



MÁRIO EDUARDO AVELAR BARBOSA

**ESTRATÉGIAS DE HISTÓRIA DE VIDA DE
Sagittaria montevidensis (ALISMATACEAE) EM
BANCOS DE SEDIMENTOS NA REPRESA DO
FUNIL, MG**

LAVRAS - MG

2012

MÁRIO EDUARDO AVELAR BARBOSA

**ESTRATÉGIAS DE HISTÓRIA DE VIDA DE *Sagittaria montevidensis*
(ALISMATACEAE) EM BANCOS DE SEDIMENTOS NA REPRESA DO
FUNIL, MG**

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 em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Flávia de Freitas Coelho

LAVRAS – MG

2012

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

Barbosa, Mário Eduardo Avelar.

Estratégias de história de vida de *Sagittaria montevidensis*
(Alismataceae) em bancos de sedimentos na Represa do Funil, MG /
Mário Eduardo Avelar Barbosa. – Lavras : UFLA, 2012.
95 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Flávia de Freitas Coelho.

Bibliografia.

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

CDD – 574.526322

MÁRIO EDUARDO AVELAR BARBOSA

**ESTRATÉGIAS DE HISTÓRIA DE VIDA DE *Sagittaria montevidensis*
(ALISMATACEAE) EM BANCOS DE SEDIMENTOS NA REPRESA DO
FUNIL, MG**

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 em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de Fevereiro de 2012.

Dr. Maurício Mello Petrucio UFSC

Dra. Dayse Lucy M.C. Resende UFLA

Dra. Flávia de Freitas Coelho

Orientadora

LAVRAS – MG

2012

Este trabalho foi desenvolvido como parte do projeto de Pesquisa intitulado ECOLOGIA E PERSPECTIVA PARA O MANEJO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA REPRESA DO FUNIL, MG, através de parceria entre:



com financiamento e apoio:



DEDICATÓRIA

Dedico as próximas páginas ao meu pai, Antônio, minha mãe, Maria José, meu irmão, Hugo e minha namorada Pamella, pelo apoio e exemplo de trabalho, dedicação e perseverança

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pela força e iluminação para que eu conseguisse concretizar mais este objetivo de minha vida.

Agradeço muito à minha orientadora Flávia, pela colaboração, paciência preocupação e seus conhecimentos repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho, além da grande amizade formada. Também a agradeço pelos inúmeros tombos ou “pseudo-tombos” que tanto nos distraíam em campo (rsrs).

Agradeço ao pessoal do meu laboratório (Eugênia, Kira, Jéssica e Bárbara) por toda ajuda que vocês me deram. Eu não me esqueci do Gui tá!(rsr!) É impossível me esquecer do amigo que sem ele não seria possível ter concretizado este trabalho. Obrigado amigo, ou melhor, obrigado irmão!

Agradeço ao professor Eduardo van den Berg, pela oportunidade a que me foi dada para participar do projeto no qual desenvolvi o meu Mestrado e também pelo empréstimo da caminhonete e outros equipamentos de laboratório.

Agradeço ao Laboratório de Ecologia de Peixes, em especial ao professor Paulo Pompeu, pelos inúmeros empréstimos de coletes salva-vidas.

Agradeço ao Laboratório dos Rola - Bostas, em especial ao professor Júlio Lousada, pelo empréstimo da estufa. Desculpem-me pelo forte cheiro das plantas aquáticas que, segundo o pessoal, concorria com o cheiro das iscas usadas pelo laboratório!(rsrs!).

Agradeço a todos os professores do Setor de Ecologia (UFLA) por todo apoio e ensinamentos passados. Agradeço também a nossa grande ajudante Marlene que sempre dava um “jeitinho” no laboratório depois de nossas coletas.

Agradeço à Ludimilla, pela amizade e ajuda com o mapa.

Agradeço ao meu grande amigo José Magno, pela amizade e apoio.

Agradeço a um dos casais que mais gosto e admiro; Gra e Gil. Obrigado pela ajuda e pelos inúmeros ensinamentos.

Agradeço a todos da minha turma do Mestrado pela ótima convivência e amizade que construímos ao longo destes dois anos.

Sou muito grato à Usina Hidrelétrica do Funil por todo o apoio financeiro e logístico para a execução do projeto do meu Mestrado. Em especial gostaria de agradecer ao Alisson por todo o apoio e atenção.

Sou grato a CAPES, pelo apoio financeiro.

Não me esquecendo do “seu Joaquim”, barqueiro que esteve presente em todas as minhas coletas com toda a paciência, cuidado e bom-humor. Obrigado pelos comentários e brincadeiras que nos distraíam, tornando o nosso trabalho ainda mais prazeroso.

Gostaria de agradecer à minha família, pela preocupação e apoio. Em especial à minha mãe e meu pai, pelo amor, carinho, preocupação e constante e importante presença em minha vida. Ao meu irmão e cunhada por todo o apoio e carinho.

Em especial agradeço à minha namorada Pamella por todo carinho, amor e principalmente, pelo apoio dado nos momentos difíceis. Só nós dois sabemos o quanto foram difíceis esses dois anos, mas que com muito amor conseguimos passar por todas as dificuldades.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade a que me foi dada para me qualificar através do Mestrado.

Enfim, agradeço a todos que acreditaram em mim e que torceram pelo meu sucesso!

RESUMO

A ocorrência de ciclos de cheia e de seca altera os padrões de alocação de recursos, bem como pode ocasionar alterações nos teores de nutrientes do sedimento. Além disso, devido às mudanças do nível da água, podem surgir respostas plásticas tanto em partes reprodutivas quanto vegetativas. Este trabalho objetivou avaliar a influência do nível da água em estruturas tanto vegetativas quanto reprodutivas de *Sagittaria montevidensis*, bem como avaliar o efeito dos teores de nutrientes do sedimento na densidade de plantas. O estudo foi realizado na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório do Funil, MG, na qual são formados bancos de sedimentos colonizados por *S. montevidensis*. A amostragem foi realizada em nove bancos em períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) e em períodos de cheia (Cheia 1 e Cheia 2), abrangendo os meses de Junho de 2010 à Novembro de 2011. Cada banco representou uma réplica, onde foram amostradas 30 plantas, totalizando 270. O nível de água nos bancos foi medido e as seguintes variáveis foram amostradas em cada roseta: números de folhas, clones, flores e frutos por roseta; comprimento e diâmetro do maior pecíolo e diâmetro da base da roseta. A amostragem de biomassa foi realizada no mesmo período e nos mesmos bancos. Foram coletadas 10 rosetas por banco, totalizando 90. Essas 90 plantas tiveram seus pecíolos, limbos foliares, flores, frutos, sementes e clones separados e colocados em estufa para a secagem. Em cada um dos nove bancos foram coletadas três amostras de sedimento, totalizando 27 amostras tanto na seca quanto na cheia, e a densidade de plantas por banco foi obtida pela contagem do número de plantas. *Sagittaria montevidensis* apresentou uma grande plasticidade morfológica quando o nível de água nos bancos aumentou, garantindo o contato da parte aérea da planta com a superfície atmosférica, o que pode ter otimizado os processos de trocas gasosas e fotossintético. O aumento dos diâmetros dos pecíolos e da base das rosetas nos períodos de cheia permitiu à *S. montevidensis* uma maior ancoragem ao substrato e resistência às forças hidrodinâmicas. *S. montevidensis* apresentou uma plasticidade também em relação à sua forma de reprodução, ou seja, seu crescimento e manutenção na cheia são dependentes da reprodução clonal, enquanto que na seca sua sobrevivência é garantida pela reprodução sexuada. Os períodos de seca e cheia diferiram apenas em relação ao teor de N-total e este foi maior na seca do que na cheia, porém, tanto na seca quanto na cheia não houve relação entre a densidade de plantas e os teores de N-total, P e M.O. As respostas plásticas ao estresse causado pela cheia possibilitaram que *S. montevidensis* sobrevivesse e mantivesse o seu potencial de infestação.

Palavras-chave: Planta aquática. Seca. Cheia. Bancos de sedimentos. Reservatório.

ABSTRACT

The occurrence of drought and flood cycles may alter standards of resource allocation and change the nutrients rate on the sediment where the plant is located. In addition, due to these changes on the water level, plastic responses may appear both in reproductive and vegetative organs. This work aimed to evaluate the influence of the water level upon both vegetative and reproductive structures of *Sagittaria montevidensis*, as well as analyze the effect of the sediment nutrients on plant density. The study was carried out in “Rio das Mortes” which is under the influence of “Funil” reservoir, where sediment banks are colonized by *S. montevidensis*. Sampling was made in nine banks during dry seasons (Drought 1 and Drought 2) and flood seasons (Flood 1 and Flood 2), covering the period from June 2010 to November 2011. Each bank represented a replica where 30 plants were sampled, resulting in 270 sampled rosettes. The water level on the banks was measured and the following variables were sampled for each rosette: number of leaves, clones, flowers and fruits per rosette, length and diameter of the biggest petiole and diameter of the rosette basis. Biomass sampling was carried out in the same period and in the same banks. 10 rosettes were collected in each bank, totalizing 90 plants. These 90 individuals had their petioles, leaf blades, flowers, fruits, seeds and clones separated and placed in a hothouse to dry. In each bank, three sediment samples were collected (resulting in 27 samples) both in dry and flood seasons, and the plant density per bank was obtained by counting the number of plants. *Sagittaria montevidensis* showed great morphological plasticity when the water level increased in the banks, ensuring contact of the aerial plant organs with the atmospheric surface. Such fact may have optimized the processes of gas exchange and photosynthesis. The increase on size of petioles and rosette bases diameter, during flood season, allowed *Sagittaria* to have a better anchoring to the substrate and higher resistance to hydrodynamic forces. *S. montevidensis* also displayed plasticity regarding its reproduction, i.e., its growth and maintenance during flood season are dependent on clonal reproduction, while, during dry seasons, its survival is ensured by sexual reproduction. Dry and flood seasons have only differed regarding total-N rate, which was higher during drought. However, both in dry and flood seasons, there was no relation between plant density and total-N, P and organic matter rates. Plastic responses to the stress caused by flood allowed *S. montevidensis* to survive and to maintain its potential infestation.

Keywords: Aquatic plant. Drought. Flood season. Sediment Banks. Reservoir.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	Introdução Geral.....	14
1	INTRODUÇÃO	15	
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18	
2.1	Macrófitas aquáticas.....	18	
2.2	Plasticidade e alocação de recursos.....	20	
2.3	Nutrientes e plantas aquáticas	21	
	REFERÊNCIAS.....	23	
	CAPÍTULO 2	Plasticidade morfológica de <i>Sagittaria montevidensis</i> dependente da seca e da cheia em bancos de sedimentos formados em reservatório.....	26
1	INTRODUÇÃO	28	
2	MATERIAL E MÉTODOS	30	
2.1	Área de estudo.....	30	
2.2	Espécie estudada	30	
2.3	Amostragem em campo	32	
2.4	Análise dos dados	34	
3	RESULTADOS	35	
4	DISCUSSÃO.....	44	
5	CONCLUSÃO	47	
	REFERÊNCIAS.....	Erro! Indicador não definido.	
	CAPÍTULO 3	Influência dos períodos de seca e cheia na reprodução sexuada e assexuada de <i>Sagittaria montevidensis</i>	51
1	INTRODUÇÃO.....	53	
2	MATERIAL E MÉTODOS	54	
2.1	Área de estudo.....	54	
2.2	Espécie estudada	55	
2.3	Amostragem em campo	58	
2.4	Análise dos dados	60	
3	RESULTADOS	62	
4	DISCUSSÃO.....	73	
5	CONCLUSÃO	76	
	REFERÊNCIAS.....	77	
	CAPÍTULO 4	Relação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e matéria orgânica dos bancos de sedimento com a densidade de indivíduos de <i>Sagittaria montevidensis</i>	80
1	INTRODUÇÃO.....	82	
2	MATERIAL E MÉTODOS	83	
2.1	Área de estudo.....	83	
2.2	Espécie estudada	84	

2.3	Amostragem em campo	85
2.4	Análise dos dados	87
3	RESULTADOS	88
4	DISCUSSÃO	90
5	CONCLUSÃO	93
	REFERÊNCIAS	94

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO GERAL

A teoria que busca compreender a diversidade nos atributos ligados à aptidão ou *fitness* de um organismo é a teoria de história de vida (STEARNS, 1976). Estudos em biologia evolutiva dão grande ênfase à reprodução, já que a forma como um organismo se reproduz afeta profundamente sua contribuição a gerações futuras (STEARNS, 1976; KARLSSON; MÉNDEZ, 2005). A reprodução não é o único componente do *fitness*, mas certamente é um dos mais importantes, uma vez que o *fitness* do organismo é usualmente medido em termos do seu relativo sucesso reprodutivo (HARPER, 1977; STEARNS, 1992; ENDLER, 1986). A história de vida de um organismo pode ser vista como o resultado de três processos biológicos: manutenção, crescimento e reprodução (GADGIL; BOSSERT, 1970).

Em relação à reprodução, ela pode ocorrer de forma assexuada e sexuada. Os modos reprodutivos, sexuado e assexuado, produzem indivíduos fisiologicamente independentes, todavia a reprodução sexuada contribui por introduzir indivíduos com novos genes para a população (genetes), enquanto que a assexuada introduz indivíduos geneticamente idênticos (rametes) (HARPER, 1977).

A relação entre o *fitness* da planta e o ambiente é de fundamental importância para nossa compreensão da evolução da história de vida. Histórias de vida de plantas não evoluem de forma isolada ou em resposta a uma pressão de seleção padronizada, mas são influenciados por uma série de fatores específicos do ambiente (EHRLÉN, 2001).

Os três principais processos biológicos em plantas aquáticas, ou seja, sobrevivência, crescimento e reprodução, dentre outros fatores, são fortemente influenciados pelo regime hídrico (WHITE; GANF, 2002). Esse regime abrange efeitos do nível da água, duração do período de inundação, bem como a razão

entre inundação e diminuição da coluna d'água, sendo que destes, o nível da água é o fator mais significativo no controle do desempenho e reprodução dessas plantas (WHITE; GANF, 2002; WARWICK; BROCK 2003; COELHO; LOPES, SPERBER, 2005).

As plantas aquáticas são particularmente conhecidas pela sua grande plasticidade fenotípica. Plasticidade fenotípica é a habilidade de um organismo para alterar sua fisiologia ou morfologia em resposta à variação das condições ambientais (SCHLICHTING, 1986). Desta forma, estruturas como folhas, hastes (pecíolo e escapo floral), inflorescências, infrutescências, flores e frutos, podem sofrer alterações em seu comprimento, altura, diâmetro e número em resposta à variações ambientais, como por exemplo, mudanças no nível da água (CASSOL; AGOSTINETTO; MARIATH, 2008).

Segundo Weiner (2004), muitos padrões de alocação de recursos são plásticos e muito da retomada do interesse em estudos sobre plasticidade em plantas tem focado nos padrões de alocação. Muitas espécies de plantas expostas a estresses ambientais apresentam respostas plásticas em seu desenvolvimento, em aspectos morfológicos, fisiológicos, anatômicos, ou reprodutivos que podem representar ajustes funcionais, para compensar os efeitos do estresse (SULTAN, 2000; 2003).

Em habitats com alta variabilidade ambiental, tais como a ocorrência de secas e inundações sazonais, os padrões de alocação de recursos podem sofrer alterações (WARWICK; BROCK, 2003). Em ambientes sujeitos à seca, a alocação de recursos para a produção de estruturas sexuadas com capacidade para a dormência aumenta as chances de sobrevivência das plantas aquáticas (COELHO; LOPES, SPERBER, 2005). A alocação de recursos é central para responder algumas questões relacionadas à teoria de história de vida, uma vez que se baseia na relação que há entre a aptidão e a alocação de substâncias

essenciais para a planta (ZHANG; JIANG; ZHAO, 1996; KARLSSON; MÉNDEZ, 2005).

A alocação de recursos em plantas reflete a competição pelos recursos limitados e implica em um *trade-off*, o qual caracteriza-se pelo direcionamento preferencial de recursos para uma determinada função ou estrutura em detrimento de outras (WEINER, 2004; WEINER et al., 2009). O direcionamento dos recursos para crescimento, reprodução vegetativa ou reprodução sexuada dependerá do balanço entre o custo da produção do órgão e sua função imediata na planta (WEINER, 2004).

Estudos sobre estratégias de história de vida de macrófitas aquáticas fornecem informações importantes que darão subsídio para que se compreenda melhor desde a importância ecológica, importância econômica até os problemas que as macrófitas podem causar devido ao seu crescimento excessivo (POTT; POTT, 2000).

A fim de mitigar ou até mesmo sanar os problemas causados pelas macrófitas aquáticas, é necessário, inicialmente, conhecer seus processos biológicos, tais como: crescimento, desenvolvimento e reprodução, bem como a forma como esses processos se relacionam com o meio ambiente.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivos gerais obter dados da biologia da planta aquática *Sagittaria montevidensis*, que descrevam um padrão em sua história de vida, bem como realizar avaliações da influência do nível da água em estruturas tanto vegetativas quanto reprodutivas de *S. montevidensis* e do efeito dos teores de nutrientes presentes no sedimento na densidade de plantas de *S. montevidensis*.

Sua estrutura foi organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma introdução geral da dissertação. O segundo capítulo avalia a plasticidade morfológica de *Sagittaria montevidensis* dependente da seca e da cheia em bancos de sedimento formados em reservatório. O terceiro capítulo

refere-se ao estudo do efeito dos períodos de seca e inundação na reprodução sexuada e assexuada de *S.montevicensis*. O quarto capítulo avalia a relação dos teores de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica do sedimento com a densidade de indivíduos de *S.montevicensis*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Macrófitas aquáticas

As macrófitas aquáticas passaram por um longo processo evolutivo desde que saíram do ambiente terrestre e se adaptaram ao ambiente aquático. Dessa forma, as macrófitas apresentam algumas características de plantas terrestres e uma grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de ambientes, o que contribui para a sua ampla ocorrência (ESTEVEZ, 1998). São classificadas, geralmente, em cinco grandes grupos ecológicos: (1) macrófitas aquáticas emersas – enraízam no sedimento, porém as folhas permanecem fora da água; (2) macrófitas flutuantes - que flutuam livremente na superfície da água sem se enraizarem; (3) macrófitas submersas enraizadas - aquelas que enraízam no sedimento e crescem totalmente submersas; (4) macrófitas submersas livres - permanecem livres, “mergulhadas” na coluna d’água e, (5) e macrófitas com folhas flutuantes - enraízam no sedimento, mas suas folhas flutuam na superfície da água (ESTEVEZ, 1998) (Figura1).

