminuiu quanto maior era sua idade, alcançando aos 365 dias de idade 12 e 16% de viabilidade nos Lagos I e II, respectivamente. As sementes do Lago I mostraram porcentagem maior comparada às sementes do Lago II. As sementes do tratamento CC nos dois Lagos mostraram maior porcentagem de germinação. Ainda, as sementes com 0 e 30 dias de idade nos dois Lagos e nos dois tratamentos (CC e IN) obtiveram as maiores porcentagens de germinação e taxas de germinação e os menores “Lag Time” e MTG. Adicionalmente, as sementes do Lago II, no tratamento IN, a porcentagem de germinação diminuía consideravelmente com a idade e aos 180 e 365 dias de idade não germinou nenhuma semente. Os comprimentos dos pecíolos nos dois Lagos acompanharam o nível de água. As folhas no Lago II não apresentaram diferença em seu diâmetro. A biomassa aérea foi sempre maior no Lago I e a subterrânea e total maior no Lago II na primeira metade do período amostral, invertendo os valores a partir de setembro de 2006. A

produtividade primária nos dois Lagos seguiu o mesmo padrão, porém houve um pico de produção no Lago I em dezembro de 2006. Os teores de cinzas e de carbono nos Lagos também se mantiveram similares ao longo do período de coleta. Os teores de N e P no Lago I mostraram uma acentuada queda nos meses quentes e o Lago II mostrou um padrão inverso, aumentando os teores de N e P no verão. Com esses resultados pode-se inferir que a espécie parece se adaptar em diferentes ambientes (alagados e secos), adotando estratégias distintas para cada local, tanto em suas características germinativas, quanto em sua forma de crescimento e alocação de recursos.

ECHO-PHYSIOLOGICAL STUDIES OF *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE) IN ENVIRONMENTS WITH DIFFERENTS FLOOD LEVELS

Autor: Ubiracy Allan Sousa Magalhães

Guide: Drª Ioni Gonçalves Colares

ABSTRACT

Aquatic plants have several levels of colonization, with high adaptation in different environment conditions. Its fast populational growth and high biomass production, besides seed or rhizome pieces reproduction support the occupation of several areas by *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze. The aim of this work was to compare two populations of *N. indica* from Rio Grande – RS, growing in two distinct lakes: a perennial lake (permanently flood – Lake I) and another "intermitly" (once in a while flood – Lake II). We performed viability and germination of seeds experiments into those two populations of plants (in field capacity – FC and flood – FL). The growth were evaluated through monthly quantity of your biomass, biometrics quantity of leafs and petioles primary productivities estimations and the concentrations of nitrogen and phosphorus from the aerial part at those two populations. The viability of the seeds diminish with its age, being always bigger at the seeds from the Lake I. Seeds 365 days old had viability of 12 and 16%, respectively, to the Lakes I and II. The seeds from the FC treatment in both Lakes showed bigger percentage of germination. Seeds 0 and 30 days old in both Lakes and treatments (FC and FL) had the biggest percentages of germination, rate of germination, lower "Lag Time" and MTG. Seeds from Lake II, in FL treatment, had an elevated reduction at the percentage of germination, with no germination at 180 and 365 days old. Native plants from Lakes I and II present different answers of growth, with the length of the petiole accompanying the level of water in both Lakes. The aerial biomass of the plants were always bigger at Lake I, while subterranean biomass and total were bigger at Lake II. The primary productive at both Lakes followed the some model, however there was peak of production in Lake I in December of 2006. the tenors of ashes and carbons at the Lakes also maintained similar along the collect period. The tenors of N and P at Lake I showed an accentuated fall at warm mouths and the Lake II showed an inverse model, high the tenors of N and P at the summer. With those results you can infer that the species sounds to adaptate in different

environments (permanently or once in a while flood), adopting distinct strategies to each local, as many its germinative characteristics, regarding its form of growth and allocate of resources.

SUMÁRIO

RESUMO vi

ABSTRACT..... viii

LISTA DE TABELAS ……..…….. xii

LISTA DE FIGURAS.....xiii

1 - **INTRODUÇÃO GERAL** ……..……..... 1
1.1 Área de estudo 5

2 - **INFLUÊNCIA DE ALAGAMENTO SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE)**..... 8
2.1 Introdução..... 8
2.2 Material e Métodos..... 9
2.2.1 Obtenção de sementes..... 9
2.2.2 Viabilidade e longevidade das sementes..... 11
2.2.3 Germinação das sementes em laboratório..... 11
2.2.4 Análise dos dados..... 12
2.3 Resultados..... 12
2.4 Discussão..... 17

3 - **CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ALAGAMENTO**..... 20
3.1 Introdução..... 20
3.2 Material e Métodos..... 21
3.2.1 Caracterização abiótica..... 21
3.2.2 Crescimento de *Nymphoides indica*..... 21
3.2.3 Análise dos dados..... 23

3.3 Resultados..... 23
3.3.1 Caracterização abiótica..... 23
3.3.2 Crescimento de *Nymphoides indica*..... 24
3.4 Discussão..... 32

4 - **CONCLUSÃO GERAL**.....38

5 - **BIBLIOGRAFIA**.....41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Germinação de sementes de *Nymphoides indica* oriundas dos Lagos I e II nos dois tratamentos. TG = Taxa de germinação, LT = “Lag Time” e MTG = tempo médio de germinação 16

Tabela 2 - Biomassa das estruturas morfológicas de *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. BF – folhas; BP – pecíolo; BI – inflorescência; BR – raiz; BRiz – rizoma..... 28

Tabela 3 - Valores de biomassa aérea (BA), biomassa subterrânea (BS) e relação biomassa subterrânea: biomassa aérea (BS:BA) de *Nymphoides indica* nos Lagos I e II no período amostral..... 29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica dos locais de coleta onde se encontram os Lagos I e II..... 6

Figura 2 - Lago I – Campus Carreiros (FURG)..... 7

Figura 3 - Lago II – Via 1, próximo à estrada do Bolaxa..... 7

Figura 4 - Aquário para obtenção de sementes de *Nymphoides indica* dos Lagos I e II..... 10

Figura 5 - Viabilidade das sementes de *Nymphoides indica* estocadas em laboratório no período de um ano. Barras brancas – Lago I; Barras cinzas – Lago II..... 13

Figura 6 - Germinação de sementes de *Nymphoides indica* em diferentes dias de idade para o Lago I e II. Temperatura de 30ºCD/25ºCN e fotoperíodo de 12hL/ 12hE. Quadrado – CC; Triângulo – IN. A) Sementes com 0, 30 e 60 dias de idade; B) Sementes com 90, 180 e 365 dias 14, 15

Figura 7 - Temperatura do ar (linha preta) e pluviosidade (linha cinza) na cidade de Rio Grande no período amostral de março de 2006 a fevereiro de 2007 26

Figura 8 - Valores de temperatura da água (linha preta) e profundidade da coluna d'água (linha cinza) no período amostral de março de 2006 a fevereiro de 2007 nos Lagos I e II..... 26

Figura 9 - Medidas biométricas de *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. Diâmetro foliar LI – barra branca; diâmetro foliar LII – barra cinza; comprimento do pecíolo LI – quadrado; comprimento do pecíolo LII – triângulo 27

Figura 10 - Valores de biomassa total de *Nymphoides indica* nos Lagos I (quadrado) e II (triângulo) durante o período amostral 27

Figura 11 - Valores de produtividade primária (PPL) de *Nymphoides indica* nos Lagos I (quadrado) e II (triângulo) durante o período amostral 27

Figura 12 - Teores de cinzas em *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. Acima do eixo x, cinzas das estruturas aéreas; abaixo do eixo x, cinzas das estruturas subterrâneas..... 30

Figura 13 - Teores de carbono em *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. Acima do eixo x, carbono das estruturas aéreas; abaixo do eixo x, carbono das estruturas subterrâneas..... 30

Figura 14 - Teores de Nitrogênio e Fósforo de *Nymphoides indica*. Barra branca – P Lago I; barra cinza – P Lago II; triângulo – N Lago I; quadrado – N Lago II..... 31

Figura 15 - Características morfológicas de *N. indica*. A – Lago I; B – Lago II..... 37

1. INTRODUÇÃO GERAL

A propagação das macrófitas aquáticas é dada por sementes e/ou propágulos vegetativos. Plântulas e plantas originadas de propágulos vegetativos diferem na quantidade de material estocado, inicialmente viável para o crescimento. Conseqüentemente, o estabelecimento das plântulas originadas de sementes ou de propágulos vegetativos podem sobreviver sob diferentes condições ambientais (Mason & van der Valk, 1992). Algumas sementes germinam de maneira irregular ao longo do período. Dessa forma, as plantas emergem em tempos diferentes e parte da progênie evita as condições climáticas desfavoráveis e uma herbivoria severa (Larcher, 2000), visto que a germinação de sementes é o estágio mais crítico na vida da planta e, portanto, na sobrevivência da espécie (Metiever, 1986).

O número de sementes produzidas pelas plantas aquáticas variam, amplamente, ao longo do tempo e de local para local (Thayer & Fonseca, 1985). Essas, caem da planta mãe como frutos, cujo tipo mais comum é um aquênio, formado pelo endurecimento da parede de um carpelo individual. Menos comum é o fruto que mantém o epicarpo e o mesocarpo moles, servindo de potencial alimento para animais, enquanto a parte interna ou endocarpo é endurecido, protegendo a semente (Hutchinson, 1975).

Muitos autores têm demonstrado que condições adversas são prejudiciais no que se refere a viabilidade de sementes e ao conseqüente sucesso no processo germinativo das macrófitas aquáticas (Greenwood & Dubowy, 2005; Ke & Li, 2006; Nielsen *et al*., 2006). Aspectos como a necessidade de exposição à seca ou a necessidade de luz ou de escuro são importantes para a germinação de sementes (Hutchinson, 1975). Para algumas espécies de macrófitas aquáticas, flutuações no nível de água, com um período de seca e o subseqüente alagamento, são importantes para o sucesso da germinação e sobrevivência das plântulas (Shibayama & Kadono, 2007b). Temperatura também é um fator muito importante para a germinação de sementes. Algumas espécies germinam melhor quando inicialmente são estocadas em baixas temperaturas e, posteriormente, submetidas a altas temperaturas (Koch & Seeliger, 1988). No entanto, as condições de

coleta e de estocagem e o estado de desenvolvimento das sementes são de grande importância para o sucesso da germinação em condições de laboratório.

Macrófitas aquáticas têm fundamental importância ecológica. As folhas, os caules, os rizomas e as raízes formam um habitat estruturalmente complexo, com um efeito estabilizador sobre o substrato do fundo, retendo os sedimentos e retardando a erosão (Seeliger 1997). Alterações do nível de água com a conseqüente exposição da região litorânea são comuns em ecossistemas aquáticos naturais e em reservatórios (Pierini *et al*., 2006). A profundidade da coluna de água e o tamanho da folha parecem estar diretamente relacionados às macrófitas aquáticas especialmente àquelas que possuem folhas flutuantes (Sinden-Hempstead & Killingbeck, 1996). As ninféias possuem folhas que flutuam essencialmente na superfície da água e, portanto, possuem um efeito de competição vigorosa por luz, particularmente devido a sua capacidade de cobrir a superfície d'água quase completamente (Brock *et al*., 1983a). Estas, ainda são capazes de explorar diferentes profundidades de água devido a ajustes morfológicos e fisiológicos na quantidade e eficiência dos tecidos fotossintéticos (Mason & van der Valk, 1992). Dessa forma, as plantas aquáticas possuem diferentes graus de colonização, com ampla adaptação em diversas condições ambientais (Domingos *et al*, 2005). O rápido crescimento populacional e as elevadas produções de biomassa (Esteves, 1998), juntamente com o crescimento do rizoma, têm um papel fundamental nessa colonização, possibilitando que a planta colonize áreas adjacentes (Haraguchi, 1996).

As macrófitas aquáticas de regiões temperadas apresentam sazonalidade no crescimento e biomassa devido às trocas nas condições ambientais (Duarte, 1989; Duarte & Sand-Jensen, 1990; Duarte, 1991). Em ecossistemas lacustres de regiões tropicais, os valores de biomassa e de produtividade primária, com freqüência, são superiores aos encontrados na comunidade fitoplanctônica. O estudo da produtividade primária é de extrema importância principalmente pelo fato de ser um processo diretamente relacionado ao fluxo de energia e à ciclagem de nutrientes (Menezes *et al*, 1993). O crescimento de macrófitas de água doce é freqüentemente limitado pela disponibilidade de nutrientes essenciais como fósforo e nitrogênio, principalmente durante a estação de ativo crescimento (Mitchell, 1974). A acumulação desses nutrientes, aceleram a sua ciclagem nos sistemas aquáticos (Brock *et al*., 1983b), principalmente em ambientes rasos, com variações no nível da

coluna d'água (Barbieri & Esteves, 1991). Além disso, a importância não está relacionada apenas na absorção de nutrientes pelas raízes e/ou folhas, mas também pela translocação, liberadas por plantas saudáveis, por processos de decomposição e por troca de elementos dentro da complexa interação macrófita/perifíton (Killingbeck, 1996). Barbieri & Esteves (1991) mostraram que em algumas espécies as maiores fontes de nitrogênio e de fósforo encontram-se no sedimento. Do ponto de vista ecológico, esse processo é de extrema importância, pois as macrófitas aquáticas podem evitar a competição por nutrientes com outros produtores primários da zona litoral de lagos, como o fitoplâncton e o perifíton.

