



**EUGÊNIA TEIXEIRA**

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DA ÁGUA E DA  
DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NA  
ALOCÇÃO REPRODUTIVA E VEGETATIVA  
DE *Salvinia auriculata* Aublet (SALVINIACEAE)**

**LAVRAS - MG**

**2013**

**EUGÊNIA TEIXEIRA**

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DA ÁGUA E DA DISPONIBILIDADE DE  
NUTRIENTES NA ALOCAÇÃO REPRODUTIVA E VEGETATIVA DE  
*Salvinia auriculata* Aublet (SALVINIACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Flávia de Freitas Coelho

**LAVRAS – MG**

**2013**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Teixeira, Eugênia.

Influência do nível da água e da disponibilidade de nutrientes na  
alocação reprodutiva e vegetativa de *Salvinia auriculata* Aublet  
(Salviniaceae) / Eugênia Teixeira. – Lavras : UFLA, 2013.

83 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Flávia de Freitas Coelho.

Bibliografia.

1. Planta aquática. 2. Seca. 3. Cheia. 4. Nitrogênio. 5. Fósforo. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.526322

**EUGÊNIA TEIXEIRA**

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DA ÁGUA E DA DISPONIBILIDADE DE  
NUTRIENTES NA ALOCAÇÃO REPRODUTIVA E VEGETATIVA DE  
*Salvinia auriculata* Aublet (SALVINIACEAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2013.

Dra. Grazielle Wolff de Almeida IFMG

Dra. Dayse Lucy M. C. Resende UFLA

Dra. Flávia de Freitas Coelho  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2013**

Dedico as próximas páginas a todos  
que percorreram esse caminho ao meu  
lado e que agora dividem comigo a  
alegria de mais uma vitória

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por todas as oportunidades que tem me dado, por seu consolo em tempos difíceis, por sua direção e seu amor sempre;

Agradeço à Flávia, pela orientação, por todo conhecimento compartilhado e por todo aprendizado que levarei comigo, além é claro das histórias hilárias e conversas descontraídas;

Aos amigos do Laboratório pelas conversas úteis e pelas inúteis também. Em especial à Baby, Jessica e Kira que encararam todos os campos enlameados, carros descontrolados, perda de mochilas e porteiras assassinas, sempre com sorrisos e bom humor!

Ao Gui, por ter se “ariscando bravamente” na lagoa Atola e também por sua chatice diária que tanto nos divertiu;

Ao Mário, que participou da busca incansável por lagoas, sempre muito prestativo e divertido;

A minha mãe Marlídia (*in memoriam*), pelo grande exemplo de honestidade e força e por todo amor e incentivo;

A minha família, pelo apoio em todas as decisões, em especial à tia Marlene e tia Conceição, aos primos Marilene, Wilson Marcelo e Fernanda;

A todos os amigos de Viçosa, em especial à tia Jô, Dê Bá, Jú e Vê, pela amizade e apoio mesmo quando distantes;

Às companheiras de república; Sarah, Juliete e Yasmin, pelas risadas, conversas, conselhos e pela ótima convivência;

Aos amigos, Marcelo, Rute, Sarah, Lorena, Sarita, Renan, Marcondes, Joaz, Rafael e Thaís, que conheci em Lavras e que levarei comigo sempre;

Aos amigos da Primeira Igreja Presbiteriana de Lavras, em especial à Thalita, ao Thallis e à Paty, além do carinho de mãe da Dona Lídia e de toda sua família (Hélen, Lígia, Maria Cecília e Seu Moisés);

Ao Grupo Élpis, pela oportunidade de fazer parte desse grupo maravilhoso, além de conhecer mais a fundo, pessoas tão queridas;

Agradeço ao Luciano (Bodinho), por sua grande ajuda com o mapa;

Agradeço à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Setor de Ecologia, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado;

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

Agradeço aos professores do Setor de Ecologia, por seus ensinamentos durante todo o curso;

E aos companheiros da turma do Mestrado, pela convivência e pelo crescimento não só acadêmico, mas também pessoal;

A todos muito obrigada !

## RESUMO GERAL

A variação do nível da água e a concentração de nutrientes do meio têm sido consideradas como extremamente importantes na reprodução e crescimento de diversas espécies de plantas aquáticas. *Salvinia auriculata* é uma samambaia aquática flutuante. Reproduz-se de forma sexuada, por meio de esporocarpos, e de forma assexuada por meio de brotos rizomatosos. Em muitos ambientes, é considerada como planta daninha por apresentar altas taxas de crescimento, podendo cobrir extensas áreas em pouco tempo. Objetivou-se verificar a influência dos períodos de seca e cheia de lagoas marginais permanentes sobre a produção de estruturas reprodutivas e a alocação de biomassa para estruturas reprodutivas e vegetativas de *S. auriculata*. Bem como avaliar se ocorre alocação diferencial de biomassa entre estruturas reprodutivas e vegetativas. Verificou-se também se ocorre variação da concentração de nitrogênio e fósforo na água entre os períodos de seca e cheia das lagoas e se a concentração desses nutrientes influencia a alocação de biomassa de *S. auriculata*. Por fim, avaliou-se a existência da relação entre a concentração de nitrogênio e fósforo na água e na biomassa de *S. auriculata*. O presente estudo foi desenvolvido em três lagoas marginais permanentes. Foram realizadas quatro excursões ao campo, sendo duas no período de seca e duas no período de cheia. Em cada excursão foram coletados 100 ramos de *S. auriculata* e uma amostra de água de cada lagoa. Em laboratório, as plantas foram lavadas e separadas das estruturas vegetativas e reprodutivas. Posteriormente, secou-se e pesou-se todas as estruturas. Observou-se que períodos de seca e cheia influenciam aspectos reprodutivos e vegetativos de *S. auriculata*. Porém, outros fatores ambientais podem influenciar tanto a alocação de biomassa como a produção de algumas estruturas estudadas. Não se observou alocação diferencial de biomassa entre estruturas reprodutivas e vegetativas. A alocação de biomassa para estruturas vegetativas e reprodutivas de *S. auriculata*, bem como acúmulo de nutrientes em sua biomassa não são influenciados pela concentração de N e P na água. Esses resultados indicam que a concentração de nutrientes nos ambientes estudados foi baixa para *S. auriculata*.

Palavras-chave: Planta aquática. Seca. Cheia. Nitrogênio. Fósforo. Lagoas permanentes.

## GENERAL ABSTRACT

The variation of water level and the concentration of nutrients in the environment have been considered as extremely important conditions for reproduction and growth of several species of aquatic plants. *Salvinia auriculata* is a floating aquatic fern that reproduces sexually, by means of sporocarps, and asexually, by means of rhizomatous sprouts. It is considered weed in several places, since it grows rapidly and is able to cover large areas in a short period of time. This work aimed at checking the influence of droughts and floods in permanent lagoons upon the production of reproductive structures and biomass allocation to reproductive and vegetative structures of *S. auriculata*. It also aimed at evaluating if there is a difference in biomass allocation between reproductive and vegetative structures. Furthermore, we checked if there is a variation of nitrogen and phosphorus concentration in the water during floods and droughts and if this concentration influences biomass allocation in *S. auriculata*. The current study was carried out in three permanent marginal lagoons. We made four excursions to the area: two during flooding periods and two during dry periods. In each excursion, we collected 100 ramets of *S. auriculata* and a water sample from each lagoon. The plants were washed in laboratory and their reproductive and vegetative structures were separated. Afterwards, the plants were dried and their structures were weighed. It was possible to observe that droughts and floods influence both reproductive and vegetative aspects of *S. auriculata*. However, other environmental factors may influence both biomass allocation and the production of some structures. We did not observe differences in biomass allocation between vegetative and reproductive structures. Biomass allocation to vegetative and reproductive structures of *S. auriculata*, as well as nutrient accumulation in their biomass, is not influenced by N and P concentration in the water. These results point out that there was a low concentration of nutrients in the studied areas.

Keywords: Aquatic Plants. Drought. Flood. Nitrogen. Phosphorus. Permanent Lagoons.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1	Classificação das macrófitas aquáticas quanto ao seu modo de vida.....	17
----------	--	----

### CAPÍTULO 2

Figura 1	Lagoas amostradas na porção do Rio das Mortes sob influência do reservatório do Funil (1- Lagoa Atola; 2- Lagoa Cavalo) e no Rio Grande (3- Lagoa Jacaré), localizadas no Sul de Minas Gerais, Brasil .....	29
Figura 2	Foto da área de estudo - Lagoa Atola .....	30
Figura 3	Foto da área de estudo - Lagoa Cavalo.....	30
Figura 4	Foto da área de estudo - Lagoa Jacaré.....	31
Figura 5	Desenho esquemático de <i>Salvinia auriculata</i> .....	32
Figura 6	Biomassa seca de esporocarpos na Cheia 1 (máximo = 0,008; mínimo = 0,000 ; média = 0,000 ; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) <i>versus</i> na Seca 1 (máximo = 0,017; mínimo = 0,000; média = 0,003; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) .....	35
Figura 7	Biomassa seca de esporocarpos na Cheia 2 (máximo = 0,007; mínimo = 0,007; média = 0,001; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) <i>versus</i> Seca 2 (máximo = 0,035; mínimo = 0,000; média = 0,004; mediana = 0,003; erro-padrão = 0,000).....	35
Figura 8	Biomassa seca de brotos na Cheia 1 (máximo = 0,048; mínimo = 0,000 ; média = 0,003; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) <i>versus</i> na Seca 1 (máximo = 0,032; mínimo = 0,000; média = 0,001; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000).....	36

- Figura 9 Biomassa seca de brotos na Cheia 2 (máximo = 0,032; mínimo = 0,000; média = 0,001; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) *versus* na Seca 2 (máximo = 0,029; mínimo = 0,000; média = 0,002; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) ..... 37
- Figura 10 Biomassa seca de folíolos aéreos na Cheia 1 (máximo=0,252; mínimo=0,003; média=0,031; mediana=0,030; erro-padrão=0,016) *versus* na Seca 1 (máximo=0,163; mínimo=0,011; média=0,042; mediana=0,039; erro-padrão=0,017)..... 39
- Figura 11 Biomassa seca de folíolos aéreos na Cheia 2 (máximo=0,061; mínimo=0,011; média=0,030; mediana=0,028; erro-padrão=0,010) *versus* na Seca 2 (máximo=0,116; mínimo=0,005; média=0,041; mediana=0,039; erro-padrão=0,019)..... 40
- Figura 12 Biomassa seca de folíolos submersos na Cheia 1 (máximo=0,530; mínimo=0,002; média=0,047; mediana=0,037; erro-padrão=0,040) *versus* na Seca 1 (máximo=0,452; mínimo=0,002; média=0,070; mediana=0,050; erro-padrão=0,064) ..... 41
- Figura 13 Biomassa seca de folíolos submersos na Cheia 2 (máximo=0,174; mínimo=0,002; média=0,044; mediana=0,040; erro-padrão=0,026) *versus* na Seca 2 (máximo=0,588; mínimo=0,003; média=0,034; mediana=0,026; erro-padrão=0,048) ..... 42
- Figura 14 Biomassa seca de rizomas na Cheia 1 (máximo=0,025; mínimo=0,001; média=0,006; mediana=0,006; erro-padrão=0,003) *versus* na Seca 1 (máximo=0,080; mínimo=0,000; média=0,008; mediana=0,007; erro-padrão=0,006)..... 43

Figura 15	Biomassa seca de rizomas na Cheia 2 (máximo=0,110; mínimo=0,000; média=0,007; mediana=0,006; erro-padrão=0,008) <i>versus</i> na Seca 2 (máximo=0,022; mínimo=0,000; média=0,006; mediana=0,005; erro-padrão=0,004).....	44
Figura 16	Biomassa seca total na Cheia 1 (máximo=0,560; mínimo=0,020; média=0,083; mediana=0,071; erro-padrão=0,047) <i>versus</i> na Seca 1 (máximo=0,641; mínimo=0,029; média=0,120; mediana=0,096; erro-padrão=0,077).....	45
Figura 17	Biomassa seca total na Cheia 2 (máximo=0,230; mínimo=0,023; média=0,081; mediana=0,077; erro-padrão=0,033) <i>versus</i> na Seca 2 (máximo=0,685; mínimo=0,013; média=0,082; mediana=0,071; erro-padrão=0,058).....	46
Figura 18	Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca folíolos aéreos (g) ( $r=0,3664$ ; $p=0,0001$ ; $N=390$ ).....	47
Figura 19	Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca folíolos submersos (g) ( $r=0,3888$ ; $p=0,0001$ ; $N=390$ ).....	48
Figura 20	Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca de rizomas (g) ( $r=0,6816$ ; $p=0,0001$ ; $N=390$ ).....	48
Figura 21	Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca total (g) ( $r=0,4832$ ; $p=0,001$ ; $N=390$ ).....	49
Figura 22	Correlação da biomassa seca de brotos (g) e da biomassa seca folíolos submersos (g) ( $r=0,3454$ ; $p=0,0001$ ; $N=91$ ).....	50
Figura 23	Correlação da biomassa seca de brotos (g) e da biomassa seca rizomas (g) ( $r=0,3536$ ; $p=0,0007$ ; $N=91$ ).....	50
Figura 24	Correlação da biomassa seca de brotos (g) e da biomassa seca total (g) ( $r=0,3149$ ; $p=0,00224$ ; $N=91$ ).....	51

### **CAPÍTULO 3**

Figura 1	Lagoas amostradas na porção do Rio das Mortes sob influência do reservatório do Funil (1- Lagoa Atola; 2- Lagoa Cavallo) e no Rio Grande (3- Lagoa Jacaré), localizadas no Sul de Minas Gerais, Brasil .....	66
Figura 2	Foto da área de estudo - Lagoa Atola.....	67
Figura 3	Foto da área de estudo - Lagoa Cavallo.....	67
Figura 4	Foto da área de estudo - Lagoa Jacaré.....	68
Figura 5	Desenho esquemático de <i>Salvinia auriculata</i> .....	69

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

Tabela 1	Frequência de rametes com esporocarpos e sem esporocarpos nos períodos de Seca 1 e Cheia 1 .....	37
Tabela 2	Frequência de rametes com esporocarpos e sem esporocarpos nos períodos de Seca 2 e Cheia 2 .....	38
Tabela 3	Frequência de rametes com brotos e sem brotos nos períodos de Seca 1 e Cheia 1 .....	38
Tabela 4	Frequência de rametes com brotos e sem brotos nos períodos de Seca 2 e Cheia 2 .....	39