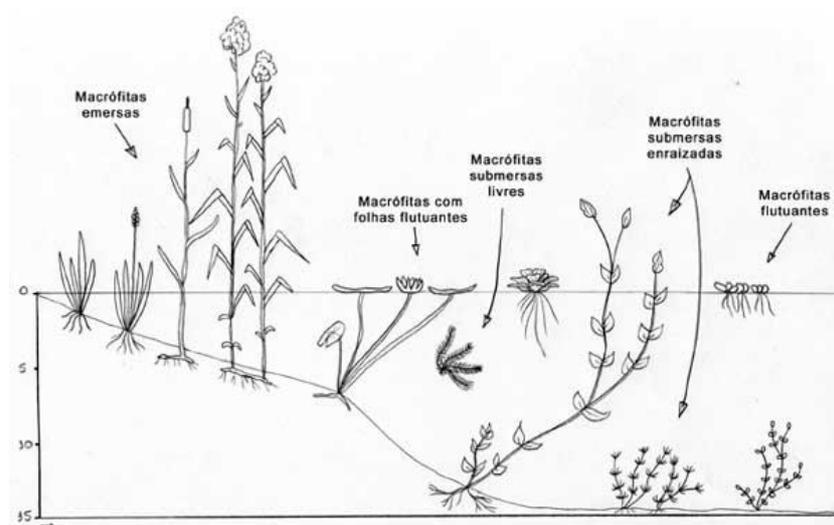


Figura 1 Classificação das macrófitas aquáticas quanto ao seu modo de vida (ESTEVEES, 1998).

Acreditava-se, até a década de 80, no Brasil, que as macrófitas desempenhavam papéis pouco relevantes em sistemas aquáticos (ESTEVEES, 1988; THOMAZ; BINI, 2003), mas, atualmente pesquisas têm mostrado a importância destes organismos para os ecossistemas límnicos.

As macrófitas aquáticas desempenham funções muito importantes, tais como participação na ciclagem de nutrientes, fornecimento de alimento e abrigo para peixes e invertebrados, além de auxiliarem na proteção e estabilização das margens dos corpos d'água (DUARTE, 1995; ESTEVEES, 1998). Além disso, onde são abundantes, podem assimilar grandes quantidades de carbono inorgânico da atmosfera ou da água e transformá-lo em biomassa por meio do processo fotossintético, atuando assim de forma muito importante no ciclo do carbono (GENEVIÈRE; DUTHIE; TAYLOR, 1997). Ademais, as macrófitas aquáticas têm valor econômico, pois são utilizadas como forrageiras, ornamentais, despoluidoras e, algumas como medicinais. São também utilizadas

no controle da erosão hídrica e como bioindicadoras da qualidade da água (POTT; POTT, 2000).

Entretanto, quando as macrófitas crescem de forma excessiva podem causar vários problemas. Dentre esses problemas, destacam-se os que afetam os reservatórios de hidrelétricas, onde nos quais é observada a formação dos bancos de macrófitas, o que interfere no uso múltiplo da água, como irrigação, abastecimento, recreação e geração de energia, além de contribuir para a eutrofização dos corpos d'água (ESTEVES, 1998).

Algumas hidrelétricas têm a sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas emersas e imersas (CAVENAGHI et al., 2003). Um exemplo que merece destaque é o caso da hidrelétrica de Jupia, localizada entre as cidades de Três Lagoas (Mato Grosso do Sul) e Castilho (São Paulo). Esta hidrelétrica pode, em alguns meses do ano, ser praticamente parada por causa da obstrução das grades de proteção das turbinas por grandes quantidades de macrófitas aquáticas (TANAKA, 1998). A empresa Light (Rio de Janeiro) é outro exemplo de como são altos os prejuízos causados por macrófitas, uma vez que seus gastos anuais com controle mecânico dessas plantas podem chegar a R\$ 3 milhões. (VELINI, 1998).

2.2 Plasticidade e alocação de recursos

As plantas aquáticas são particularmente conhecidas pela sua grande plasticidade fenotípica. Plasticidade fenotípica é a habilidade de um organismo para alterar sua fisiologia ou morfologia em resposta à variação das condições ambientais (SCHLICHTING, 1986). Desta forma, estruturas vegetativas e reprodutivas, podem sofrer alterações em seu comprimento, diâmetro e número em resposta às variações ambientais, como por exemplo, mudanças no nível da água (CASSOL; AGOSTINETTO; MARIATH, 2008). Segundo Weiner (2004),

muitos padrões de alocação de recursos são plásticos e muito da retomada do interesse em estudos sobre plasticidade em plantas tem focado nos padrões de alocação.

A alocação de recursos é o conceito central na teoria da história de vida (STEARNS, 1992). Por causa da alocação de recursos para uma função ou órgão, esses recursos não ficam disponíveis para outros órgãos ou funções, o que implica em um trade-off (WEINER, 2004).

Este trade-off caracteriza-se pelo direcionamento preferencial de recursos para uma determinada função ou estrutura em detrimento de outras (STEARNS, 1992; WEINER, 2004). O direcionamento dos recursos para crescimento, reprodução vegetativa ou reprodução sexuada dependerá do balanço entre o custo da produção do órgão e sua função imediata na planta (HARPER, 1977; WEINER, 2004).

Em habitats com alta variabilidade ambiental, tais como a ocorrência de secas e inundações sazonais, os padrões de alocação de recursos podem sofrer alterações (WARWICK; BROCK, 2003). Em ambientes sujeitos à seca, a alocação de recursos para a produção de estruturas sexuadas com capacidade para a dormência aumenta as chances de sobrevivência das plantas aquáticas (COELHO; LOPES; SPERBER, 2005). Segundo Junk (1980) e Coelho, Lopes, Sperber (2005), a reprodução vegetativa, em regiões que sofrem inundações, garante a colonização rápida de áreas que estão disponíveis às plantas, devido à subida das águas.

2.3 Nutrientes e plantas aquáticas

Estudos têm demonstrado maior abundância de macrófitas aquáticas em ambientes (água e/ ou sedimento) com maiores concentrações de nutrientes, principalmente N e P (BINI et al., 1999)

O sedimento, na maioria dos ecossistemas aquáticos lênticos, é o compartimento que apresenta maior concentração de nutrientes, especialmente os sedimentos orgânicos. Portanto, o sedimento apresenta-se como um depósito de nutrientes para o sistema aquático. (WETZEL, 1993).

Para as macrófitas emergentes o sedimento seria sua principal fonte de nutrientes, o que ressalta ainda mais a importância em analisar os teores desses nutrientes a fim de relacioná-los como a densidade de plantas (COSTA; HENRY, 2010). Desta forma, a densidade de macrófitas aquáticas seriam maiores em concentrações maiores de N, P (BIUDES; CAMARGO, 2006; THOMAZ et al., 2006).

REFERÊNCIAS

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, 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 basin of the river Itanhaém (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 62, n. 2, p. 781-789, 2006.

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.

CAVENAGHI, A. L. et al. Caracterização da qualidade da água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, p. 43-52, 2003.

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, p. 343-352, 2005.

COSTA, L. M. R.; HENRY, R. Phosphorus, nitrogen, and carbon contents of macrophytes in lakes lateral to a tropical river (Parapanema River, São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 22, p. 122-132, 2010.

DUARTE, C. M. Submerged aquatic vegetation in relation to different regimes. **Ophelia**, Helsinki, v. 41, p. 87-112, 1995.

EHRLÉN. Modelling and measuring plant life histories. In: VUORISALO, T. O.; MUTIKAINEN, P. M. (Ed.). **Life history evolution in plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. p. 27-62.

ENDLER, J. A. **Natural selection in the wild**. Princeton: Princeton University, 1986.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência; FINEP, 1988. 568 p.

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

GADGIL, M.; BOSSERT, W. H. Life historical consequences of natural selection. **American Naturalist**, Chicago, v. 104, p. 1-24, 1970.

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

HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic, 1977.

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

KARLSSON; MÉNDEZ. The resource economy of plant reproduction. In: REEKIE, E.G.; BAZZAZ, F. A. (Ed.). **Reproductive allocation in plants**. Stanford: Elsevier Academic, 2005. p. 1-40.

POTT, V. L.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 667-693, 1986.

STEARNS, S. C. Life-history tactics: a review of ideas. **The Quarterly Review of Biology**, New York, v. 51, p. 173-217, 1976.

STEARNS, S. C. **The evolution of life histories**. Oxford: Oxford University, 1992.

SULTAN, S. E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life-history. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 5, p. 537-542, 2000.

SULTAN, S. E. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. **Evolution & Development**, Malden, v. 5, p. 25-33, 2003.

TANAKA, R. H. Prejuízos provocados por plantas aquáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 36-38.

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, p. 53-59, 2006.

VELINI, E. D. Controle mecânico de plantas daninhas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília: IBAMA, 1998. p. 32-35.

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

WEINER, J. Allocation, plasticity and allometry in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 6/4, p. 207-215, 2004.

WEINER, J. et al. The allometry of reproduction within plant populations. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 97, p. 1220-1233, 2009.

WETZEL, R.G. **Limnologia**. Philadelphia: Saunders College, 1993. 760 p.

WHITE, S. D.; GANF, G. G. A comparison of the morphology, gas space anatomy and potential for internal aeration in *Phragmites australis* under variable and static water regimes. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 115-127, 2002.

ZHANG, D. Y.; JIANG, X. H.; ZHAO, S. L. Evolutionarily stable reproductive strategies in sexual organisms. II. Dioecy and optimal resource allocation. **American Naturalist**, Chicago, v. 147, p. 1115-1123, 1996.

CAPÍTULO 2

Plasticidade morfológica de *Sagittaria montevidensis* dependente da seca e da cheia em bancos de sedimentos formados em reservatório

Resumo

As plantas aquáticas possuem a habilidade para alterar sua fisiologia ou morfologia em resposta à variação das condições ambientais, como por exemplo, mudanças no nível da água. Objetivou-se avaliar o efeito do nível da água na morfologia de *Sagittaria montevidensis*, através de medidas do número, comprimento, diâmetro e biomassa de estruturas vegetativas formadas em bancos de sedimentos em períodos de seca e cheias. Hipóteses: a) a altura total, bem como o número e a biomassa de folhas de *S. montevidensis* aumentarão à medida que o nível da água nos bancos tornar-se maior; b) quanto menor o nível da água, maior serão os diâmetros e biomassa dos pecíolos e os diâmetros da base das rosetas. O estudo foi realizado, no período de Junho de 2010 à Novembro de 2011, na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório do Funil, MG, no qual são formados bancos de sedimentos junto às margens do Rio. Muitos desses bancos são formados exclusivamente por *S. montevidensis*. Rosetas foram amostradas em nove bancos de sedimentos. Cada banco representou uma réplica, onde foram amostradas 30 plantas, totalizando 270. O nível de água nos bancos foi medido e, as seguintes variáveis amostradas em cada roseta: número de folhas por roseta; comprimento e diâmetro do maior pecíolo e diâmetro da base da roseta. A amostragem de biomassa foi realizada no mesmo período e nos mesmos bancos. Entretanto, foram coletadas 10 rosetas por banco, totalizando 90. Essas 90 plantas tiveram seus pecíolos e limbos foliares separados e colocados em sacos de papel para a secagem. Ocorreram aumentos já início do período de cheia (Cheia 1), quando comparado ao início do período de seca (Seca 1), na altura da planta ($t = 106.42$; $p < 0.001$); no número ($t = 40.06$; $p < 0.001$) e biomassa ($t = 33.81$; $p < 0.001$) de folhas; na biomassa de pecíolos ($t = 31.97$; $p < 0.001$), bem como nos diâmetros dos pecíolos ($t = 146.29$; $p < 0.001$) e da base da roseta ($t = 64.86$; $p < 0.001$). No período de maior cheia (Cheia 2), quando comparado à seca mais drástica (Seca 2), ocorreram também aumentos mais expressivos na altura da planta ($t = 35.23$; $p < 0.001$); no número ($t = 73.84$; $p < 0.001$) e biomassa ($t = 37.83$; $p < 0.001$) de folhas; na biomassa de pecíolos ($t = 43.86$; $p < 0.001$), bem como nos diâmetros dos pecíolos ($t = 125.50$; $p < 0.001$) e da base das rosetas ($t = 98.76$; $p < 0.001$). Constatou-se uma forte influência do nível da água na morfologia de *S. montevidensis*, confirmando assim que a espécie estudada possui uma grande plasticidade morfológica. Essas respostas plásticas possibilitaram que *S. montevidensis* sobrevivesse e mantivesse o seu potencial de infestação

Palavras-chave: Planta aquática. Plasticidade. Nível da água. Bancos de sedimentos. Reservatório.

1 INTRODUÇÃO

A produção de morfologias adaptadas localmente pode ser resultado de plasticidade fenotípica. Essa plasticidade é muito vantajosa em ambientes espacialmente ou temporalmente heterogêneos (ALPER; SIMMS, 2002).

As plantas aquáticas são particularmente conhecidas pela sua grande plasticidade fenotípica. Plasticidade fenotípica é a habilidade de um organismo para alterar sua fisiologia ou morfologia em resposta à variação das condições ambientais (SCHLICHTING, 1986). Desta forma, estruturas como folhas, pecíolos, bem como a base da planta podem sofrer alterações, em seu número, comprimento, biomassa e diâmetro em resposta às variações ambientais, como por exemplo, mudanças no nível da água (CASSOL; AGOSTINETTO; MARIATH, 2008).

Espécies tolerantes a inundação resistem à deficiência de oxigênio do solo por meio de ajustes morfológicos (LUO; XIE, 2009). Em plantas aquáticas emergentes, alterações na altura da parte aérea, bem como a alocação de biomassa para parte aérea são alterações comumente relatadas na estratégia de crescimento com o aumento da profundidade da água (GRACE, 1989; CLEVERING; HUNDSCHNEID, 1998). Essas alterações permitem que haja uma diferenciação entre determinadas espécies tolerantes à submersão das espécies não tolerantes, uma vez que as tolerantes possuem a habilidade de alongar o caule e/ou o pecíolo, além de produzir novas folhas. Isso permite com que a planta eleve-se acima da coluna d'água e recupere o contato com a atmosfera (ARMSTRONG; BRANDLE; JACKSON, 1994).

Em condições anaeróbicas provocadas pelo período de cheia, ajustes morfológicos na planta que garantam a manutenção da maior parte fotossintética acima da superfície da água, permitem o transporte de oxigênio para as raízes e caules subterrâneos. Desta forma, essa plasticidade nos atributos morfológicos

possibilita a manutenção do crescimento e sobrevivência da planta (BRANDLE, 1991). Em muitas plantas aquáticas emergentes, a cavidade das hastes aéreas é preenchida com uma variedade de tecidos lignificados que fornecem resistência mecânica à flexão. Um aumento dos diâmetros da base da planta e dos pecíolos, preenchidos com uma variedade de tecidos lignificados, proporcionariam uma maior resistência mecânica à flexão em profundidades menores, resistência essa que em profundidades maiores seria fornecida pela água (SORRELL; TANNER; SUKIAS, 2002).

Desta forma, as plantas aquáticas responderiam à heterogeneidade ambiental através da plasticidade fenotípica, sendo que esses ajustes morfológicos e/ou fisiológicos aumentariam as chances de sobrevivência dessas plantas (BRANDLE, 1991). Apesar de haver estudos demonstrando a plasticidade no gênero *Sagittaria*, são escassos os estudos sobre a espécie *S. montevidensis*. (HOWARD; MENDELSSOHN, 1995; VAN DEN BRINK et al., 1995).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do nível da água na morfologia de *S. montevidensis*, através de medidas do número, comprimento, diâmetro e biomassa de estruturas vegetativas formadas em períodos de seca e cheia. Especificamente foram testadas as seguintes hipóteses: a) a altura total, bem como o número e a biomassa de folhas de *S. montevidensis* aumentarão à medida que o nível da água nos bancos tornar-se maior; b) quanto menor o nível da água, maior serão os diâmetros e biomassa dos pecíolos e os diâmetros da base das rosetas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O rio das Mortes faz parte da Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré. Essa bacia está inserida na mesorregião do Campo das Vertentes, e engloba os municípios de São João Del-Rei, Barbacena, Oliveira e Campo Belo. Apresenta uma área de drenagem de 10.547 km². Seu clima é classificado como semiúmido, apresentando em torno de cinco a seis meses secos por ano e o Índice de Qualidade das Águas é considerado médio no rio das Mortes (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS - IGAM, 2010). O estudo foi realizado na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório da Hidrelétrica do Funil, entre as coordenadas: 21° 08' 52" S; 44° 52' 36" W e 21° 07' 56" S; 44° 51' 07" W. Nessa porção do rio das Mortes são formados bancos de sedimentos junto às margens do rio. Muitos desses bancos são formados pelas espécies *Sagittaria montevidensis* (Alismataceae) e *Typha spp.* (Typhaceae). Entretanto, no nosso estudo foram escolhidos bancos monotípicos de *S. montevidensis*.

2.2 Espécie estudada

Sagittaria montevidensis pertence à família Alismataceae. A família Alismataceae apresenta 12 gêneros e aproximadamente 80 espécies e tem distribuição cosmopolita. No Brasil ocorrem em áreas alagáveis dois gêneros; *Echinodorus* e *Sagittaria*. *Sagittaria montevidensis* é uma macrófita aquática emergente, perene, de 0,5 a 1,0 m de altura (Figura 1). Possui filotaxia rosulada, folhas glabras e heteromórficas, apresentando limbo linear, quando submersas, e espatulado ou sagitado, quando emersas. Inflorescência classificada como

racemo, ereta e emersa. Flores actinomorfas, pediceladas, heteroclamídeas e trímeras. As flores megasporangiadas estão localizadas nos verticilos inferiores e as microsporangidas, a partir do segundo ou quinto verticilo. O fruto é do tipo aquênio (REGO, 1988). A reprodução assexuada da espécie é associada à produção de rizomas (Figura 2). Ocorre em ambientes brejosos e em lagoas rasas, bem como em áreas que passaram por algum tipo de modificação, como por exemplo, construção de hidrelétricas (POTT; POTT, 2000; LORENZI, 2000). É nativa das regiões subtropicais da América do Sul e foi introduzida na América Central e do Norte, África, Ásia e Austrália (POTT; POTT, 2000).