Nymphoides é um gênero com 22 espécies de plantas aquáticas de distribuição cosmopolita. São plantas herbáceas, perenes ou raras vezes anuais, de folhas flutuantes que crescem em corpos de água doce permanentes ou temporários. Possuem folhas de consistência coriácea, com aerênquima bem desenvolvido e um parênquima paliçádico com várias células (Martinez & Gómez, 2006). São consideradas ervas flutuantes fixas, com rizomas longos e flores emergentes ou flutuantes na superfície d'água (Van der Velde & Brock, 1980). A espécie *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze é perene sendo encontrada na Ásia Oriental, África, Austrália e América do Sul. Propaga-se por sementes ou por pedaços de rizoma com folha, podendo formar uma nova planta (Pott & Pott, 2000). Desenvolve inflorescências emergentes de cor branca, sendo que se observa a antese de uma a três flores por dia. Possui duas morfologias distintas nas flores, com estiletes longos e curtos, geneticamente determinados para cada planta. A polinização é requerida em ambas morfologias florais para a formação de sementes (Shibayama & Kadono, 2003b, Shibayama *et al*., 2006). Após a polinização, o pedúnculo floral se curva, ocorrendo o desenvolvimento do fruto submerso (Pott & Pott, 2000), que é uma cápsula indeiscente com várias sementes de 1 mm de comprimento (Cook *et al.*, 1974, Joly, 1976). Com suas folhas flutuantes e inflorescências vistosas e sua distribuição em ambientes de água doce, vem sendo amplamente utilizada como ornamental em tanques e lagos. A espécie tem sido utilizada também como forrageira para o gado, na alimentação de peixes em tanques de cultivo, ou ainda para uso medicinal como digestiva, tônica, vermífuga e antitérmica (Pott & Pott, 2000). Possui um rápido crescimento e funciona como um substrato para o desenvolvimento de algas epífitas, além de suas folhas, flores e frutos servirem de alimentação para diversos organismos.

Apesar de sua importância ecológica e econômica, poucos estudos relacionados à sua biologia foram realizados, especialmente para as populações de *N. indica* no município de Rio Grande – RS. A viabilidade e longevidade de suas sementes, requisitos para a germinação, estabelecimento das plântulas, variação e alocação de biomassa e de nutrientes, são aspectos que ainda precisam ser estudados. Sendo assim, o presente estudo foi dividido em capítulos, visando a responder ao seguinte objetivo geral: comparar duas populações de *Nymphoides indica* presentes no município de Rio Grande – RS, crescendo em dois lagos com diferentes níveis de alagamento: um perene (constantemente alagado) e outro intermitente (esporadicamente alagado). Em cada capítulo, serão avaliados os seguintes objetivos específicos: 1) determinar a viabilidade e a longevidade das sementes de *N. indica* em duas populações diferentes; 2) avaliar a germinação de sementes: na capacidade de campo e em condições de alagamento; 3) estimar o crescimento das plantas em cada ambiente, assim como a sua produtividade primária; 4) determinar a alocação de biomassa e de nutrientes nas duas populações.

1.1. Área de estudo

O clima da região sul do Estado do Rio Grande do Sul é temperado quente, com invernos frios e chuvosos e verões secos e quentes (Vieira, 1983). Para a realização deste estudo, foram selecionados dois lagos distantes entre si 5,8 km, possuindo características fisionômicas distintas: o Lago I perene (constantemente alagado) e Lago II intermitente (esporadicamente alagado) (figura 1). Em ambos os Lagos, observa-se a presença da macrófita aquática *Nymphoides indica.*

O Lago I (32º04' S, 52º09' W), perene, está localizado no Campus Carreiros da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande – RS (figura 2). Possui uma área aproximada de 5000 m^2 com profundidade máxima de 176 cm. Sua região litorânea pode ficar exposta em períodos secos e quentes do ano, visualizando-se o fundo arenoso (figura 1). A espécie *N. indica* tem sua distribuição restrita à região litorânea do Lago I, mas em determinados períodos do ano a biomassa de plantas tende a cobrir toda a superfície livre do Lago. Próximo ao Lago I, observa-se a presença de outros lagos com características similares, também ocupados com populações de *N. indica*.

O Lago II (32º08’ S, 52º09’ W), intermitente, localiza-se na Via 1, próxima à estrada do Bolaxa, município de Rio Grande – RS (figura 3). Com uma profundidade máxima de 108 cm e uma área total de 120 m^2, é um pequeno lago artificial, muito dependente do regime de chuvas da região. Por esse motivo, encontra-se seco por vários meses ao longo do ano (figura 1). É um lago isolado, localizado próximo a uma área de criação de gado, sofrendo influência direta da movimentação dos animais, com constante perturbação devido ao pisoteio e à herbivoria. Nas proximidades do Lago II, não são observados outros lagos, o que implica o isolamento da população de *N. indica* de outras populações. Sua distribuição abrange toda a área do Lago II, e, durante os meses de seca, a espécie apresenta folhagem em roseta fechada junta ao sedimento, conferindo à espécie adaptação a fase terrestre (Menezes *et al.*, 1993).

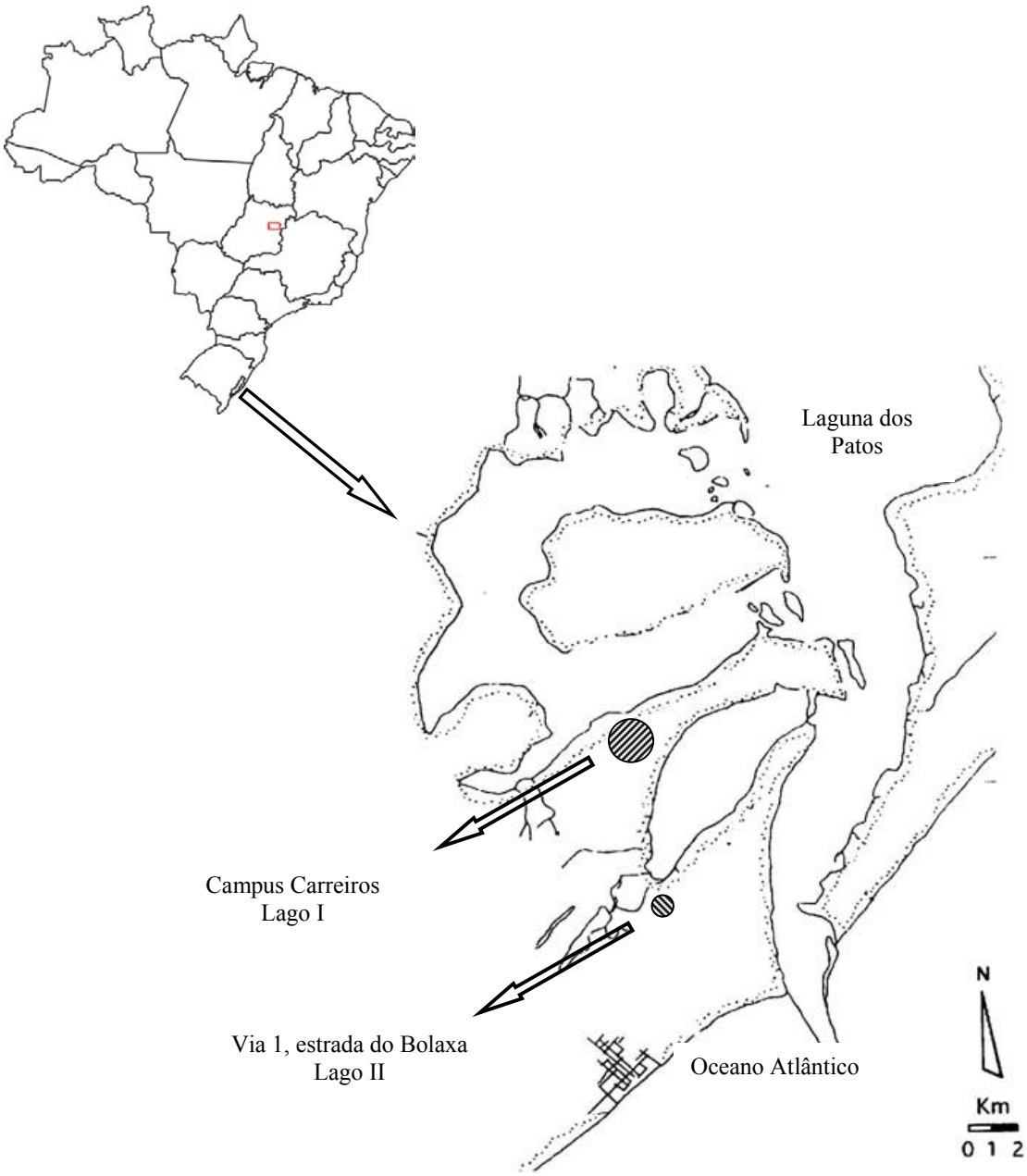

Figura 1: Localização geográfica dos locais de coleta onde se encontram os Lagos I e II.

Figura 2: Lago I – Campus Carreiros (FURG).

Figura 3: Lago II – Via 1, próximo à estrada do Bolaxa.

2. INFLUÊNCIA DE ALAGAMENTO SOBRE A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE)

2.1. Introdução

As condições em que as sementes de plantas aquáticas germinam na natureza são de suma importância para sua ecologia (Titus & Hoover 1991). No entanto, o sucesso da colonização por sementes é influenciado por sua dispersão, pela dinâmica do banco de sementes, pelas taxas de germinação e pelas condições físicas e químicas necessárias para a germinação (Nielsen *et al*., 2006).

O processo germinativo de macrófitas aquáticas pode ser controlado pelo efeito conjugado de diversos fatores ambientais, como temperatura, fotoperíodo, salinidade, presença de oxigênio ou condições anóxicas os quais podem resultar em efeitos sinérgicos ou antagônicos sobre a germinação (Orth & Moore 1983, Ungar 1995). As sementes são essenciais não só para a manutenção das populações anuais, mas também para a conservação da diversidade genética dentro das populações e como agente de dispersão (Orth & Moore 1983, Koch & Seeliger 1988). Em relação à ecologia da germinação, é de interesse examinar os fatores que envolvem o início do processo germinativo (Smits *et al*., 1990). Segundo Larcher (2000), algumas sementes germinam de maneira irregular ao longo do período. Dessa forma, as plantas emergem em tempos diferentes e parte da progênie evita as condições climáticas desfavoráveis como também uma herbivoria severa.

A espécie *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze é perene, sendo nativa da Ásia tropical e da Austrália, porém pode ser encontrada nas Américas, incluindo o Brasil (Soares, 2006). Propaga-se por sementes ou por pedaços de rizoma com folha, onde forma uma nova planta (Pott & Pott, 2000). Desenvolve inflorescências emergentes de cor branca e se observa a antese de uma a três flores por dia. Possui duas morfologias distintas nas flores com estiletes longos e curtos geneticamente determinados para cada planta. A polinização é requerida em ambas morfologias florais para a formação de sementes (Shibayama &

Kadono, 2003a,b). É uma planta heterostílica com hercogamia e apresenta auto-incompatibilidade e intramorfo-incompatibilidade (Shibayama & Kadono, 2003b, 2007a, Shibayama *et al*., 2006). Após a polinização, o pedúnculo floral se curva e ocorre o desenvolvimento do fruto submerso (Pott & Pott 2000), uma cápsula indeiscente, com várias sementes de 1 mm de comprimento (Cook *et al.* 1974, Joly 1976). Possui um rápido crescimento e funciona como substrato para o desenvolvimento de algas epífitas, além de suas folhas, flores e frutos servirem de alimentação para diversos organismos. Devido a grande importância das sementes no processo de dispersão e estabelecimento das plântulas, o objetivo deste trabalho foi determinar a viabilidade das sementes de *N. indica*, assim como sua germinação em capacidade de campo e em condições inundadas.

2.2. Material e métodos

2.2.1. Obtenção de sementes

Plantas inteiras com frutos maduros foram coletadas nos Lagos I e II (figuras 2 e 3) em abril de 2006, com o auxílio de uma pá, suspendendo-se o sedimento até uma profundidade de 20 cm para a obtenção da parte subterrânea (Menezes *et al.*, 1993). As plantas selecionadas em campo foram colocadas em bandejas plásticas e mantidas úmidas. No laboratório de Botânica da FURG, as plantas foram lavadas manualmente em água corrente para retirar quaisquer partes que estivessem em processo de decomposição, assim como sedimento e detritos.

Para obtenção das sementes, as plantas foram colocadas em um aquário (60x35x25 cm) preenchido com água filtrada do Lago I que era trocada semanalmente para garantir a disponibilidade de nutrientes às plantas (figura 4). Foi utilizada uma tela de nylon, dividindo o aquário em dois para separar as populações de plantas oriundas dos Lagos I e II. A coleta das sementes foi feita somente em frutos que já estavam formados no momento da retirada das plantas do ambiente natural. Telas de nylon também foram colocadas no fundo do aquário para facilitar a retirada das sementes caídas dos frutos. A observação da queda das sementes foi realizada diariamente, definindo a idade das mesmas. A seguir, foram acondicionadas a frio (4ºC) no escuro, em frascos contendo água destilada para posteriores testes.

Figura 4: Aquário para obtenção de sementes de *Nymphoides indica* dos Lagos I e II.

2.2.2. Viabilidade e longevidade das sementes

Lotes de 25 sementes aleatoriamente escolhidas com 0, 30, 60, 90, 180 e 365 dias de idade foram submetidas ao teste com a solução de 0,2% de 2,3,5-triphenil tetrazolium chloride, num período de 2 horas a 40°C, em condições de escuro (Silva, 1994) para testar sua viabilidade.

2.2.3. Germinação das sementes em laboratório

Batista & Colares (2005) mostraram uma baixa porcentagem de germinação nas sementes de *N. indica* em condições de escuro. Com isso, neste estudo, a germinação de sementes foi testada em câmara de germinação, utilizando lâmpadas fluorescentes brancas frias como fonte de luz, com irradiância de 230 $\mu molm^{-2}s^{-1}$. A temperatura utilizada foi de 30ºCD/25ºCN, com fotoperíodo de 12h luz/ 12h escuro, que mostrou melhores taxas de germinação em testes preliminares.