### CAPÍTULO 3

Tabela 1	Concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) da água, em mg/L, para os períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) e cheia (Cheia 1 e Cheia 2) das lagoas .....	73
Tabela 2	Correlações entre a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água e a média da biomassa seca de esporocarpos (BE) e de brotos (BB).....	74
Tabela 3	Correlações entre a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água e a média do número de esporocarpos (ME) e de brotos (MB).....	75
Tabela 4	Correlações entre a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água e a média da biomassa de folíolos aéreos (BFA), de folíolos submersos (BFS) e de rizomas (BR) .....	75

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 Introdução Geral</b> .....	16
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	20
	<b>CAPÍTULO 2 Influência dos períodos de seca e cheia sobre a produção e alocação de biomassa para estruturas reprodutivas e vegetativas de <i>Salvinia auriculata</i> Aublet</b> .....	22
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	24
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	27
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	27
<b>2.2</b>	<b>Espécie estudada</b> .....	31
<b>2.3</b>	<b>Amostragem em campo e processamento do material vegetal</b> .....	32
<b>2.4</b>	<b>Análise dos dados</b> .....	33
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	34
<b>3.1</b>	<b>Alocação de biomassa e frequência de produção de estruturas reprodutivas</b> .....	34
<b>3.2</b>	<b>Alocação de biomassa para estruturas vegetativas</b> .....	39
<b>3.3</b>	<b>Alocação diferencial de biomassa</b> .....	46
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	52
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	55
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	56
	<b>CAPÍTULO 3 A alocação de biomassa e a concentração de nitrogênio e fósforo em <i>Salvinia auriculata</i> Aublet são dependentes da concentração de nitrogênio e fósforo na água?</b> .....	60
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	61
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	64
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	64
<b>2.2</b>	<b>Espécie estudada</b> .....	68
<b>2.3</b>	<b>Amostragem em campo e processamento do material vegetal</b> .....	69
<b>2.4</b>	<b>Análise dos dados</b> .....	70
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	72
<b>3.1</b>	<b>Concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água</b> .....	72
<b>3.2</b>	<b>Biomassa seca e número de esporocarpos e de brotos</b> .....	74
<b>3.3</b>	<b>Biomassa seca de folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas</b> .....	75

<b>3.4</b>	<b>Concentração de nitrogênio e de fósforo em folíolos aéreos e folíolos submersos</b> .....	76
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	77
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	80
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	81

## **CAPÍTULO 1 Introdução Geral**

### **1 INTRODUÇÃO**

As macrófitas aquáticas são plantas que apresentam partes fotossinteticamente ativas submersas ou flutuantes na coluna d'água por um período de tempo ou de forma permanente (COOK, 1996). Elas apresentam grande plasticidade ecológica podendo habitar os mais diversos ambientes como brejos, lagos, rios, cachoeiras e ambientes salobros (ESTEVES, 1998). Baseado em seu modo de vida, podem ser classificadas em cinco grandes grupos ecológicos: (1) macrófitas emersas - enraizadas no sedimento, com folhas fora da água; (2) macrófitas com folhas flutuantes - enraizadas no sedimento, com folhas flutuantes na superfície da água; (3) macrófitas submersas livres - livres e "mergulhadas" na coluna d'água; (4) macrófitas submersas enraizadas - enraizadas no sedimento e totalmente submersas e (5) macrófitas flutuantes - flutuam livremente na superfície da água (ESTEVES, 1998) (Figura 1).

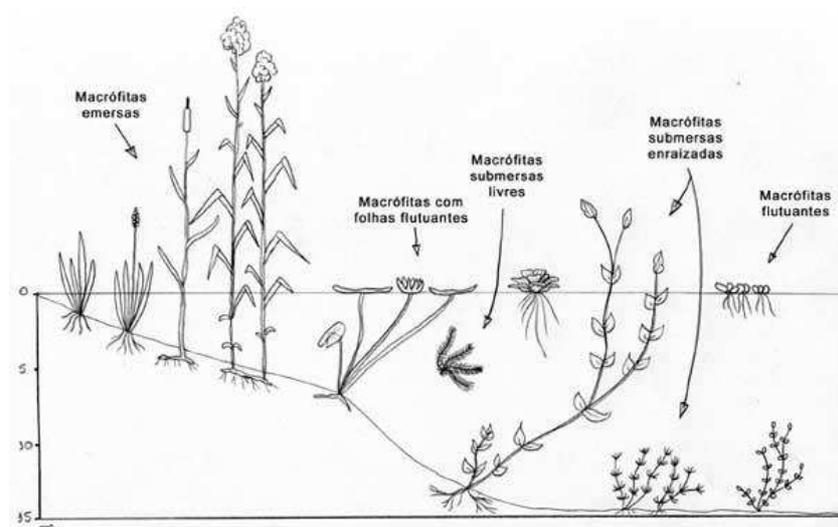


Figura 1 Classificação das macrófitas aquáticas quanto ao seu modo de vida  
Fonte: Esteves (1998).

Estudos que visam entender as relações entre as diversas comunidades límnicas têm reafirmado a importância das macrófitas nos ambientes aquáticos, atribuindo a elas a função de manutenção desses ecossistemas, sendo assim, uma das principais comunidades produtoras de biomassa nesses ambientes (ESTEVES, 1998; THOMAZ; BINI, 2003). Elas contribuem para a diversidade física e biológica, bem como para o funcionamento ecológico dos ecossistemas aquáticos (LACOUL; FREEDMAN, 2006). Representam importantes fontes de alimento e de refúgio tanto para vertebrados como para invertebrados, sendo sua presença relacionada à manutenção da riqueza de peixes na região neotropical (AGOSTINHO et al., 2007; PELICICE; AGOSTINHO; THOMAZ, 2005). Além disso, participam de ciclos biogeoquímicos, onde são responsáveis pela ciclagem de elementos como nitrogênio, fósforo e carbono, reincorporando-os à cadeia alimentar (BRISTOW, 1974; GENEVIÈRE; DUTHIE; TAYLOR, 1997).

Os ecossistemas aquáticos têm sofrido grandes pressões antrópicas devido às mudanças no uso do solo, com a urbanização e agricultura, somadas a poluição e ao aumento da necessidade de abastecimento de água (WHEATER; NEAL; PEACH, 2006). Muitas dessas alterações antrópicas favorecem o crescimento descontrolado das espécies de macrófitas aquáticas (ESTEVES, 1998). Por sua vez, esse crescimento prejudica o uso múltiplo dos recursos hídricos como a navegação, a pesca, a recreação e principalmente a produção de energia por usinas hidroelétricas (CARVALHO et al., 2003; MARCONDES et al., 2003).

As macrófitas aquáticas têm seu crescimento limitado por diversos fatores bióticos e abióticos entre eles: temperatura, luminosidade, profundidade da água, velocidade de corrente, características do substrato, disponibilidade de nutrientes, competição e herbivoria (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003; FRANKLIN; DUNBAR; WHITEHEAD, 2008; LACOUL; FREEDMAN, 2006). O conhecimento desses fatores e do modo como eles afetam a história de vida das macrófitas aquáticas é o primeiro passo na elaboração de medidas eficientes de manejo dessas plantas. A dissertação aqui apresentada é uma parte do projeto intitulado: Estratégias de persistência de samambaias aquáticas heterosporadas (SALVINIALES) em lagoas temporárias da Bacia do Rio das Velhas, MG.

Estudou-se especificamente a espécie *Salvinia auriculata*, pertence à família SALVINIACEAE. Essa planta é uma pteridófita, herbácea, aquática flutuante, com ampla distribuição em ambientes aquáticos tropicais (COOK, 1996; SOTA, 1962). Apresenta reprodução sexuada, com a produção de esporocarpos, e reprodução assexuada, com a produção de brotos rizomatosos. Escolheu-se essa espécie, pois ela apresenta altas taxas de crescimento e é capaz de cobrir extensas áreas em pouco tempo, sendo considerada como uma planta

daninha (LORENZI, 1982). Além disso, sua taxa de crescimento se eleva em ambientes tropicais, por meio da reprodução assexuada (THOMAZ et al., 2006).

A presente dissertação está estruturada em três capítulos. O primeiro apresenta uma introdução geral da dissertação. O segundo trata da influência dos períodos de seca e de cheia de lagoas permanentes sobre a produção de estruturas reprodutivas e sobre a alocação de biomassa para estruturas reprodutivas e vegetativas de *S. auriculata*. Além de verificar a existência de alocação diferencial de biomassa entre estruturas reprodutivas e vegetativas. O terceiro capítulo avalia se ocorre variação da concentração de nitrogênio e fósforo na água entre os períodos de seca e de cheia. Também avalia se há influência da concentração de nitrogênio e fósforo na água sobre a produção de estruturas reprodutivas e sobre a alocação de biomassa para estruturas reprodutivas e vegetativas de *S. auriculata*, além de verificar se ocorre relação entre a concentração de nitrogênio e fósforo na água e a concentração desses nutrientes em *S. auriculata*.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A. et al. Influence of the macrophyte *Eichhornia azurea* on fish assemblage of the Upper Paraná River floodplain, Brazil. **Aquatic Ecology**, New York, v. 41, n. 4, p. 611-619, 2007.

BRISTOW, J. M. Nitrogen fixation in the rhizosphere of freshwater angiosperms. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 52, p.217-221, 1974.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes ao crescimento de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. P.59-84.

**CARVALHO, F. T. et al. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 21, p. 15-19, 2003. Número especial.**

**COOK, C. D. K. Aquatic plant book. New York: SPB Academic, 1996. 228p.**

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciências/FINEP, 1998.574 p.

FRANKLIN, P.; DUNBAR, M. J.; WHITEHEAD, P. Flow controls on lowland river macrophytes: a review. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 400, n. 1/3, p. 369-378, Aug. 2008.

GENEVIÈRE, M.C.; DUTHIE, H.C.; TAYLOR, W.D. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. **Aquatic Botany**, New York, v. 59, n. 3/4, p. 195-215, Dec. 1997.

LACOUL, P.; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Review**, Denver, v. 14, n. 2, p. 89-136, 2006.

**LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. São Paulo: Nova Odessa, 1982. 425 p.**

**MARCONDES, D. A. S. et al. Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. Planta Daninha, Viçosa, MG, v. 21, p. 69-77, 2003. Número especial.**

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M. Fish assemblages associated with *Egeria* in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. **Acta Oecologica**, New York, v. 27, n. 1, p. 9-16, Feb. 2005.

**SOTA, E. R. del la. Contribución al conocimiento de las SALVINIACEAE neotropicales, II: *Salvinia auriculata* Aublet. Darwiniana, Buenos Aires, v.12, p. 499-513, 1962.**

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** Maringá: UEM, 2003. 341 p.

THOMAZ, S.M. et al. Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir, Itaipu, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 570, n. 1, p.53-59, Oct. 2006.

**WHEATER, H. S.; NEAL, C.; PEACH, D. Hydro-ecological functioning of the Pang and Lambourn catchments, UK: an introduction to the special issue.** Journal of Hydrology, Amsterdam, v. 330, n. 1/2, p. 1-9, 2006.

**CAPÍTULO 2** Influência dos períodos de seca e cheia sobre a produção e alocação de biomassa para estruturas reprodutivas e vegetativas de *Salvinia auriculata* Aublet

## RESUMO

Mudanças no nível da água são comuns em áreas úmidas e podem afetar as macrófitas aquáticas em aspectos reprodutivos e vegetativos. Objetivou-se avaliar a influência dos períodos de seca e cheia de lagoas permanentes sobre a produção de estruturas reprodutivas e sobre a alocação de biomassa para estruturas reprodutivas e vegetativas de *Salvinia auriculata*. Também verificou-se a ocorrência alocação diferencial de biomassa entre suas estruturas reprodutivas e vegetativas. O presente trabalho foi desenvolvido em três lagoas marginais permanentes. Realizou-se quatro excursões ao campo, sendo duas no período de seca e duas no período de cheia. Em cada excursão foram coletados 100 rametes de *S. auriculata* de cada lagoa. Em laboratório, as plantas foram lavadas e separou-se as estruturas vegetativas e reprodutivas. Foi feita a contagem das estruturas reprodutivas presentes. Posteriormente secou-se e pesou-se todas as estruturas. Foram encontrados maiores valores de biomassa seca de esporocarpos bem como maior frequência de rametes com esporocarpos em períodos de seca, tanto para Seca 1 como para Seca 2. A biomassa seca de brotos, bem como a frequência de rametes com brotos, foi significativamente maior para a Cheia 1 quando comparada à Seca 1, porém não encontrou-se diferença significativa entre Seca 2 e Cheia 2. A biomassa seca de folíolos aéreos foi significativamente maior em períodos de seca, tanto para Seca 1 como para Seca 2. Houve diferença significativa da biomassa seca de folíolos submersos entre Seca 1 e Cheia 1, ocorrendo maiores valores no período de seca. Também houve diferença significativa entre a Seca 2 e Cheia 2, porém os maiores valores de biomassa seca de folíolos submersos ocorreram no período de cheia. Para Seca 1 e Cheia 1, a biomassa seca de rizomas foi significativamente maior no período de seca. Porém, não houve diferença significativa entre a Seca 2 e Cheia 2. Encontramos correlações positivas entre a biomassa seca de esporocarpos e a biomassa de folíolos aéreos, de folíolos submersos, de rizomas e a biomassa seca total. Também observamos correlações positivas entre a biomassa seca de brotos e a biomassa seca de folíolos submersos, de rizomas e a biomassa seca total. Não houve correlação entre biomassa seca de brotos e biomassa seca de folíolos aéreos. Os Períodos de seca e cheia influenciam aspectos reprodutivos e vegetativos de *S. auriculata*. Porém, outros fatores ambientais podem influenciar a alocação de biomassa e a produção de suas estruturas. A espécie não apresenta alocação diferencial de biomassa entre estruturas reprodutivas e vegetativas, ressaltando que a produção dessas estruturas é diretamente afetada pela importância de sua produção em determinado momento, ou seja, por sua função imediata na planta.

Palavras-chave: Planta aquática. Nível da água. Reprodução sexuada. Reprodução assexuada. Lagoas marginais.

## 1 INTRODUÇÃO

O regime hídrico tem sido apontado como o principal fator que afeta a assembleia de plantas em áreas úmidas (CASANOVA; BROCK, 2000; VALK, 1981). A variação do nível da água acontece comumente em rios e áreas úmidas (DEEGAN; WHITE; GANF, 2007) e pode afetar aspectos reprodutivos e vegetativos das macrófitas aquáticas. A plasticidade fenotípica dessas plantas, por meio de ajustes morfológicos e fisiológicos, é uma resposta a estes ambientes heterogêneos, permitindo sua sobrevivência (BRANDLE, 1991).