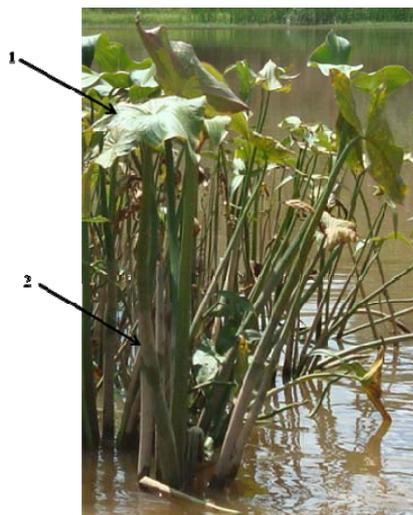


Figura 1 Roseta de *Sagittaria montevidensis* em um banco inundado. As setas indicam: 1-limbo foliar e 2-pecíolo.



Figura 2 Aspectos morfológicos de *Sagittaria montevidensis*. c) Rizoma em desenvolvimento; d) Porção terminal do rizoma com a formação de um clone (escala = 1cm). Fonte: Cassol, Agostinotto e Mariath (2008).

2.3 Amostragem em campo

Foram amostrados nove bancos de sedimentos contendo apenas rosetas de *S. montevidensis* na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório da Hidrelétrica do Funil (Figura 3). Os bancos foram escolhidos devido à semelhança entre eles quanto à área, formato, e morfologia das plantas, especificamente a altura. A amostragem foi realizada em uma área de 10 x 3 m em cada banco. Essa área foi escolhida devido ao menor banco amostrado apresentar 30 m².

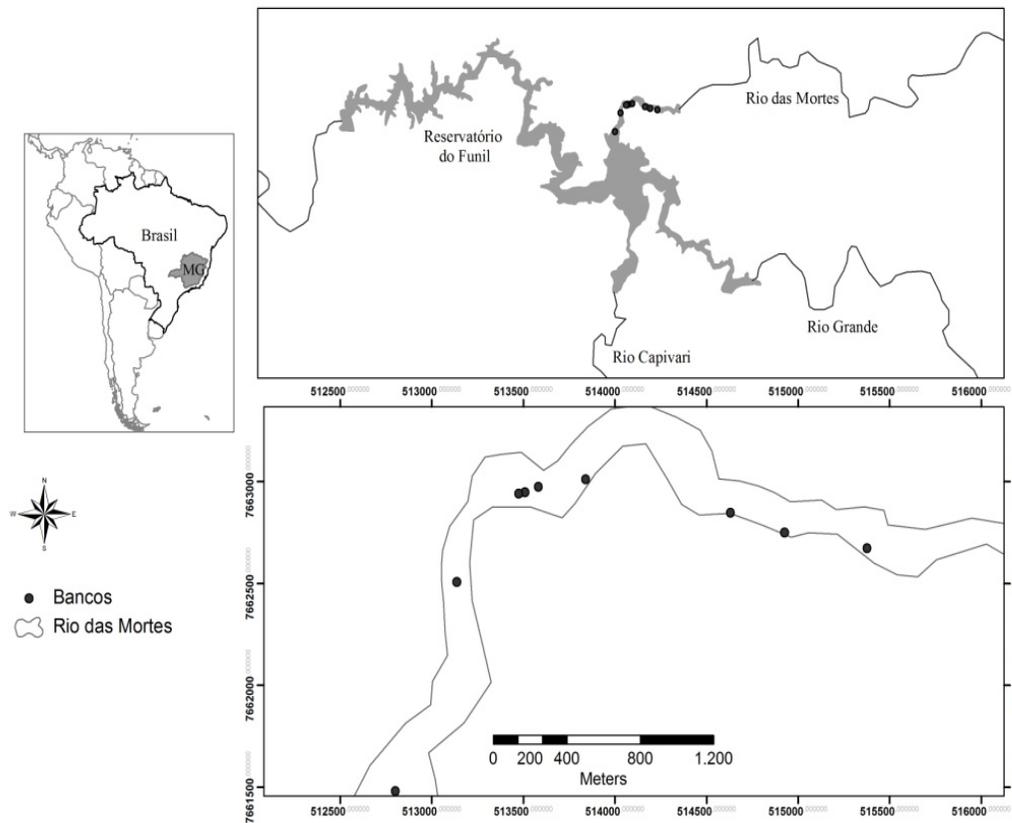


Figura 3 Bancos de sedimentos amostrados na área de ocorrência de *S. montevidensis* na porção do Rio das Mortes sob influência do reservatório do Funil, localizado no Sul de Minas Gerais, Brasil.

Foram realizadas quatro excursões bimestrais, sendo duas no período de seca (Seca 1 e Seca 2), onde não havia água nos bancos, e duas no período de cheia (Cheia 1 e Cheia 2), onde foram encontrados níveis crescentes de água nos bancos, abrangendo os meses de Junho de 2010 à Novembro de 2011.

Cada banco representou uma réplica, onde foram amostradas 30 plantas, totalizando 270 rosetas amostradas. Foi medido o nível de água e, tomadas as seguintes medidas em cada roseta: número de folhas por roseta; comprimento e diâmetro do maior pecíolo e diâmetro da base da roseta.

A amostragem de biomassa foi realizada no mesmo período e nos mesmos bancos. Entretanto, foram coletadas 10 rosetas por banco, totalizando 90. Essas plantas depois de coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para serem processadas. No laboratório, foram lavadas em água corrente para a retirada de resíduos e tiveram seus pecíolos e limbos foliares separados e colocados em sacos de papel para a secagem. Essas estruturas permaneceram a uma temperatura de 60 °C em estufa até a obtenção da constância de seus pesos, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão.

2.4 Análise dos dados

Para testarmos o efeito tanto dos períodos iniciais de seca (Seca 1) e cheia (Cheia 1) quanto dos períodos de maiores seca (Seca 2) e cheia (Cheia 2) na morfologia de *S. montevidensis*, foram comparadas as alturas das rosetas, através da medida do comprimento do maior pecíolo; o número de folhas por roseta; o diâmetro do maior pecíolo e o diâmetro da base da roseta; através de teste t-Student. Além disso, a biomassa dos limbos foliares e dos pecíolos também foi comparada por teste t-Student, entre os períodos de seca e cheia

iniciais, (Seca 1) e (Cheia 1) respectivamente, e entre os períodos de maiores seca e cheia, respectivamente (Seca 2) e (Cheia 2).

Todas as análises foram realizadas através do programa SYSTAT 9 e os gráficos gerados pelo programa STATISTICA 7.

3 RESULTADOS

À medida que o nível da água nos bancos tornou-se maior, passando de 0 cm nos períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) à 130 cm no período de maior cheia (Cheia 2), houve um alongamento significativo dos pecíolos. Este alongamento resultou em um aumento na altura total das plantas, tanto no início do período de cheia (Cheia 1), quando comparado ao início do período de seca (Seca 1) ($t = 106.42$; $p < 0.001$) (Figura 4), quanto no período de maior cheia (Cheia 2), quando comparado à seca mais drástica (Seca 2) ($t = 35.23$; $p < 0.001$) (Figura 4), evitando assim que as mesmas ficassem totalmente submersas. Apesar dos pecíolos terem aumentado seus comprimentos, em média 20 cm, entre os períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) ($t = -33.99$; $p < 0.001$) (Figura 5), o maior e mais significativo aumento, em média 43 cm, ocorreu entre os períodos de cheia (Cheia 1 e Cheia 2) ($t = -17.21$; $p < 0.001$) (Figura 6).

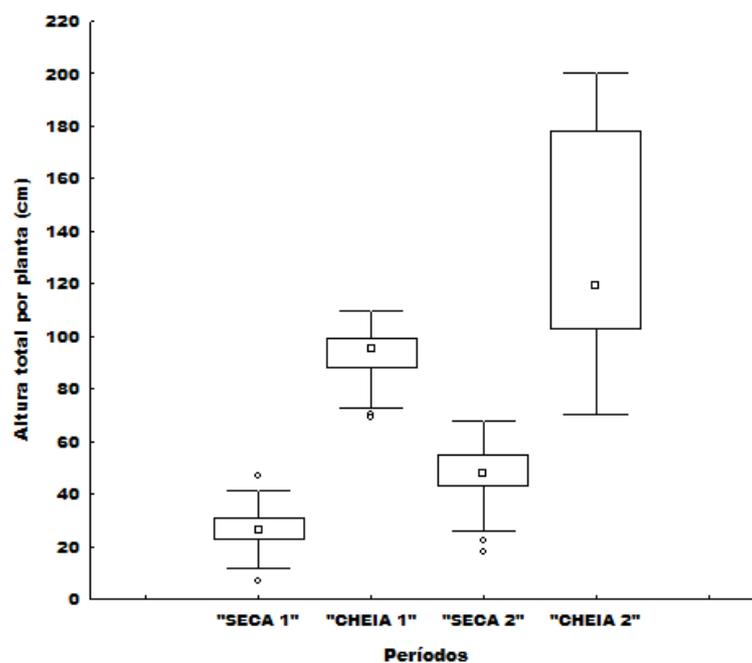


Figura 4 Altura total por planta na Seca 1 (máximo = 47.0; mínimo = 7.0; média = 26.94; mediana = 26.2; erro-padrão = 0.3) *versus* na Cheia 1 (máximo = 110.0; mínimo = 69.0 ; média = 93.5 ; mediana = 95.0; erro-padrão = 0.5) e altura total por planta na Seca 2 (máximo = 68.0; mínimo = 18.0; média = 48.5; mediana = 48.0; erro-padrão = 0.5) *versus* na Cheia 2 (máximo = 200.0; mínimo = 80.0; média = 136.4; mediana = 119.0; erro-padrão = 2.4).

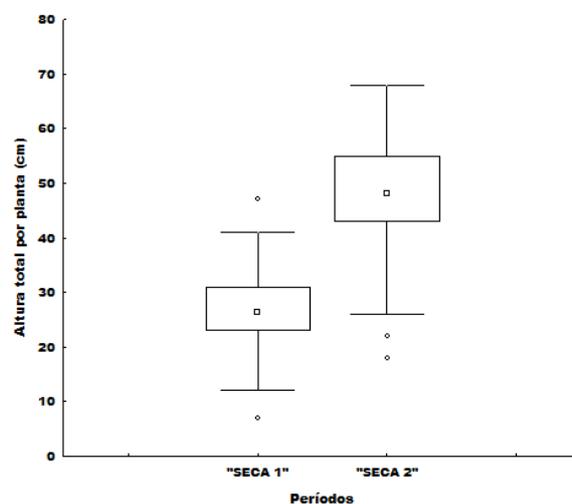


Figura 5 Altura total por planta na Seca 1 (máximo = 47.0; mínimo = 7.0; média = 26.94; mediana = 26.2; erro-padrão = 0.3) *versus* na Seca 2 (máximo = 68.0; mínimo = 18.0; média = 48.5; mediana = 48.0; erro-padrão = 0.5).

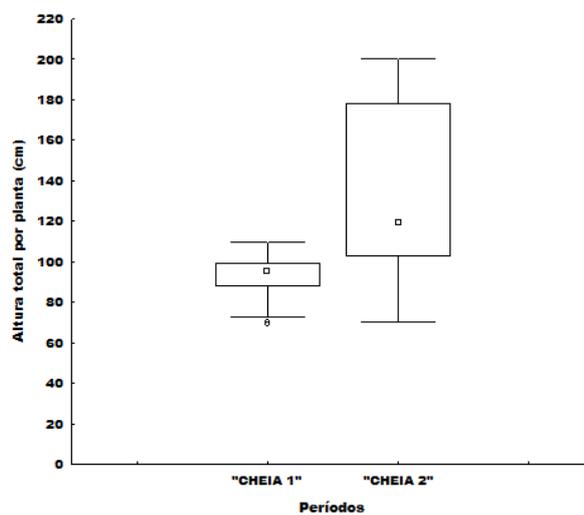


Figura 6 Altura total por planta na Cheia 1 (máximo = 110.0; mínimo = 69.0 ; média = 93.5 ; mediana = 95.0 ; erro-padrão = 0.5) *versus* na Cheia 2 (máximo = 200.0; mínimo = 80.0; média = 136.4; mediana = 119.0; erro-padrão = 2.4).

Houve um recrutamento significativamente maior de limbos foliares nos períodos de cheia. Esse recrutamento de limbos foi maior tanto no início da cheia (Cheia 1), quando comparado ao início da seca (Seca 1) ($t = 40.06$; $p < 0.001$) (Figura 7), quanto no período de maior cheia (Cheia 2) comparado à seca mais drástica (Seca 2) ($t = 73.84$; $p < 0.001$) (Figura 7).

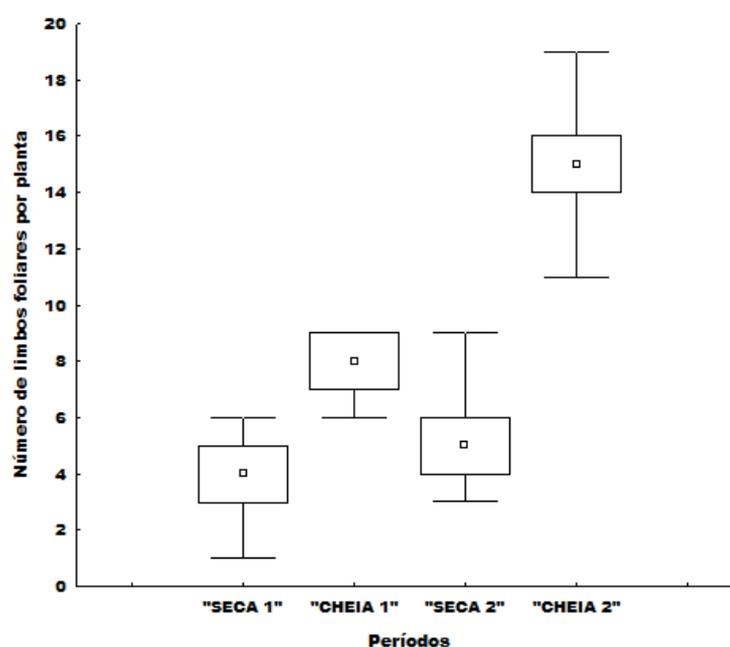


Figura 7 Número de limbos foliares por planta na Seca 1 (máximo = 6.0 ; mínimo = 1.0; média = 4.1 ; mediana = 4.0; erro-padrão = 0.07) *versus* na Cheia 1 (máximo = 9.0 ; mínimo = 6.0; média = 7.9 ; mediana = 8.0; erro-padrão = 0.05) e número de limbos foliares por planta na Seca 2 (máximo = 9.0; mínimo = 3.0; média = 5.0 ; mediana = 5.0; erro-padrão = 0.07) *versus* na Cheia 2 (máximo = 19.0; mínimo = 8.0; média = 14.9; mediana = 15.0; erro-padrão = 0.1).

Além do número de limbos foliares ter sido maior, a biomassa seca dos limbos também foi maior nos períodos de cheia, tanto na cheia inicial (Cheia 1), quando comparada à seca inicial (Seca 1) ($t = 33.81$; $p < 0.001$) (Figura 8), quanto no período de maior cheia (Cheia 2) comparado à seca mais drástica (Seca 2) ($t = 37.83$; $p < 0.001$) (Figura 8). Indicando que as folhas aumentaram tanto em comprimento quanto em largura.

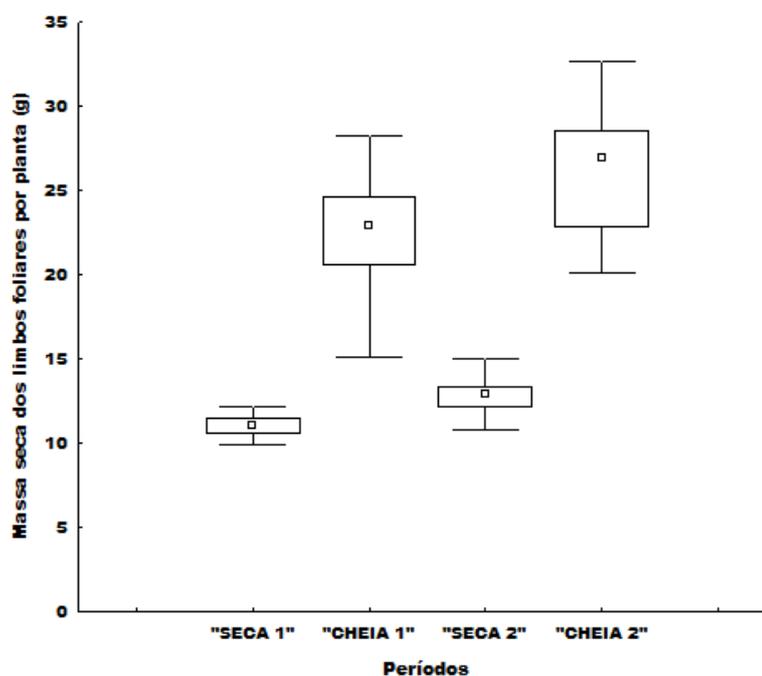


Figura 8 Biomassa seca dos limbos foliares por planta na Seca 1 (máximo = 12.9; mínimo = 9.1; média = 11.0 ; mediana = 11.0; erro-padrão = 0.1) *versus* na Cheia 1 (máximo = 27.2 ; mínimo = 15.1; média = 22.3; mediana = 22.8; erro-padrão = 0.3) e biomassa seca dos limbos foliares por planta Seca 2 (máximo = 15.0; mínimo = 10.7; média = 12.8; mediana = 12.9; erro-padrão = 0.08) *versus* na Cheia 2 (máximo = 32.65; mínimo = 20.1; média = 26.1; mediana = 26.9; erro-padrão = 0.3).

Quando o nível da água aumentou, os pecíolos tiveram diâmetros maiores já no início do período de cheia (Cheia 1), quando comparado ao início do período de seca (Seca 1) ($t = 146.29$; $p < 0.001$) (Figura 9), e continuaram aumentando até o período de maior cheia. Desta forma, os pecíolos tiveram diâmetros maiores também no período de maior cheia (Cheia 2) comparado ao período de seca mais drástica (Seca 2) ($t = 125.50$; $p < 0.001$) (Figura 9). Além disso, os pecíolos tiveram biomassa seca maiores nos períodos de cheia, tanto na cheia inicial (Cheia 1), quando comparado à seca inicial (Seca 1) ($t = 31.97$; $p < 0.001$) (Figura 10), quanto no período de maior cheia comparado à seca mais drástica (Seca 2) ($t = 43.86$; $p < 0.001$) (Figura 10).