Para cada teste de germinação, foram utilizadas sementes com 0, 30, 60, 90, 180 e 365 dias de idade, limpas com uma solução de etanol 96%, com pH 2 e posteriormente com água destilada a fim de evitar a formação de fungos e de bactérias (Seeliger *et al*., 1984). Foram utilizados dois tratamentos: um inundado (IN) e outro com capacidade de campo (CC - 70% de umidade). Para o tratamento inundado, o substrato foi mantido com água acima de 1,5 cm (Ye *et al*., 1998); enquanto, em capacidade de campo, o substrato foi regado diariamente com água destilada com o objetivo de mantê-lo úmido. Os substratos utilizados nos experimentos foram obtidos nos próprios locais de coleta das plantas, lavados e secos em estufa a uma temperatura de 80ºC por 72h. Nos dois tratamentos, foram usadas 25 sementes em 4 réplicas. Estas, colocadas na superfície do substrato e distribuídas aleatoriamente em potes de polietileno transparentes, preenchidos com 5 cm de substrato. A semente foi considerada germinada quando a radícula emergiu da testa (Ke & Li, 2006). O experimento foi avaliado diariamente durante 30 dias.

2.2.4. Análise dos dados

Os resultados de germinação são apresentados em porcentagem total de germinação (GT), e as taxas de germinação (TG) foram calculadas segundo Mugnisjam & Nakamura, 1986 *apud* Cordazzo & Davy, 1997: TG = (100/∑Ni). ∑ (Ni/Ti), onde *Ti* é o dia após iniciar a germinação e *Ni*, o número de sementes germinadas no dia *Ti*. O "Lag Time" (tempo inicial para a germinação da primeira semente) também foi calculado. O tempo médio de germinação (MTG) foi calculado utilizando a equação: MTG = ∑ (n x d) / N, onde *n* é o número de sementes germinadas em um intervalo de tempo, *d* é o período de incubação, em dias, no momento da germinação e *N* é o número total de sementes germinadas no tratamento (Brenchley & Probert, 1998). Para as análises estatísticas, foi utilizado o pacote estatístico livre 'R'. Os dados de germinação foram transformados em valores angulares (arco seno √%) e aplicados uma ANOVA simples seguida de análise de contrastes, através do teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de significância para verificar diferenças no percentual e taxa de germinação das sementes nos diferentes tratamentos.

2.3. Resultados

Os testes de viabilidade das sementes mostraram nos dois Lagos, até os 30 dias de idade (escuro a 4ºC), uma viabilidade acima de 70%. Esses valores diminuíram até os 365 dias de idade, chegando a 12 e 16% nos Lagos I e II, respectivamente (figura 5).

No lago I, as sementes do tratamento CC de 0 e 30 dias de idade mostraram uma alta porcentagem de germinação (81% ambas) (figura 6) e altas taxas de germinação (9,80 ± 2,01 e 8,83 ± 3,21, respectivamente) (tabela 1). Ao serem submetidas ao tratamento IN, as sementes do Lago I, de 0 e 30 dias de idade, apresentaram um menor percentual de germinação (46 e 49%, respectivamente) (figura 6) com altas taxas de germinação (8,91 ± 1,67 e 8,12 ± 1,97, respectivamente). Em ambos os tratamentos, sementes com 0 e 30 dias de idade apresentaram os menores valores de "Lag Time" (tabela 1). A partir dos 60 dias de idade, a porcentagem de germinação não ultrapassou os 30% em ambos os tratamentos, com menor germinação em IN (figura 6). O MTG das sementes com 0 dias de idade foi menor que 10 dias em ambos os tratamentos. Sementes com 365 dias de idade tiveram um MTG = 15 dias no tratamento CC (tabela 1).

Para o Lago II, as sementes do tratamento CC não ultrapassaram 31% de germinação (figura 6). Sementes com 0 e 30 dias de idade não diferiram entre si ($p>0,05$), mostrando maiores taxas de germinação (9,04 ± 1,69 e 9,02 ± 2,06 respectivamente) (tabela 1). No tratamento IN, as sementes de 0 e 30 dias de idade não diferiram entre si ($p>0,05$) (figura 6) com maiores taxas de germinação (8,77 ± 1,48 e 8,09 ± 1,53 respectivamente) (tabela 1). Também com 0 e 30 dias de armazenamento, para ambos tratamentos foi encontrado o menor "Lag Time" (tabela 1). Quanto maior a idade das sementes nos dois tratamentos, a porcentagem de germinação diminuiu consideravelmente, não germinando nenhuma semente no tratamento IN com sementes de 180 e 365 de idade (figura 6). O MTG das sementes com 0 dias de idade também foi menor que 10 dias em ambos os tratamentos e no tratamento IN com 180 dias de idade maior que 19 dias (tabela 1).

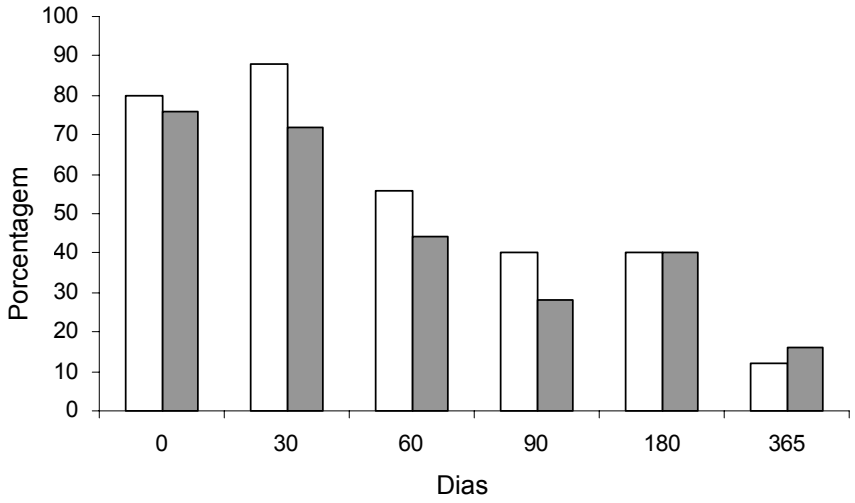

Figura 5: Viabilidade das sementes de *Nymphoides indica* estocadas em laboratório no período de um ano. Barras brancas – Lago I; Barras cinzas – Lago II.

A

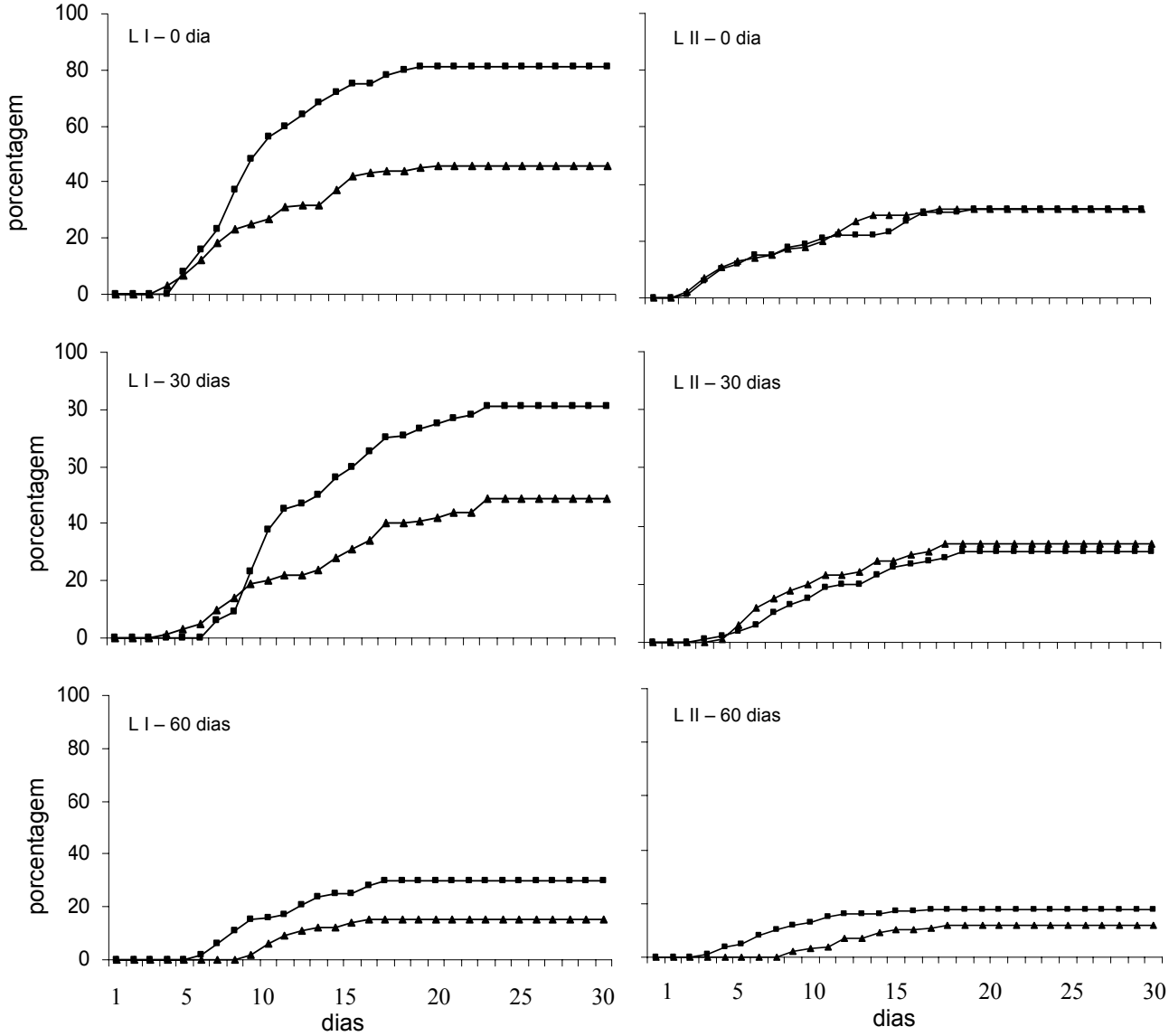

Figura 6: Germinação de sementes de *Nymphoides indica* em diferentes dias de idade para os Lagos I e II. Temperatura de 30ºCD/25ºCN e fotoperíodo de 12hL/ 12hE. Quadrado – CC; Triângulo – IN. A) Sementes com 0, 30 e 60 dias de idade; B) Sementes com 90, 180 e 365 dias.

B

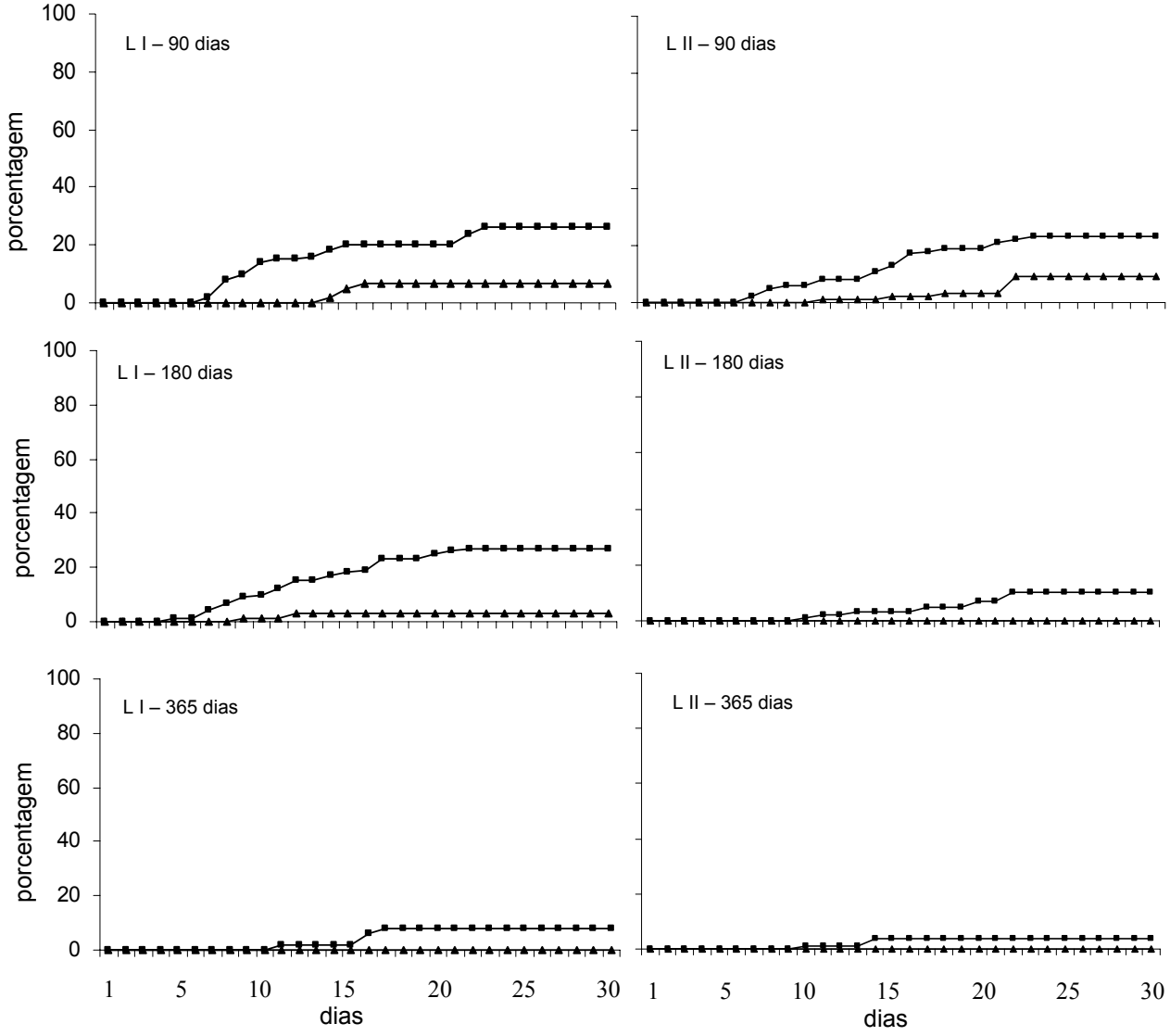

Figura 6: Germinação de sementes de *Nymphoides indica* em diferentes dias de idade para os Lagos I e II. Temperatura de 30ºCD/25ºCN e fotoperíodo de 12hL/ 12hE. Quadrado – CC; Triângulo – IN. A) Sementes com 0, 30 e 60 dias de idade; B) Sementes com 90, 180 e 365 dias.