As macrófitas aquáticas, assim como a grande maioria das plantas perenes, apresentam estratégias reprodutivas mistas combinando reprodução sexuada com formas de crescimento clonal (WORLEY; HARDER, 1996). A importância da reprodução sexuada *versus* assexuada pode variar, mesmo entre indivíduos da mesma espécie, entre microhabitats, em resposta a fatores bióticos e abióticos (ECKERT; BARRETT, 1993). Em regiões que sofrem inundações, a reprodução assexuada garante a colonização rápida de áreas que estão disponíveis às plantas, durante o período da cheia. Com a diminuição do nível da água esse desenvolvimento é interrompido, e a maioria das plantas produz sementes ou esporos, garantindo sua manutenção no ambiente (COELHO; LOPES; SPERBER, 2005; JUNK, 1980; WARWICK; BROCK, 2003).

Segundo Weeb, Wallis e Stewardson (2012), grande parte dos trabalhos que investigam a influência do nível da água sobre a produção de estruturas de reprodução sexuada em macrófitas tem relatado uma influência negativa desse fator, ocorrendo a diminuição da produção dessas estruturas com o aumento da profundidade.

Para samambaias aquáticas heterosporadas, um aspecto central de sua história de vida é a formação dos esporocarpos. A produção abundante dessas estruturas parece ser um caráter plesiomórfico, que assegura a sobrevivência sob

condições de seca (HOFFMAN; STOKEY, 1994). Segundo Coelho, Lopes e Sperber (2005), a produção de esporocarpos em *Salvinia auriculata* nas lagoas temporárias do pantanal sul-matogrossense é uma estratégia adaptativa para suportar períodos de seca.

As estruturas vegetativas das macrófitas aquáticas também podem ser afetadas por mudanças no nível da água. Alguns autores têm descrito alterações morfológicas no diâmetro e no comprimento de pecíolos (CASSOL; AGOSTINETTO; MARIATH, 2008; COOPS; BRINK; VELDE, 1996), além de mudanças no número e no comprimento de folhas (COOLING; GANF; WALKER, 2001) em função da variação do nível da água. Também tem sido relatadas alterações na alocação de biomassa das estruturas vegetativas devido à influência do nível da água. Como grande parte desses estudos foi realizado com espécies emergentes, essas alterações na biomassa têm sido relatadas para estruturas subterrâneas (CARRILLO; GUARÍN; GUILLOT, 2006; COOPS; BRINK; VELDE, 1996; NEIL, 1993; RAJAPAKSE et al., 2006), estruturas acima do solo (CARRILLO; GUARÍN; GUILLOT, 2006; NEIL, 1993; RAULINGS et al., 2010), bem como para a biomassa total das plantas (NEIL, 1993; RAJAPAKSE et al., 2006).

Objetivou-se verificar a influência dos períodos de seca e cheia de lagoas permanentes sobre a produção de estruturas reprodutivas, sexuadas e assexuadas, e sobre a alocação de biomassa para estruturas reprodutivas, sexuadas e assexuadas, e vegetativas de *S. auriculata*. Além disso, verificou-se a ocorrência de alocação diferencial de biomassa entre as estruturas reprodutivas e vegetativas. Com base na premissa de que a produção de esporocarpos assegura a sobrevivência de *S. auriculata* em períodos de seca nas lagoas temporárias, foram testadas as seguintes hipóteses: a) a reprodução sexuada é favorecida (maior alocação de biomassa e frequência de produção) nos períodos de seca, mesmo em lagoas permanentes, enquanto reprodução assexuada é favorecida

nos períodos de cheia; b) ocorre maior alocação de biomassa para estruturas vegetativas (folíolos aéreos, folíolos submersos e rizoma), bem como maior biomassa seca total em períodos de seca; c) ocorre alocação diferencial de biomassa entre estruturas reprodutivas (esporocarpos e brotos) e vegetativas (folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Desenvolveu-se o presente estudo em três lagoas marginais permanentes e que não apresentam ligação contínua com os rios que margeiam (Figura 1). A

Lagoa Atola, de coordenadas  $21^{\circ} 08. 896' S$ ;  $44^{\circ} 53. 015' W$  (Figura 2) e a

Lagoa Cavalo, de coordenadas  $21^{\circ} 08. 950' S$ ;  $44^{\circ} 52. 861' W$  (Figura 3)

margeiam o Rio das Mortes, na porção sob influência do reservatório da Usina Hidroelétrica do Funil. Caracterizam-se por apresentar pequeno porte e

profundidade. A Lagoa Jacaré, de coordenadas  $21^{\circ} 16. 756' S$ ;  $45^{\circ} 09. 188' W$

(Figura 4) margeia o Rio Grande e apresenta grande área inundada e profundidade. O Rio das Mortes está inserido na Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré, mesorregião do Campo das Vertentes. Apresenta uma área de drenagem de 10.547 km<sup>2</sup>. Seu clima é classificado como semi-úmido, apresentando em torno de cinco a seis meses secos por ano (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM, 2012). A porção do Rio

Grande onde se encontra a terceira lagoa estudada está inserida na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, mesorregião do Campo das Vertentes. Apresenta uma área de drenagem de 8.804 km<sup>2</sup>. Seu clima é classificado como semi-úmido, apresentando de quatro a cinco meses secos por ano (IGAM, 2012). Ambos pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Grande situada na Região Sudeste do Brasil, na Região Hidrográfica Paraná (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2008).

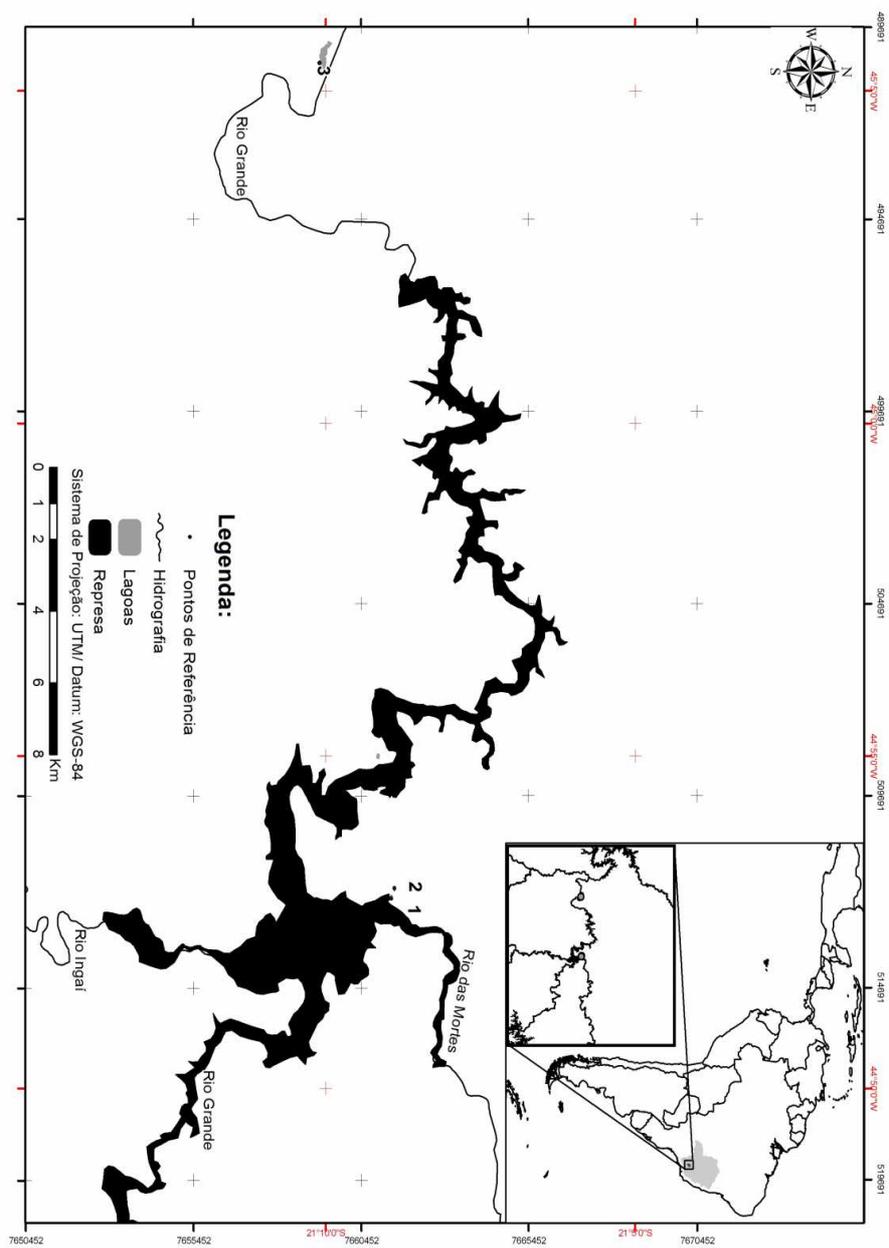


Figura 1 Lagoas amostradas na porção do Rio das Mortes sob influência do reservatório do Funil (1- Lagoa Atola; 2- Lagoa Cavalão) e no Rio Grande (3- Lagoa Jacaré), localizadas no Sul de Minas Gerais, Brasil



Figura 2 Foto da área de estudo - Lagoa Atola



Figura 3 Foto da área de estudo - Lagoa Cavallo



Figura 4 Foto da área de estudo - Lagoa Jacaré

## 2.2 Espécie estudada

*Salvinia auriculata* Aubl. (1775) (Figura 5) pertence à família SALVINIACEAE. É uma pteridófita, herbácea, aquática flutuante e amplamente distribuída em ambientes aquáticos tropicais (COOK, 1996; SOTA, 1962). Apresenta rametes conectados por rizomas, sendo que cada ramete possui duas folhas flutuantes, uma folha submersa, um broto apical e brotos laterais. Esse gênero não apresenta raízes e a absorção de íons e água é realizada por folhas submersas modificadas (SCULTHORPE, 1967). As folhas modificadas não realizam fotossíntese e se dividem em segmentos filamentosos muito semelhantes às raízes verdadeiras. A reprodução sexuada se dá pela produção de esporocarpos em segmentos modificados das folhas submersas (COOK, 1996) e a reprodução assexuada pela de produção brotos rizomatosos. Apresenta altas taxas de crescimento, principalmente em ambientes ricos em nitrogênio e

fósforo, e pode cobrir extensas áreas em pouco tempo, sendo considerada uma planta daninha (LORENZI, 1982). Em ambientes tropicais, sua taxa de crescimento se eleva, principalmente por formas de reprodução vegetativa (THOMAZ et al., 2006).

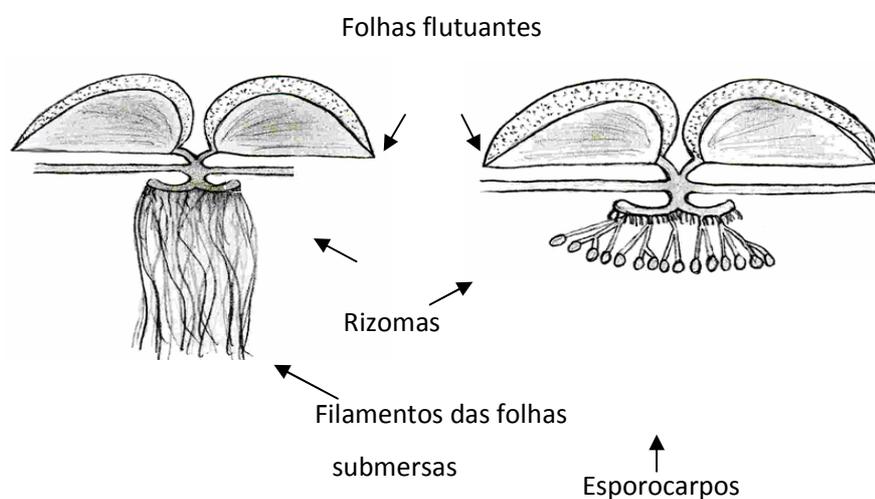


Figura 5 Desenho esquemático de *Salvinia auriculata*

Fonte: Modificado de United States Geological Survey (2012)

### 2.3 Amostragem em campo e processamento do material vegetal

Foram realizadas quatro excursões a campo durante o ano de 2012. Duas excursões durante o período de cheia nos meses de fevereiro (Cheia 1) e dezembro (Cheia 2) e duas durante o período de seca nos meses de agosto (Seca 1) e setembro (Seca 2). Para obtenção da biomassa seca das plantas, foram

coletados 100 rametes de *S. auriculata* em cada lagoa, totalizando 300 rametes por excursão. Os rametes foram coletados em bancos monoespecíficos, onde as plantas eram mais abundantes. Em laboratório, as plantas foram lavadas para a retirada de matéria orgânica e terra. Separou-se as estruturas vegetativas de cada ramete: folíolos aéreos, folíolos submersos e rizoma. Quando presente separou-se e contou-se as estruturas reprodutivas: esporocarpos e brotos. As estruturas foram colocadas em sacos de papel e submetemos à secagem a 60 °C em estufa até peso constante e posteriormente pesamos em balança de precisão.

#### **2.4 Análise dos dados**

Para avaliar a influência dos períodos de seca e cheia na alocação de biomassa para estruturas reprodutivas de *S. auriculata*, comparou-se a biomassa seca de esporocarpos e de brotos entre esses períodos, por meio do teste U - Mann Whitney. Também foram construídas tabelas de contingência, seguidas pelo teste G para avaliar a frequência de produção de estruturas reprodutivas sexuadas e assexuadas nos períodos amostrados. Para verificar se ocorre influência dos períodos de seca e de cheia na alocação de biomassa para estruturas vegetativas (folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas) a biomassa seca dessas estruturas foi comparada entre os períodos de seca e de cheia, por meio do teste U - Mann Whitney. Fez-se o mesmo para a biomassa seca total de cada ramete, conseguida por meio da soma da biomassa seca de seus folíolos aéreos, folíolos submersos e rizoma. Para verificar a existência de alocação diferencial de biomassa entre as estruturas reprodutivas (esporocarpos e brotos) e as estruturas vegetativas (folíolos submersos, folíolos aéreos e rizomas), utilizou-se correlações de Spearman.

Para todas as análises estatísticas e para gerar os gráficos utilizou-se o programa Systat 9 software (SPSS Ltd.).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Alocação de biomassa e frequência de produção de estruturas reprodutivas

Foi encontrada diferença significativa da biomassa seca dos esporocarpos entre os períodos amostrados, sendo maior tanto para a Seca 1 ( $U=27093,000$ ;  $p=0,000$ ) (Figura 6) como para a Seca 2 ( $U=17115,500$ ;  $p=0,000$ ) (Figura 7), quando comparados respectivamente com a Cheia 1 e a Cheia 2.