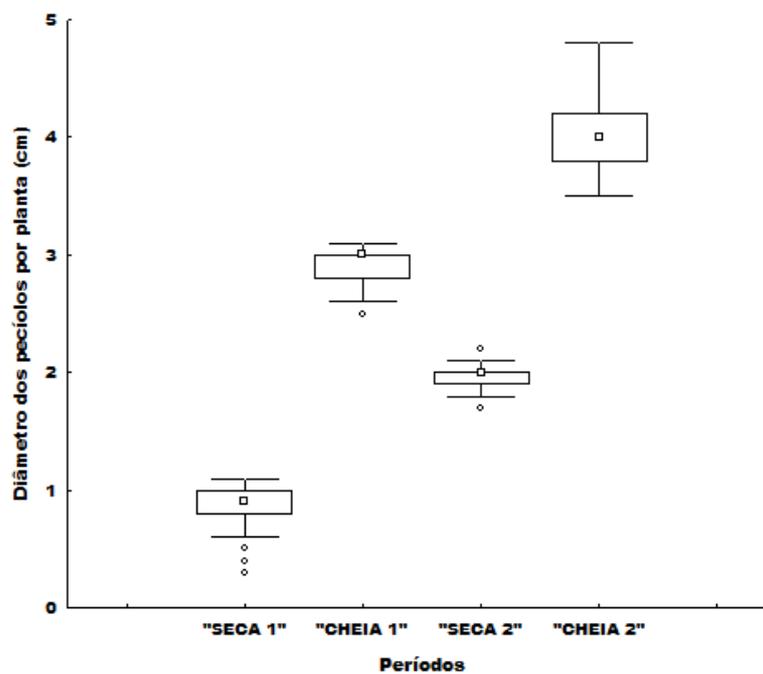


Figura 9 Diâmetro dos pecíolos por planta na Seca 1 (máximo = 1.1; mínimo = 0.3; média = 0.8; mediana = 0.9; erro-padrão = 0.00) *versus* na Cheia 1 (máximo = 3.1; mínimo = 2.5; média = 2.8; mediana = 3.0; erro-padrão = 0.01) e diâmetro dos pecíolos por planta na Seca 2 (máximo = 2.5; mínimo = 1.5; média = 1.8; mediana = 2.0; erro-padrão = 0.0) *versus* na Cheia 2 (máximo = 4.8; mínimo = 3.5; média = 4.2; mediana = 4.0; erro-Padrão = 0.0)

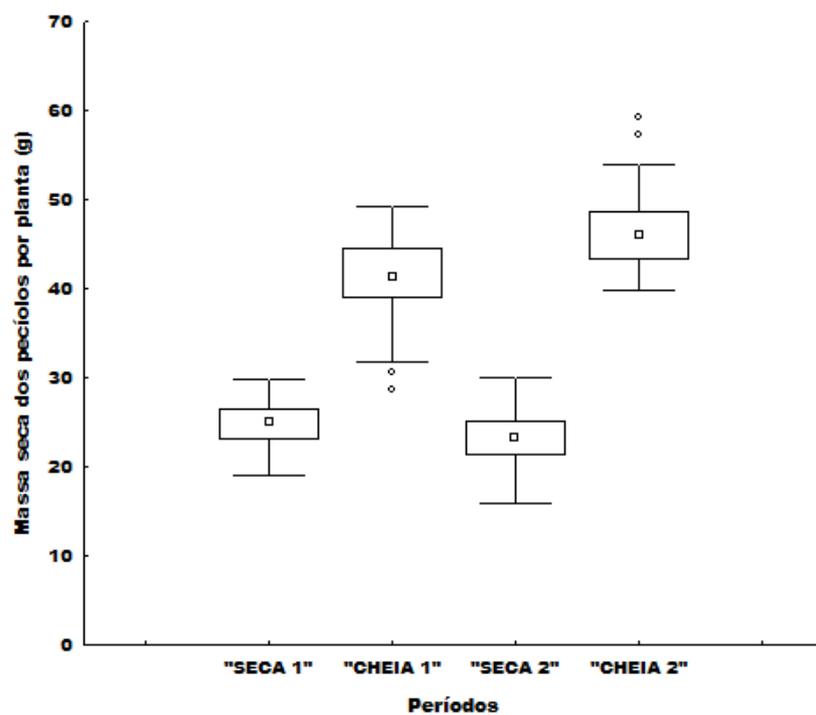


Figura 10 Biomassa seca dos pecíolos por planta na Seca 1 (máximo = 29.7; mínimo = 19.0; média = 24.9; mediana = 25.0; erro-padrão = 0.2) *versus* na Cheia 1 (máximo = 49.2; mínimo = 28.6; média = 41.4; mediana = 41.2; erro-padrão = 0.4) e biomassa seca dos pecíolos por planta na Seca 2 (máximo = 29.9; mínimo = 15.8 ; média = 23.3; mediana = 23.2; erro-padrão = 0.3) *versus* na Cheia 2 (máximo = 59.2; mínimo = 39.8; média = 46.4; mediana = 45.9; erro-padrão = 0.4).

Houve também, já no início do período de cheia (Cheia 1) comparado ao início do período de seca (Seca 1) ($64.86; p < 0.001$) (Figura 11), um aumento maior no diâmetro da base das rosetas. Esse aumento continuou até a cheia máxima, resultando assim em rosetas com diâmetros da base maiores também no período de maior cheia (Cheia 2) quando comparado ao período de maior seca (Seca 2) ($t = 98.76; p < 0.001$) (Figura 11).

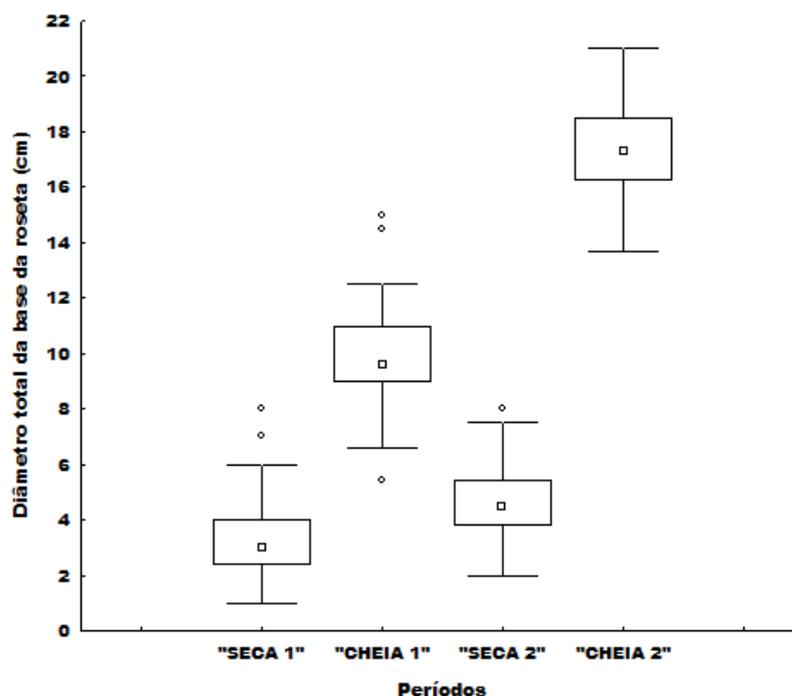


Figura 16 Diâmetro total da base da roseta na Seca 1 (máximo = 8.0 ; mínimo = 1 ; média = 3.2 ; mediana = 3.0; erro-padrão = 0.07) *versus* na Cheia 1 (máximo = 13.5 ; mínimo = 6.4 ; média = 9.7 ; mediana = 9.6; erro-padrão = 0.07) e diâmetro total da base da roseta na Seca 2 (máximo = 8.0 ; mínimo = 2.0; média = 4.5 ; mediana = 4.5; erro-padrão = 0.07) *versus* na Cheia 2 (máximo = 21.0 ; mínimo = 14.0 ; média = 17.3 ; mediana = 17.3; erro-padrão = 0.1).

4 DISCUSSÃO

Mesmo plantas aquáticas, para que sobrevivam á variações no nível da água, a plasticidade nos atributos morfológicos pode ser decisiva par sua sobrevivência. Dentre as mudanças em seus atributos morfológicos podemos citar: alongamento de tecidos, formação de aerênquimas e raízes adventícias, recrutamento de novas folhas, alterações nos diâmetros de pecíolos e da base da planta, entre outras (LI et al., 2011; LUO; XIE, 2009; IWANAGA; YAMAMOTO, 2008; XIE et al., 2008; COOLING; GANF; WALKER, 2001).

Descrições na literatura, como a de Lorenzi (2000), relatam que *S.montevicensis* pode atingir até 1,5 m de altura. Porém, neste trabalho foi observado plantas alcançando 2 m de altura no período de maior cheia, o que indica a grande plasticidade morfológica desta planta sob o aumento no nível da água.

O aumento da altura total das rosetas de *S.montevicensis* através do alongamento dos pecíolos é necessário para que planta evite a submersão total de suas estruturas. Esse aumento da altura da planta, possibilitando a emergência da parte aérea, foi observado em diversas espécies de *Sagittaria*. *Sagittaria lancifolia* respondeu à elevação do nível d'água em 7,5 e 15 cm por meio do aumento da altura da folha (HOWARD; MENDELSSOHN, 1995). *Sagittaria sagittifolia* tolerou submersão prolongada por oito semanas, através do aumento do comprimento da parte aérea (VAN DEN BRINK et al., 1995).

Em experimento em casa de vegetação, Cassol, Agostinetto e Mariath (2008) fez análises morfológicas de *S.montevicensis* desenvolvida em diferentes condições de inundação e constatou, assim como o presente trabalho, que o aumento da profundidade de submersão incrementou a altura da planta por meio do alongamento dos pecíolos.

Nossos resultados foram consistentes com o trabalho de Cooling, Ganf e Walker (2001), no qual o rápido recrutamento de folhas na planta aquática *Villarsia reniformis* forneceu uma fonte contínua de folhas jovens capaz de compensar o aumento na profundidade de água. Segundo ao autor, as folhas jovens crescem mais rapidamente através da coluna d'água até alcançarem a superfície.

A espécie de planta aquática *Deyeuxia angustifolia* em condições de baixa irradiância provocada pelo aumento do nível da água, teve um aumento de alocação de energia para o alongamento dos pecíolos. Este alongamento possibilitou o recrutamento de mais folhas emergentes para a realização da fotossíntese (LI et al., 2011). A manutenção da parte aérea para a fotossíntese foi o ponto crucial para a sobrevivência de *Eleocharis sphacelata* quando o nível da água aumentou (SORREL; TANNER, SUKIAS, 2002). Da mesma forma, a plasticidade morfológica de estruturas como pecíolo e folhas em *S. montevidensis* pode ser de extrema importância para a sobrevivência desta macrófitas nos períodos de cheia.

Além de aumentar a sua altura, *S. montevidensis*, nos períodos de cheia, teve um aumento significativo no recrutamento de novas folhas. Um maior recrutamento de folhas em períodos de cheia, assim como o alongamento dos pecíolos, garantiu o contato da parte aérea da planta com a superfície atmosférica, o que pode ter otimizado os processos de trocas gasosas e fotossintéticas.

A macrófita *Nymphoides peltada* teve o recrutamento de folhas limitado pela alocação de recursos para o alongamento do pecíolo quando o nível da água aumentou (YU; YU, 2011). Já em nosso estudo, *S. montevidensis* investiu tanto em alongamento de pecíolos quanto em recrutamento de folhas em períodos de cheia. Esse resultado pode indicar ou que a espécie do nosso estudo

seja muito eficiente no uso dos recursos disponíveis ou que ela tenha recursos suficientes para investir em uma estrutura sem deixar de investir em outra.

Além de mais numerosas, as folhas formadas nos períodos de cheia tiveram maiores biomassas quando comparadas às folhas formadas nos períodos de seca. A formação de folhas maiores é uma resposta que, de acordo com Gopal e Goel (1993) e Coelho, Lopes e Sperber (2000), permitiria que a planta maximizasse a sua área foliar fotossintética.

Com relação ao diâmetro e biomassa dos pecíolos e ao diâmetro da base das rosetas, ao invés de terem sido maiores nos períodos de seca, eles foram significativamente maiores nos períodos de cheia, não corroborando a nossa segunda hipótese. Plantas com pecíolos lignificados investem mais recursos nesses tecidos quando estão submetidas a condições adversas, como por exemplo os períodos de inundação (COOLING; GANF; WALKER, 2001). Em contrapartida, esse investimento na lignificação dos pecíolos aumentaria a resistência ao fluxo de gás (BRIX; SORRELL; ORR, 1992).

Sugerimos que como ocorre em outras espécies de plantas aquáticas, como *Phragmites australis*, *S. montevidensis* investe na lignificação externa de seus pecíolos, aumentando assim o diâmetro e biomassa dessas estruturas em períodos de cheia. Paralelamente à sugestão de lignificação externa, observamos a formação de cavidades ocas no interior desses pecíolos, o que contribui para a diminuição da resistência ao fluxo de gases nos períodos de cheia (SORRELL, 1997).

Observamos, principalmente nos períodos de cheia, forças provocadas pelo movimento da água. Essas forças provocadas pelo movimento da água afetam diretamente as macrófitas enraizadas que sofrem as consequências dependendo da magnitude dessas forças e da capacidade de resistirem à quebra e ao desenraizamento (SCHUTTEN; DAINTY; DAVI, 2005).

Sagittaria montevidensis, além de investir em pecíolos maiores e mais resistentes nos períodos de cheia, o que evitou uma drástica quebra dessas estruturas, investiu também no aumento do diâmetro da base da roseta, o que aumentou a ancoragem da planta, reduzindo assim o seu arrasto pela água. Além disso, um aumento da base da roseta foi necessário para garantir a sustentação de folhas e pecíolos maiores e mais pesados nos períodos de cheia.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, *S. montevidensis* apresentou uma grande plasticidade morfológica quando o nível de água nos bancos aumentou. O aumento mais expressivo do comprimento dos pecíolos juntamente com o recrutamento de folhas em *S. montevidensis* nos períodos de cheia mostrou-se como uma alternativa vantajosa, uma vez que garantiu o contato da parte aérea da planta com a superfície atmosférica, o que pode ter otimizado os processos de trocas gasosas e fotossintético. Já o aumento dos diâmetros dos pecíolos e da base das rosetas proporcionalmente maior nos períodos de cheia, permitiu à *Sagittaria* uma maior ancoragem ao substrato e resistência às forças hidrodinâmicas. Desta forma, as respostas plásticas ao estresse causado pelo aumento do nível da água possibilitaram que *S. montevidensis* sobrevivesse e mantivesse o seu potencial de infestação nos bancos de sedimento.

O alto potencial de infestação e a grande capacidade de sobrevivência de *S. montevidensis*, associados à escassez de estudos sobre essa espécie, elucidam e justificam a importância deste trabalho, uma vez que fornece importantes informações a respeito da biologia e ecologia dessa planta aquática

REFERÊNCIAS

- ALPER, P.; SIMMS E. L. The relative advantages of plasticity and fixity in different environments: when is the good for a plant to adjust? **Evolutionary Ecology**, London, v. 16, p. 285-297, 2002.
- AMSTRONG, W.; BRANDLE, R.; JACKSON, M. B. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, Amsterdam, v. 43, p. 307-358., 1994.
- 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.
- BRIX, H.; SORRELL, B. K.; ORR, P. T. Internal pressurisation and convective gas flow in some emergent freshwater macrophytes. **Limnology and Oceanography**, Baltimore, v. 37, p. 1420-1433, 1992.
- 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.
- CLEVERING, O. A.; HUNDSCHNEID, M. P. J. Plastic and non-plastic variation in growth of newly established clones of *Scirpus (Bolboschoenus) maritimus* L. grown at different water depths. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 62, p. 1-17, 1998.
- COELHO, F. F.; LOPES, F. S.; SPERBER C. F. Density-dependent morphological plasticity in *Salvinia auriculata* Aublet. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 66, p. 273-280, 2000.
- 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, p. 281-294, 2001.
- GOPAL, B.; GOEL, U. Competition and allelopathy in aquatic plant communities. **Botanical Review**, Bronx, v. 59, p. 155-208, 1993.
- GRACE, J. B. Effects of water depth on *Typha latifolia* and *Typha domingensis*. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 76, p. 762-768, 1989.

HOWARD, R. J.; MENDELSSOHN, I. A. Effect of increased water depth on growth of a common perennial fresh-water-intermediate marsh species in coastal Louisiana. **Wetlands**, Dordrecht, v. 15, n. 1, p. 82-91, 1995.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=150&Itemid=140>. Acesso em: 02 set. 2010.

IWANAGA, F.; YAMAMOTO, F. Effects of flooding depth and growth, morphology, photosynthesis in *Alnus japonica* species. **New Forests**, Dordrecht, v. 35, p. 1-14, 2008.

LI, F. et al. Plant distribution can be reflected by the different growth and morphological responses to water level and shade in two emergent macrophyte seedlings in the Sanjiang Plain. **Aquatic Ecology**, [S.l.], v. 45, n. 1, p. 89-97, 2011.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

LUO, W. B.; XIE, Y. H. Growth and morphological responses to water level and nutrient supply in three emergent macrophyte species. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 624, p. 151-160, 2009.

POTT, V. L.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

REGO, S. C. **Alismataceae Ventenat no Rio Grande do Sul**. 1988. 120 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

SCHLICHTING, C. D. The evolution of phenotypic plasticity in plants **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 667-693, 1986.

SCHUTTEN, J.; DAINY, J.; DAVI, A. J. Root anchorage and its significance for submerged plants in shallow lakes. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 93, p. 556-571, 2005.

SORRELL, B. K. *Eleocharis sphacelata*: internal gas transport pathways and modelling of aeration by pressurised flow and diffusion. **New Phytologist**, Cambridge, v. 136, p. 433-442, 1997.

SORREL, B. K.; TANNER, C. C.; SUKIAS, J. P. S. Effects of water depth and substrate on growth and morphology of *Eleocharis sphacelata*: implications for culm support and internal gas transport. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 73, p. 93-106, 2002.

USINA HIDRELÉTRICA DO FUNIL. Disponível em:
<<http://www.ahefunil.com.br/home/institucional/apresenta.htm>>. Acesso em:
13 set. 2010.

VAN DEN BRINK, F. W. B. et al. Effects of substrate parameters on growth responses of eight helophyte species in relation to flooding. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 50, p. 79-97, 1995.

XIE, Y. H. et al. Root growth dynamics of *Deyeuxia angustifolia* seedlings in response to the water level. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 69, p. 292-296, 2008.