Tabela 1: Germinação de sementes de *Nymphoides indica* oriundas dos Lagos I e II nos dois tratamentos. TG = Taxa de germinação, LT = "Lag Time" e MTG = tempo médio de germinação.

	Capacidade de Campo						**Inundado**					
	TG		**LT**		**MTG**		**TG**		**LT**		**MTG**	
Dias	**LI**	**LII**	**LI**	**LII**	**LI**	**LII**	**LI**	**LII**	**LI**	**LII**	**LI**	**LII**
0	9,80 ± 2,01 [a]	9,04 ± 1,69 [a]	4	3	9,6	9,5	8,91 ± 1,67 [a]	8,77 ± 1,48 [a]	3	3	9,8	8,8
30	8,83 ± 3,21 [a]	9,02 ± 2,06 [a]	5	3	12,5	11,1	8,12 ± 1,97 [a]	8,09 ± 1,53 [a]	3	5	13,1	10,3
60	9,24 ± 2,22 [a]	8,66 ± 1,31 [a]	7	3	10,6	8,6	8,89 ± 2,70 [a]	6,37 ± 1,12 [a,b]	8	8	11,6	12,75
90	5,13 ± 0,75 [b]	5,17 ± 0,74 [b]	6	6	12,9	14,2	4,64 ± 1,06 [b]	4,39 ± 1,05 [b]	13	10	15	19,5
180	6,78 ± 1,22 [b]	5,22 ± 1,23 [b]	4	9	12,8	17,4	5,55 ± 1,21 [b]		8		11	
365	4,59 ± 0,99 [b]	5,36 ± 1,19 [b]	10	9	15	13						

Letras iguais ao longo das colunas indicam grupos homogêneos (p>0,05).

2.4. Discussão

A queda das sementes está relacionada com o amadurecimento do fruto, o que determina sua permanência na planta-mãe (Klips & Peñalosa, 2003). Em um banco de sementes transitório, dificilmente alguma semente viável está presente entre o final do período de germinação e o período de queda das sementes. Entretanto, em um banco de sementes persistente, encontra-se sementes com mais de um ano de idade (Smits *et al*., 1990). As sementes da macrófita aquática *Hottonia inflata* após 39 meses de armazenagem apresenta viabilidade de 93% sob condições inundadas (Baskin *et al*., 1996). Contudo, nesse estudo, nas sementes de até um ano de idade, armazenadas em condições de laboratório (escuro – 4ºC), houve uma perda significativa da viabilidade (figura 5). Em um banco de sementes, há variações de temperatura, profundidade da coluna de água e outros fatores ambientais ao longo dos anos que podem interferir na viabilidade das sementes. O frio constante no armazenamento pode estar interferindo na viabilidade e na capacidade de germinação das sementes de *N. indica*, já que Shibayama & Kadono (2007b) verificaram que parte das sementes de *N. indica* em um lago no Japão permanecem viáveis por mais de três anos enterradas no sedimento, possuindo, assim, um banco de sementes persistente.

Algumas macrófitas aquáticas alcançam germinação maior e mais rápida em condições de capacidade de campo do que inundadas (Lorenzen *et al*., 2000; Peterson & Baldwin, 2004; Liu *et al*., 2005; Shibayama & Kadono, 2007b). Sementes de *Hottonia inflata* e *Nymphoides peltata* apresentaram percentuais de germinação acima de 90% em capacidade de campo, sob condições de elevadas temperaturas (Baskin *et al.* 1996 e Nishihiro *et al*. 2004). Nesse estudo, as sementes de *N. indica* provenientes do Lago I , com 0 e 30 dias de idade, apresentaram percentuais de germinação maiores em capacidade de campo do que em condições inundadas. O alto percentual de germinação das sementes com 0 dia de idade está demonstrando que, ao caírem dos frutos, essas sementes estão prontas para germinar. Dessa maneira, o estabelecimento de um banco

de sementes persistente no Lago I pode ser controlado não só pelas características ambientais, mas também por respostas intrínsecas dessa população.

Muitas sementes de macrófitas aquáticas mostram uma porcentagem de germinação menor ou nula em condições inundadas do que em sedimentos não inundados (Smits *et al*., 1990; Baskin *et al.*, 1996; Boedeltje *et al.*, 2002; Nishihiro *et al*., 2004; Boar, 2006; Shibayama & Kadono, 2007b). Espécies de macrófitas aquáticas emergentes possuem requerimentos que promovem a germinação em solos expostos, prevenindo ou reduzindo a germinação quando inundadas ou enterradas (Lorenzen *et al*., 2000). Nessa pesquisa, nos dois Lagos estudados, quase todos os tratamentos IN tiveram porcentagem de germinação menor ou nula quando comparados aos tratamentos CC (figura 6), mostrando que a germinação de sementes de *N. indica* pode ser inibida com o aumento da coluna de água. Dessa forma, a distribuição da espécie na região litorânea do Lago I também pode estar relacionada com suas características no processo germinativo.

Temperaturas elevadas, maior tempo de exposição à luz e menor profundidade de soterramento são requerimentos evidenciados para a superação de dormência em sementes de *N. indica* (Batista & Colares, 2005). A macrófita aquática *Vallisneria natans* também apresenta maiores porcentagens de germinação em temperaturas de 25 a 35ºC na superfície do sedimento (Ke & Li, 2006). Nesse estudo, a temperatura de 30ºCD/25ºCN mostrou-se favorável para uma rápida germinação das sementes em ambos os tratamentos. No entanto, as maiores taxas de germinação, porcentagens de germinação e o menor MTG foram observados nas sementes do tratamento em capacidade de campo. Dessa maneira, é provável que sementes de *N. indica* possuam uma estratégia de dispersão no verão, em que temperaturas elevadas e o baixo nível de água no Lago I expõem a região litorânea, favorecendo o processo de germinação das sementes.

Muitas sementes podem perder a viabilidade durante exposição a condições adversas por um período de tempo prolongado (Greenwood & Dubowy, 2005). Dessa maneira, a diferença observada no padrão de germinação das sementes do Lago I comparado ao Lago II pode ser decorrente das características fisiográficas de cada ambiente. O Lago II, por ser intermitente, altamente dependente do regime de chuvas, e por sofrer perturbações devido ao pisoteio de gados, durante a fase seca, induz a um crescimento

diferenciado nas plantas de *N. indica*, que adquire uma forma terrestre. Situação similar foi observada na Represa do Lobo, em São Paulo, onde uma perturbação devido a quebra de uma barragem, levou o desenvolvimento da forma terrestre em *N. indica* (Menezes *et. al.* 1993).

Populações de *Luronium natans*, uma macrófita aquática com folhas flutuantes, têm seu ciclo reprodutivo por produção de sementes ou por reprodução vegetativa, altamente dependente da perturbação ambiental (Nielsen *et al*., 2006). De maneira semelhante, populações de *N. indica* no Japão apresentam uma diversidade genética menor em lagos alterados e perturbados antropogenicamente (Shibayama *et al*. 2006). Esses mesmos autores sugerem que o fenômeno "gargalo de garrafa" pode ter ocasionado níveis baixos de diversidade genética dessa população. Adicionalmente, considerando a habilidade de dispersão por sementes e/ou propágulos vegetativos, a ocorrência próxima de outros habitats com características similares, ocupados por populações de *N. indica*, pode ser necessária para manter a dispersão da espécie, bem como sua diversidade genética nas populações (Shibayama & Kadono, 2007a). Essa situação pode estar ocorrendo com a população do Lago I que se encontra rodeado por diversos lagos também ocupados por populações de *N. indica.* Essa proximidade entre os diferentes lagos pode estar permitindo a manutenção da diversidade genética nessa população. No Lago II, por sua vez, por se encontrar isolado e constantemente perturbado, a população de *N. indica* pode apresentar uma menor diversidade genética como observado em lagos no Japão por Shibayama *et al*. (2006). Dessa forma, apesar das diferentes respostas germinativas observadas entre as duas populações de *N. indica* oriundas dos Lagos I e II, a espécie parece se adaptar a diferentes ambientes em suas características genéticas no processo de germinação.

3. CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE *NYMPHOIDES INDICA* (L.) O. KUNTZE (MENYANTHACEAE) EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE ALAGAMENTO

3.1. Introdução

Macrófitas aquáticas têm fundamental importância ecológica. As folhas, os caules, os rizomas e as raízes formam um habitat estruturalmente complexo (Seeliger, 1997) com diferentes graus de colonização e ampla adaptação em diversas condições ambientais (Domingos *et al*, 2005). O rápido crescimento populacional e as elevadas produções de biomassa favorecem a ocupação de diversas áreas (Esteves, 1998). Em regiões temperadas, elas apresentam marcada sazonalidade no crescimento e na biomassa devido às trocas nas condições ambientais (Duarte, 1989; Duarte & Sand-Jensen, 1990; Duarte, 1991). Em ecossistemas lacustres de regiões tropicais, os valores de biomassa e de produtividade primária de macrófitas aquáticas freqüentemente são superiores aos encontrados na comunidade fitoplanctônica (Menezes *et al*., 1993).

A variação de biomassa nas macrófitas aquáticas é o fator primordial na determinação do nível de estocagem de nutrientes. Em locais com mudanças bruscas nas condições ambientais, a variação na biomassa afeta diretamente a estocagem de nutrientes (Esteves, 1998). A capacidade de acumular nitrogênio e fósforo e a habilidade para acelerar a ciclagem de nutrientes nos sistemas aquáticos são duas das propriedades mais importantes das macrófitas, essenciais para seu crescimento e manutenção de outros organismos (Brock *et al*., 1983b). Essas características são importantes principalmente em ambientes rasos com variações no nível da coluna d'água (Barbieri & Esteves, 1991).

A espécie *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze propaga-se por sementes ou por pedaços de rizoma com folha, onde forma uma nova planta (Pott & Pott 2000). Com um pecíolo comprimido vertical (Mason & van der Valk, 1992), folhas flutuantes, inflorescências vistosas e sua distribuição em ambientes de água doce, *N. indica* vem sendo amplamente utilizada como ornamental em tanques e lagos. A espécie tem sido utilizada também como forrageira para gado, na alimentação de peixes em tanques de cultivo, ou ainda para uso

medicinal como digestiva, tônica, vermífuga e antitérmica (Pott & Pott 2000). Possui um rápido crescimento e funciona como um substrato para o desenvolvimento de algas epífitas. Apesar de sua importância ecológica e econômica, poucos estudos relacionados à sua biologia têm sido realizados. Dessa forma, os objetivos deste trabalho são estimar o crescimento das plantas, assim como sua produtividade primária, e determinar as concentrações de nutrientes na parte aérea em duas populações distintas.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Caracterização abiótica

Medidas de parâmetros abióticos (temperatura, profundidade da água, pH e precipitação) foram realizadas de março de 2006 a fevereiro de 2007, nos Lagos I e II (figura 2). A temperatura da água foi medida com um termômetro de mercúrio, a profundidade da coluna d'água com uma régua graduada e para as medidas de pH, um pHmetro digital. Valores horários de temperatura do ar e de precipitação foram cedidos pelo Laboratório de Meteorologia da FURG, por meio da Estação Meteorológica Automática (A802), localizada em 32º 04' S, 52º 10' W.

3.2.2. Crescimento de *Nymphoides indica*

A biomassa de *N. indica* foi determinada mensalmente por um período de um ano (março de 2006 a fevereiro de 2007), utilizando cinco quadrados amostrais de 0,25 x 0,25 m distribuídos aleatoriamente nos estandes de *N. indica* nos dois locais de coleta. A parte subterrânea foi coletada com o auxílio de uma pá, suspendendo-se o sedimento até uma profundidade de 20 cm (Menezes *et al*, 1993). Plantas inteiras foram limpas com a própria água do lago para retirar o excesso de sedimento e de detritos e acondicionadas em sacos plásticos para serem transportadas. No laboratório de Botânica da FURG, as plantas foram limpas manualmente em água corrente, separadas em biomassa da parte aérea (folhas, pecíolos e inflorescências) e da parte subterrânea (raízes e rizomas). Medidas biométricas da parte aérea de *N. indica* foram realizadas, avaliando o comprimento de pecíolo e de diâmetro da folha, assumindo-se sua forma esférica (Van Der Velde *et al*., 1979). Logo após, as plantas foram colocadas para secar em estufa à

80ºC por 72h. A biomassa foi determinada através de pesagem e expressa em gramas de matéria seca por m^2 ($gMSm^{-2}$).

Os valores mensais de biomassa nos dois Lagos foram utilizados para estimar a produtividade primária líquida (PPL) e a produção primária líquida anual (PPLA) de *N. indica*. A PPL foi considerada como a produção primária total menos o consumo pela respiração da planta, morte e decomposição (Pozer & Nogueira, 2004) e foi estimada como:

$$PPL = (Biomassa_{mês\ 2} - Biomassa_{mês\ 1})/d$$

PPL = produção primária líquida;

d = dias entre as estimações.

Para a PPLA foi utilizado o método "IBP" (International Biological Programme), em que a PPLA é dada pelo somatório das variações positivas da parte aérea viva (dBV) entre datas de coletas consecutivas ao longo do período amostral (Linthurst & Reimold, 1978; Long & Mason, 1983). Variáveis como mortalidade, exportação e predação que possam ter ocorrido no período são desconsiderados:

$$PPLA\ anual = \sum Pi$$

$$Pi = dBV, \text{ se } dBV > 0$$

$$Pi = 0, \text{ se } dBV < 0$$

Análises mensais de nutrientes da parte aérea das plantas nos dois Lagos foram realizadas no mesmo período amostral. A parte aérea de *N. indica* (folhas, pecíolos e inflorescências) foram aleatoriamente misturadas em partes proporcionais para determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995) e realizadas na Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), na Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" – Departamento de solos. A concentração de cinzas em cada estrutura morfológica das plantas foi estimada pela concentração de matéria orgânica obtida após incineração das amostras a 550ºC durante quatro horas em forno mufla (Barbieri & Esteves, 1991). A concentração de

carbono orgânico foi estimada pela multiplicação da concentração de matéria orgânica por 0.46 (Westlake, 1968).