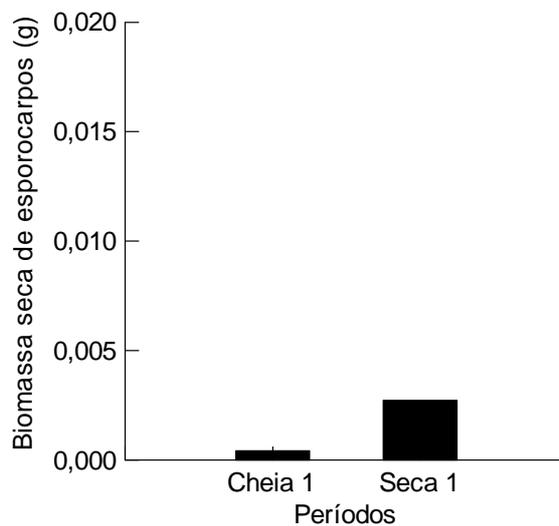


Figura 6 Biomassa seca de esporocarpos na Cheia 1 (máximo = 0,008; mínimo = 0,000 ; média = 0,000 ; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) *versus* na Seca 1 (máximo = 0,017; mínimo = 0,000; média = 0,003; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000)

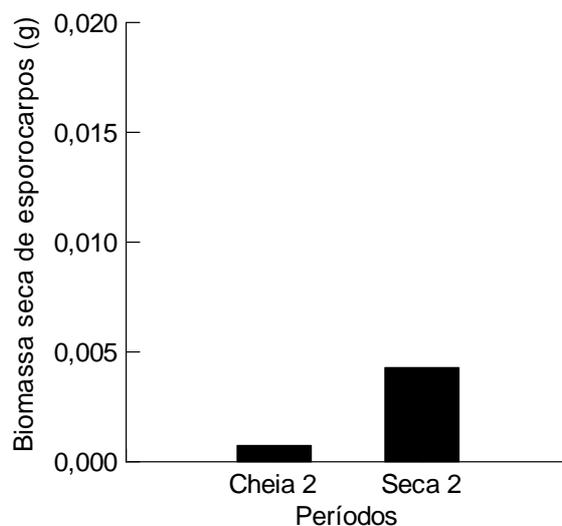


Figura 7 Biomassa seca de esporocarpos na Cheia 2 (máximo = 0,007; mínimo = 0,007; média = 0,001; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) *versus* Seca 2 (máximo = 0,035; mínimo = 0,000; média = 0,004; mediana = 0,003; erro-padrão = 0,000)

Também foi observada diferença significativa da biomassa seca dos brotos entre a Cheia 1 e a Seca 1 ( $U=48436,000$ ;  $p=0,006$ ), sendo maior no período da Cheia 1 (Figura 8). No entanto, não foi encontrada diferença significativa da biomassa seca dos brotos entre a Cheia 2 e a Seca 2 ( $U=43429,500$ ;  $p=0,240$ ) (Figura 9).

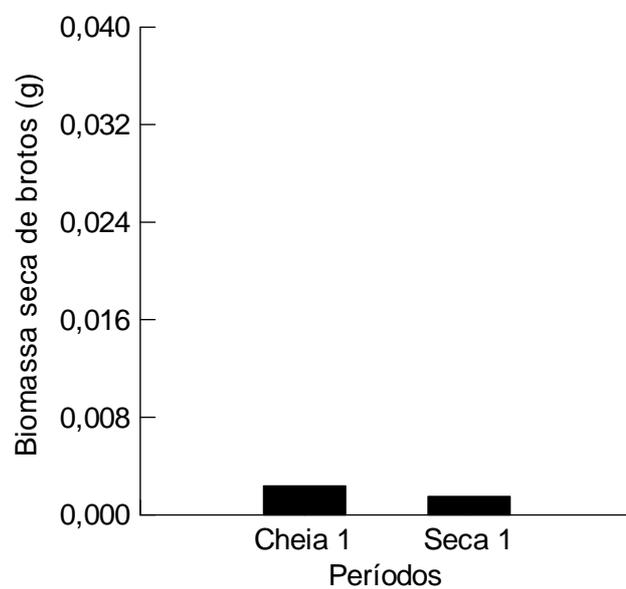


Figura 8 Biomassa seca de brotos na Cheia 1 (máximo = 0,048; mínimo = 0,000 ; média = 0,003; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) *versus* na Seca 1 (máximo = 0,032; mínimo = 0,000; média = 0,001; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000)

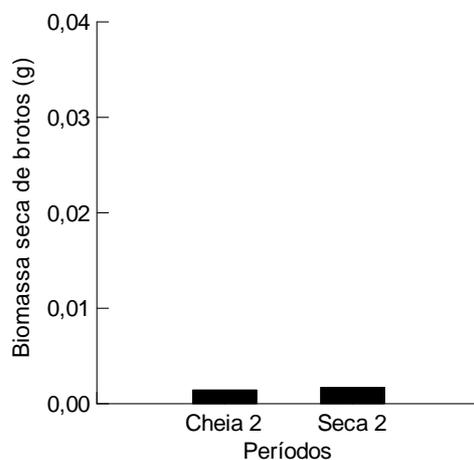


Figura 9 Biomassa seca de brotos na Cheia 2 (máximo = 0,032; mínimo = 0,000; média = 0,001; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000) *versus* na Seca 2 (máximo = 0,029; mínimo = 0,000; média = 0,002; mediana = 0,000; erro-padrão = 0,000)

Observou-se maior frequência de rametes com esporocarpos para o período de Seca 1 quando comparado à Cheia 1 ( $G = 99,93$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabela 1) e para o período de Seca 2 quando comparado à Cheia 2 ( $G = 30,98$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabela 2).

Tabela 1 Frequência de rametes com esporocarpos e sem esporocarpos nos períodos de Seca 1 e Cheia 1

Rametes	Períodos do ano		Total
	Seca 1	Cheia 1	
Com esporocarpos	150	39	189
Sem esporocarpos	150	261	411
Total	300	300	600

Nota: Comparação entre períodos de Seca 1 e Cheia 1 ( $G = 99,93$ ;  $p < 0,001$ ).

Tabela 2 Frequência de rametes com esporocarpos e sem esporocarpos nos períodos de Seca 2 e Cheia 2

Rametes	Períodos do ano		Total
	Seca 2	Cheia 2	
Com esporocarpos	140	75	215
Sem esporocarpos	160	225	385
Total	300	300	600

Nota: Comparação entre períodos de Seca 2 e Cheia 2 ( $G = 30,98$ ;  $p < 0,001$ ).

Foi encontrada maior frequência de rametes com brotos para o período de Cheia 1 quando comparado à Seca 1 ( $G = 7,98$ ;  $p = 0,0047$ ) (Tabela 3). Porém, não se encontrou diferença na frequência de rametes com brotos entre os períodos de Seca 2 e Cheia 2 ( $G = 1,547$ ;  $p = 0,2142$ ) (Tabela 4).

Tabela 3 Frequência de rametes com brotos e sem brotos nos períodos de Seca 1 e Cheia 1

Rametes	Períodos do ano		Total
	Seca 1	Cheia 1	
Com brotos	27	50	77
Sem brotos	273	250	523
Total	300	300	600

Nota: Comparação entre períodos de Seca 1 e Cheia 1 ( $G = 7,98$ ;  $p = 0,0047$ ).

Tabela 4 Frequência de rametes com brotos e sem brotos nos períodos de Seca 2 e Cheia 2

Rametes	Períodos do ano		Total
	Seca 2	Cheia 2	
Com brotos	52	41	93
Sem brotos	248	259	507
Total	300	300	600

Nota: Comparação entre períodos de Seca 2 e Cheia 2 ( $G = 1,1542$ ;  $p = 0,2142$ ).

### 3.2 Alocação de biomassa para estruturas vegetativas

Quanto à biomassa seca de folíolos aéreos, foi encontrada diferença significativa tanto entre a Cheia 1 e a Seca 1 ( $U=24749,500$ ;  $p=0,000$ ) (Figura 10) como entre a Cheia 2 e Seca 2 ( $U=28527,000$ ;  $p=0,000$ ) (Figura 11), sendo maior nos períodos da seca das lagoas.

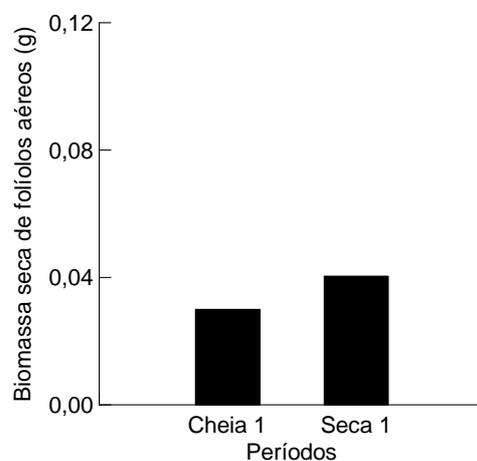


Figura 10 Biomassa seca de folíolos aéreos na Cheia 1 (máximo=0,252; mínimo=0,003; média=0,031; mediana=0,030; erro-padrão=0,016) *versus* na Seca 1 (máximo=0,163; mínimo=0,011; média=0,042; mediana=0,039; erro-padrão=0,017)

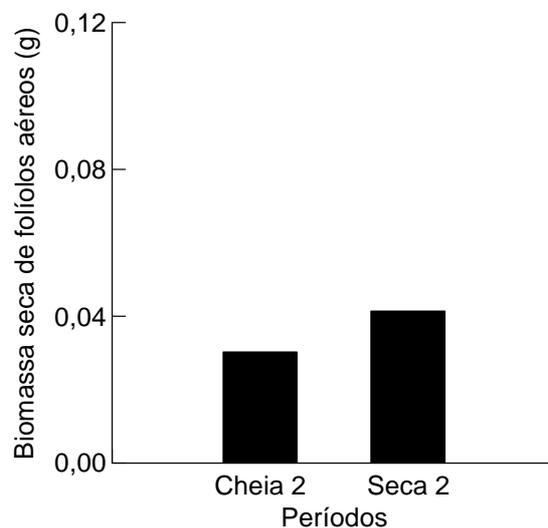


Figura 11 Biomassa seca de folíolos aéreos na Cheia 2 (máximo=0,061; mínimo=0,011; média=0,030; mediana=0,028; erro-padrão=0,010) *versus* na Seca 2 (máximo=0,116; mínimo=0,005; média=0,041; mediana=0,039; erro-padrão=0,019)

Verificou-se que a biomassa seca de folíolos submersos foi significativamente diferente entre a Cheia 1 e a Seca 1 ( $U=35009,500$ ;  $p=0,000$ ), apresentando maiores valores no período de seca (Figura 12). Também houve diferença significativa entre a Cheia 2 e a Seca 2 ( $U=62055,000$ ;  $p=0,000$ ), porém os maiores valores ocorreram no período de cheia das lagoas (Figura 13).

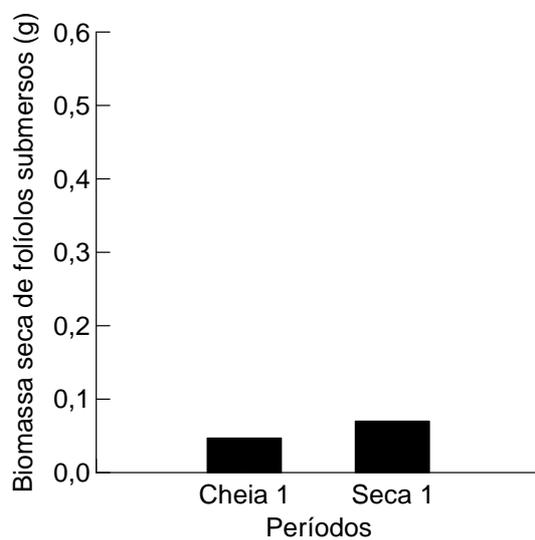


Figura 12 Biomassa seca de folíolos submersos na Cheia 1 (máximo=0,530; mínimo=0,002; média=0,047; mediana=0,037; erro-padrão=0,040) *versus* na Seca 1 (máximo=0,452; mínimo=0,002; média=0,070; mediana=0,050; erro-padrão=0,064)

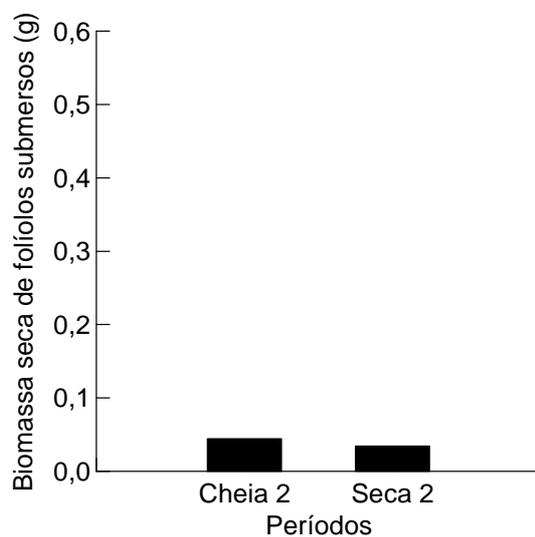


Figura 13 Biomassa seca de folíolos submersos na Cheia 2 (máximo=0,174; mínimo=0,002; média=0,044; mediana=0,040; erro-padrão=0,026) *versus* na Seca 2 (máximo=0,588; mínimo=0,003; média=0,034; mediana=0,026; erro-padrão=0,048)

Observou-se diferença significativa da biomassa seca de rizomas entre a Cheia 1 e Seca 1 ( $U=29687,000$ ;  $p=0,0000$ ), sendo maior no período de seca (Figura 14). Porém, não houve diferença significativa entre a Cheia 2 e a Seca 2 ( $U=44082,500$ ;  $p=0,666$ ) (Figura 15).