YU, L.; YU, D. Differential responses of the floating-leaved aquatic plant *Nymphoides peltata* to gradual versus rapid increases in water levels. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 94, p. 71-76, 2011.

CAPÍTULO 3

**Influência dos períodos de seca e cheia na reprodução sexuada e assexuada
de *Sagittaria montevidensis***

Resumo

Plantas clonais possuem a capacidade de reprodução sexuada e assexuada, sendo que a importância desses dois modos reprodutivos varia dentro das espécies em resposta a fatores ecológicos. Objetivou-se avaliar a influência da seca e da cheia na reprodução sexuada e assexuada de *Sagittaria montevidensis*, bem como detectar se há, em *S. montevidensis*, o investimento em uma estrutura ou função em detrimento de outras. Hipóteses: a) o nível da água influencia a reprodução de *S. montevidensis*; b) rosetas produtoras de estruturas reprodutivas sexuadas reduzirão seu investimento em clones. O estudo foi realizado, no período de Junho de 2010 à Novembro de 2011, na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório do Funil, MG, no qual são formados bancos de sedimentos junto às margens do Rio. Rosetas foram amostradas em nove bancos. Em cada banco foram amostradas 30 plantas, totalizando 270. O nível de água nos bancos foi medido e foram amostrados: número de clones, flores e frutos. A amostragem de biomassa foi realizada no mesmo período e foram coletadas 10 rosetas por banco, totalizando 90. Essas 90 plantas tiveram seus pecíolos, folhas, escapos, clones e estruturas reprodutivas (ER) (flor, fruto e semente) separadas e colocadas em estufa para a secagem. *S. montevidensis* investiu mais em reprodução sexuada na seca, tanto no início da seca (Seca 1), quando comparado ao início da cheia (Cheia 1) ($t = -20.44$; $p < 0.001$), quanto na seca mais drástica (Seca 2) comparado à maior cheia (Cheia 2) ($t = -15.95$; $p < 0.001$). Já na cheia, *S. montevidensis* investiu mais em reprodução assexuada, tanto no início da cheia (Cheia 1), quando comparado ao início da seca (Seca 1) ($t = 18.17$; $p < 0.001$), quanto no período de maior cheia (Cheia 2) comparado à seca mais drástica (Seca 2) ($t = 13.23$; $p < 0.001$). A frequência de rosetas que investiram em reprodução sexuada foi maior na seca (Seca 1 e Seca 2) do que na cheia (Cheia 1 e Cheia 2) ($\chi^2 = 371.78$; $p < 0.001$). Já na cheia (Cheia 1 e Cheia 2), a frequência de rosetas produtoras de clones foi maior do que na seca (Seca 1 e Seca 2) ($\chi^2 = 357.14$; $p < 0.001$). Ocorreram trade-offs entre reprodução sexuada e clonal tanto no início da seca (Seca 1) e da cheia (Cheia 1) ($r^2 = -0.31$; $p = 0.04$) quanto nos períodos de maiores seca (Seca 2) e cheia (Cheia 2) ($r^2 = -0.46$; $p < 0.001$). O crescimento e manutenção de *S. montevidensis* na cheia são dependentes da reprodução clonal, enquanto que na seca sua sobrevivência é garantida pela reprodução sexuada. Essa plasticidade na forma de reprodução de *S. montevidensis* permite que a espécie, seja via reprodução sexuada ou clonal, se reproduza durante todo o ano e garanta a sua persistência.

Palavras-chave: Planta aquática. Reprodução. Nível da água. Bancos de sedimentos. Reservatório.

1 INTRODUÇÃO

Estudos em biologia evolutiva dão grande ênfase à reprodução, já que a forma como um organismo se reproduz afeta profundamente sua contribuição a gerações futuras (STEARNS, 1976; KARLSSON; MÉNDEZ, 2005). A reprodução não é o único componente do fitness, mas certamente é um dos mais importantes, uma vez que o fitness do organismo é usualmente medido em termos do seu relativo sucesso reprodutivo (HARPER, 1967; STEARNS, 1992; ENDLER, 1986).

A reprodução pode ocorrer de forma assexuada e sexuada. Os modos reprodutivos, sexuado e assexuado, produzem indivíduos fisiologicamente independentes, todavia a reprodução sexuada contribui por introduzir indivíduos com novos genes para a população (genetes), enquanto que a assexuada introduz indivíduos geneticamente idênticos (rametes) (HARPER, 1977).

Muitas plantas clonais perenes possuem a capacidade de se reproduzirem tanto sexuadamente, através de sementes, quanto assexuadamente por meio de propagação vegetativa, como por exemplo, a formação de rizomas (KLIMES et al., 1997). A importância desses dois modos reprodutivos pode variar amplamente dentro das espécies em resposta a fatores ecológicos, e um trade-off entre reprodução sexuada e assexuada tem sido demonstrado em muitas espécies (XIAO et al., 2011; ECKERT, 2002).

Dentre os fatores ecológicos que podem influenciar mais fortemente nos modos reprodutivos de plantas aquáticas, está a mudança no nível da água. Em regiões que sofrem inundações, a reprodução clonal garante a colonização rápida de áreas que estão disponíveis às plantas, devido à subida das águas. Quando o nível da água diminui, a reprodução clonal é interrompida e a grande maioria das plantas sobrevive em forma de sementes ou esporos (JUNK, 1980; WARWICK; BROCK, 2003). Em ambientes sujeitos à seca, a produção de esporocarpos é

uma estratégia adaptativa que permite a persistência de populações de *Salvinia auriculata* em lagoas do pantanal matogrossense (COELHO; LOPES; SPERBER, 2005).

O direcionamento preferencial de recursos para um determinado modo reprodutivo ou para uma determinada função a expensas do outro pode ocorrer, uma vez que na natureza os recursos são limitados (STEARNS, 1992; WEINER, 2004). Nesse caso, ocorrerão trade-offs entre partes vegetativas em função de partes reprodutivas, por exemplo. (XIAO et al., 2011).

Este trabalho teve como objetivos avaliar a influência dos períodos de seca e cheia na reprodução sexuada e assexuada de *Sagittaria montevidensis*; bem como detectar a ocorrência de possíveis trade-offs entre partes vegetativas e reprodutivas. Especificamente foram testadas as seguintes hipóteses: a) o nível da água influencia a reprodução de *S. montevidensis*; b) Rosetas produtoras de estruturas reprodutivas sexuadas reduzirão seu investimento em clones, indicando a ocorrência de trade-offs.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O rio das Mortes faz parte da Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré. Essa bacia está inserida na mesorregião do Campo das Vertentes, e engloba os municípios de São João Del-Rei, Barbacena, Oliveira e Campo Belo. Apresenta uma área de drenagem de 10.547 km². Seu clima é classificado como semi-úmido, apresentando em torno de cinco a seis meses secos por ano e o Índice de Qualidade das Águas é considerado médio no rio das Mortes (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS - IGAM, 2010). O estudo foi realizado na porção do Rio das Mortes que está sob influência do

reservatório da Hidrelétrica do Funil, entre as coordenadas: 21° 08' 52" S; 44° 52' 36" W e 21° 07' 56" S; 44° 51' 07" W. Nessa porção do rio das Mortes são formados bancos de sedimentos junto às margens do rio. Muitos desses bancos são formados pelas espécies *Sagittaria montevidensis* (Alismataceae) e *Typha spp.* (Typhaceae). Entretanto, no nosso estudo foram escolhidos bancos monotípicos de *S. montevidensis*.

2.2 Espécie estudada

Sagittaria montevidensis pertence à família Alismataceae. A família Alismataceae apresenta 12 gêneros e aproximadamente 80 espécies e tem distribuição cosmopolita. No Brasil ocorrem, em áreas alagáveis, dois gêneros, *Echinodorus* e *Sagittaria*. *Sagittaria montevidensis* é uma macrófita aquática emergente, perene, de 0,5 a 1,0 m de altura (Figura 1a). Possui filotaxia rosulada, folhas glabras e heteromórficas, apresentando limbo linear, quando submersas, e espatulado ou sagitado, quando emersas. Inflorescência classificada como racemo, ereta e emersa. Flores actinomorfas, pediceladas, heteroclamídeas e trímeras. As flores megasporangiadas (Figura 1b) estão localizadas nos verticilos inferiores e as microsporangidas (Figura 1c), a partir do segundo ou quinto verticilo. O fruto é do tipo aquênio (Figura 1d) (REGO, 1988). A reprodução assexuada da espécie é associada à produção de rizomas (Figura 2). Ocorre em ambientes brejosos e em lagoas rasas, bem como em áreas que passaram por algum tipo de modificação, como por exemplo, construção de hidrelétricas (POTT; POTT, 2000; LORENZI, 2000). É nativa das regiões subtropicais da América do Sul e foi introduzida na América Central e do Norte, África, Ásia e Austrália (POTT; POTT, 2000).

a)



b)



c)

d)



Figura 1 a) Roseta de *Sagittaria montevidensis* em um banco inundado. As setas indicam: 1-limbo foliar e 2-pecíolo; b) Inflorescência com flores femininas (escala = 1 cm); c) Inflorescência com flores masculinas (escala = 1 cm); d) Fruto do tipo aquênio



Figura 2 Aspectos morfológicos de *Sagittaria. montevidensis*. c) Rizoma em desenvolvimento; d) Porção terminal do rizoma com a formação de um clone (escala = 1cm). Fonte: Cassol, Agostinnetto e Mariath (2008).

2.3 Amostragem em campo

Foram amostrados nove bancos de sedimentos contendo apenas rosetas de *S. montevidensis* na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório da Hidrelétrica do Funil (Figura 3). Os bancos foram escolhidos devido à semelhança entre eles quanto à área, formato, e morfologia das plantas, especificamente a altura. A amostragem foi realizada em uma área de 10 x 3 m em cada banco. Essa área foi escolhida devido ao menor banco amostrado apresentar 30 m².

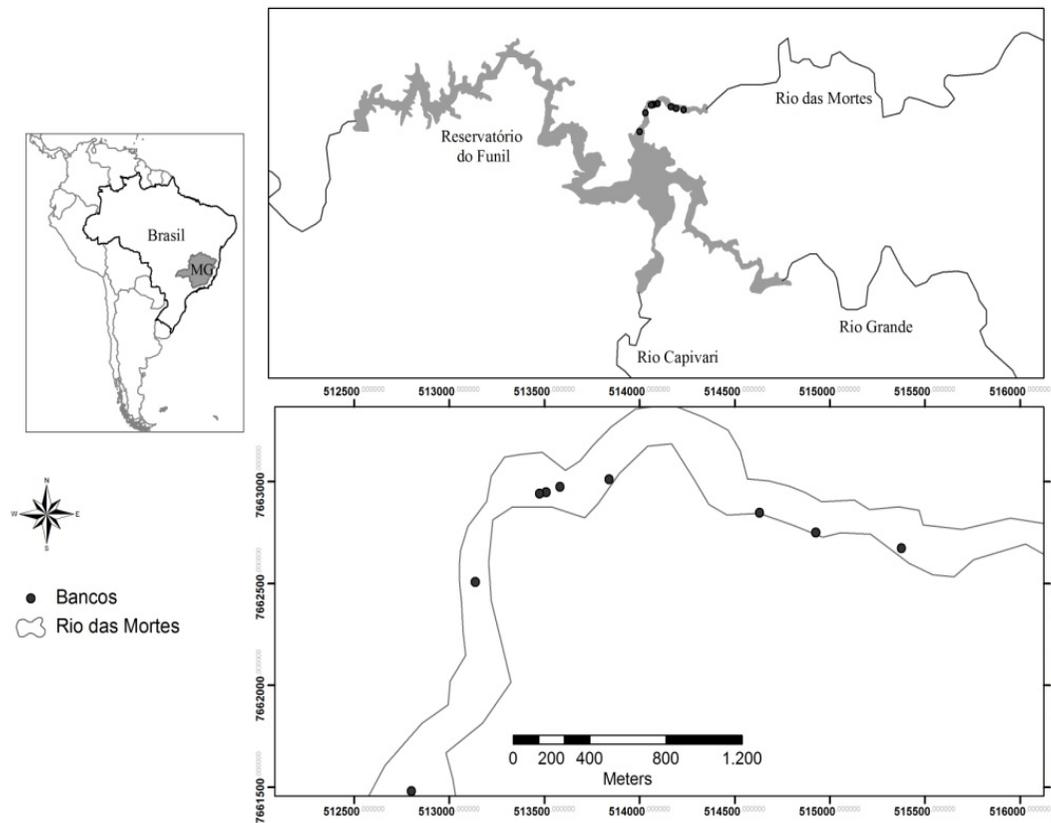


Figura 3 Bancos de sedimentos amostrados na área de ocorrência de *S. montevidensis* na porção do Rio das Mortes sob influência do reservatório do Funil, localizado no Sul de Minas Gerais, Brasil.

Foram realizadas quatro excursões bimestrais, sendo duas no período de seca (Seca 1 e Seca 2), onde não havia água nos bancos, e duas no período de cheia (Cheia 1 e Cheia 2), onde foram encontrados níveis crescentes de água nos bancos, abrangendo os meses de Junho de 2010 à Novembro de 2011.

Cada banco representou uma réplica, onde foram amostradas 30 rosetas, totalizando 270 rosetas amostradas. Em cada banco, foi medido o nível de água e, foram tomadas as seguintes medidas em cada roseta: número de clones e número de flores e frutos. Não foi realizada a contagem do número de sementes. As sementes tiveram apenas a sua biomassa mensurada.

A amostragem de biomassa foi realizada no mesmo período e nos mesmos bancos. Entretanto, foram coletadas 10 rosetas por banco, totalizando 90 rosetas. Essas plantas depois de coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para serem processadas. No laboratório, essas plantas foram lavadas em água corrente para a retirada de resíduos e tiveram seus pecíolos, folhas, escapos, clones e estruturas reprodutivas (ER) (flor, fruto e semente) separadas e colocadas em sacos de papel para a secagem. Essas estruturas permaneceram a uma temperatura de 60 °C em estufa até a obtenção da constância de seus pesos, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão.

2.4 Análise dos dados

Para avaliar a influência dos períodos de seca e cheia na reprodução sexuada e assexuada de *Sagittaria montevidensis*, foram comparados através do teste t de Student, o número de flores e frutos, e a biomassa de flores, frutos e sementes, bem como o número de clones de cada roseta. Além disso, foram realizadas tabelas de contingência e um teste de Qui-Quadrado para avaliar a

frequência de produção de estruturas reprodutivas sexuadas e assexuadas formadas na cheia (Cheia 1 e Cheia 2) e na seca (Seca 1 e Seca 2).

Para avaliar a ocorrência de possíveis trade-offs, foi realizada, tanto nos períodos iniciais de seca (Seca 1) e de cheia (Cheia 1) quanto nos períodos de seca e cheia mais intensos, (Seca 2) e (Cheia 2) respectivamente, análise de regressão linear entre alocação de biomassa para as partes vegetativas em função da biomassa reprodutiva (ER).

Todas as análises foram realizadas através do programa SYSTAT 9 e os gráficos gerados pelo programa STATISTICA 7.

3 RESULTADOS

Rosetas de *S. montevidensis* produziram estruturas reprodutivas sexuadas nos períodos de cheia. Entretanto, investiram proporcionalmente mais na produção de frutos, flores e sementes nos períodos de seca. Houve um investimento maior, em número de flores e frutos tanto na Seca 1, quando comparada à Cheia 1 ($t = - 20.44$; $p < 0.001$) (Figura 4), quanto na Seca 2 quando comparada à Cheia 2 ($t = - 15.95$; $p < 0.001$) (Figura 4).

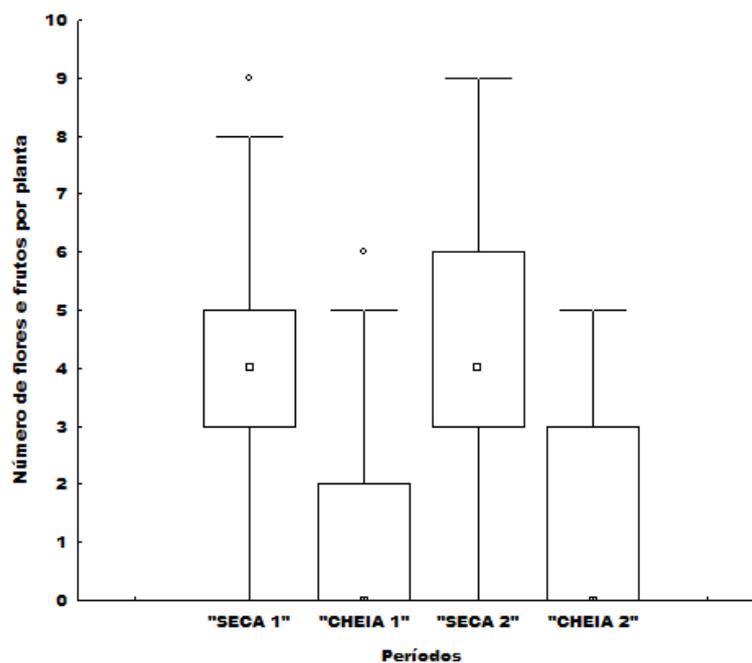


Figura 4 Número de flores e frutos na Seca 1 (máximo = 9.0; mínimo = 0.0; média = 3.9; mediana = 4.0; erro-padrão = 0.1) versus na Cheia 1 (máximo = 6.0; mínimo = 0.0; média = 0.8; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.09) e número de flores e frutos na Seca 2 (máximo = 9.0; mínimo = 0.0; média = 4.2; mediana = 4.0; erro-padrão = 0.1) versus na Cheia 2 (máximo = 5.0; mínimo = 0.0; média = 1.3; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.1).

Além de um maior investimento em número de flores e frutos, *S. montevidensis*, tanto no início do período de seca (Seca 1), quanto em seu período mais drástico (Seca 2) produziu uma maior biomassa de flores, frutos e sementes (ER) quando comparadas ao período de cheia inicial (Cheia 1) ($t = -15.42$; $p < 0.001$) (Figura 5) e final (Cheia 2) ($t = 12.87$; $p < 0.001$) (Figura 5).