3.2.3. Análise dos dados

Para as análises estatísticas utilizou-se o pacote estatístico livre “R”. Os valores de biomassa foram normalizados pela expressão log x + 1. A variação mensal da biomassa e os valores biométricos nos dois Lagos foram analisados com uma ANOVA simples seguida de análise de contrastes por meio do teste de comparação múltipla de Tukey a 5% de significância. Para comparação dos valores de biomassa e valores biométricos entre os Lagos, um teste t a 5% de probabilidade foi aplicado. Todos os resultados das análises de nutrientes são apresentados como porcentagem de matéria seca (%MS).

3.3. Resultados

3.3.1. Caracterização abiótica

A figura 7 mostra os valores de temperatura do ar e precipitação. A temperatura da água nos dois Lagos estudados variou sazonalmente, com valores próximos a temperatura do ar (figura 8). A profundidade da coluna de água do Lago I apresentou menor valor (15 cm) em maio de 2006 e o maior valor (74 cm) em outubro de 2006 (figura 8). Contudo, próximo a margem, o solo ficou exposto por todo o verão. O Lago II manteve-se alagado somente no período de julho a dezembro de 2006 com maior profundidade (48 cm) em setembro de 2006 (figura 8). Os valores de pH do Lago I e Lago II variaram pouco no período de amostragem (7,7 a 8,4 – Lago I e 5,9 a 6,1 – Lago II).

3.3.2. Crescimento de *Nymphoides indica*

As medidas biométricas e de biomassa de *N. indica* apresentaram diferenças significativas ($p<0,05$) durante o período amostral nos dois Lagos de estudo. Os comprimentos dos pecíolos do Lago I e do Lago II acompanharam o nível da coluna de água, diminuindo nos meses quentes de verão (figura 9). A maior média de diâmetro foliar do Lago I foi encontrada no mês de dezembro de 2006 (9,5 cm), enquanto no Lago II não foram encontradas diferenças significativas ($p<0,05$) para o diâmetro foliar (figura 9).

Os valores de biomassa mensal das diferentes estruturas morfológicas de *N. indica* nos dois Lagos encontram-se na tabela 2 . No Lago I, a partir do mês de setembro de 2006, percebe-se um aumento gradual das estruturas aéreas, alcançando os maiores valores de biomassa em dezembro de 2006 (tabela 2). No Lago II, a maior biomassa de folhas e pecíolos foi observada em março de 2006 (12,7 ± 0,3 e 15,9 ± 0,5 $gMSm^{-2}$, respectivamente) (tabela 2). O período de floração nos dois Lagos começou no mês de outubro, alcançando o maior valor no Lago I em dezembro de 2006 (24 ± 1,2 $gMSm^{-2}$). A biomassa de inflorescências no Lago II no período de amostragem foi sempre menor que no Lago I, com maior valor em outubro de 2006 (5,6 ± 0,3 $gMSm^{-2}$) (tabela 1). A biomassa aérea do Lago I foi significativamente maior ($p<0,05$) que a do Lago II a partir do mês de outubro de 2006 (tabela 3).

As biomassas subterrâneas e total do Lago II foram maiores que as do Lago I na primeira metade do período de amostragem, com o valor máximo de 64,2 ± 1,0 $gMSm^{-2}$ e 80,5 ± 2,6 $gMSm^{-2}$, respectivamente, em agosto de 2006 (tabela 3 e figura 10). A partir de setembro de 2006, os valores inverteram-se com a biomassa subterrânea alcançando no Lago I, 53,5 ± 1,4 $gMSm^{-2}$ em janeiro de 2007, com maior biomassa total em dezembro de 2006 (178 $gMSm^{-2}$) (tabela 3 e figura 10).

Os valores de PPL nos dois Lagos seguiram o mesmo padrão ao longo do período amostral. No entanto, com um pico de produção no Lago I no mês de dezembro de 2006

(3,1 $gMS.m^{-2}.d^{-2}$) (figura 11). Os valores de PPLA estimados no período de amostragem no Lago I e no Lago II foram respectivamente 144,3 e 46,3 $gMSm^{-2}$ ano^{-1}.

As médias mensais dos teores de cinzas obtidos nas plantas nos dois Lagos mantiveram-se similares ao longo do ano, exceto nas inflorescências do Lago I e nas folhas do Lago II no final do período amostral (figura 12). O teor de carbono orgânico nas estruturas de *N. indica* também se manteve constante ao longo do período amostral nos dois Lagos (figura 13). No entanto, observa-se uma diminuição em suas concentrações na parte subterrânea, principalmente no Lago II no mês de setembro de 2006, coincidindo com o período de maior pluviosidade e aumento do nível de água nos Lagos.

Os teores de N nas plantas oriundas do Lago I diminuíram a partir da segunda metade do período amostral, com o menor valor em dezembro (0,15 % MS). O Lago II mostrou padrão diferente com valores maiores na segunda metade do período amostral (figura 14). Os teores de P nas plantas oriundas do Lago II foram maiores que no Lago I, alcançando em fevereiro de 2007 o máximo de 0,46 % MS, ao contrário do Lago I, diminuindo nos meses quentes do verão (figura 14). As estruturas aéreas das plantas dos Lagos I e II mostraram média anual de 1,54 e 1,96 % MS para nitrogênio e 0,13 e 0,31 % MS para fósforo respectivamente.

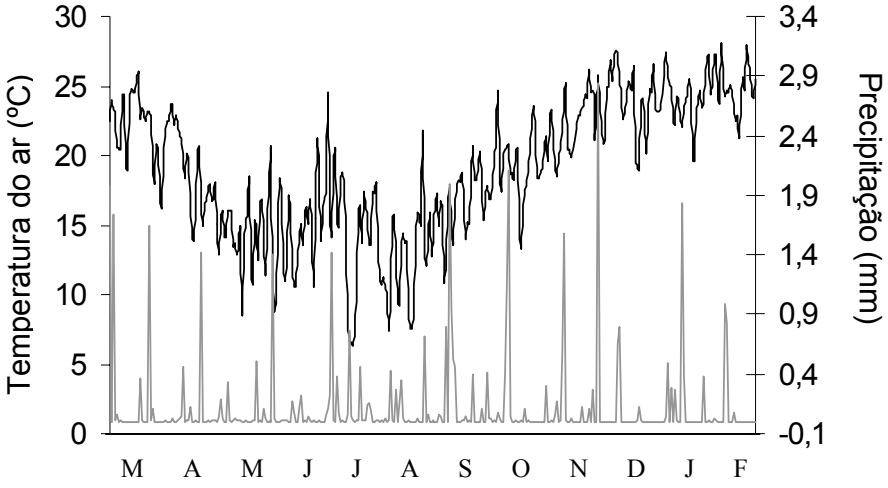

Figura 7: Temperatura do ar (linha preta) e pluviosidade (linha cinza) na cidade de Rio Grande no período amostral de março de 2006 a fevereiro de 2007.

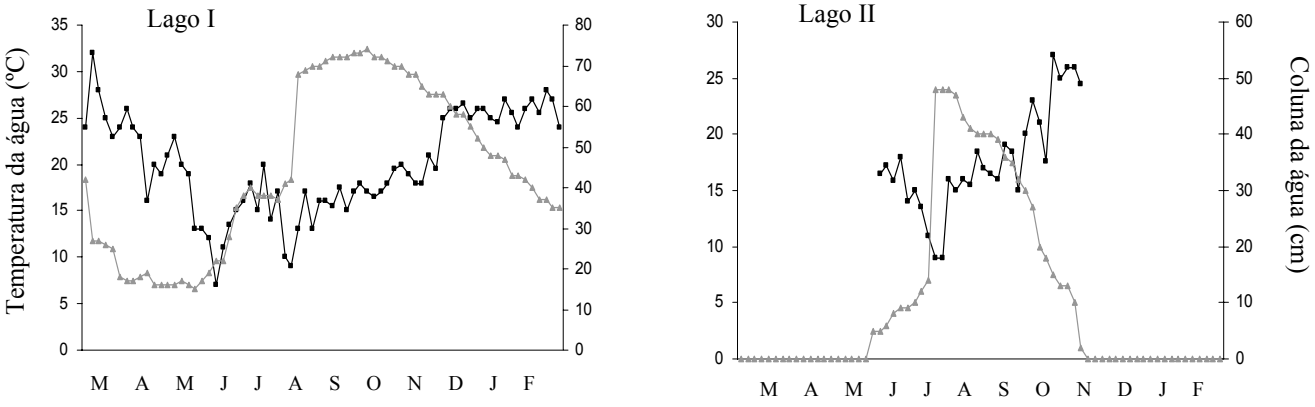

Figura 8: Valores de temperatura da água (linha preta) e profundidade da coluna d'água (linha cinza) no período amostral de março de 2006 a fevereiro de 2007 nos Lagos I e II.

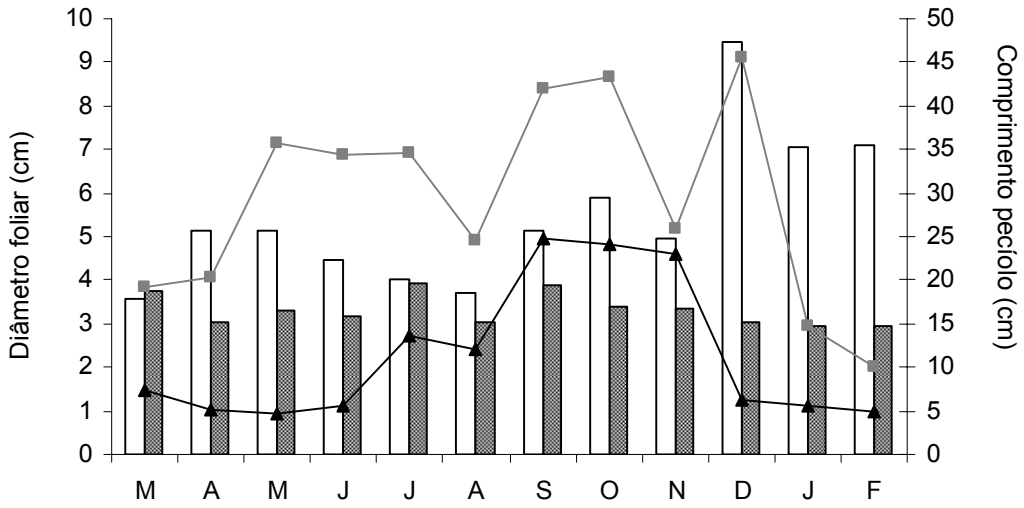

Figura 9: Medidas biométricas de *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. Diâmetro foliar LI – barra branca; diâmetro foliar LII – barra cinza; comprimento do pecíolo LI – quadrado; comprimento do pecíolo LII – triângulo.

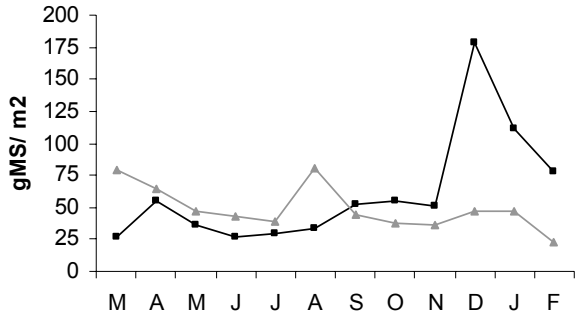

Figura 10: Valores de biomassa total de *Nymphoides indica* nos Lagos I (quadrado) e II (triângulo) durante o período amostral.

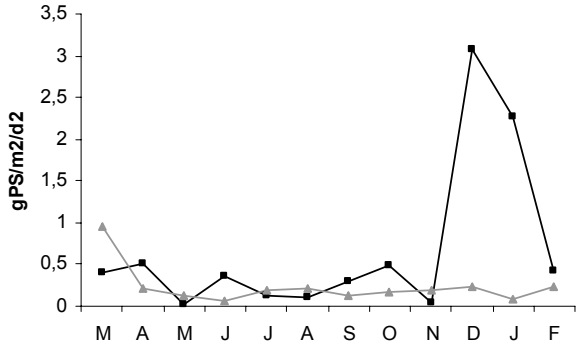

Figura 11: Valores de produtividade primária (PPL) de *Nymphoides indica* nos Lagos I (quadrado) e II (triângulo) durante o período amostral.

Tabela 2: Biomassa (gMS.m^{-2}) das estruturas morfológicas de *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. BF – folhas; BP – pecíolo; BI – inflorescência; BR – raiz; BRiz – rizoma.