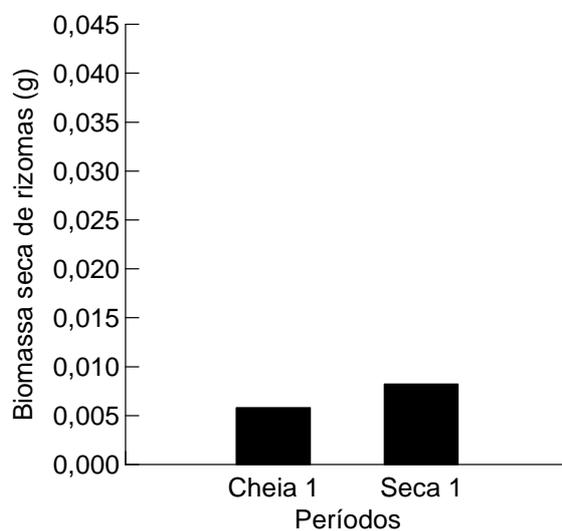


Figura 14 Biomassa seca de rizomas na Cheia 1 (máximo=0,025; mínimo=0,001; média=0,006; mediana=0,006; erro-padrão=0,003) *versus* na Seca 1 (máximo=0,080; mínimo=0,000; média=0,008; mediana=0,007; erro-padrão=0,006)

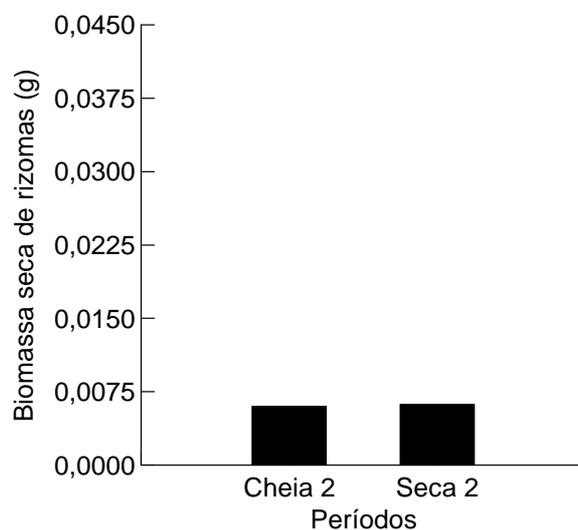


Figura 15 Biomassa seca de rizomas na Cheia 2 (máximo=0,110; mínimo=0,000; média=0,007; mediana=0,006; erro-padrão=0,008) *versus* na Seca 2 (máximo=0,022; mínimo=0,000; média=0,006; mediana=0,005; erro-padrão=0,004)

Para a biomassa seca total encontrou-se diferença significativa entre a Cheia 1 e a Seca 1 ( $U=27267,000$ ;  $p=0,000$ ), sendo maior no período de seca (Figura 16). Porém, não houve diferença significativa entre a Cheia 2 e a Seca 2 ( $U=47926,000$ ;  $p=0,168$ ) (Figura 17).

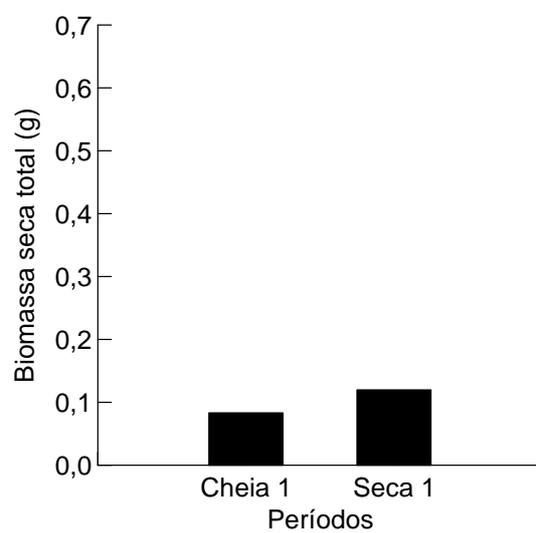


Figura 16 Biomassa seca total na Cheia 1 (máximo=0,560; mínimo=0,020; média=0,083; mediana=0,071; erro-padrão=0,047) *versus* na Seca 1 (máximo=0,641; mínimo=0,029; média=0,120; mediana=0,096; erro-padrão=0,077)

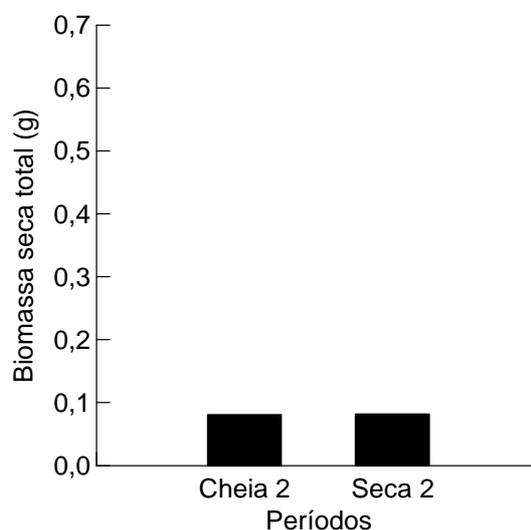


Figura 17 Biomassa seca total na Cheia 2 (máximo=0,230; mínimo=0,023; média=0,081; mediana=0,077; erro-padrão=0,033) *versus* na Seca 2 (máximo=0,685; mínimo=0,013; média=0,082; mediana=0,071; erro-padrão=0,058)

### 3.3 Alocação diferencial de biomassa

Foram encontradas correlações positivas entre a biomassa seca de esporocarpos e a biomassa seca de estruturas vegetativas para folíolos aéreos ( $r=0,3664$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=390$ ) (Figura 18), folíolos submersos ( $r=0,3888$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=390$ ) (Figura 19), rizomas ( $r=0,6816$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=390$ ) (Figura 20) e para a biomassa seca total dos rametes ( $r=0,4832$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=390$ ) (Figura 21).

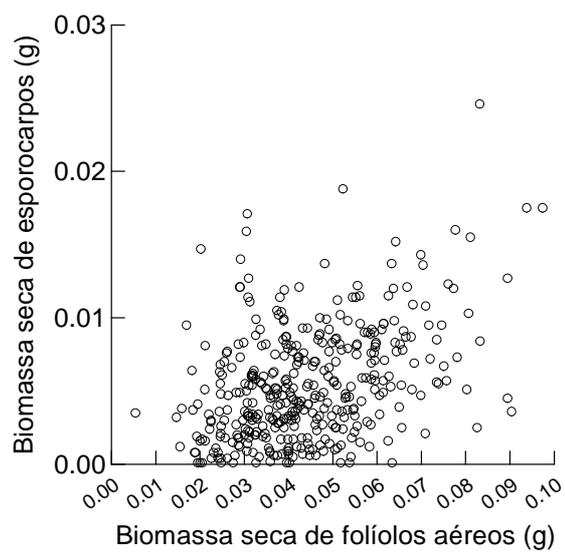


Figura 18 Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca folíolos aéreos (g) ( $r=0,3664$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=390$ )

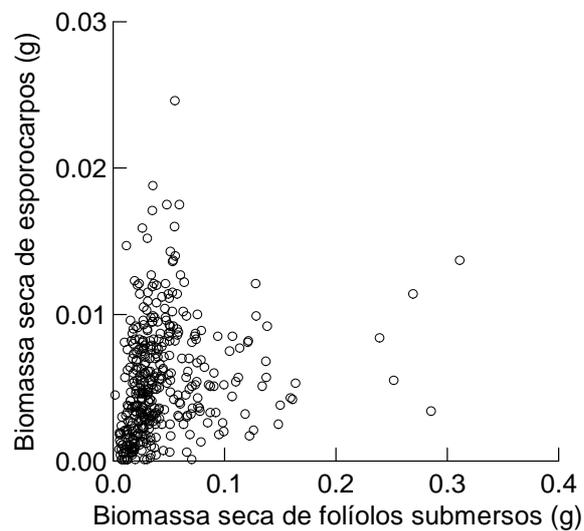


Figura 19 Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca folíolos submersos (g) ( $r=0,3888$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=390$ )

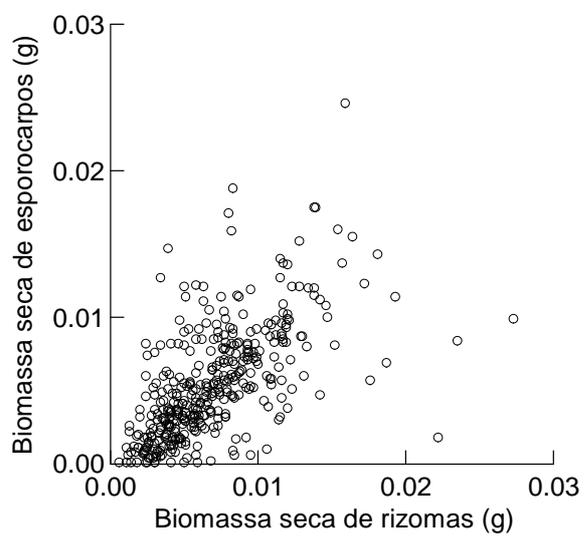


Figura 20 Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca de rizomas (g) ( $r=0,6816$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=390$ )

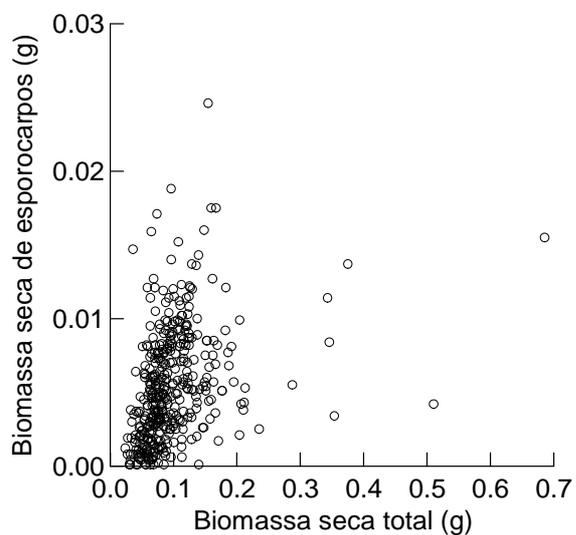


Figura 21 Correlação da biomassa seca de esporocarpos (g) e da biomassa seca total (g) ( $r=0,4832$ ;  $p=0,001$ ;  $N=390$ )

Observou-se correlações positivas entre a biomassa seca de brotos e a biomassa seca de estruturas vegetativas para folíolos submersos ( $r=0,3454$ ;  $p=0,0013$ ;  $N=91$ ) (Figura 22), rizomas ( $r=0,3536$ ;  $p=0,0007$ ;  $N=91$ ) (Figura 23) e para a biomassa seca total dos rametes ( $r=0,3149$ ;  $p=0,0022$ ,  $N=91$ ) (Figura 24). Não se encontrou correlação entre a biomassa seca de brotos e a biomassa seca de folíolos aéreos ( $r=0,1085$ ;  $p=0,3059$ ;  $N=91$ ).

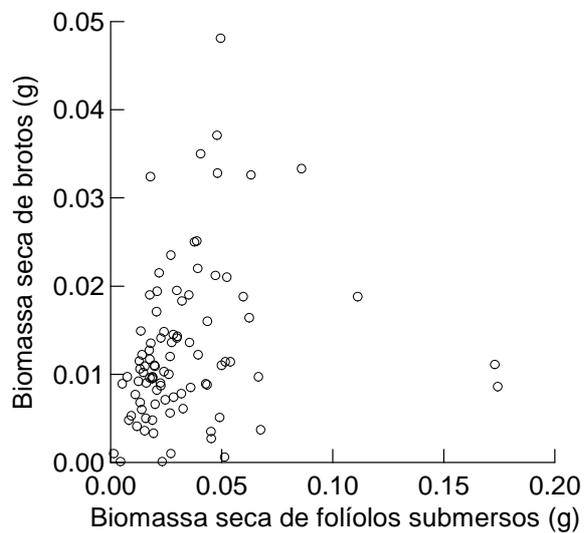


Figura 22 Correlação da biomassa seca de brotos (g) e da biomassa seca folíolos submersos (g) ( $r=0,3454$ ;  $p=0,0001$ ;  $N=91$ )

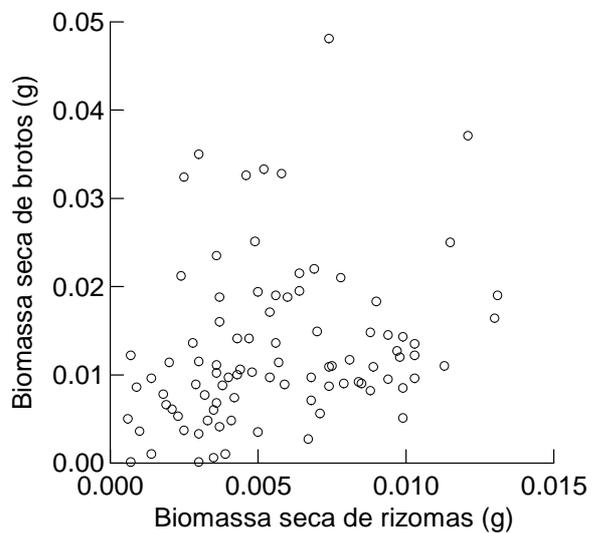


Figura 23 Correlação da biomassa seca de brotos (g) e da biomassa seca rizomas (g) ( $r=0,3536$ ;  $p=0,0007$ ;  $N=91$ )

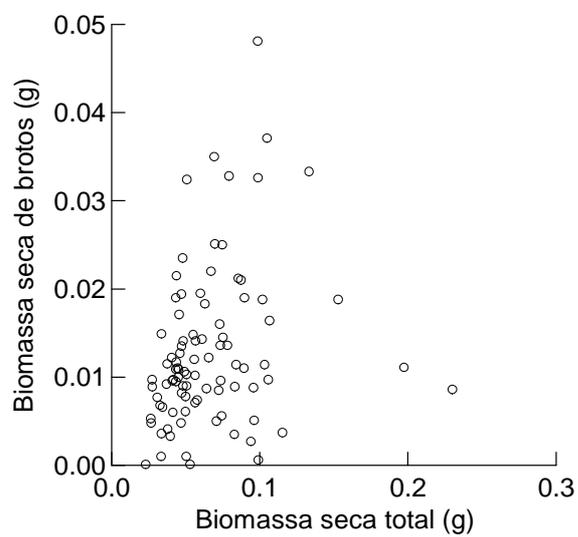


Figura 24 Correlação da biomassa seca de brotos (g) e da biomassa seca total (g) ( $r=0,3149$ ;  $p=0,00224$ ;  $N=91$ )

#### 4 DISCUSSÃO

A maior alocação de biomassa para esporocarpos, bem como a maior frequência de rametes com esporocarpos, em períodos de seca, mostram que os períodos de seca favorecem o modo reprodutivo sexuado em *S. auriculata* também em lagoas permanentes. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho, Lopes e Sperber (2005) para esta espécie em lagoas temporárias. Evidenciando que os esporocarpos, assim como as sementes em outras espécies, são estruturas de resistência durante o período de seca, garantindo a manutenção das populações em ambientes sazonais (BROCK, 2011; COELHO; LOPES; SPERBER, 2005; JUNK, 1980). Outros trabalhos enfocando a influência do nível da água sobre estruturas reprodutivas sexuadas têm relatado a diminuição da produção e da biomassa de flores com o aumento da profundidade (CHARPENTIER; MESLÉARD; GRILLAS, 1998; ISHII; KADONO, 2004). Porém, são raros os estudos que avaliam essa questão para esporocarpos de samambaias aquáticas (WEBB; WALLIS; STEWARDSON, 2012).

Maiores valores de biomassa, bem como maior frequência de rametes com brotos na Cheia 1, indicam que a reprodução assexuada, produção de brotos por meio de rizomas, é favorecida em períodos de cheia. Segundo Mony et al.(2010), algumas espécies compensam a diminuição da reprodução sexuada com o aumento da reprodução assexuada. Porém, não houve diferença para a alocação de biomassa de brotos bem como para a frequência de rametes com brotos entre a Seca 2 e a Cheia 2. Esses resultados podem ter ocorrido devido à menor intensidade da Seca 2 quando comparada à Seca 1, observada em campo. Mostrando assim que outros fatores, como a frequência e a intensidade das chuvas pode influenciar na intensidade dos períodos de seca e de cheia, afetando a alocação de biomassa para as diferentes estruturas das macrófitas aquáticas.

Quanto às estruturas vegetativas, foi observada maior alocação de biomassa para folíolos aéreos em períodos de seca. Esse resultado pode indicar um aumento da taxa fotossintética nos períodos de seca, garantindo a sobrevivência e manutenção dessas plantas sob essas condições. Além disso, durante os períodos de seca das lagoas pode ocorrer uma diminuição da área disponível para o desenvolvimento dos rametes e com isso o aumento da competição intra-específica. Estudo sobre a plasticidade morfológica de *S. auriculata* dependente da densidade encontrou folíolos aéreos maiores e verticalmente orientados em rametes sob alta densidade de plantas (COELHO; LOPES; SPERBER, 2000). Assim, a biomassa dessas estruturas também poderia ser afetada pela competição gerada em períodos de seca das lagoas, apresentando maiores valores de biomassa.

A alocação de biomassa para folíolos submersos foi significativamente diferente entre os períodos, porém apresentou maiores valores no período de Seca 1 e posteriormente para a Cheia 2. Esses resultados mostram que a alocação de biomassa para essas estruturas pode ser afetada por outros fatores conjuntamente com os fatores seca e cheia, como por exemplo, a disponibilidade de nutrientes no ambiente e a densidade de plantas.

A maior alocação de biomassa para rizomas na Seca 1, quando comparada à Cheia 1 indicam que a diminuição do nível da água durante os períodos de seca podem ser estressantes para *S. auriculata*, que é capaz de armazenar recursos em seus rizomas. Segundo Suzuki e Stuefer (1999) e Vermaat (2009), em plantas clonais os rizomas são responsáveis pelo armazenamento de recursos, corroborando com nossos resultados. Entre a Seca 2 e Cheia 2, não houve diferença significativa na biomassa seca de rizomas. Esses resultados podem ter ocorrido devido à menor intensidade da Seca 2 quando comparada à Seca 1, observada em campo. Mostrando novamente que outros fatores, como a frequência e a intensidade das chuvas pode influenciar na

intensidade dos períodos de seca e de cheia, afetando a alocação de biomassa para as diferentes estruturas das macrófitas aquáticas

Para a biomassa seca total também foram encontrados maiores valores para a Seca 1. Entre a Seca 2 e Cheia 2, não houve diferença significativa. Esses resultados se devem aos valores de biomassa encontrados separadamente para folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas, uma vez que a biomassa seca total é a soma da biomassa dessas estruturas.

As correlações positivas entre a biomassa seca de esporocarpos e a biomassa seca de folíolos aéreos, folíolos submersos, rizomas e biomassa seca total indicam que não ocorre alocação diferencial de biomassa em *S. auriculata*. O mesmo pode ser constatado a partir das correlações positivas entre a biomassa seca de brotos e a biomassa seca de folíolos submersos, rizomas e biomassa seca total. Esses resultados mostram que a espécie estudada consegue alocar biomassa tanto para estruturas vegetativas como para reprodutivas, não havendo prejuízo para nenhuma dessas estruturas. Segundo Coelho, Deboni e Lopes (2005), a macrófita flutuante *Pista stratiotes* também não apresenta alocação diferencial de biomassa entre estruturas reprodutivas e vegetativas, indicando que o custo-benefício da produção de uma estrutura para a planta pode ser afetada pela importância de sua produção em determinado momento, ou seja, por sua função imediata na planta.

A ausência de correlação entre a biomassa seca de brotos e a biomassa seca de folíolos aéreos indica que a alocação de biomassa para brotos não influencia a alocação para folíolos aéreos. Esses resultados podem ter ocorrido devido ao baixo custo de produção dos brotos quando comparados a estruturas de reprodução sexuada, bem como por sua capacidade de absorver nutrientes (SANTAMARÍA, 2002), utilizando a “planta mãe” como fonte de recursos durante pouco tempo.

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que os períodos de seca e cheia influenciam aspectos reprodutivos e vegetativos de *S. auriculata*. Porém, para algumas estruturas, outros fatores ambientais podem influenciar tanto a alocação de biomassa como sua produção. A espécie estudada não apresenta alocação diferencial de biomassa entre estruturas reprodutivas e vegetativas, ressaltando que a produção dessas estruturas é diretamente afetada pela importância de sua produção em determinado momento. Essas são algumas características que fazem com que essa espécie apresente um grande potencial de colonização e infestação, sendo em muitos ambientes considerada como uma planta daninha.

## REFERÊNCIAS

- BRANDLE, R. A. Flooding resistance of rhizomatous amphibious plants. In: JACKSON, M. M.; DAVIES, D. D.; LAMBERS, H. (Ed.). **Plant life under oxygen deprivation**. The Hague: SSP, 1991. p. 35-46.
- BROCK, M.A. Persistence of seed Banks in Australian temporary wetlands. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 56, n. 7, p. 1312-1327, July 2011.
- CARRILLO, Y.; GUARÍN, A.; GUILLOT, G. Biomass distribution, growth and decay of *Egeria densa* in a tropical high-mountain reservoir (NEUSA, Colombia). **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 85, n. 1, p. 7-15, July 2006.
- CASANOVA, M.; BROCK, M. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 147, n. 2, p. 237-250, Apr. 2000.
- CASSOL, B.; AGOSTINETTO, D.; MARIATH, J.E.A. Análise morfológica de *Sagittaria montevidensis* desenvolvida em diferentes condições de inundação. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 487-496, 2008.
- CHARPENTIER, A.; MESLÉARD, F.; GRILLAS, P. The role of water level and salinity in the regulation of *Juncus gerardi* populations in former rice fields in southern France. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 9, n. 3, p. 361-370, 1998.
- COELHO, F. F.; DEBONI, L.; LOPES, F. S. Density-dependent reproductive and vegetative allocation in the aquatic plant *Pistia stratiotes* (ARACEAE). **Revista de Biologia Tropical**, San José, v. 53, n. 3/4, p. 369-376, sept./dic. 2005.
- COELHO, F.F.; LOPES, F. S.; SPERBER, C.F. Density-dependent morphological plasticity in *Salvinia auriculata* Aublet. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 66, n. 4, p. 273-280, Apr. 2000.
- \_\_\_\_\_. Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 81, n. 4, p. 343-352, 2005.

COOK, C. D. K. Aquatic plant book. **New York: SPB Academic, 1996. 228 p.**

COOLING, M. P.; GANF, G. G.; WALKER, K. F. Leaf recruitment and elongation: an adaptive response to flooding in *Villarsia reniformis*. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 70, n. 4, p. 281-294, Aug. 2001.

COOPS, H.; BRINK, F. W. B. van den; VELDE, G. van der. Growth and morphological responses of four helophyte species in an experimental water-depth gradient. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 11-24, June 1996.

DEEGAN, B. M.; WHITE, S. D.; GANF, G. G. The influence of water level fluctuations on the growth of four emergent saprophyte species. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 86, n. 4, p. 309-315, May 2007.

ECKERT, C. G.; BARRETT, S.C.H. Clonally reproduction and patterns of genotypic diversity in *Decodon verticillatus* (LYTHRACEAE). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 80, n. 10, p. 1175-1182, Oct. 1993.

HOFFMAN, G.L.; STOCKEY, R.A. Sporophytes, megaspores, and massules of *Azolla stanleyi* from the Paleocene Joffre Bridge locality, Alberta. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 72, n. 2, p. 301-308, 1994.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) - SP/MG: relatório síntese R3**. São Paulo, 2008. 49 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Bacia hidrográfica do Rio Grande**. Disponível em: <[http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=150&Itemid=140](http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=150&Itemid=140)>. Acesso em: 14 nov. 2012.

ISHII, J.; KADONO, Y. Sexual reproduction under fluctuating water levels in an amphibious plant *Schoenoplectus lineolatus* (CYPERACEAE): a waiting strategy? **Limnology**, Pavia, v. 5, n. 1, p. 1-6, Apr. 2004.

JUNK, W.F. Áreas inundáveis: um desafio para a limnologia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, p.775-795, 1980.

**LORENZI, H.** Plantas daninhas do Brasil: **terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais.** São Paulo: Nova Odessa, 1982. 425 p.

MONY, C. et al. Reproductive strategies may explain plant tolerance to inundation: a mesocosm experiment using six marsh species. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 92, n. 2, p. 99-104, Feb. 2010.

NEILL, C. Growth and resource allocation of white top (*Scolochloa afestucacea*) along a water depth gradient. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 46, n. 3/4, p. 235-246, Dec. 1993.

RAJAPAKSE, L. et al. Effects of water depth and litter accumulation on morpho-ecological adaptations of *Eleocharis sphacelata*. **Chemistry and Ecology**, London, v. 22, n.1, p. 47-57, 2006.

RAULINGS, E. J. et al. The importance of water regimes operating at small spatial scales for the diversity and structure of wetland vegetation. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 701-715, Mar. 2010.

SANTAMARÍA, L. Why are most aquatic plants widely distributed?: dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. **Acta Oecologica**, New York, v. 23, n. 3, p. 137-154, June 2002.

SCULTHORPE, C. D. **The biology of aquatic vascular plants.** London: E. Arnold, 1967. 610 p.

**SOTA, E. R. del la. Contribución al conocimiento de las SALVINIACEAE neotropicales, II: *Salvinia auriculata* Aublet.** Darwiniana, Buenos Aires, v.12, p. 499-513, 1962.

SUZUKI, J. I.; STUEFER, J. F. On the ecological and evolutionary significance of storage in clonal plants. **Plant Species Biology**, Hoboken, v. 14, n. 1, p. 11-17, Apr. 1999.

THOMAZ, S. M. et al. Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir, Itapúa, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 570, n. 1, p. 53-59, Oct. 2006.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **The *Salvinia* complex.**

Disponível em:

<[http://salvinia.er.usgs.gov/html/s\\_auriculata\\_complex\\_drawings.htm](http://salvinia.er.usgs.gov/html/s_auriculata_complex_drawings.htm)>. Acesso em: 12 nov. 2012.

VALK, A. G. van der. Succession in wetlands: a Gleason an approach. **Ecology**, Durham, v. 62, p. 688-696, 1981.

VERMAAT, J.E. Linking clonal growth patterns and ecophysiology allows the prediction of meadow-scale dynamics of sea grass beds. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 11, n. 2, p. 137-155, 2009.

WARWICK, N. W. M.; BROCK, A. M. Plant reproduction in temporary wetlands: the effects of seasonal timing, depth, and duration of flooding. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 77, n. 2, p. 153-167, Oct. 2003.

WEBB, J. A.; WALLIS, E. M.; STEWARDSON, M. J. A systematic review of published evidence linking wetland plants to water regime components. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 103, p. 1-14, Oct. 2012.

WORLEY, A. C.; HARDER, L. D. Size-dependent resource allocation and costs of reproduction in *Pinguicula vulgaris* (Lentibulariaceae). **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 2, p. 195-206, Apr. 1996.

**CAPÍTULO 3 A alocação de biomassa e a concentração de nitrogênio e fósforo em *Salvinia auriculata* Aublet são dependentes da concentração de nitrogênio e fósforo na água?**

**RESUMO**

Atividades antrópicas têm gerado intensas modificações nos ecossistemas aquáticos. Essas modificações podem favorecer o crescimento descontrolado de algumas espécies de macrófitas aquáticas. Objetivou-se verificar se os períodos de seca e cheia influenciam na concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água de lagoas permanentes. Também avaliou-se a influência da concentração desses nutrientes na água sobre a alocação de biomassa para estruturas vegetativas e reprodutivas e sobre a concentração desses nutrientes na biomassa de estruturas vegetativas de *Salvinia auriculata*. O presente estudo foi desenvolvido em três lagoas permanentes. Realizou-se quatro excursões ao campo, sendo duas no período de seca e duas no período de cheia. Em cada excursão foram coletados 100 rametes de *S. auriculata* e uma amostra de água de cada lagoa. Em laboratório, as plantas foram lavadas e separou-se as estruturas vegetativas e reprodutivas. Posteriormente, secou-se e pesou-se todas as estruturas. Não foram encontradas diferenças significativas na concentração de NT e de PT na água entre os períodos de seca e cheia, indicando que outros fatores podem afetar a concentração desses nutrientes na água. Não se observou correlação entre a concentração de NT e PT na água e a biomassa de folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas. Resultado semelhante para a correlação entre a concentração de NT e PT na água e a biomassa seca, bem como para o número de esporocarpos e de brotos foram encontrados. Também não houve correlação entre a concentração de NT e PT na água e a concentração desses nutrientes na biomassa de folíolos aéreos e folíolos submersos. Esses resultados indicam que a alocação de biomassa para estruturas vegetativas e reprodutivas de *S. auriculata*, bem como a concentração de nitrogênio e fósforo em sua biomassa não são influenciados pela concentração desses nutrientes na água. Mostrando que a concentração de nutrientes nos ambientes estudados foi baixa para *S. auriculata*.

Palavras-chave: Planta aquática. Composição química. Nutrientes. Lagoas permanentes.

## 1 INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas têm seu crescimento limitado por diversos fatores bióticos e abióticos (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003; FRANKLIN; DUNBAR; WHITEHEAD, 2008; LACOUL; FREEDMAN, 2006). Dentre eles, a concentração de nitrogênio e fósforo é um dos principais fatores que afetam não somente o crescimento, como também a ocorrência e a abundância dessas plantas (VAN; WHEELER; CENTER, 1999). Esses nutrientes estão presentes na biomassa das macrófitas aquáticas e são constituintes essenciais de moléculas que atuam em processos metabólicos (BIUDES; CAMARGO, 2008).

Segundo Camargo (1991), em estudo da dinâmica do nitrogênio e do fósforo em uma lagoa marginal, ocorre uma ampla variação sazonal das variáveis físicas e químicas da coluna d'água, bem como dos períodos de seca e de cheia. A disponibilidade desses nutrientes nesses corpos d'água é controlada por diversos fatores, entre eles: a) a entrada de nutrientes oriundos de áreas que rodeiam a lagoa; b) a perda de nutrientes devido à absorção na região litoral e à sedimentação; c) liberação de nutrientes do plâncton morto e de sedimentos por meio de processos microbiológicos d) perda pela saída de substâncias planctônicas autóctones e nutrientes contidos na água da lagoa (SAKAMOTO, 1966).

Atividades humanas como o lançamento de resíduos industriais e residenciais e o escoamento superficial levam ao enriquecimento nutricional dos ambientes límnicos (DHOTE; DIXIT, 2009). Esse processo cria condições ambientais favoráveis ao crescimento e à infestação de algumas espécies de macrófitas aquáticas (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003). Nessas condições, essas plantas podem causar prejuízos à utilização dos ecossistemas aquáticos, sendo consideradas daninhas (THOMAZ; BINI, 2003).

As macrófitas aquáticas flutuantes, por terem suas raízes suspensas na coluna d'água, têm nela sua fonte de nutrientes (PINDERIII; HINTON; WHICKER, 2006; XIE et al., 2008). Apresentam altas taxas de produtividade primária e alta capacidade de acumular nutrientes em sua biomassa (GOPAL, 1990). Por isso, são favorecidas pelo aumento da concentração de nutrientes na água (BINI et al., 1999) e são frequentemente encontradas em ambientes eutrofizados, podendo proliferar e cobrir grandes áreas (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003).

Alguns estudos têm encontrado uma relação positiva entre o aumento da concentração de nitrogênio e fósforo na água e o aumento de biomassa de diferentes espécies de macrófitas (BIUDES; CAMARGO, 2006; LI; LIU; GUAN, 2009). A concentração desses nutrientes na água também afeta a produção de estruturas reprodutivas, sendo relatado o aumento dessas estruturas com aumento da disponibilidade nutricional (LI; LIU; GUAN, 2009). Além disso, a composição química das macrófitas aquáticas pode ser alterada em função da concentração de nutrientes na água, indicando uma relação entre a disponibilidade dos nutrientes no ambiente e no tecido da planta (BIUDES; CAMARGO, 2006; ESTEVES, 1998; XIE et al., 2008). Entretanto, as espécies de macrófitas aquáticas flutuantes podem apresentar distintos padrões de necessidades nutricionais (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003). Ressaltando assim, a necessidade de se conhecer esses diferentes padrões ecológicos, permitindo futuramente a elaboração de planos de manejo eficientes de espécies daninhas.

O objetivo do presente trabalho foi verificar se os períodos de seca e de cheia influenciam a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água. Além disso, se avaliou a influência da concentração de NT e PT na água sobre a alocação de biomassa para estruturas reprodutivas e vegetativas de *S. auriculata*. Também se verificou a existência de relação entre a concentração de

NT e PT na água e a concentração desses nutrientes em folíolos aéreos e submersos. Especificamente testaram-se as seguintes hipóteses: a) maiores concentrações de NT e PT na água são encontradas para períodos de cheia; b) ocorre o aumento da biomassa seca e do número de esporocarpos e de brotos com o aumento da concentração de NT e PT na água; c) ocorre o aumento de biomassa seca de folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas com o aumento da concentração de NT e PT na água; d) ocorre o aumento da concentração de nitrogênio e fósforo nos folíolos aéreos e submersos com o aumento da concentração de NT e PT na água.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

Desenvolveu-se o presente estudo em três lagoas marginais permanentes e que não apresentam ligação contínua com os rios que margeiam (Figura 1). A

Lagoa Atola, de coordenadas  $21^{\circ} 08. 896' S$ ;  $44^{\circ} 53. 015' W$  (Figura 2) e a

Lagoa Cavalo, de coordenadas  $21^{\circ} 08. 950' S$ ;  $44^{\circ} 52. 861' W$  (Figura 3)

margeiam o Rio das Mortes, na porção sob influência do reservatório da Usina Hidroelétrica do Funil. Caracterizam-se por apresentar pequeno porte e baixa

profundidade. A Lagoa Jacaré, de coordenadas  $21^{\circ} 16. 756' S$ ;  $45^{\circ} 09. 188' W$

(Figura 4), margeia o Rio Grande e apresenta grande área inundada e grande profundidade. O Rio das Mortes está inserido na Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré, mesorregião do Campo das Vertentes. Apresenta uma área de drenagem de 10.547 km<sup>2</sup>. Seu clima é classificado como semi-úmido, apresentando em torno de cinco a seis meses secos por ano (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM, 2012). A porção do Rio

Grande onde se encontra a terceira lagoa estudada está inserida na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, mesorregião do Campo das Vertentes. Apresenta uma área de drenagem de 8.804 km<sup>2</sup>. Seu clima é classificado como semi-úmido, apresentando de quatro a cinco meses secos por ano (IGAM, 2012). Ambos pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Grande situada na Região Sudeste do Brasil, na Região Hidrográfica Paraná (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2008).

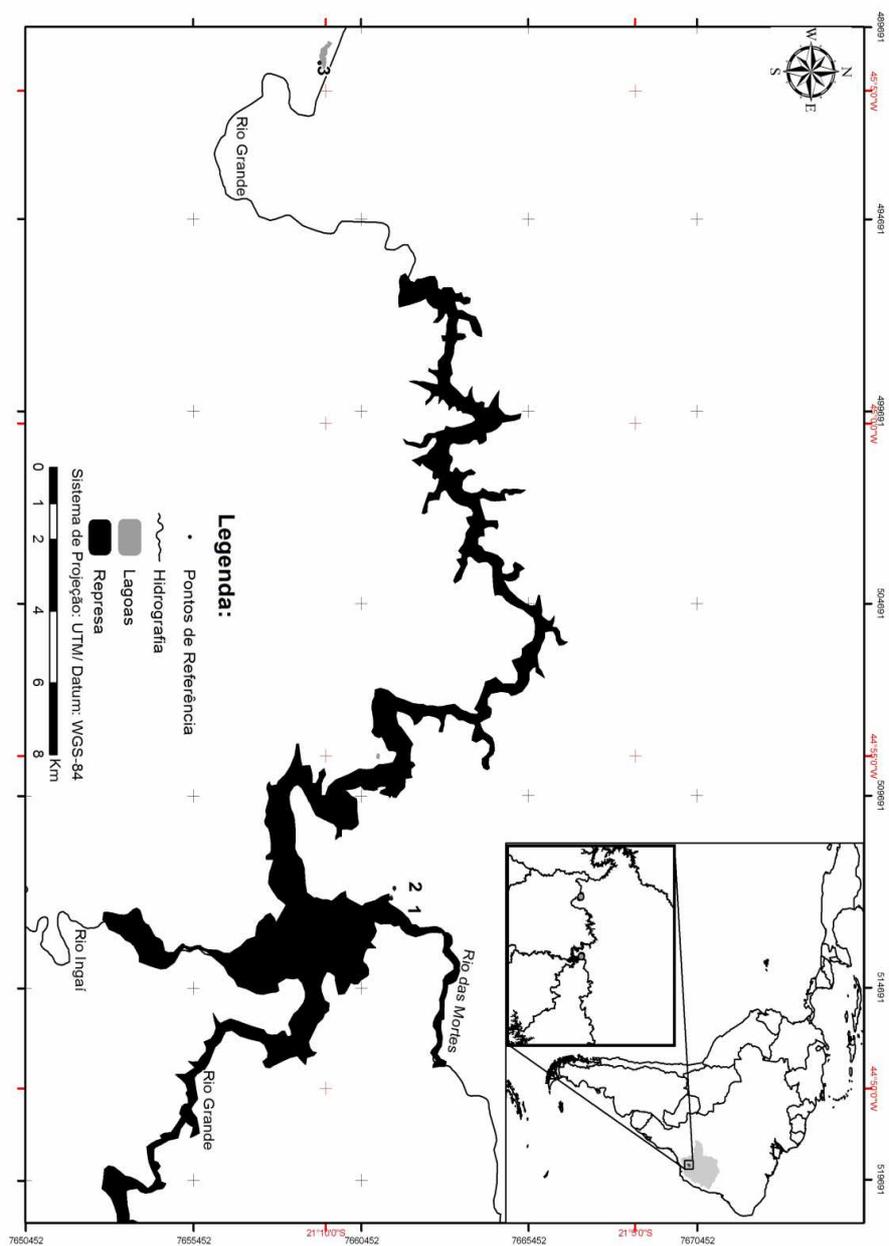


Figura 1 Lagoas amostradas na porção do Rio das Mortes sob influência do reservatório do Funil (1- Lagoa Atola; 2- Lagoa Cavalão) e no Rio Grande (3- Lagoa Jacaré), localizadas no Sul de Minas Gerais, Brasil



Figura 2 Foto da área de estudo - Lagoa Atola



Figura 3 Foto da área de estudo - Lagoa Cavallo



Figura 4 Foto da área de estudo - Lagoa Jacaré

## 2.2 Espécie estudada

*Salvinia auriculata* Aubl. (1775) (Figura 5) pertence à família SALVINIACEAE. É uma pteridófita, herbácea, aquática flutuante e amplamente distribuída em ambientes aquáticos tropicais (COOK, 1996; SOTA, 1962). Apresenta rametes conectados por rizomas, sendo que cada ramete possui duas folhas flutuantes, uma folha submersa, um broto apical e brotos laterais. Esse gênero não apresenta raízes e a absorção de íons e água é realizada por folhas submersas modificadas (SCULTHORPE, 1967). As folhas modificadas não realizam fotossíntese e se dividem em segmentos filamentosos muito semelhantes às raízes verdadeiras. A reprodução sexuada se dá pela produção de esporocarpos em segmentos modificados das folhas submersas (COOK, 1996) e a reprodução assexuada pela de produção brotos rizomatosos. Apresenta altas taxas de crescimento, principalmente em ambientes ricos em nitrogênio e

fósforo, e pode cobrir extensas áreas em pouco tempo, sendo considerada uma planta daninha (LORENZI, 1982). Em ambientes tropicais, sua taxa de crescimento se eleva, principalmente por formas de reprodução vegetativa (THOMAZ, 2006).

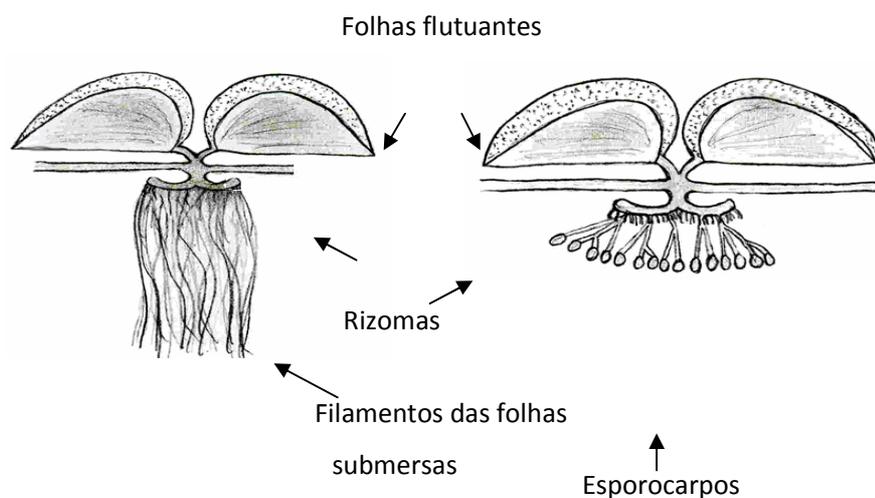


Figura 5 Desenho esquemático de *Salvinia auriculata*

Fonte: Modificado de United States Geological Survey (2012).

### 2.3 Amostragem em campo e processamento do material vegetal

Realizou-se quatro excursões a campo durante o ano de 2012. Duas excursões durante o período de cheia nos meses de fevereiro (Cheia 1) e dezembro (Cheia 2) e duas durante o período de seca nos meses de agosto (Seca 1) e setembro (Seca 2). Para obtenção da biomassa seca das plantas, foram coletados 100 rametes de *S. auriculata* em cada lagoa, totalizando 300 rametes por excursão. Os rametes foram coletados em bancos monoespecíficos, onde as

plantas eram mais abundantes. Em laboratório, as plantas foram lavadas para a retirada de matéria orgânica e terra. Separou-se as estruturas vegetativas de cada ramete: folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas. Quando presentes, foram separadas e contadas as estruturas reprodutivas: esporocarpos e brotos. As estruturas foram colocadas em sacos de papel e submetidas à secagem a 60 °C em estufa até peso constante e posteriormente pesadas em balança de precisão. Para análises da concentração de nitrogênio total e fósforo total da água, coletou-se superficialmente uma amostra de água próximo aos bancos de *S. auriculata* de cada lagoa. As mostras foram armazenadas em garrafas plásticas e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia da UFLA. Para a análise nutricional da biomassa das plantas, coletou-se e separou-se os folíolos aéreos e submersos dos rames que foram encaminhados para o Laboratório de Análise Foliar da UFLA.

#### **2.4 Análise dos dados**

Para verificar se os períodos de seca e cheia influenciam a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água, a concentração desses nutrientes na água de todas as lagoas foi comparada entre os períodos estudados por meio do teste U - Mann Whitney. Para avaliar se há relação entre a concentração de NT e de PT na água e a alocação de biomassa para estruturas reprodutivas (esporocarpos e brotos) de *S. auriculata* utilizou-se correlações de Spearman entre a concentração de nutrientes e a média da biomassa seca de cada uma dessas estruturas. Também utilizou-se correlações de Spearman entre a concentração de NT e PT na água e a média do número de esporocarpos e de brotos. Para verificar se existe relação entre a concentração de NT e PT na água e a biomassa seca de folíolos aéreos, de folíolos submersos e de rizomas utilizou-se correlações de Spearman entre a concentração de nutrientes e a média

da biomassa seca de cada uma dessas estruturas. Para verificar se há relação entre a concentração de NT e PT na água e a concentração desses nutrientes em folíolos aéreos e submersos utilizou-se correlações de Spearman.

Para todas as análises estatísticas foi utilizado o programa Systat 9software (SPSS Ltd.).

### **3 RESULTADOS**

#### **3.1 Concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água**

As concentrações de NT e de PT na água de cada lagoa amostrada nos períodos de seca e de cheia estão dispostas na Tabela 1. Não se observou diferença significativa na concentração de NT entre os períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) e de cheia (Cheia 1 e Cheia 2) das lagoas ( $U=14,000$ ;  $p=0,520$ ). Em relação à concentração de PT na água também não se encontrou diferença significativa entre os períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) e cheia (Cheia 1 e Cheia 2) das lagoas ( $U= 14,500$ ;  $p=0,572$ ).

Tabela 1 Concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) da água, em mg/L, para os períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) e cheia (Cheia 1 e Cheia 2) das lagoas

	NT (mg/L)			PT (mg/L)		
	Atola	Cavalo	Jacaré	Atola	Cavalo	Jacaré
<b>Seca 1</b>	0,8	1,0	0,5	0,3	0,5	0,1
<b>Cheia 1</b>	0,1	0,03	0,01	0,01	0,08	0,01
<b>Seca 2</b>	0,9	1,0	0,5	0,2	0,3	0,08
<b>Cheia 2</b>	1,12	0,56	2,8	0,2	0,7	0,5

### 3.2 Biomassa seca e número de esporocarpos e de brotos

Não se observou correlação entre a concentração de NT na água e a média da biomassa seca de esporocarpos e de brotos. Também não ocorreu correlação entre a concentração de PT na água e a média da biomassa seca de esporocarpos e de brotos (Tabela 2).

Tabela 2 Correlações entre a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água e a média da biomassa seca de esporocarpos (BE) e de brotos (BB)

Correlação	Estatística	
	Valores de <i>r</i>	Valores de <i>P</i>
NT x BE	-0,0879	0,7860
NT x BB	-0,3088	0,3288
PT x BE	0,0970	0,7642
PT x BB	-0,4894	0,1062

Nota: Valores de *r* e *p* mostrados pelas correlações de Spearman.

Não se verificou correlação entre a concentração de NT na água e a média do número de esporocarpos e de brotos. Também não se observou correlação entre a concentração de PT na água e a média do número de esporocarpos e de brotos (Tabela 3).

Tabela 3 Correlações entre a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água e a média do número de esporocarpos (ME) e de brotos (MB)

Estatística		
Correlação	Valores de <i>r</i>	Valores de <i>P</i>
NT x ME	0,2109	0,5105
NT x MB	0,4947	0,1019
PT x ME	0,3222	0,3071
PT x MB	0,1869	0,5607

Nota: Valores de *r* e *p* mostrados pelas correlações de Spearman.

### 3.3 Biomassa seca de folíolos aéreos, folíolos submersos e rizomas

Não se encontrou correlação entre a concentração de NT na água e a média da biomassa seca de folíolos aéreos, de folíolos submersos e de rizomas. Também não houve correlação entre a concentração de PT na água e a média da biomassa seca de folíolos aéreos, de folíolos submersos e de rizomas (Tabela 4).

Tabela 4 Correlações entre a concentração de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) na água e a média da biomassa de folíolos aéreos (BFA), de folíolos submersos (BFS) e de rizomas (BR)

Estatística		
Correlação	Valores de <i>r</i>	Valores de <i>P</i>
NT x BFA	-0,0070	0,9827
NT x BFS	0,0912	0,7780
NT x BR	0,5158	0,0860

“Tabela 4, conclusão”

<b>Estatística</b>		
<b>Correlação</b>	<b>Valores de <i>r</i></b>	<b>Valores de <i>P</i></b>
PTx BFA	0,1197	0,7109
PT x BFS	0,2324	0,4673
PT x BR	0,3234	0,3052

Nota: Valores de *r* e *p* mostrados pelas correlações de Spearman.

### 3.4 Concentração de nitrogênio e de fósforo em folíolos aéreos e folíolos submersos

Não se verificou correlação entre a concentração de NT na água e a concentração de nitrogênio na biomassa de folíolos aéreos e de folíolos submersos. Também não se encontrou correlação entre a concentração de PT na água e a concentração de fósforo na biomassa de folíolos aéreos e folíolos submersos (Tabela 5).

Tabela 5 Correlações entre a concentração de nitrogênio total (NT) na água e na biomassa de folíolos aéreos (NFA) e de folíolos submersos (NFS); e entre a concentração de fósforo total (PT) na água e na biomassa de folíolos aéreos (PFA) e de folíolos submersos (PFS).

<b>Estatística</b>		
<b>Correlação</b>	<b>Valores de <i>r</i></b>	<b>Valores de <i>P</i></b>
NT x NFA	0,2580	0,4182
NT x NFS	0,0282	0,9308
PT x PFA	0,4707	0,1224
PT x PFS	0,5169	0,0852

Nota: Valores de *r* e *p* mostrados pelas correlações de Spearman.

#### 4 DISCUSSÃO

A falta de variação da concentração de nitrogênio total e de fósforo total na água entre os períodos de seca e cheia indica que esses períodos não influenciaram a disponibilidade desses nutrientes na água. Resultados distintos foram encontrados por Nogueira, Esteves e Prast (1996) para lagoas que sofrem pulsos de inundação. Nessas lagoas em períodos de cheia havia maior concentração de nitrogênio e fósforo na água devido à entrada de material alóctone. Porém, outro estudo indicou o aumento da concentração desses nutrientes na água em períodos de seca, devido ao processo de evaporação da água das lagoas (SCHOLZ; XU, 2002). Assim, sugere-se que outros fatores como a magnitude e a duração dos períodos de seca e de cheia, o índice pluviométrico na região e a contribuição alóctone podem afetar a concentração desses nutrientes na água.

A ausência de correlação entre as concentrações de nitrogênio total e de fósforo total na água e a alocação de biomassa para estruturas vegetativas de *S. auriculata* pode ter ocorrido devido à baixa concentração desses nutrientes na água das lagoas estudadas. Segundo Al-Hamdani e Sirna (2008), concentrações de nitrogênio entre 1 e 10 mg/L e concentrações de fósforo entre 0,1 e 1 mg/L podem ser consideradas baixas para o crescimento de *Salvinia*. Para *Salvinia molesta*, Cary e Weerts (1983) encontraram que as concentrações ideais para o crescimento dessa espécie seriam 20 mg/L de nitrogênio e 2 mg/L de fósforo, comprovando novamente que as concentrações encontradas em nosso trabalho foram baixas. Além disso, Henry-Silva, Camargo e Pezzato (2008) não encontraram diferenças na taxa de crescimento de *S. molesta* em ambientes com baixa e alta concentrações de nitrogênio e fósforo, mostrando que esses fatores não limitam o seu crescimento. Os resultados do presente trabalho mostram que o mesmo ocorreu para *S. auriculata*. Assim, a baixa disponibilidade desses

nutrientes não se mostrou suficiente para influenciar a alocação de biomassa para as diferentes estruturas de *S. auriculata*.

Além disso, outros fatores bióticos e abióticos podem ser limitantes às espécies de macrófitas aquáticas (CAMARGO; PEZZATO; HENRY-SILVA, 2003). Para *S. molesta*, a temperatura parece ser o fator limitante mais importante ao seu crescimento (CARY; WEERTS, 1983). A densidade de plantas (HENRY-SILVA; CAMARGO; PEZZATO, 2008) e o nível de radiação solar também influenciam seu desenvolvimento (RUBIM; CAMARGO, 2001). *Salvinia auriculata* também tem seu crescimento afetado pela radiação solar, sendo encontradas menores taxas de crescimento em ambientes com altas taxas de insolação (JUNK; HOWARD-WILLIAMS, 1984).

Quanto às estruturas reprodutivas, são raros os estudos que relacionam a concentração de nutrientes na água com sua produção em macrófitas aquáticas. Para *Trapamaximo wiczii*, foi encontrada maior produção de sementes sob altas concentrações de fósforo, porém a concentração de nitrogênio não influenciou a produção de sementes (LI; LIU; GUAN, 2009). No presente estudo não se encontrou a influência da concentração de nenhum dos dois nutrientes avaliados sobre a produção e a alocação de biomassa para brotos e esporocarpos. O que indica que, para *S. auriculata*, outros fatores podem influenciar seus aspectos reprodutivos. Segundo Coelho, Lopes e Sperber (2005), a produção de esporocarpos em *S. auriculata* está diretamente ligada à seca completa de lagoas temporárias.

Também não se observou correlação entre a concentração de nitrogênio total e de fósforo total na água e o teor desses nutrientes em folíolos aéreos e folíolos submersos. Esse resultado pode ter ocorrido devido à baixa taxa de absorção de nutrientes por *S. auriculata* se comparada a outras macrófitas aquáticas (PETRÚCIO; ESTEVES, 2000). Além disso, variações na concentração de nutrientes na biomassa das macrófitas aquáticas estão ligadas

não somente à disponibilidade de nutrientes, mas também à dinâmica da comunidade e a fatores climáticos (ESTEVES, 1998). Ainda segundo Esteves (1998), a concentração de nutrientes em diferentes estruturas dessas plantas geralmente é influenciada pelo metabolismo da estrutura, ocorrendo maior concentração nutricional em partes que apresentam maior metabolismo.

## 5 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que o grande potencial de *S. auriculata* de colonizar diferentes habitats e ser cosmopolita podem estar associados à sua alta capacidade de adaptação à baixa concentração de nutrientes do ambiente. Essa adaptação permite que a alocação de biomassa e a concentração de nutrientes em sua biomassa não sejam afetadas pela concentração desses nutrientes na água encontradas no presente estudo. Assim, a concentração de nitrogênio e fósforo da água não é um fator limitante para *S. auriculata* na área estudada, podendo haver outros fatores abióticos e bióticos que limitam seu desenvolvimento e reprodução. Esses conhecimentos podem auxiliar no desenvolvimento de planos de manejo eficientes, que minimizem os problemas causados pelo crescimento descontrolado dessas plantas.

## REFERÊNCIAS

- AL-HAMDANI, S. H.; SIRNA, C. B. Physiological responses of *Salvinia Minima* to different phosphorus and nitrogen concentrations. **American Fern Journal**, Washington, v. 98, n. 2, p.71-82, 2008.
- BINI, L. M. et al. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 415, n. 0, p. 147-154, 1999.
- BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the Itanhaém River Basin, SP, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 66, n. 3, p. 781-789, 2006.
- \_\_\_\_\_. Estudos dos fatores limitantes a produção primária de macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 7-19, 2008.
- CAMARGO, A. F. M. **Dinâmica do nitrogênio e do fosfato em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu, lagoa do Mato, SP**. 1991. 204 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1991.
- CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. Fatores limitantes ao crescimento de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 59-84.
- CARY, P. R.; WEERTS, P. G. J. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition: I, effects of nitrogen level and nitrogen compounds. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 16, p. 163-172, 1983.
- COELHO, F.F.; LOPES, F.S.; SPERBER, C. F. Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 81, n. 4, p. 343-352, Apr. 2005.
- COOK, C. D. K. Aquatic plant book. **New York: SPB Academic, 1996. 228 p.**

DHOTE, S.; DIXIT, S. Water quality improvement through macrophytes: a review. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 152, n. 1/4, p. 149-153, May 2009.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciências/FINEP, 1998. 574 p.

FRANKLIN, P.; DUNBAR, M. J.; WHITEHEAD, P. Flow controls on lowland river macrophytes: a review. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 400, n. 1/3, p. 369-378, Aug. 2008.

GOPAL, B. Aquatic weed problems and management in Asia. In: PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. J. (Ed.). **Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford University, 1990. p. 318-340.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 610, n. 1, p. 153-160, Sept. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Grande (BHRG) - SP/MG: relatório síntese R3**. São Paulo, 2008. 49 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Bacia hidrográfica do Rio Grande**. Disponível em: <[http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=150&Itemid=140](http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=150&Itemid=140)>. Acesso em: 14 nov. 2012.

JUNK, W. J.; HOWARD-WILLIAMS, C. Ecology of aquatic macrophytes in Amazonia. In: SIOLI, H. (Ed.). **The Amazon, limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dordrecht: W. Junk, 1984. p. 269-293.

LACOUL, P.; FREEDMAN, B. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. **Environmental Review**, Denver, v. 14, n. 2, p. 89-136, June 2006.

LI, K.; LIU, Z.; GUAN, B. Effects of nutrient levels in surface water and sediment on the growth of the floating-leaved macrophyte *Trapa maximowiczii*: implication for management of macrophytes in East Bay of Lake Taihu. **China Limnology**, Beijing, v. 11, n. 2, p. 95-101, 2009.

**LORENZI, H.** Plantas daninhas do Brasil: **terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais.** São Paulo: Nova Odessa, 1982. 425 p.

NOGUEIRA, F.; ESTEVES, F. D.; PRAST, A. E. Nitrogen and phosphorus concentration of different structures of the aquatic macrophytes *Eichhornia azurea* Kunth and *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth in relation to water level variation in Lagoa Infernã, São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 328, n. 3, p. 199-205, Aug. 1996.

PETRUCIO, M. M.; ESTEVES, F. A. Uptake of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, p. 229-236, 2000.

PINDER III, J.E.; HINTON, T.G.; WHICKER, F.W. Foliar uptake of cesium from the water column by aquatic macrophytes. **Journal of Environmental Radio activity**, Oxford, v. 85, n. 1, p. 23-47, 2006.

RUBIM, M. A. L.; CAMARGO, A. F. M. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do Rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 75-83, 2001.

SAKAMOTO, M. Primary production by Phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart, v.62, n.1, p.1-28, 1966.

SCHOLZ, M.; XU, J. Comparison of constructed reed beds with different filter media and macrophytes treating urban stream water contaminate with lead and copper. **Ecological Engineering**, New York, v. 18, n. 3, p. 385-390, Jan. 2002.

SCULTHORPE, C. D. **The biology of aquatic vascular plants.** London: E. Arnold, 1967. 610 p.

SOTA, E. R. del la. **Contribución al conocimiento de las SALVINIACEAE neotropicales, II: *Salvinia auriculata* Aublet.** Darwiniana, Buenos Aires, v.12, p. 499-513, 1962.

THOMAZ, S. M. Fatores que afetam a distribuição e o desenvolvimento de macrófitas aquáticas em reservatório: uma análise em diferentes escalas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Org.). **Ecologia de reservatório: impactos potenciais, ações de manejo e sistema cascata.** 2.ed. São Carlos: Rima, 2006. p. 165-181.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** Maringá: UEM, 2003. 341 p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **The *Salvinia* complex.**

Disponível em:

<[http://salvinia.er.usgs.gov/html/s\\_auriculata\\_complex\\_drawings.htm](http://salvinia.er.usgs.gov/html/s_auriculata_complex_drawings.htm)>. Acesso em: 12 nov. 2012.

| VAN, T. K.; WHEELER, G. S.; CENTER, T. D. Competition between *Hydrilla verticillata* and *Vallisneria americana* as influenced by soil fertility. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 62, n. 4, p. 225-233, 1999.

XIE, Y.H. et al. Root growth dynamics of *Deyeuxia angustifolia* seedlings in response the water level. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v.89, n. 3, p. 292-296, 2008.