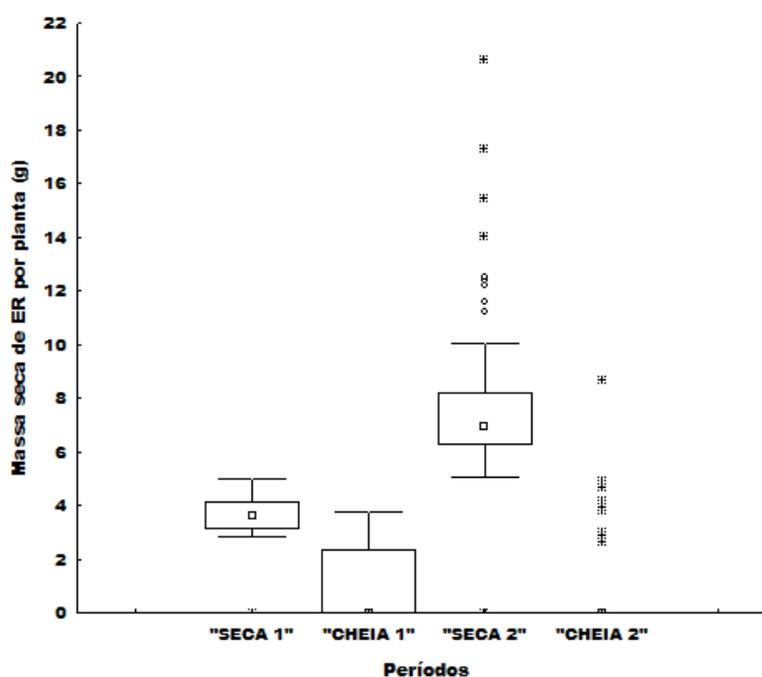


Figura 5 Biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) na Seca 1 (máximo = 4.9; mínimo = 0.0; média = 3.6; mediana = 3.6; erro-padrão = 0.2) versus na Cheia 1 (máximo = 3.7; mínimo = 0.0; média = 0.8; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.1) e biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) na Seca 2 (máximo = 20.6; mínimo = 0.0; média = 6.7; mediana = 6.9; erro-padrão = 0.4) versus na Cheia 2 (máximo = 8.6; mínimo = 0.0; média = 0.8; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.1).

À medida que o nível da água nos bancos aumentou, *S. montevidensis* investiu proporcionalmente mais em reprodução assexuada do que em

reprodução sexuada. Um maior número de clones formados ocorreu já no início da cheia (Cheia 1) quando comparado ao início da seca (Seca 1) ($t = 18.17$; $p < 0.001$) (Figura 6). No período de maior cheia (Cheia 2), o número de clones também foi maior quando comparado à seca mais drástica (Seca 2) ($t = 13.23$; $p < 0.001$) (Figura 6). Além disso, os clones formados nos períodos de cheia tiveram maiores biomassas, tanto no início da cheia (Cheia 1), quando comparado ao início da seca (Seca 1) ($t = 11.55$; $p < 0.001$) (Figura 7), quanto no período de maior cheia (Cheia 2) quando comparado à seca mais drástica (Seca 2) ($t = 7.83$; $p < 0.001$) (Figura 7).

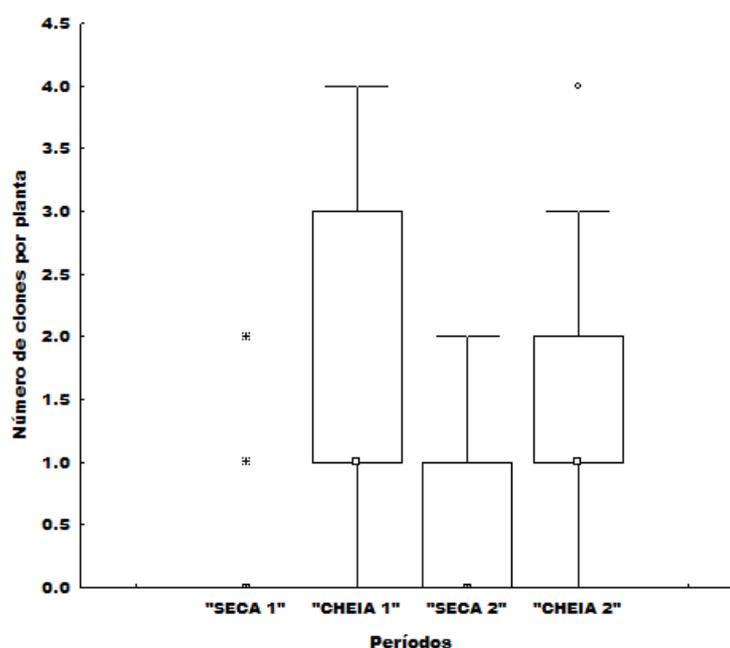


Figura 6 Número de clones na Seca 1 (máximo = 2.0; mínimo = 0.0; média = 0.3; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.03) *versus* na Cheia 1 (máximo = 4.0; mínimo = 0.0; média = 1.8; mediana = 1.0; erro-padrão = 0.07) e número de clones na Seca 2 (máximo = 2.0; mínimo = 0.0; média = 0.4; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.03) *versus* na Cheia 2 (máximo = 4.0; mínimo = 0.0; média = 1.5; mediana = 1.0; erro-padrão = 0.07).

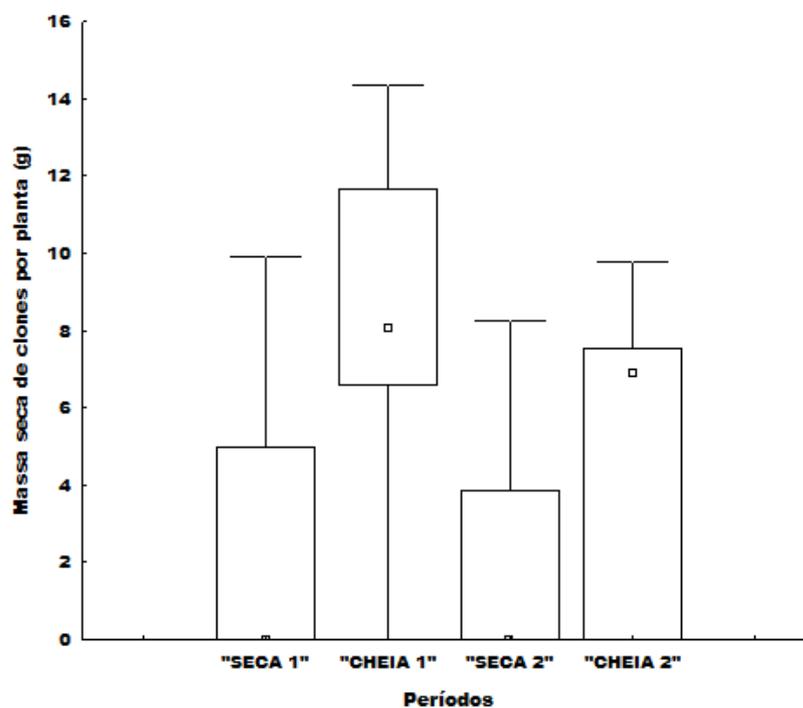


Figura 7 Biomassa seca de clones na Seca 1 (máximo = 9.8; mínimo = 0.0; média = 1.8; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.2) *versus* na Cheia 1 (máximo = 14.3; mínimo = 0.0; média = 7.9; mediana = 8.0; erro-padrão = 0.4) e biomassa seca de clones na Seca 2 (máximo = 8.2; mínimo = 0.0; média = 1.4; mediana = 0.0; erro-padrão = 0.2) *versus* na Cheia 2 (máximo = 9.7; mínimo = 0.0; média = 4.9; mediana = 6.9; erro-padrão = 0.3).

A frequência de rosetas produtoras de (ER) (flor, fruto e semente) foi muito maior nos períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) do que nos períodos de cheia (Cheia 1 e Cheia 2) ($\chi^2_{(0.05)[1]} = 371.78$; $p < 0.001$) (Tabela 1). Já nos períodos de cheia (Cheia 1 e Cheia 2), a frequência de rosetas produtoras de clones foi muito maior do que nos períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) ($\chi^2_{(0.05)[1]} = 357.14$; $p < 0.001$) (Tabela 2).

Tabela 1 Número total de rosetas amostradas de *S. montevidensis*. Número de rosetas com e sem estruturas reprodutivas sexuadas (ER) (flor, fruto e semente).

Rosetas	Períodos do ano		Total
	Seca	Cheia	
Com (ER)	493	187	680
Sem (ER)	47	353	400
Total	540	540	1080

Comparação entre períodos de seca e cheia ($\chi^2 = 371.78$; $p < 0.001$).

Tabela 2 Número total de rosetas amostradas de *S. montevidensis*. Número de rosetas com e sem clones.

Rosetas	Períodos do ano		Total
	Seca	Cheia	
Com clones	163	469	632
Sem clones	377	71	448
Total	540	540	1080

Comparação entre períodos de seca e cheia ($\chi^2 = 357.14$; $p < 0.001$).

Houve uma relação significativa e negativa entre a biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) e a biomassa seca dos clones, tanto no início dos períodos de seca (Seca 1) e de cheia (Cheia 1) ($r^2 = -0.31$; $p = 0.04$) (Figura 8) quanto nos períodos de maiores seca (Seca 2) e cheia (Cheia 2) ($r^2 = -0.46$; $p < 0.001$) (Figura 9). Apesar do grau de explicação ter sido maior nos períodos de maiores seca (Seca 2) e cheia (Cheia 2), ocorreu um trade-off entre a produção de (ER) (flor, fruto e semente) e a produção de clones já no início dos períodos de seca (Seca 1) e cheia (Cheia 1).

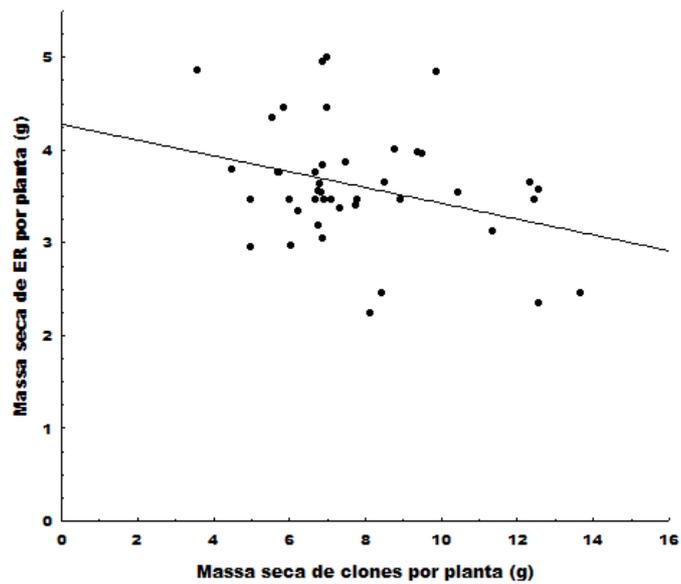


Figura 8 Biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos clones por roseta nos períodos de Seca 1 e Cheia 1 ($r^2 = -0.31$; $p = 0.04$; $N = 43$) ($y = -0.085x + 4.27$).

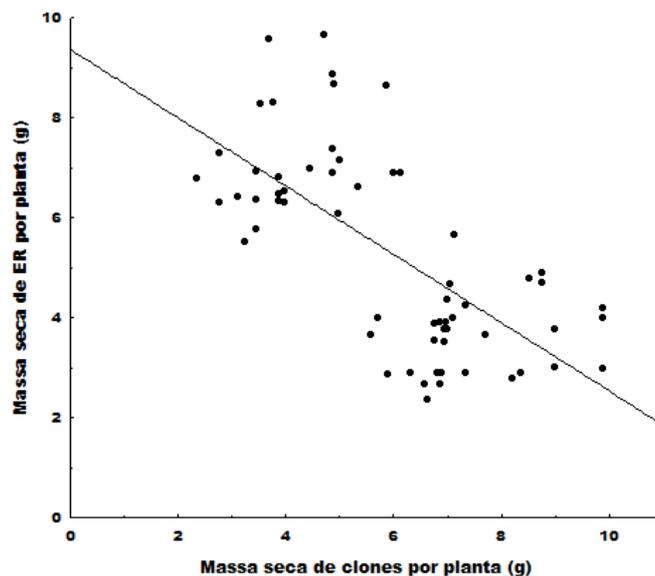


Figura 9 Biomassa seca das estruturas reprodutivas (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos clones por roseta nos períodos de Seca 2 e Cheia 2 ($r^2 = -0.46$; $p < 0.001$; $N = 63$) ($y = -0.682x + 9.35$).

Encontramos uma relação negativa e significativa entre a biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) e a biomassa seca dos limbos foliares por planta, tanto no início dos períodos de seca (Seca 1) e cheia (Cheia 1) ($r^2 = -0.42$; $p = 0.005$) (Figura 10) quanto nos períodos de maiores seca (Seca 2) e cheia (Cheia 2) ($r^2 = -0.66$; $p < 0.001$) (Figura 11), o que caracterizou a ocorrência de trade-offs entre estruturas reprodutivas e vegetativas.

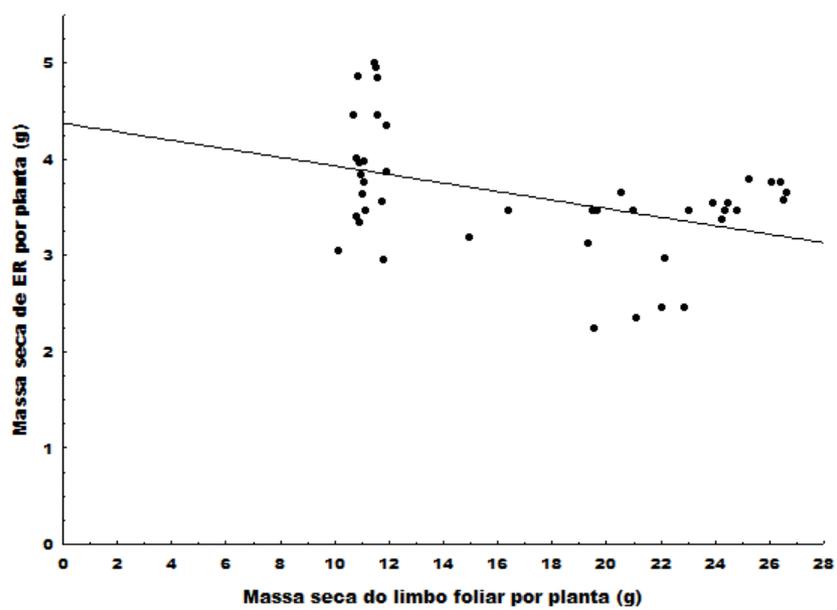


Figura 10 Biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos limbos foliares por roseta nos períodos de Seca 1 e Cheia 1 ($r^2 = -0.42$; $p = 0.004$; $N = 43$) ($y = -0.044x + 4.37$).

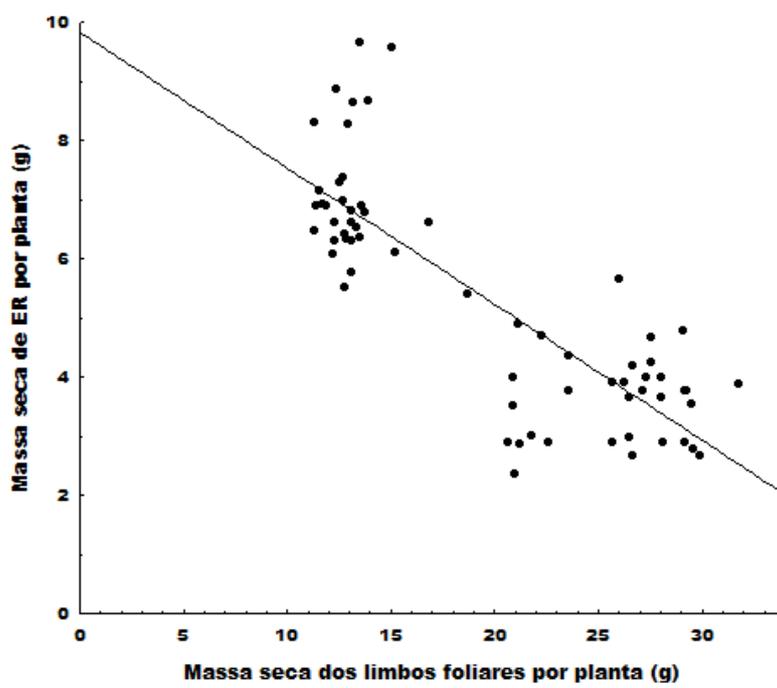


Figura 11 Biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos limbos foliares por roseta na Seca 2 e Cheia 2 ($r^2 = -0.66$; $p < 0.001$; $N = 63$) ($y = -0.229x + 9.82$).

Ocorreram trade-offs entre a relação da biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) e da biomassa seca dos pecíolos por planta, tanto no início dos períodos de seca (Seca 1) e cheia (Cheia 1) ($r^2 = -0.37$; $p = 0.01$) (Figura 12) quanto nos períodos de maiores seca (Seca 2) e cheia (Cheia 2) ($r^2 = -0.68$; $p < 0.001$) (Figura 13).

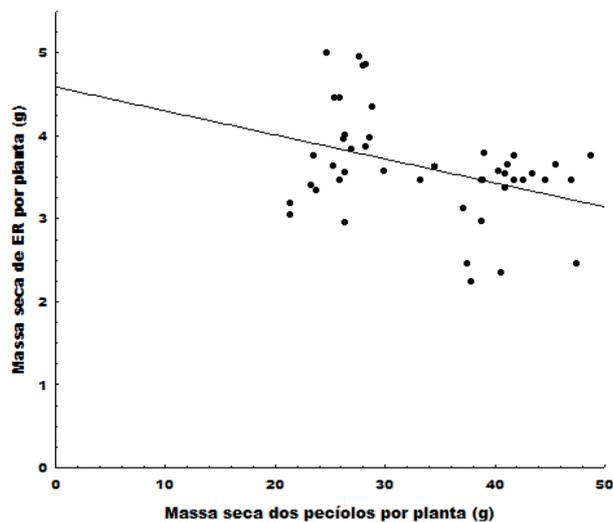


Figura 12 Biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos pecíolos por roseta na Seca 1 e Cheia 1 ($r^2 = -0.37$; $p = 0.001$; $N = 43$), ($y = -0.028x + 4.58$).