L I	BF	BP	BI	BR	BRiz
Março	6,2 ± 0,2 $^{a, b}$	6,1 ± 0,2 ^{a}		8,4 ± 0,7 ^{a}	6 ± 0,5 $^{a, c}$
Abril	9,7 ± 0,2 $^{b, c}$	17,6 ± 0,2 ^{c}		14,7 ± 0,4 $^{a, b}$	12,4 ± 0,2 $^{a, b}$
Maio	11 ± 0,4 $^{b, c}$	15,5 ± 0,3 $^{b, c}$		6,8 ± 0,2 ^{a}	2,9 ± 0,1 ^{c}
Junho	4,8 ± 0,1 $^{a, b}$	11 ± 0,5 $^{a, c}$		5,5 ± 0,1 ^{a}	5,3 ± 0,3 $^{a, c}$
Julho	3,4 ± 0,1 $^{a, b}$	8,5 ± 0,1 $^{a, c}$		8,5 ± 0,2 $^{a, c}$	9,5 ± 0,1 $^{a, b, c}$
Agosto	2,8 ± 0,1 ^{a}	6,1 ± 0,1 $^{a, b}$		17,5 ± 0,5 $^{a, b}$	7,8 ± 0,1 $^{a, b, c}$
Setembro	6,4 ± 0,1 $^{a, b}$	11,4 ± 0,2 $^{a, c}$		16,6 ± 0,5 $^{a, b}$	18 ± 0,6 ^{b}
Outubro	8 ± 0,1 $^{a, b}$	18,4 ± 0,3 ^{c}	5,9 ± 0,1 ^{a}	8,6 ± 0,2 ^{a}	14,2 ± 0,3 ^{b}
Novembro	10,3 ± 0,3 $^{b, c}$	18,7 ± 0,6 ^{c}	4,5 ± 0,2 ^{a}	8,2 ± 0,1 $^{a, c}$	9,2 ± 0,3 $^{a, b, c}$
Dezembro	45,5 ± 2,1 ^{d}	56,4 ± 1,9 ^{d}	24 ± 1,2 ^{b}	31 ± 0,7 $^{b, d}$	21 ± 0,6 ^{b}
Janeiro	25,6 ± 0,7 $^{c, d}$	27 ± 1,4 $^{c, d}$	5,3 ± 0,4 ^{a}	41,6 ± 2,8 $^{b, d}$	11,9 ± 0,1 $^{a, b}$
Fevereiro	22,7 ± 0,2 $^{c, d}$	19,6 ± 0,2 ^{c}	2,5 ± 0,1 ^{a}	21,2 ± 0,3 $^{b, c, d}$	11,9 ± 0,1 $^{a, b}$

L II	BF	BP	BI	BR	BRiz
Março	12,7 ± 0,3 ^{a}	15,9 ± 0,5 ^{a}		36,6 ± 0,8 ^{b}	13,3 ± 0,4 ^{a}
Abril	10,8 ± 0,1 $^{a, c}$	11,5 ± 0,3 ^{a}		29 ± 0,5 ^{b}	13,2 ± 0,3 ^{a}
Maio	8,8 ± 0,2 $^{a, b}$	9,8 ± 0,4 ^{a}		20,5 ± 0,7 $^{a, b}$	8,4 ± 0,3 ^{a}
Junho	8 ± 0,1 $^{a, b}$	9 ± 0,3 ^{a,b}		20,9 ± 1,3 $^{a, b}$	5,5 ± 0,2 ^{a}
Julho	8,1 ± 0,2 $^{a, b}$	14,7 ± 0,7 ^{a}		7,6 ± 0,3 ^{a}	8,3 ± 0,5 ^{a}
Agosto	5,1 ± 0,1 $^{a, b}$	11,2 ± 0,5 ^{a}		45,4 ± 1,6 ^{b}	18,8 ± 0,5 ^{a}
Setembro	4,6 ± 0,1 $^{a, b}$	8 ± 0,1 ^{a,b}		19,3 ± 0,4 $^{a, b}$	11,9 ± 0,2 ^{a}
Outubro	4,7 ± 0,1 $^{a, b}$	7,5 ± 0,2 ^{a,b}	5,6 ± 0,3 ^{a}	13,9 ± 0,2 $^{a, b}$	6,3 ± 0,2 ^{a}
Novembro	4,1 ± 0,1 ^{b}	6,7 ± 0,1 ^{a,b}	1,5 ± 0,1 ^{a}	13,3 ± 0,4 $^{a, b}$	10,3 ± 0,3 ^{a}
Dezembro	9,8 ± 0,6 $^{a, b}$	9,2 ± 0,6 ^{a,b}	0,1 ± 0,1 ^{b}	16,4 ± 0,6 $^{a, b}$	12,1 ± 0,9 ^{a}
Janeiro	8,1 ± 0,1 $^{a, b}$	8,4 ± 0,1 ^{a,b}		17,1 ± 0,4 $^{a, b}$	14 ± 0,2 ^{a}
Fevereiro	4,9 ± 0,1 $^{b, c}$	4,7 ± 0,1 ^{b}	0,1 ± 0,1 ^{b}	6,6 ± 0,4 ^{a}	6,5 ± 0,4 ^{a}

Letras iguais ao longo das colunas indicam grupos homogêneos (p>0,05).

Tabela 3: Valores de biomassa ($gMS.m^{-2}$) aérea (BA), biomassa subterrânea (BS) e relação biomassa subterrânea: biomassa aérea (BS:BA) de *Nymphoides indica* nos Lagos I e II no período amostral.

	BA		BS		BS:BA	
Meses	**L1**	**L2**	**L1**	**L2**	**L1**	**L2**
Março	12,26 ± 0.23 *	28,63 ± 0.40 *	14,31 ± 0.61 *	49,96 ± 0.59 *	1,17 ± 0.67 *	1,74 ± 0.49 *
Abril	27,28 ± 0.18	22,30 ± 0.21	27,12 ± 0.31 *	42,25 ± 0.44 *	0,99 ± 0.42 *	1,89 ± 0.34 *
Maio	26,57 ± 0.36 *	18,64 ± 0.31 *	9,72 ± 0.11 *	28,94 ± 0.54 *	0,36 ± 0.17 *	1,55 ± 0.40*
Junho	15,83 ± 0.34	17,00 ± 0.21	10,86 ± 0.18	26,35 ± 0.74	0,69 ± 0.88	1,55 ± 1.27
Julho	11,86 ± 0.05	22,82 ± 0.44	17,98 ± 0.15	15,94 ± 0.38	1,52 ± 0.38 *	0,70 ± 0.36 *
Agosto	8,86 ± 0.02	16,25 ± 0.29	25,28 ± 0.29 *	64,23 ± 1.05 *	2,85 ± 0.88	3,95 ± 1.32
Setembro	17,78 ± 0.31	12,66 ± 0.07	34,58 ± 0.56	31,17 ± 0.31	1,94 ± 0.62	2,46 ± 0.62
Outubro	32,36 ± 0.19 *	17,84 ± 0.22 *	22,78 ± 0.28	20,23 ± 0.22	0,70 ± 0.29	1,13 ± 1.03
Novembro	33,60 ± 0.38 *	12,38 ± 0.12 *	17,43 ± 0.19	23,56 ± 0.34	0,52 ± 0.28 *	1,90 ± 0.71 *
Dezembro	125,90 ± 1.71 *	19,08 ± 0.42 *	52,07 ± 0.65 *	28,47 ± 0.75 *	0,41 ± 0.19 *	1,49 ± 0.74 *
Janeiro	57,93 ± 0.80 *	16,44 ± 0.12 *	53,47 ± 1.44	31,10 ± 0.29	0,92 ± 1.11	1,89 ± 0.44
Fevereiro	44,90 ± 0.17 *	9,75 ± 0.10 *	33,04 ± 0.23 *	13,11 ± 0.37 *	0,73 ± 0.08	1,34 ± 0.75

Valores marcados com * indicam diferença significativa entre os dois Lagos ($p<0,05$).

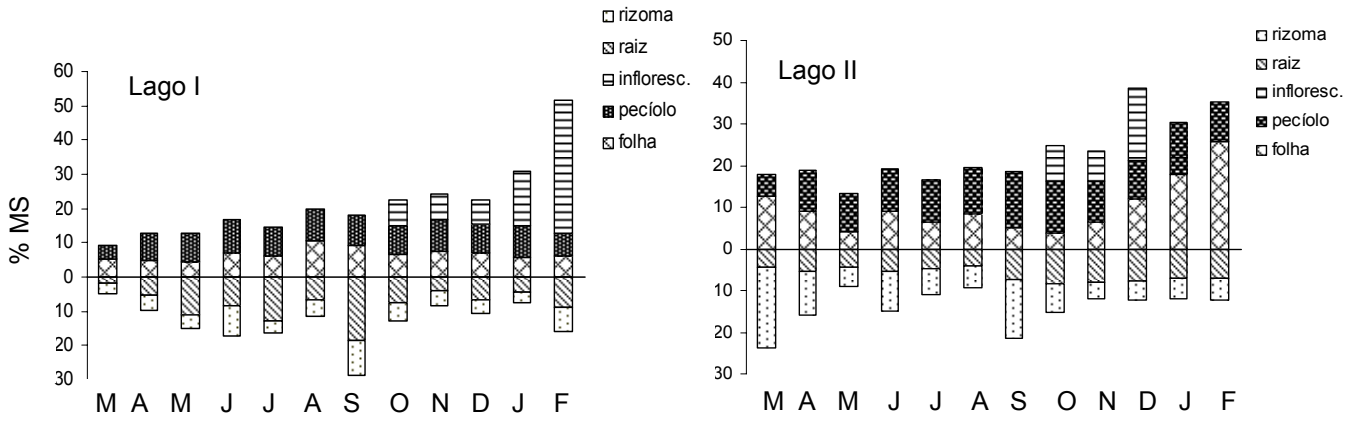

Figura 12: Teores de cinzas em *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. Acima do eixo x, cinzas das estruturas aéreas; abaixo do eixo x, cinzas das estruturas subterrâneas.

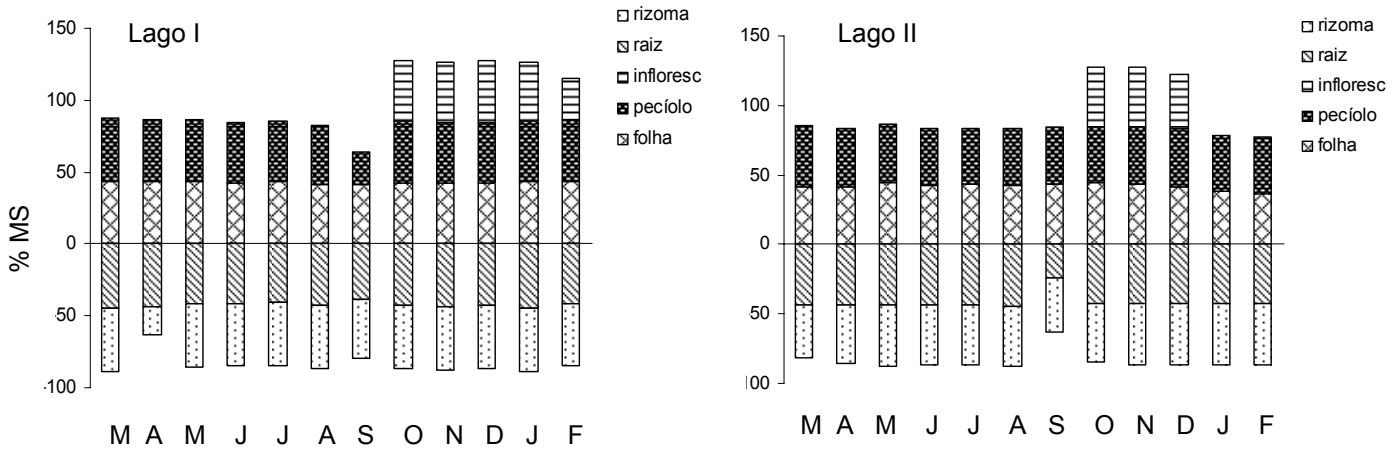

Figura 13: Teores de carbono em *Nymphoides indica* nos Lagos I e II. Acima do eixo x, carbono das estruturas aéreas; abaixo do eixo x, carbono das estruturas subterrâneas.

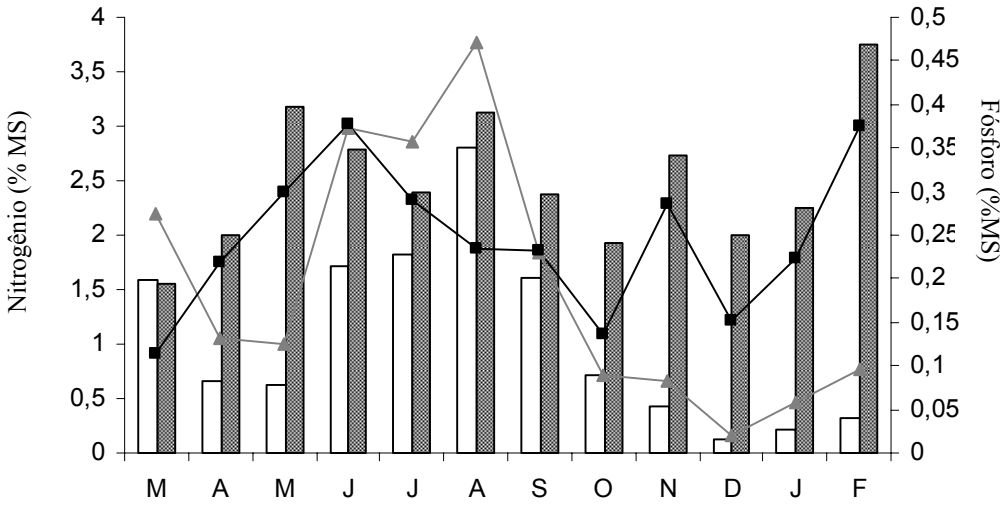

Figura 14: Teores de Nitrogênio e Fósforo de *Nymphoides indica*. Barra branca – P Lago I; barra cinza – P Lago II; triângulo – N Lago I; quadrado – N Lago II.

3.4. Discussão

Alterações do nível de água com a conseqüente exposição da região litorânea são comuns em ecossistemas aquáticos naturais (Pierini *et al*., 2006), principalmente em regiões planas. Eventos de inundação de curta duração não influenciam a riqueza das espécies de macrófitas aquáticas, porém afetam sua biomassa (Maltchik *et al*., 2007) e suas taxas de fotossíntese líquida (Paillisson & Marion, 2006). Tanto a biomassa quanto as taxas de fotossíntese líquida podem ser influenciadas pela variação sazonal da temperatura em regiões temperadas (Esteves, 1988). As ninféias são tolerantes a essas mudanças de níveis de água, particularmente devido às suas características na forma de crescimento (Paillisson & Marion, 2006). Os dois Lagos estudados, por possuírem uma área pequena e baixa profundidade, estão constantemente sujeitos a alterações do nível de água em função do regime de chuvas e temperatura. Conseqüentemente, as populações de *N. indica* que ocupam esses ambientes também estão sujeitas a essas variações.

No verão, uma grande quantidade de biomassa de folhas de *Nymphoides peltata* foi encontrada na superfície da água (Brock *et al*., 1983a). Neste estudo, as altas temperaturas do verão também permitiram a maior biomassa aérea de *N. indica* no Lago I. Já no Lago II, não foi notada uma grande diferença na biomassa aérea no período. Van der Velde *et al*. (1979), descreveu que uma baixa biomassa aérea de *N. peltata* é atribuída a seca prolongada, com uma maior proporção em órgãos subterrâneos. Esses resultados coincidem com os obtidos neste estudo no Lago II, que possui um prolongado período de seca, e a proporção BS:BA sempre foi próximo ou maior que um. Na primeira parte do estudo, foi visto que no Lago II, as sementes de *N. indica* apresentam baixa germinação que pode estar sendo balanceada pela alta produção de biomassa subterrânea, garantindo a manutenção da espécie. Larson (2007) observou esse mesmo comportamento para a macrófita aquática *Nymphoides peltata*.

Nas regiões dos trópicos e dos sub-trópicos em que existem estações secas e chuvosas, as fenofases estão relacionadas às alterações periódicas de disponibilidade de água (Larcher, 2000). Segundo Mason & van der Valk (1992), as estruturas subterrâneas de *N. indica* crescem e reproduzem-se em várias profundidades, porém, o crescimento é afetado pela profundidade da coluna d`água. No Lago I, percebe-se esse comportamento, pois *N. indica* apresenta biomassa subterrânea reduzida no período em que o Lago se mostra com maior profundidade, comportamento similar observado também por Brock *et al*. (1983a) em *N. peltata*. A partir de setembro de 2006, notou-se a formação de muitas folhas novas, com a biomassa aérea de *N. indica* no Lago I sendo maior que a do Lago II. Essa mudança na morfologia da planta relacionada a flutuações no nível da água pode ser atribuída pela realocação de substâncias orgânicas das raízes em direção as folhas nesse período (Brock *et al*., 1983a, Paillisson & Marion, 2006).

Plantas de *N. indica* crescendo em águas profundas são mais copadas que em águas rasas e possuem folhas mais finas e pecíolos alongados (Mason & van der Valk, 1992). Variações ambientais com períodos de seca prolongados induzem o desenvolvimento de uma fase terrestre em *N. indica* (Menezes *et al*., 1993). Esse mesmo autor descreve que na fase terrestre *N. indica* se caracteriza por uma redução no comprimento do pecíolo e do diâmetro foliar e um aumento na espessura do limbo, sendo estas modificações biométricas de extrema importância para adaptação da espécie à fase terrestre. As plantas de *N. indica,* oriundas do Lago II, apresentaram essas características morfológicas com folhagem em roseta fechada junto ao sedimento na época em que o Lago apresentava-se seco. Por outro lado, no Lago I, que se manteve alagado por todo tempo desse estudo, as plantas apresentavam o diâmetro das folhas sempre maiores, com pecíolo alongado, sem formação de folhagem em roseta (figura 15).

Paillisson & Marion (2006) demonstraram que na macrófita aquática *Nymphaea alba* quando o nível de água aumenta, pecíolos longos e finos são notados. Em *Nymphaea odorata,* esse comportamento também aparece, sugerindo uma compensação no crescimento do pecíolo para a profundidade, sem afetar a alocação para as folhas (Sinden-Hempstead & Killingbeck, 1996). Esse estresse de rápido aumento do nível de água coincidiu com o período de baixos teores de carbono em *N. indica* nos dois Lagos estudados. Tal mudança pode ser atribuída à rápida formação do etileno que irá aumentar

o crescimento das células dos pecíolos (Salisbury & Ross, 1991), desenvolvendo tecidos de ventilação (Larcher, 2000) com espaços aéreos internos, investindo no alongamento dos pecíolos para as folhas alcançarem a superfície da água. Quando o nível de água aumentou no Lago II, também se perceberam pecíolos longos e finos com as medidas de diâmetro foliar permanecendo as mesmas. Com isso, pode-se inferir que as plantas do Lago II, quando submetidas ao estresse de um súbito alagamento, realocam os nutrientes necessários para o alongamento do pecíolo para manter as folhas na superfície da água a fim de um melhor aproveitamento fotossintético.

A produção primária é sem dúvida a função mais importante das macrófitas aquáticas por ser decisiva para a auto-manutenção e resultar em uma fonte energética que afeta vários níveis tróficos do ecossistema. (Brock *et al*., 1983a). *N. indica*, segundo Menezes *et al*. (1993), apresenta maiores valores de produtividade na fase aquática e menores em sua fase terrestre. Santos & Esteves (2002) demonstraram que em *Eleocharis interstincta,* uma macrófita aquática submersa, a produtividade é determinada pelo nível de água. Nesse estudo, *N. indica* também apresentou comportamento similar, com os maiores valores de PPL no Lago I, constantemente inundado. No mês de dezembro, houve um aumento brusco na PPL, devido principalmente à alta produção de folhas novas. Em *Nymphaea rudgeana* foi observado o mesmo padrão com o período de maior produtividade situado entre novembro e fevereiro (Camargo & Florentino, 2000). Adicionalmente, a estimativa de PPLA no Lago I também foi maior que a do Lago II. Em habitats estressantes, no caso de seca prolongada, por exemplo, pode ser fatal a sobrevivência de plântulas de *N. indica* devido à sua dissecação (Shibayama & Kadono 2007b). Nesse caso, a estratégia de sobrevivência das plantas não é maximização da produtividade, mas sim uma composição equilibrada entre rendimento e sobrevivência (Larcher, 2000). Por esse motivo, a PPL do Lago II ao longo do período deste estudo mostra-se sem variação sazonal, já que as plantas estão expostas a várias condições estressantes, como seca e pisoteio de animais, e apresentam plasticidade fenotípica. Com isso, são capazes de se adaptar às condições secas e modificadas.

As macrófitas aquáticas enraizadas, por meio do efeito de bombeamento, são de grande importância na ciclagem de nutrientes, sendo a decomposição o principal processo pelo qual as macrófitas fazem retornar à circulação os nutrientes acumulados (Esteves, 1986,

1998, Helbing *et al*., 1986). Barbieri & Esteves (1991), demonstraram em *N. indica* na Represa do Lobo, SP, que nas mudanças da fase aquática para terrestre houve um aumento na ordem de 30% nos teores de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Neste estudo, os teores de cinzas, nitrogênio e fósforo nas estruturas de *N. indica*, foram maiores no Lago II, quando comparada ao Lago I. O Lago II é um lago que sofre grande influência antropogênica, inclusive com os gados pastando e defecando nas proximidades. Provavelmente, os valores maiores de nutrientes observados nas plantas do Lago II, são devidos, em parte, à criação de gado em suas proximidades, que ao pastarem e defecarem nas margens do Lago devolvem os nutrientes retidos na biomassa das plantas ingeridas. Outro aspecto que deve ser levado em conta são os menores valores de pH encontrados no Lago II. Provavelmente a entrada de matéria orgânica alóctone decorrente da atividade do gado intensifica os processos de mineralização, disponibilizando mais nutrientes no meio. Smits *et al*. (1988), descreveram que *Nymphoides peltata* e *Nuphar lutea* ocorrem principalmente em águas alcalinas, porém *Nuphar lutea* também pode ser encontrada em águas ácidas. Assim, *N. indica* como *Nuphar lutea* se adaptam tanto a condições básicas como ácidas encontradas nos Lagos I e II, respectivamente.

Altas concentrações de nitrogênio e de fósforo antes da estação principal de crescimento pode ser resultado da absorção ativa de nutrientes, seguida por uma rápida síntese de proteínas antes do início do crescimento rápido. (Brock *et al*., 1983b). *N. indica* no Lago I apresentou altas concentrações de nitrogênio e de fósforo em suas estruturas aéreas, antes do período de maior crescimento (dezembro de 2006) e o declínio das concentrações de nitrogênio e de fósforo, coincidiu com período de maior biomassa das plantas. Segundo Brock *et al*. (1983b) isso pode ser atribuído à rápida utilização depois da absorção nesse período visto que nitrogênio estocado e recursos de fósforo são gradualmente gastos durante o crescimento. Com isso, o aumento na biomassa dos rizomas em setembro e outubro de 2006 tem um papel importante na armazenagem de nutrientes para a fase de maior crescimento de *N. indica* no verão.

Após a acumulação de nutrientes, as macrófitas aquáticas os liberam para a coluna de água por excreção ou durante a decomposição de sua biomassa (Esteves, 1986, 1998), transferindo os minerais para outros compartimentos do ecossistema (Barbieri & Esteves, 1991). *Nymphaea alba*, *Trapa natans* e *Nymphoides peltata*, macrófitas aquáticas com

folhas flutuantes, possuem médias anuais que variam de 2,16 - 3,23% de nitrogênio e 0,29 - 0,68% de fósforo para órgãos aéreos. Esses altos valores mostram a habilidade das plantas em acumular grandes concentrações de nitrogênio e de fósforo no ecossistema (Marion & Paillisson, 2003). Esses valores são próximos aos encontrados neste estudo, mostrando a grande importância das populações de *N. indica* em ambientes rasos, na ciclagem e na transferência de nutrientes para outros níveis do ecossistema. Dessa maneira, as plantas de *N. indica* mostram diferentes adaptações dependendo das condições ambientais, como eventos de alagamento e seca. Este trabalho demonstrou que, para sua sobrevivência e manutenção, a espécie adota estratégias distintas para cada local, conseguindo dessa forma crescer e se reproduzir, mesmo nas condições estressantes encontradas no Lago II.

A B

Figura 15: Características morfológicas de *N. indica*. A – Lago I; B – Lago II.

4. CONCLUSÃO GERAL

Com os resultados obtidos nos dois Lagos analisados neste estudo, podemos dizer que o ciclo de desenvolvimento de *Nymphoides indica* é um processo integrado, envolvendo condições ótimas de temperatura e alagamento para a germinação das sementes, elevadas temperaturas para o desenvolvimento, crescimento e biomassa das plantas, bem como o aporte adequado de nutrientes.

N. indica mostra-se uma macrófita aquática com um amplo alcance ecológico, adaptando-se a diferentes condições ambientais sem afetar sua reprodução. As sementes ao caírem da planta-mãe mostram uma alta capacidade de germinação, com melhores respostas de germinação em laboratório, nas condições de capacidade de campo.

Nos dois Lagos estudados, o período de floração é observado quando as temperaturas estão mais elevadas (verão). Este período coincide também com uma redução no nível de água, expondo a região litorânea onde se observa a maior concentração de biomassa de plantas de *N. indica.* Esse processo parece favorecer a germinação de sementes, sendo uma estratégia de dispersão no verão. Esta estratégia coincide com os resultados do experimento de laboratório, onde as melhores respostas de germinação foram observadas em capacidade campo.

As diferenças no padrão de germinação observadas entre as sementes do Lago I e Lago II parecem estar relacionadas às características fisionômicas deste último. O Lago II por ser intermitente, apresenta marcados períodos de alagamento e seca. Períodos de seca induziram o desenvolvimento da fase terrestre da espécie, onde as folhas apresentam a forma em roseta, sem o desenvolvimento de um pecíolo alongado. Associado a este processo, observamos também distúrbios antropogênicos na região do Lago II e a ausência de outros lagos com populações de *N. indica* nas proximidades. É possível que as características fisionômicas, a perturbação antropogênica, e também o isolamento possam estar interferindo nas respostas germinativas *N. indica* oriundas do Lago II.

Elevadas temperaturas de verão induziram um maior crescimento de *N. indica* no Lago I, alcançando as maiores biomassa da parte aérea. As plantas oriundas do Lago II, apresentaram uma estratégia de crescimento diferenciada, assumindo uma morfologia diferente, com biomassa subterrânea maior que a aérea. Este comportamento parece agir sinergicamente com a baixa germinação de sementes, assim, garantindo a dispersão da espécie em um ambiente perturbado.

A PPL mostrou ser dependente do nível de água e da temperatura no Lago I, com um aumento brusco no verão. Já no Lago II não houve uma mudança sazonal, o que mostra mais uma vez a estratégia de *N. indica* em um ambiente estressante de apenas controlar seu rendimento energético e sua sobrevivência.

Os maiores teores de nutrientes encontrados em *N. indica* oriundas do Lago II comparados ao Lago I, parece estar relacionado à presença de gado na região que ao pastarem e defecarem, colaboram com a fertilização do Lago, disponibilizando os nutrientes retidos na biomassa das plantas ingeridas nas proximidades. Os altos teores de N e P na parte aérea de *N. indica* do Lago I antes da estação de crescimento (verão), mostrou ser importante para a rápida utilização desses recursos, com seu declínio associado ao período de maior biomassa.

A sobrevivência de *N. indica* em ambientes com diferentes níveis de água, está associada a plasticidade fenotípica da espécie, que adota estratégias distintas de reprodução, de germinação, de crescimento e de utilização de nutrientes. Dessa maneira, para predizer a ocupação de ambientes com diferentes níveis de alagamento por *N. indica*, é importante ainda a compreensão de alguns aspectos, citados aqui como sugestões para próximos estudos:

- Estudar a biologia floral em diferentes populações de *Nymphoides indica.*
- Avaliar o percentual de sementes viáveis em flores com diferentes morfotipos, as taxas de dispersão e predação de sementes em cada morfotipo.
- Acompanhar o desenvolvimento das plântulas e a influência de fatores abióticos sobre o estabelecimento da população.

- Avaliar os processos de perda da biomassa das plantas e a importância da flutuação de fatores abióticos atuando sobre o balanço energético das mesmas.
- Determinar as concentrações de nutrientes nos diferentes compartimentos das plantas, bem como a alocação desse nutrientes.
- Avaliar o desenvolvimento de características genéticas distintas em populações crescendo em lagos isolados.

5. BIBLIOGRAFIA

Barbieri, R. & Esteves, F.A. The chemical composition of some aquatic macrophyte species and implications for the metabolism of a tropical lacustrine ecosystem – Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. Hydrobiologia, v. 213 p. 133 – 140. 1991.

Baskin, C.C., Baskin, J.M., Chester, E.W. Seed germination ecology of the aquatic winter annual *Hottonia inflata*. Aquatic Botany, v. 54, p. 51 – 57. 1996.