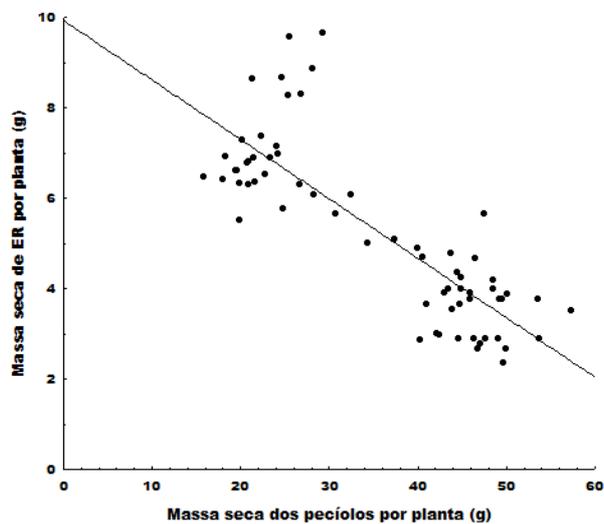


Figura 13 Biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos pecíolos por roseta na Seca 2 e Cheia 2 ($r^2 = -0.68$; $p < 0.001$; $N = 63$), ($y = -0.131x + 9.92$).

A biomassa seca dos escapos teve uma relação positiva e significativa com a biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) formadas tanto no início dos períodos de seca (Seca 1) e cheia (Cheia 1) ($r^2 = 0.50$; $p < 0.001$) (Figura 14) quanto nos períodos de maiores seca (Seca 2) e cheia (Cheia 2) ($r^2 = 0.57$; $p < 0.001$) (Figura 15), ou seja, escapos maiores suportam estruturas reprodutivas maiores.

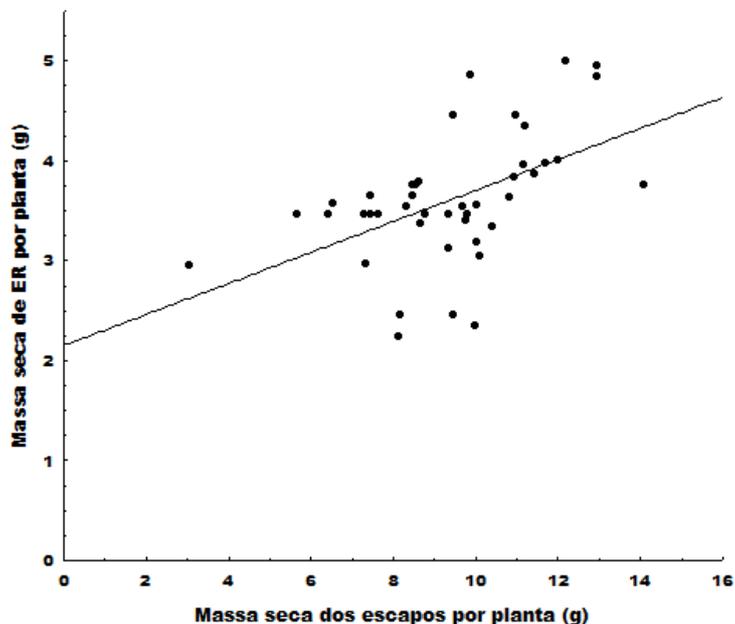


Figura 14 Biomassa seca das estruturas reprodutivas (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos escapos por roseta na Seca 1 e Cheia 1 ($r^2 = 0.50$; $p < 0.001$; $N = 43$) ($y = 0.155 + 2.15x$).

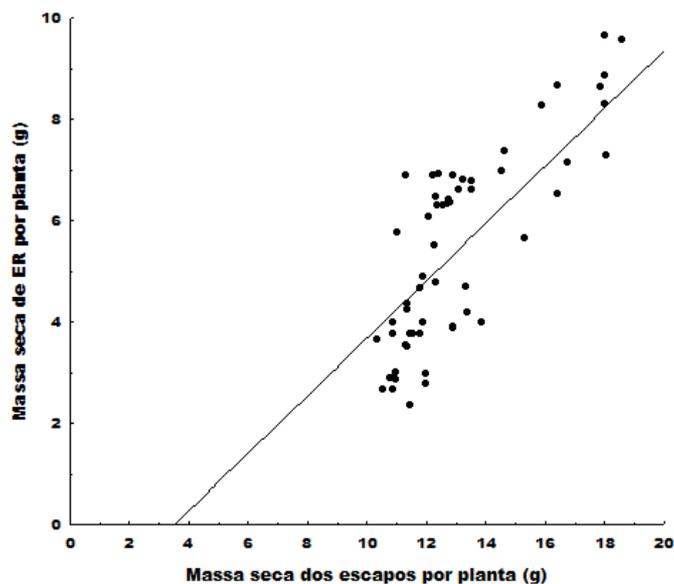


Figura 15 Biomassa seca de (ER) (flor, fruto e semente) em função da biomassa seca dos clones por roseta na Seca 2 e Cheia 2 ($r^2 = 0.57$; $p < 0.001$; $N = 63$), ($y = 0.567x - 1.98$).

4 DISCUSSÃO

Os resultados indicaram que *S. montevidensis* apresenta, de acordo com o nível da água, uma plasticidade em relação à sua forma de reprodução, ou seja, as rosetas de *Sagittaria* respondem às mudanças no habitat reproduzindo de forma sexuada ou assexuada.

Desta forma, os períodos de seca e cheia tiveram uma forte influência na reprodução de *S. montevidensis*. As diferentes respostas de espécies a flutuações no nível da água sugerem que esses eventos podem afetar a disponibilidade de sementes e de estruturas de reprodução assexuada (SMITH; BROCK, 2007).

Sagittaria montevidensis investiu proporcionalmente mais em estruturas reprodutivas sexuadas em condições de seca. Uma maior produção de sementes,

por exemplo, se torna uma característica favorável à persistência da espécie no período de seca, uma vez que essas sementes podem entrar em estado de dormência e germinarem quando as condições se tornarem mais favoráveis (BROCK, 2011).

Para plantas aquáticas, frequentemente, quando o nível da água diminui, a reprodução vegetativa é interrompida e a grande maioria das plantas sobrevive em forma de sementes ou esporos (JUNK, 1980; BROCK, 2011; COELHO; LOPES; SPERBER, 2005). *Salvinia auriculata*, quando em condições de seca, sobrevive em forma de esporos, uma vez que tais estruturas têm a capacidade de entrar em estado de dormência e permanecerem viáveis por longos e extremos períodos de seca (COELHO; LOPES; SPERBER, 2005).

Sagittaria montevidensis, assim como no estudo experimental de Cassol, Agostinetto e Mariath (2008), teve sua germinação favorecida por uma lâmina d'água presente ainda no fim dos períodos de cheia e início dos períodos de seca. Provavelmente, as sementes que germinam no início dos períodos de seca sejam oriundas de bancos de sementes formados nos períodos de seca passados. Em locais com eventos de seca e cheia temporários, onde o risco da reprodução não ser efetiva é alto, indivíduos maximizam seu fitness pela germinação logo após o período de cheia, atingindo rapidamente a maturidade e a produção de sementes. Apenas uma fração dessas sementes pode germinar e outra parte pode formar banco de semente e germinar em um evento de cheia posterior (BROCK, 2011).

Apesar de não ser conhecido o período exato no qual as sementes de *S. montevidensis* conseguem permanecer em estágio de dormência, e também pela característica da germinação da espécie ser favorecida pela presença de uma lâmina d'água, o manejo da espécie poderia ser feito através de drenagens das áreas que a espécie ocupa (CASSOL; AGOSTINETTO; MARIATH, 2008).

Um maior investimento em reprodução sexuada foi acompanhado de um maior investimento em escapos, uma vez que indivíduos com estruturas reprodutivas maiores e mais numerosas exigem estruturas auxiliares maiores para garantir a sustentação dos frutos, flores e sementes. As estruturas auxiliares, como os escapos, também fazem parte do esforço reprodutivo e como ocorre em *S. montevidensis* garantem a sustentação de sementes, flores e frutos formados.

Sagittaria montevidensis investiu proporcionalmente mais na produção de clones nos períodos de cheia. O investimento em reprodução assexuada nos períodos de cheia sugere que esta seja uma estratégia para ocupação de novas áreas disponíveis, as quais surgem com o aumento do nível da água. Além disso, a reprodução assexuada é um importante processo para espécies sujeitas à inundação, uma vez que grande parte das plantas aquáticas emergentes, por suas sementes serem incapazes de germinarem em períodos de cheia, mantém o seu processo reprodutivo por meio da reprodução clonal (LENSSSEN, 2000).

Ademais, os propágulos vegetativos formados principalmente nos períodos de cheia, além de terem um baixo custo de produção comparado a estruturas de reprodução sexuada, podem absorver nutrientes enquanto dispersam e se estabilizam em um local (SANTAMARÍA, 2002).

Nossos resultados indicam trade-offs entre reprodução sexuada e clonal. A produção de inflorescências limita o número de meristemas disponíveis para a formação de rizomas (WATSON, 1984). Os trade-offs encontrados entre reprodução sexuada e estruturas vegetativas (folhas e pecíolos), sugerem que *S. montevidensis* aloca os recursos disponíveis para o crescimento em detrimento da produção de estruturas reprodutivas sexuadas. Além disso, o crescimento favorece a sobrevivência nos períodos de inundação, pois pecíolos maiores evitam que a planta fique totalmente submersa e limbos maiores permitem que a planta tenha sua área foliar fotossintética maximizada (LI et al., 2011).

5 CONCLUSÃO

Sagittaria montevidensis apresentou uma grande plasticidade em sua forma de reprodução, o que garantiu a sua reprodução tanto em períodos de seca quanto em períodos de cheia, contribuindo assim para o seu alto potencial de infestação. Os resultados obtidos neste estudo são de extrema relevância quando se considera estratégias de manejo ou erradicação de plantas aquáticas, uma vez que é de fundamental importância conhecermos o período e a forma corretos de reprodução, bem como as relações existentes entre crescimento e reprodução, para que assim estratégias de manejo mais efetivas sejam propostas e colocadas em prática quando necessário.

REFERÊNCIAS

- BROCK, M. A. Persistence of seed Banks in Australian temporary wetlands. **Freshwater Biology**, Oxford, v. 56, p. 1312-1327, 2011.
- 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.
- 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, p. 343-352, 2005.
- ECKERT, C. G. The loss of sex in clonal plants. **Evolutionary Ecology**, London, v. 15, p. 501-520, 2002
- ENDLER, J. A. **Natural selection in the wild**. Princeton: Princeton University, 1986.
- HARPER, J. L. A Darwinian approach to plant ecology. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 55, p. 247-271, 1967.
- HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic, 1977.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=150&Itemid=140>. Acesso em: 02 set. 2010.
- JUNK, W. F. Áreas inundáveis: um desafio para a limnologia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 10, p. 775-795, 1980.
- KARLSSON; MÉNDEZ. The resource economy of plant reproduction. In: REEKIE, E. G.; BAZZAZ, F. A. (Ed.). **Reproductive allocation in plants**. Stanford: Elsevier Academic, 2005. p. 1-40.
- KLIMES, L. et al. Clonal plant architecture: a comparative analysis of form and function. In: KROON, H. de; GROENENDAEL J. (Ed.). **The ecology and evolution of clonal plants**. Leiden: Backhuys, 1997.

LENSEN, J. P. M. et al. Vegetative reproduction by species with different adaptations to shallow-flooded habitats. **New Phytologist**, Cambridge, v. 145, p. 61-70, 2000.

LI, F. et al. Plant distribution can be reflected by the different growth and morphological responses to water level and shade in two emergent macrophyte seedlings in the Sanjiang Plain. **Aquatic Ecology**, [S.l.], v. 45, n. 1, p. 89-97, 2011.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

POTT, V. L.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

REGO, S. C. **Alismataceae Ventenat no Rio Grande do Sul**. 1988. 120 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

SANTAMARÍA, L. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. **Acta Oecologica**, Paris, v. 23, p. 137-154, 2002

SMITH, R. G. B.; BROCK, M. A. The and downs of life on the edge: the influence of water level fluctuations on biomass allocation in two contrasting aquatic plants. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 188, p.103-116, 2007

STEARNS, S. C. Life-history tactics: a review of ideas. **The Quarterly Review of Biology**, New York, v. 51, p. 173-217, 1976.

STEARNS, S. C. **The evolution of life histories**. Oxford: Oxford University, 1992.

USINA HIDRELÉTRICA DO FUNIL. Disponível em:
<<http://www.ahefunil.com.br/home/institucional/apresenta.htm>>. Acesso em: 13 set. 2010.

XIAO, Y. et al. Trade-offs among growth, clonal e sexual reproduction in an invasive plant *Spartina alterniflora* reponding to inundation and clonal integration. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 658, p. 353-363, 2011.

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

WATSON, M. F. Development constraints: effect on population growth and patterns of resource allocation in an clonal plant. **American Naturalist**, Chicago, v. 100, p. 687-690, 1984.

WEINER, J. Allocation, plasticity and allometry in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 6, n. 4, p. 207-215, 2004.

CAPÍTULO 4

**Relação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e matéria orgânica dos
bancos de sedimento com a densidade de indivíduos de *Sagittaria
montevidensis***

Resumo

A localização dos reservatórios em bacias hidrográficas impactadas pelo desmatamento e pela atividade agrícola contribui para a formação de bancos de sedimentos. Esse sedimento apresenta-se para as macrófitas emergentes a principal fonte de nutrientes. Desta forma, a densidade de macrófitas seriam maiores em concentrações maiores de Nitrogênio (N-total), Fósforo (P) e Matéria orgânica (M.O.). Este trabalho objetivou avaliar a relação dos teores N-total, P e M.O. do sedimento com a densidade de indivíduos de *S. montevidensis* nos períodos de seca e cheia. Testou-se a seguinte hipótese: a) A densidade de rosetas de *S. montevidensis* será maior em locais com maiores teores de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica presentes no sedimento. O estudo foi realizado, no período de Junho de 2010 à Novembro de 2011, na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório do Funil, MG, no qual são formados bancos de sedimentos junto às margens do Rio. Foram escolhidos nove bancos de sedimentos que possuíam apenas *S. montevidensis*. Foram coletadas, em dois períodos, sendo um na seca e um na cheia, amostras de sedimento para a determinação do N-total e P e da M.O. Em cada um dos nove bancos amostrados foram coletadas três amostras de sedimento e o total de 27 amostras foi obtido tanto no período de seca quanto no período de cheia. A amostragem da densidade de plantas foi realizada em dois períodos de seca (Seca 1 e Seca 2) e dois períodos de cheia (Cheia 1 Cheia 2). Os períodos de seca e cheia diferiram apenas em relação ao teor de N-total. No período de seca o teor de N-total foi maior do que no período de cheia ($F = 8.48$; $p = 0.005$). Já o teor de P não diferiu entre os períodos de seca e cheia ($F = 0.34$; $p = 0.55$), assim como o teor de M.O. não diferiu entre os períodos de seca e cheia ($F = 0.13$; $p = 0.71$). Tanto nos períodos de (Seca 1) e (Cheia 1) ($F = 0.68$; $p = 0.418$) quanto nos períodos de (Seca 2) e (Cheia 2) ($F = 2.76$; $p = 0.116$), a densidade apresentou resultados similares. Além disso, não houve relação entre a densidade de plantas e os teores de N-total ($r = -0.61$; $p = 0.07$), P ($r = 0.40$; $p = 0.28$) e M.O ($r = 0.20$; $p = 0.59$) do sedimento no período de seca e não houve relação entre a densidade de plantas e os teores de N-total ($r = 0.39$; $p = 0.29$), P ($r = -0.27$; $p = 0.47$) e M.O. ($r = 0.28$; $p = 0.44$) do sedimento no período de cheia. Foi identificado um nível de fertilidade de médio a baixo no sedimento. Portanto, a grande infestação observada nos bancos está associada a atributos da história de vida de *S. montevidensis* que permitem que a espécie tenha uma alta sobrevivência e uma grande eficiência reprodutiva, além de estar associada ao processo de sedimentação que ocorre na área de influência do Rio das Mortes.

Palavras-chave: Planta aquática. Densidade. Nutrientes. Banco de sedimentos. Reservatório.

1 INTRODUÇÃO

A localização dos reservatórios em bacias hidrográficas impactadas pelo desmatamento e pela atividade agrícola contribui para que ocorra o processo de assoreamento. Como resultado direto do assoreamento, que reduz a profundidade das regiões litorâneas, extensos bancos de sedimentos colonizados por macrófitas podem se desenvolver nesses ecossistemas (THOMAZ, 2002).

O manejo de plantas aquáticas no país, através do controle químico, biológico ou mecânico, são muito estudados e avaliados, na maioria das vezes, em sistemas fechados como caixas d'água e tanques (VELINI et al., 2005). Estes estudos são de extrema importância, porém, são também necessários estudos em bancos de sedimentos colonizados por macrófitas formados nos reservatórios, para que assim se tenha uma melhor compreensão dos processos biológicos, químicos e físicos que neles ocorrem.

O sedimento, na maioria dos ecossistemas aquáticos lênticos, é o compartimento que apresenta maior concentração de nutrientes, especialmente os sedimentos orgânicos. Portanto, o sedimento apresenta-se como um depósito de nutrientes para o sistema aquático. (WETZEL, 1993).

Segundo Costa e Henry (2010), para as macrófitas emergentes o sedimento é sua principal fonte de nutrientes. Portanto, é provável que a densidade de tais plantas esteja diretamente relacionada aos teores nutricionais do sedimento onde se encontram enraizada. Desta forma, a densidade de macrófitas aquáticas será maior em locais com maiores concentrações de N, P e matéria orgânica, os quais representam os nutrientes mais relevantes para o crescimento das mesmas (BIUDES; CAMARGO, 2006; THOMAZ et al., 2006).

Diversos estudos têm demonstrado uma maior frequência de ocorrência e maior produção primária de macrófitas em ambientes com maiores concentrações de N e P, uma vez que esses nutrientes fazem parte da

constituição da biomassa das macrófitas e são essenciais na composição de moléculas que atuam em processos metabólicos (BIUDES; CAMARGO, 2008). Biudes e Camargo (2006) encontraram uma relação positiva entre a biomassa produzida pela macrófita emergente *Spartina alterniflora* e maiores concentrações de N-total e P presentes tanto na água quanto no sedimento. A espécie *Egeria najas* também teve sua biomassa positivamente relacionada às maiores teores de N e P presentes no sedimento (THOMAZ et al., 2007).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a efeito dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e matéria orgânica (M.O), presentes nos bancos de sedimento, na densidade de plantas de *S.montevicensis*, monitorados tanto nos períodos de seca quanto de cheia. Especificamente foi testada a seguinte hipótese: a) A densidade de rosetas de *S. montevidensis* será maior em locais com maiores teores de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica presentes no sedimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O rio das Mortes faz parte da Bacia Hidrográfica dos Rios das Mortes e Jacaré. Essa bacia está inserida na mesorregião do Campo das Vertentes, e engloba os municípios de São João Del-Rei, Barbacena, Oliveira e Campo Belo. Apresenta uma área de drenagem de 10.547 km². Seu clima é classificado como semiúmido, apresentando em torno de cinco a seis meses secos por ano e o Índice de Qualidade das Águas é considerado médio no rio das Mortes (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS - IGAM, 2010). O estudo foi realizado na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório da Hidrelétrica do Funil, entre as coordenadas: 21° 08' 52" S; 44° 52' 36" W e 21° 07' 56" S; 44° 51' 07" W. A bacia do Rio das Mortes drena uma

área com processo de ravinamento acelerado, com elevado potencial de produção de sedimentos (SANTOS, 1998). Na porção do rio das Mortes onde foi realizado o estudo são formados bancos de sedimentos junto às margens do rio. Muitos desses bancos são formados pelas espécies *Sagittaria montevidensis* (Alismataceae) e *Typha spp.* (Typhaceae). Entretanto, no nosso estudo foram escolhidos bancos monotípicos de *S. montevidensis*.

2.2 Espécie estudada

Sagittaria montevidensis pertence à família Alismataceae. A família Alismataceae apresenta 12 gêneros e aproximadamente 80 espécies e tem distribuição cosmopolita. No Brasil ocorrem, em áreas alagáveis, dois gêneros, *Echinodorus* e *Sagittaria*. *Sagittaria montevidensis* é uma macrófita aquática emergente, perene, de 0,5 a 1,0 m de altura. Possui filotaxia rosulada, folhas glabras e heteromórficas, apresentando limbo linear, quando submersas, e espatulado ou sagitado, quando emersas. Inflorescência classificada como racemo, ereta e emersa. Flores actinomorfas, pediceladas, heteroclamídeas e trímeras. As flores megasporangiadas estão localizadas nos verticilos inferiores e as microsporangidas, a partir do segundo ou quinto verticilo. O fruto é do tipo aquênio (REGO, 1988). A reprodução assexuada da espécie é associada à produção de rizomas. Ocorre em ambientes brejosos e em lagoas rasas, bem como em áreas que passaram por algum tipo de modificação, como por exemplo, construção de hidrelétricas (POTT; POTT, 2000; LORENZI, 2000). É nativa das regiões subtropicais da América do Sul e foi introduzida na América Central e do Norte, África, Ásia e Austrália (POTT; POTT, 2000).

2.3 Amostragem em campo

Foram amostrados nove bancos de sedimentos contendo apenas rosetas de *S. montevidensis* na porção do Rio das Mortes que está sob influência do reservatório da Hidrelétrica do Funil (Figura 1). Os bancos foram escolhidos devido à semelhança entre eles quanto à área, formato, e morfologia das plantas, especificamente a altura. A amostragem foi realizada em uma área de 10 x 3 m em cada banco. Essa área foi escolhida devido ao menor banco amostrado apresentar 30 m².

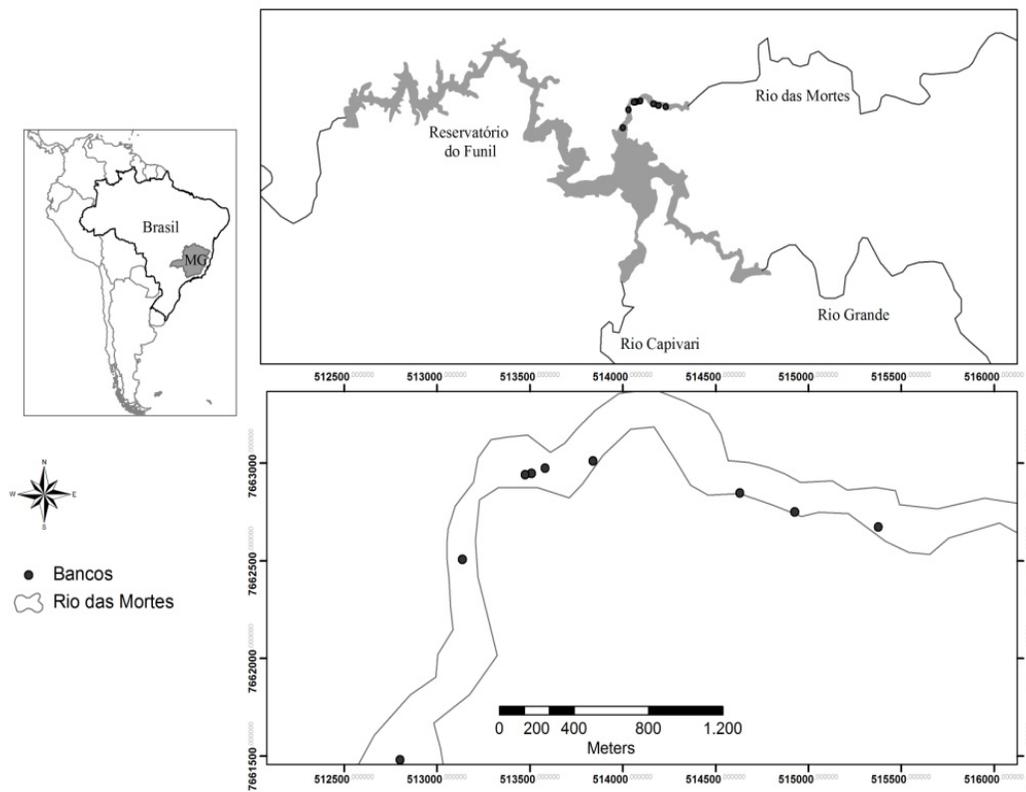


Figura 1 Bancos de sedimentos amostrados na área de ocorrência de *S. montevidensis* na porção do Rio das Mortes sob influência do reservatório do Funil, localizado no Sul de Minas Gerais, Brasil

Foram coletadas amostras de sedimento para a determinação dos elementos essenciais, Nitrogênio (N-total) e Fósforo (P-disponível) e da Matéria orgânica (M.O). As coletas de sedimento foram realizadas em dois períodos, sendo uma coleta na seca e uma na cheia. Em cada um dos nove bancos amostrados foram coletadas três amostras de sedimento, totalizando 27 amostras, obtidas tanto no período de seca quanto no período de cheia. A coleta de sedimento no período de seca foi realizada com o auxílio de uma cavadeira articulada e no período de cheia foi realizada com o auxílio de uma draga manual (coletor de Petersen, usado para amostragem de comunidade bentônica). Depois de coletadas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório de Análises de Solo da UFLA para serem analisadas. O N-total foi determinado pelo método de Kjeldahl, o P-disponível pelo método de Mehlich e a matéria orgânica pelo método do dicromato de potássio.

A amostragem da densidade foi realizada nos períodos de seca, em seu início (Seca 1) e em seu período mais drástico (Seca 2), bem como nos períodos de cheia, também em seu início (Cheia 1), bem como no período de maior inundação (Cheia 2). Em cada área amostrada dos nove bancos foi contado o número total de plantas para a obtenção da densidade, ou seja, o número de plantas por m² de área ocupada.

2.4 Análise dos dados

Foram realizadas análises de variância (ANOVAs) para comparar as médias dos períodos de cheia e seca para cada variável química e para a densidade de plantas. Além disso, para avaliar a ocorrência de possíveis relações entre os teores de N-total, P e Matéria orgânica e a densidade de plantas nos bancos, foram realizadas análise de correlação de Pearson para os períodos de seca e de cheia.

Todas as análises foram realizadas e os gráficos gerados pelo programa STATISTICA.

3 RESULTADOS

Os períodos de seca e cheia, quanto aos teores de Nitrogênio-total, Fósforo e Matéria orgânica presentes no sedimento, diferiram apenas em relação ao teor de N-total (Tabela 1). No período de seca o teor de N-total foi maior do que no período de cheia ($F = 8.48$; $p = 0.005$). Já os teores de Fósforo ($F = 0.34$; $p = 0.55$) e Matéria orgânica ($F = 0.13$; $p = 0.71$) não diferiram entre os períodos de seca e cheia.

Tabela 1 Variáveis do sedimento medidas nos bancos nos períodos de seca e cheia.

Variáveis	Períodos		Estatística	
	Seca	Cheia	Valores de F	Valores de P
N total (g kg ⁻¹)	1.007 ± 0.005	0.800 ± 0.04	8.48	0.005
P (mg dm ⁻³)	6.463 ± 0.09	6.559 ± 0.13	0.34	0.55
M.O. (g kg ⁻¹)	1.190 ± 0.04	1.160 ± 0.06	0.13	0.71

Média, erro-padrão e valores de F comparando os períodos de seca e cheia são mostrados pelas ANOVAS.

Apesar do teor de Nitrogênio-total ter variado entre os períodos de seca e cheia, esta alteração não ocasionou mudanças na densidade de plantas. Tanto

entre os períodos de seca e cheia iniciais, respectivamente (Seca 1) e (Cheia 1) (Tabela 2) quanto entre os períodos de maiores seca e cheia, respectivamente (Seca 2) e (Cheia 2) (Tabela 3), a densidade de plantas não variou.

Tabela 2 Densidade de plantas no início dos períodos de seca e cheia.

Variável	Períodos		Estatística	
	Seca 1	Cheia 1	Valores de <i>F</i>	Valores de <i>P</i>
Densidade (plantas/ m ²)	4.318 ± 0.05	4.370 ± 0.02	0.68	0.418

Média, erro-padrão e valores de *F* comparando o início dos períodos de seca e cheia são mostrados pelas ANOVA.

Tabela 3 Densidade de plantas nos períodos de maior de seca e maior cheia.

Variável	Períodos		Estatística	
	Seca 2	Cheia 2	Valores de <i>F</i>	Valores de <i>P</i>
Densidade (plantas/ m ²)	4.490 ± 0.07	4.350 ± 0.02	2.76	0.116

Média, erros-padrão e valores de *F* comparando os períodos de maior seca e maior cheia são mostrados pela ANOVA.

Não houve correlação entre teores de Nitrogênio, Fósforo e Matéria orgânica do sedimento e a densidade de plantas, tanto no período de seca (Tabela 4) quanto no período de cheia (Tabela 5)

Tabela 4 Correlações entre a densidade de plantas e os teores de Nitrogênio-total, Fósforo e Matéria orgânica no período de seca.

Correlação (Período de seca)	Estatística	
	Valores de <i>r</i>	Valores de <i>P</i>
Densidade x Nitrogênio-total	- 0.61	0.07
Densidade x Fósforo	0.40	0.28
Densidade x Matéria orgânica	0.20	0.59

Valores de *r* e *p* mostrados pelas correlações de Pearson.

Tabela 5 Correlações entre a densidade de plantas e os teores de Nitrogênio-total, Fósforo e Matéria orgânica no período de cheia.

Correlação (Período de cheia)	Estatística	
	Valores de <i>r</i>	Valores de <i>P</i>
Densidade x Nitrogênio-total	0.39	0.29
Densidade x Fósforo	- 0.27	0.47
Densidade x Matéria orgânica	0.28	0.44

Valores de *r* e *p* mostrados pelas correlações de Pearson.

4 DISCUSSÃO

Dos nutrientes avaliados no sedimento, em períodos de seca e de cheia, apenas o teor de N-total variou, apresentando uma concentração maior no período de seca. O aumento na concentração de N-total também foi observado em que lagos que foram sujeitos à seca (SCHOLZ et al., 2002). Essas alterações na concentração de N-total poderiam ser influenciadas pela fixação do N₂ atmosférico e pela remobilização do nitrogênio para o sedimento após a

diminuição do nível da água (SCHOLZ et al., 2002). Em secas temporárias, como ocorre em nossa área de estudo, pode ocorrer modificações nas propriedades do sedimento, tais como os aumentos dos teores de nutrientes e da decomposição da matéria orgânica (BALDWIN; MITCHELL, 2000; FUREY; NORDINI; MAZUMDER, 2004).

O sedimento funciona como um depósito de nutrientes para o sistema aquático e as maiores taxas de liberação desses nutrientes para a coluna d'água ocorrerem quando esse sedimento se encontra anaeróbico ou com baixas concentrações de oxigênio, o que pode explicar um menor teor de N-total no período de cheia (VELINI et al., 2005). Além disso, Aldama-Rojas et al. (2011) afirma que os nutrientes presentes nos sedimentos tendem a diminuir no período de maior inundação.

Assim como ocorreu com N-total, no período de maior inundação haveria também menor concentração de Fósforo no sedimento, já que esse nutriente seria liberado para a coluna d'água. (ALDAMA-ROJAS et al., 2011). Porém, o teor de Fósforo presente no sedimento foi similar e não diferiu entre os períodos de seca e cheia.

Já em relação à Matéria orgânica, esperava-se que sua concentração diminuísse no período de seca, uma vez que sua decomposição ocorre principalmente nesse período (FUREY; NORDINI; MAZUMDER, 2004). Porém, não houve diferença no teor de Matéria orgânica entre a seca e a cheia

Além dos teores de Matéria orgânica e Fósforo presentes no sedimento não terem diferido entre os períodos de seca e cheia, a densidade de plantas presentes nos bancos foi praticamente a mesma entre os períodos amostrados. Tanto nos períodos iniciais de seca e cheia, respectivamente (Seca 1) e (Cheia 1) quanto nos períodos de maiores seca e cheia, respectivamente (Seca 2) e (Cheia 2), a densidade permaneceu praticamente inalterada.

Muitos trabalhos mostram o quanto os teores de nutrientes presentes no sedimento podem alterar a densidade e abundância de plantas aquáticas (BIUDES; CAMARGO, 2006; THOMAZ et al., 2006). Porém, em nosso estudo a mudança ocorrida apenas no teor de N- total não foi suficiente para alterar de maneira significativa a densidade de plantas presentes nos bancos amostrados. A mortalidade de indivíduos de *S. montevidensis* foi compensada pelo recrutamento de novas rosetas, tanto via reprodução sexuada quanto clonal, em ambos os períodos (ver capítulo 2). Essa compensação fez com que a densidade se mantivesse inalterada independente dos nutrientes disponíveis no sedimento.

Em relação à composição do sedimento, quando comparamos os maiores teores que encontramos de Nitrogênio-total, Fósforo e Matéria orgânica com outros trabalhos realizados em áreas de reservatórios, identificamos um nível de fertilidade médio a baixo. Segundo Cavenaghi et al. (2005), para que o sedimento seja considerado de alta fertilidade, é necessário que sejam encontrados valores de Nitrogênio- total em torno de 1.6 g/ kg, teores de Fósforo em torno de 72.08 mg/dm³ e teores de matéria orgânica em torno de 61.01 g/kg.

Apesar do aumento na densidade de macrófitas aquáticas geralmente estar associado às maiores concentrações de N, P e matéria orgânica do sedimento, o nível médio a baixo de fertilidade encontrado nos bancos não provocou uma diminuição na densidade de plantas entre os períodos amostrados (BIUDES; CAMARGO, 2006; THOMAZ et al., 2006). Segundo Richards e Ivey (2004), muitas espécies de *Sagittaria* apresentam respostas plásticas quando há alterações nas condições ambientais, como por exemplo, mudanças na disponibilidade de nutrientes. Desta forma, *S. montevidensis* mesmo em condições de baixa fertilidade, foi capaz de direcionar os recursos disponíveis, alocando-os para funções ou estruturas de acordo com o balanço entre o custo e a função imediata na planta (WEINER, 2004). Essa capacidade de *S. montevidensis* garantiu a sua sobrevivência e reprodução e contribuiu para que a

densidade de plantas permanecesse inalterada independentemente da quantidade de nutriente disponível.

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos neste trabalho, concluímos que a grande infestação observada nos bancos pode estar associada a atributos da história de vida de *S. montevidensis* que permitem que a espécie tenha uma alta sobrevivência e uma grande eficiência reprodutiva, além de poder estar relacionada ao processo de sedimentação que ocorre na área de influência do Rio das Mortes, processo esse que contribui para a formação e aumento dos bancos de sedimentos, disponibilizando novos espaços para a colonização de *S. montevidensis*.

REFERÊNCIAS

- ALDAMA-ROJAS, G. et al. Morphological , sediment and soil chemical characteristics of dry tropical shallow reservoir in the southern mexican highlands. **Journal of Limnology**, Verbania Pallanza, v. 70, n. 1, p. 139-144, 2011.
- BALDWIN, D. S.; MITCHELL, A. M. The effects of drying and re-flooding on the sediment and soil nutrient dynamics of lowland river flood-plain systems: a synthesis. **River Research and Applications**, Chichester, v. 16, n. 5, p. 457-467, Sept./Oct. 2000.
- 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 basin of the river Itanhaém (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 62, n. 2, p. 781-789, 2006.
- BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Estudos dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 7-19, 2008.
- CAVENAGHI, A. L. et al. Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005.
- COSTA, L. M. R.; HENRY, R. Phosphorus, nitrogen, and carbon contents of macrophytes in lakes lateral to a tropical river (Parapanema River, São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 22, p. 122-132, 2010.
- FUREY, P. C.; NORDIN, R. N.; MAZUMDER, A. Water level drawdown affects physical and biogeochemical properties of litoral sediments of a reservoir and a natural lake. **River Research and Applications**, Chichester, v. 20, n. 4, p. 280-295, 2004.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=150&Itemid=140>. Acesso em: 02 set. 2010.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000.

POTT, V. L.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

REGO, S. C. **Alismataceae Ventenat no Rio Grande do Sul**. 1988. 120 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

RICHARDS, J. H.; IVEY, C. T. Morphological plasticity of *Sagittaria lancifolia* in response to phosphorus. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 80, p. 53-67, 2004.

SANTOS, E. H. M. **Descarga de sedimentos transportados em suspensão por três rios da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande**. 1998. 58 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

SCHOLZ, O. et al. The effects of drying and re-flooding on nutrient availability in ephemeral deflation basin lakes in Western New South Wales, Australia. **River Research and Applications**, Chichester, v. 18, p. 185-196, 2002.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, p. 21-33, 2002.

THOMAZ, S.M. et al. Effects of phosphorus and nitrogen amendments on the growth of *Egeria najas*. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 86, p. 191-196, 2007.

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, p. 53-59, 2006.

USINA HIDRELÉTRICA DO FUNIL. Disponível em:
<<http://www.ahefunil.com.br/home/institucional/apresenta.htm>>. Acesso em: 13 set. 2010.

VELINI, E. D. et al. Caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Americana relacionados à ocorrência de plantas aquáticas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 215-223, 2005.

WEINER, J. Allocation, plasticity and allometry in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 6, n. 4, p. 207-215, 2004.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Philadelphia: Saunders College, 1993. 760 p.