Batista, T.L., & Colares, I.G. Efeitos de fatores ambientais na germinação de sementes de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze (Menyanthaceae). Monografia, PPG em Limnologia, Manejo e Conservação de Recursos Hídricos, Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande – RS, Brasil. 2005.

Boar, R.R. Responses of a fringing *Cyperus papyrus* L. swamp to changes in water level. Aquatic Botany, v. 84, p. 85 – 92. 2006.

Boedeltje, G., ter Heerdt, G.N.J., Bakker, J.P. Applying seedling-emergence method under waterlogged conditions to detected the seed bank of aquatic plants in submerged sediments. Aquatic Botany, v. 72, p. 121 – 128. 2002.

Brenchley, J.L., & Probert, R.J. Seed germination responses to some environmental factors in the seagrass *Zostera capricorni* from eastern Australia. Aquatic Botany, v. 62, p. 177 – 188. 1998.

Brock, Th.C.M., Arts, G.H.P., Goossen, I.L.M., Rutenfrans, A.H.M. Structure and annual biomass production of *Nymphoides peltata* (GMEL.) O. Kuntze (Menyanthaceae). Aquatic Botany, v. 17, p. 167 – 188. 1983a.

Brock, Th.C.M., Bongaerts, M.C.M., Heijnen, G.J.M.A., Heijthuijsen, J.H.F.G. Nitrogen and phosphorus accumulation and cycling by *Nymphoides peltata* (GMEL.) O. Kuntze (Menyanthaceae). Aquatic Botany, v. 17, p. 189 – 214. 1983b.

Camargo, A.F.M. & Florentino, E.R. Population dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphaea rudgeana* C. F. MEY in a lotic environment of the Itanhaém river basin (SP, Brazil). Rev. Brasil. Biol., v. 60, n. 1, p. 83 – 92. 2000.

Cook, C.D.K., B. J. Gut, E. M. Rix, J. Schneller & M. Seitz. Water plants of the world. A manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes. W. Junk Publishers. 1974.

Cordazzo, C. V. & Davy, A. J. Effects of temperature and light on seed germination in the dune-building grass *Panicum racemosum* Spreng. Atlântica, v. 19, p. 87 – 97. 1997.

Domingos, V.D., Paschoa, P.L., Martins, D., Costa, N.V. Alocação de biomassa e nutrientes em *Myriophyllum aquaticum* sob diferentes níveis de macronutrientes. Planta Daninha, v. 23, n. 2, p. 193 – 201. 2005.

Duarte, C.M. & Sand-Jensen, K. Seagrass colonization: biomass development and shoot demography in *Cymodocea nodosa* patches. Mar. Ecol. Prog. Ser.,v. 67, p. 97 – 103. 1990.

Duarte, C.M. Seagrass depth limits. Aquatic Botany, v.40, p. 363 – 377. 1991.

Duarte, C.M. Temporal biomass variability and production/biomass relationships of seagrass communities. Mar. Ecol. Prog. Ser., v.51, p. 269 – 276. 1989.

Esteves, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP. 1998.

Esteves,F.A. & Camargo, A.F.M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. Acta Limnol. Brasil. V. I, p. 273 – 298. 1986.

Greenwood, M.E. & Dubowy, P.J. Germination characteristics of *Zannichellia palustris* from New South Wales, Australia. Aquatic Botany, v. 82, p. 1 – 11. 2005.

Haraguchi, A. Rhizome growth of *Menyanthes trifoliata* L. in a population on a floating peat mat in Mizorogaike Pond, central Japan. Aquatic Botany, v. 53, p. 163 – 173. 1996.

Helbing, U.W., Esteves, F.A., Tilzer, M.M., Stabel, H.H. Influência dos produtos de decomposição da macrófita aquática *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze, na decomposição química da água da Represa do Lobo (Broa) – São Paulo. Acta Limnol. Brasil, v. I, p. 611 – 637. 1986.

Hutchinson, G.E. A treatise on Limnology. Vol.III. Limnological Botany. John Willey & Sons. 1975.

Joly, A.B. Botânica. Introdução à taxonomia vegetal. Companhia Editora Nacional. 1976.

Ke, X. & Li, W. Germination requirement of *Vallisneria natans* seeds: implications for restoration in Chinese lakes. Hydrobiologia, v. 559, p. 357 – 362. 2006.

Killingbeck, K.T. Nutrients in senesced leaves: keys to the search for potential resorption and resorption proficiency. Ecology, v. 77, p. 1716 – 1727. 1996.

Klips, R.A. & Peñalosa, J. The timing of seed fall, innate dormancy, and ambient temperature in *Lythrum salicaria*. Aquatic Botany, v. 75, p. 1 – 7. 2003.

Koch, E.W. & Seeliger, U. Germination ecology of two *Ruppia maritima* L. populations in southern Brazil. Aquatic Botany, v. 31, p. 321 – 327. 1988.

Larcher, W. Ecofisiologia vegetal. Ed. Rima, São Carlos. 2000.

Larson, D. Reproduction strategies in introduced *Nymphoides peltata* populations revealed by genetic markers. Aquatic Botany, v. 86, p. 402 – 406. 2007.

Linthurst, R.A. & Reimold, R.J. An evaluation of methods for estimating the net aerial primary productivity of estuarine angiosperms. Journal of Applied Ecology, v. 15, p. 919 – 931. 1978.

Liu, G., Zhou, J., Li, W., Cheng, Y. The seed bank in a subtropical freshwater marsh: implications for wetland restoration. Aquatic Botany, v. 81, p. 1 – 11. 2005.

Long, S.P. & Mason, C.F. Saltmarsh Ecology. New York, Blackie & Sons Ltd, Glasgow. 1983.

Lorenzen, B., Brix, H., Mckee, K.L., Mendelssohn, I.A., Miao, S. Seed germination of two Everglades species, Cladium jamaicense and Typha domingensis. Aquatic Botany, v. 66, p. 169 – 180. 2000.

Maltchik, L., Rolon, A.N., Schott, P. Effects of Hydrological variation on the aquatic plant community in a floodplain palustrine wetland of southern Brazil. Limnology, v. 8, p. 23 – 28. 2007.

Marion, L. & Paillisson, J.M. A mass balance assessment of the contribution of floating-leaved macrophytes in nutrient stocks in an eutrophic macrophyte-dominated lake. Aquatic Botany, v. 75, p. 249 – 260. 2003.

Martínez, M. & Gómez, M. Descripción anatómica vegetativa de dos especies de *Nymphoides* (Menyanthaceae). Revista Mexicana de Biodiversidad, v. 77, p. 81 – 87. 2006.

Mason, D. & van der Valk, A.G. Growth responses *of Nymphoides indica* seedlings and vegetative propagules along a water depth gradient. Aquatic Botany, v.42, p. 339 – 350. 1992.

Menezes, C.F.S., Esteves, F.A. & Anesio, A.M. Influência do nível d'água da Represa do Lobo (SP) sobre a biomassa e produtividade de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze e *Pontederia cordata* L. Acta Limnologica Brasiliensia, v.VI, p.163 – 172. 1993.

Metiever, J. R. Dormência e germinação. In: Ferri, M.G. (ed.). Fisiologia Vegetal. EPU. SP. 1986.

Mitchell, D.S. Water weeds. *In:* Aquatic vegetation and its use and control. D.S.Mitchell ed. Cap. 1, 13 – 22. Unesco. Paris. 1974.

Nielsen, U.N., Riis, T., Brix, H. The importance of vegetative and sexual dispersal of *Luronium natans*. Aquatic Botany, v. 84, p. 165 – 170. 2006.

Nishihiro, J., Araki, S., Fujiwara, N., Washitani, I. Germination characteristics of lakeshore plants under an artificialy stabilized water regime. Aquatic Botany, v. 79, p. 333 – 343. 2004.

Orth, R.J. & Moore, K.A. Seed germination and seedling growth of *Zostera marina* L. (Eelgrass) in Chesapeake Bay. Aquatic botany, v. 15, p. 117 – 131. 1983.

Paillisson, J.M. & Marion, L. Can small water level fluctuations affect the biomass of *Nymphaea alba* in large lakes? Aquatic Botany, v. 84, p. 259 – 266. 2006.

Peterson, J.E. & Baldwin, A.H. Seedling emergence from seed banks of tidal freshwater wetlands: response to inundation and sedimentation. Aquatic Botany, v. 78, p. 243 – 251. 2004.

Pierini, S.A., Sgorlon, D., Thomaz, S.M. Efeitos da exposição ao ambiente seco sobre o crescimento e regeneração de *Egeria najas* Planchon (Hidrocharitaceae). Maringá, v. 28, n. 1, p. 31 – 34, Jan/Mar. 2006.

Pott, V.J. & Pott, A. Plantas aquáticas do Pantanal. Embrapa. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, MS. 2000.

Pozer, C.G. & Nogueira, F. Flooded native pastures of the northern region of the Pantanal of Mato Grosso: biomass and primary productivity variations. Braz. J. Biol., v. 64, n. 4, p. 859 – 866. 2004.

R Development Core Team (2007). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http:// www.r-project.org.

Salisbury, F.B. & Ross, C.W. Plant Physiology. 4th ed. Wadsworth Publishing Company Belmont, California. 1991.

Santos, A.M. & Esteves F.A. Primary production and mortality of *Eleocharis interstincta* in response to water level fluctuations. Aquatic Botany, v. 74, p. 189 – 199. 2002.

Seeliger, U. Seagrass meadows. In: Seeliger, U. Odebrecht, C. & Castello, J.P. (eds.) Subtropical convergence Environments: the coast and sea in the southwestern Atlantic. Springer-Verlag, N.Y. 1997.

Seeliger, U., Cordazzo, C.V. & Koch, E.W. Germination and algae-free laboratory culture of

widgeon grass *Ruppia maritima*. Estuaries, v. 7, p. 176 – 178. 1984.

Shibayama, Y. & Kadono, Y. Reproductive success and genetic structure of populations of the heterostylous aquatic plant *Nymphoides indica* (L.) Kuntze (Menyanthaceae). Aquatic Botany, v. 86, p. 1 – 8. 2007a.

Shibayama, Y., Kadono, Y. Floral morph composition and pollen limitation in the seed set of *Nymphoides indica* populations. Ecological Research, v. 18, p. 725 – 737. 2003b.

Shibayama, Y., Kadono, Y. Heterostyly in *Nymphoides indica* (Menyanthaceae) in Japan. Acta Phytotax. Geobot., v. 54, n. 1, p. 77 – 80. 2003a.

Shibayama, Y., Kadono, Y. The effect of water-level fluctuations on seedling recruitment in an macrophyte *Nymphoides indica* (L.) Kuntze (Menyanthaceae). Aquatic Botany (2007b), doi: 10.1016/j.aquabot.2007.07.004.

Shibayama, Y., Uesugi, R., Tsumura, Y., Washitami, I. Conservation of the Lake Kasumigaura population of *Nymphoides indica* (L.) Kuntze based on genetic evaluation using microsatellite markers. Limnology, v. 7, p. 193 – 197. 2006.

Silva, T.M. Época de colheita e superação de dormência para sementes de *Ruppia maritima* L. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas. 1994.

Sinden-Hempstead, M. & Killingbeck, K.T. Influences of water depth and substrate nitrogen on leaf surface area and maximum bed extension in *Nymphaea odorata*. Aquatic Botany, v. 53, p. 151 – 162. 1996.

Smits, A.J.M., Avesaath, P.H.V., Van der Velde, G. Germination requirements and seed banks of some nymphaeid macrophytes: *Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* (L.) Sm. and *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze. Freshwater Biology, v. 24, p. 315 – 326. 1990.

Smits, A.J.M., De Lyon, M.J.H., Van der Velde, G., Steentjes, P.L.M., Roelofs, J.G.M. Distribution of three nymphaeid macrophytes (*Nymphaea alba* L., *Nuphar lutea* (L.) SM. and *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze) in relation to alkalinity and uptake of inorganic carbon. Aquatic Botany, v. 32, p. 45 – 62. 1988.

Soares, D.J., Ferreira, F.A., Barreto, R.W. First report of the aecial stage of *Puccinia scirp* on *Nymphoides indica* in Brazil, with comments on its worlwild distribution. Australasian Plant Pathology, v. 35, p. 1 – 4. 2006.

Tedesco, M., Gianello, C., Bissani, C.A., Boitnen, H., Volkweiss, S.T. Análises de solo, plantas e outros materiais. Boletim técnico nº 5, 2ª ed., Dep. Solos, Fac. Agronomia – UFRGS. 1995.

Thayer, G.W. & Fonseca, M.S. The ecology of selgrass meadows of the Atlantic coast: a

community profile. Fish and Wildlife Service, US Departament of the Interior. 1985.

Titus, J.E. & Hoover, D.T. Toward predicting reproductive sucess in submerged freshwater angiosperms. Aquatic Botany, v. 41, p. 118 – 136. 1991.

Ungar, I.A. Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. In: Kigel, J. & Galili, G. (eds.) Seed development and germination. Marcel Dekker, Inc. 1995.

Van der Velde, G. & Brock, Th. C. M. The life history and habits of *Notiphila Brunnipes* Robineau-Desvoidy (Diptera, Ephydridae), an autoecological study o a fly associated with NYMPHAEID vegetations, p. 105 – 127, Tijdschrift voor Entomologie, 1980.

Van der Velde, G., Giesen, Th.G., Van der Heijden, L. Structure, biomass and seasonal changes in biomass of *Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze (Menyanthaceae), a preliminary study. Aquatic Botany, v. 7, p. 279 – 300. 1979.

Vieira, E.F. Rio Grande. Geografia Física, Humana e Econômica. Ed. Sagra. Porto Alegre. 1983.

Westlake, D.F. Primary production rates from changes in biomass macrophytes. *In*: R.A. Vollenweider (ed.), A manual of methods for measuring primary production in aquatic environments. Oxford, Blackwell, pp. 103 – 107. 1968.

Ye, Z.H., Wong, M.H., Baker, A.J.M. & Willis A.J. Comparison of biomass and metal uptake between two populations of *Phragmites australis* grown in flooded and dry conditions. Annals of Botany, v. 82, p. 83 – 87. 1998.

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo