

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
LABORATÓRIO DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL SISTÊMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL**

THALITA GABRIELLA ZIMMERMANN

**Conservação e Introdução da Bromélia *Dyckia distachya* Hassler,
uma Reófito Ameaçada de Extinção**

Florianópolis, SC

2011

THALITA GABRIELLA ZIMMERMANN

**Conservação e Introdução da Bromélia *Dyckia distachya* Hassler,
uma Reófito Ameaçada de Extinção**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Dr. Ademir Reis

Co-orientadora: Dra. Tânia Tarabini Castellani

Florianópolis, SC

2011

Zimmermann, Thalita Gabriella

Conservação e Introdução da Bromélia *Dyckia distachya* Hassler, uma Reófito Ameaçada de Extinção

f. 108, figs.

Orientador: Dr. Ademir Reis

Co-orientadora: Dra. Tânia Tarabini Castellani

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.
Bibliografia: f. 109

1. *Dyckia distachya*; 2. Conservação; 3. Introdução; 4. Espécie ameaçada; 5. Bromeliaceae

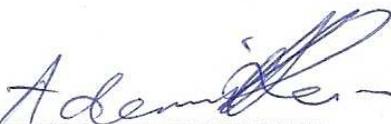
"Conservação e Introdução da Bromélia *Dyckia distachya*
Hassler, uma Reófito Ameaçada de Extinção"

POR

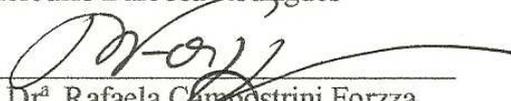
Thalita Gabriella Zimmermann

Dissertação julgada e aprovada, em sua
forma final, pelo Orientador e membros da
Comissão Examinadora.

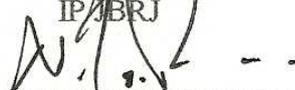
Comissão Examinadora:



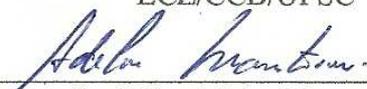
Prof. Dr. Ademir Reis
Herbário Barbosa Rodrigues



Prof. Dr. Rafaela Campostrini Forzza
IP/BRJ



Prof. Dr. Nivaldo Peroni
ECZ/CCB/UFSC



Prof. Dr. Adelar Mantovani
CAV-UDESC



Prof. Dr. Paulo Antunes Horta Junior
Coordenador

Florianópolis, 17 de junho de 2011

*“Entrega o teu caminho ao Senhor,
confia nele,
e o mais ele fará”*

Salmo 37:5



Dedico esse trabalho a todos
que, de algum modo,
ajudaram a conservar essa
plantinha com
espinhos:

Aos que coletaram do rio;

Aos que plantaram uma muda
em seu jardim;

Aos que nunca perderam a
esperança que ela poderia
voltar a viver na natureza;

Aos que morreram tentando
salvá-la;

Aquele que, apesar de ter
quase perdido a vida por essa
espécie, foi o que mais lutou
pela sua conservação.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que sempre esteve ao meu lado durante toda essa caminhada e foi a minha força nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, Ivete Rodrigues Zimmermann e João Acacio Zimmermann, pelo amor e dedicação a sua única filha, pelo incentivo aos estudos e por sempre acreditarem em mim.

Ao educador e orientador Ademir Reis, por todas as conversas e puxões de orelha, pelas viagens, pelas histórias (do galo, do emu/canguru, do sísifos), e por durante cinco anos ter me ajudado a ver o mundo com um olhar menos cartesiano e mais sistêmico.

À co-orientadora Tânia Tarabini Castellani, pelas sugestões, por orientar no estágio de docência, pelos convites das palestras e pela ajuda burocrática no final da dissertação.

À equipe de campo: Manuela Wiesbauer, que mesmo grávida continuou participando dos monitoramentos; Jonatha Alves, pela paciência nos trabalhos de campo e por confeccionar o mapa e o climatograma; e Valdir Cercena, por cuidar de mim para eu não escorregar nas rochas e por me lembrar da hora de comer as frutas.

Aos amigos do laboratório de restauração ambiental sistêmica, principalmente aos que ajudaram nos experimentos na casa de vegetação (Rodrigo Bicudo e Philip Weber) e aos que tiveram a paciência em esperar eu marcar as 2.080 quartas folhas no campo (Andressa Neves, Anelise Nuernberg e Renan Yamashita).

À secretária do lab, Vera Lúcia Pompeu, por todas as conversas e conselhos, sem ela eu não teria iniciado o mestrado.

À Aline Janke, pela ajuda no campo e por compartilhar a emoção de conhecer a última população natural de *Dyckia distachya*.

Ao professor Nivaldo Peroni, pelas sugestões no projeto e por ajudar nas análises estatísticas.

À professora Marisa Santos, pelo apoio psicológico na reta final da dissertação.

À Vera Zapellini, secretária do curso de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, por ser sempre prestativa.

Aos professores Rafaela Campostrini Forzza, Adelar Mantovani, Nivaldo Peroni e Marisa Santos por aceitarem participar da banca.

À minha família, que sempre entendeu a minha falta nas festas e confraternizações: "A Tati está escrevendo a dissertação...."

Ao grupo Shalom, que foi muito importante na minha caminhada espiritual e pelo apoio psicológico, principalmente a "professora" Camila Camilotti, que também ajudou a escrever o abstract.

Aos amigos do programa de mestrado, pelo convívio e pelos momentos de descontração nas aulas e no congresso de botânica.

Às minhas queridas amigas de infância Thaís Fernandes e Juliana Ried, pela amizade e por compartilhar os desafios da vida adulta.

Aos amigos de Anita Garibaldi, principalmente à Soli pelas rosquinhas.

Ao pequeno Franco, que alegrava o nosso retorno do campo, e que foi fruto de um casamento gerado a partir dos trabalhos realizados com essa bromélia.

À Baesa e a Tractebel Energia pelo apoio financeiro ao projeto.

À equipe da LIZ ambiental, pelo apoio logístico nas saídas de campo.

Ao CNPQ pela bolsa.

À todas as pessoas que não foram mencionadas, mas que contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado, muito obrigada!!!

RESUMO

A bromélia *Dyckia distachya* Hassler é endêmica da Bacia do Rio Uruguai e seu habitat natural são ambientes rochosos com corredeiras (reófitas). Devido à construção de três usinas hidrelétricas, sete das oito populações conhecidas dessa reófitas foram extintas na natureza. Estas populações foram em parte resgatadas e mantidas em coleções *ex situ* ou destinadas a tentativas de introdução, que tiveram pouco êxito. Atualmente, a única população natural está no Salto Yucumã, na divisa do Brasil com a Argentina. Diante deste contexto, esta espécie apresenta sérios riscos de extinção. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a emergência e a sobrevivência de plântulas em ambientes *ex situ* e *inter situ* (com condições semelhantes ao habitat natural), testar metodologias para a introdução de plantas jovens e monitorar a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa desses indivíduos nas áreas de conservação *inter situ*. Em local *ex situ*, a emergência das plântulas foi avaliada na água e em vermiculita. Como a espécie é rupícola, foi testado uso de três substratos de fixação (esponja floral, fibra de xaxim e fibra de coco) para avaliar a emergência e a sobrevivência das plântulas provenientes de 4 coleções *ex situ*. Em ambiente *inter situ*, a semeadura ocorreu em frestas rochosas com acúmulo de substrato ou com cobertura de musgo, e o recrutamento também foi avaliado ao redor de plantas reprodutivas de *D. distachya* relocadas anteriormente. Na introdução das plantas jovens foram utilizados dois métodos de plantio: espaçado e adensado. Em ambiente *ex situ*, a emergência das plântulas foi maior na água (73,1%) em relação à vermiculita (68,6%). Entre os substratos de fixação, as maiores médias de emergência foram na esponja floral (65,0%) e na fibra de xaxim (55,7%). Após um ano, a média de sobrevivência na fibra de coco (82,2%) foi maior que na esponja floral (72,0%). Houve diferença na emergência, sobrevivência e vigor das plântulas entre as quatro coleções *ex situ* estudadas. Em ambiente *inter situ*, após 18 meses, obteve-se um recrutamento de 0,04% entre as sementes introduzidas, enquanto nas sementes naturalmente dispersas ao redor da planta-mãe as taxas foram de 0,08%. Após 15 meses da introdução das plantas jovens, o número total de rosetas em relação ao introduzido foi de 74,2% no plantio adensado e 50,7% no espaçado. A sobrevivência e crescimento das plantas nos dois métodos de plantio diferiu de acordo com a área de relocação. No plantio espaçado, a sobrevivência, produção de folhas e de *ramets* foi maior nos jovens com maior tamanho. Após 21 meses da introdução, a reprodução vegetativa ocorreu em 19,7% dos jovens no plantio espaçado, que emitiram entre um e 14 *ramets*. Três indivíduos produziram inflorescências quando tinham quatro anos de idade. Constatou-se que um dos principais obstáculos no programa de introdução desta reófitas é o recrutamento via reprodução sexuada. As propriedades emergentes que podem desencadear os limiares no estabelecimento de novos indivíduos via sementes em populações artificiais dessa reófitas são complexos, e envolvem o tamanho das frestas, acúmulo de substrato, umidade, luz e competição interespecífica. Sugere-se que os principais fatores que influenciaram a sobrevivência das plantas jovens tenham sido as enxurradas, a idade e tamanho no momento da introdução, o período do ano em que foi realizado o plantio, a competição interespecífica e a herbivoria. Nas futuras tentativas de relocação recomenda-se a introdução de plantas jovens através do plantio adensado e espaçado e da semeadura direta de sementes, como forma de gerar maiores probabilidades de fundar novas populações desta espécie. Recomenda-se uma política de maior controle das reófitas nos ambientes a serem alagados pelas hidrelétricas e que haja um programa de proteção dos locais reófilos em que *D. distachya* foi introduzida, pois caso ocorra a construção de hidrelétricas nas áreas onde houve as introduções, as perdas para esta espécie podem representar sua extinção na natureza.

Palavras-chaves: introdução, conservação, espécie ameaçada, bromélia, reófitas.

ABSTRACT

Rheophytes are species of plants that occur exclusively beside swift-running streams and rivers that experience frequent and sudden floods. The rheophyte *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) is endemic of the Uruguay River Basin. Due the construction of three hydroelectrics, seven of the eight known natural populations were locally extinct. Nowadays, the only natural population is at Salto Yucumã, localized in the border between Argentina and Brazil. Within this context, this species presents serious risks of becoming extinct. Thus, this study aimed to evaluate the emergency and survival of the seedlings in ex situ and inter situ (with conditions similar to natural habitat) environments, test methodologies to the introduction of young plants and monitor the survival, growth and vegetative reproduction of these individuals in the inter situ conservation areas. In ex situ locals, the emergence was evaluated in water, vermiculite and in three fixation substrates (floral sponge, tree fern fiber and coconut fiber). In inter situ environment, the sowing of the seeds occurred in rock crevices with accumulation of substrate or covered with moss, and recruitment was also evaluated around reproductive adults. In the introduction of the young plants was used two planting methods: sparse and dense. In ex situ environment, the emergency of the seedlings was higher in the water (73.1%) compared to vermiculite (68.6%). Among the fixation substrates, the highest averages of emergency were floral sponge (65.0%) and tree fern fiber (55.7%). After one year, the average of survival in coconut fiber (82.2%) was higher than in the floral sponge (72.0%). There was difference in the emergency, survival and vigor of the seedlings among the four ex situ collections studied. After 18 months, the recruitment of the seeds artificially dispersed in the nature was of 0.04%, and naturally dispersed around the mother plant was of 0.08%. After 15 months of the introduction of the young plants, the number of rosettes in relation to the introduced was higher in the dense planting (74.2%) than in the sparse (50.7%). The survival and growth of the plants in the two methods of planting differed according to the area of relocation. In the sparse planting, the survival, the production of leaves and ramets were higher in the young plants of larger size. After 21 months of introduction, the vegetative reproduction occurred in 19.7% of the young plants in the sparse planting, that emitted among one and 14 ramets. Three individuals reached the reproductive age when were four years old. It was found that one of the main obstacles in the introduction program of this rheophyte is the recruitment of new individuals via sexual reproduction. The emergent properties that can trigger the thresholds in the establishment of new individuals via seeds in artificial populations of this rheophyte are complex and involve the size of the rock crevices, substrate accumulation, humidity, light and interspecific competition. It is suggested that the main factors that influenced the survival of the young plants were the runoffs, the age and size of the plant, the time of the year in which the introduction was done, the interspecific competition, and the herbivory. In the future attempts of relocation of this rheophyte, the introduction of young plants through dense and sparse planting and direct sowing of seeds is recommended, as a way of creating more probabilities to found new populations of this species. A long term monitoring is necessary to follow the process of formation of these new populations in the areas of inter situ conservation, quantifying the recruitment, in time and space. It is also suggested the inclusion of rheophytes species in the studies of the environmental impact, as a way to conserve this vegetation that is susceptible to habitat loss due the construction of hydroelectrics.

Key-words: introduction, conservation, endangered species, bromeliad, rheophyte.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
Introdução Geral.....	13
1. Revisão Bibliográfica.....	13
2. Programa de Conservação e Introdução de <i>Dyckia distachya</i>	19
3. Caracterização da Área de Estudo.....	21
4. Referências Bibliográficas.....	22
Capítulo 1: Emergência e sobrevivência de plântulas de <i>Dyckia distachya</i> Hassler (Bromeliaceae) em ambientes <i>ex situ</i> e <i>inter situ</i>	26
Resumo.....	27
1. Introdução.....	28
2. Materiais e Métodos.....	31
2.1. Espécie de estudo.....	31
2.2. Recrutamento em ambiente <i>ex situ</i>	31
2.2.1. Emergência em meio aquoso e vermiculita.....	31
2.2.2. Emergência e sobrevivência das plântulas em substratos de fixação.....	33
2.2.3. Vigor das plântulas.....	34
2.3. Recrutamento em ambiente <i>inter situ</i>	35
2.3.1. Introdução de sementes.....	35
2.3.2. Produção de sementes.....	37
2.3.3. Recrutamento ao redor de plantas reprodutivas.....	38
3. Resultados.....	38
3.1. Recrutamento em ambiente <i>ex situ</i>	38
3.1.1. Emergência em meio aquoso e vermiculita.....	38
3.1.2. Emergência e sobrevivência das plântulas em substratos de fixação.....	39
3.1.3. Vigor das plântulas.....	40
3.2. Recrutamento em ambiente <i>inter situ</i>	41
3.2.1. Introdução de sementes.....	41
3.2.2. Produção de sementes.....	43
3.2.3. Recrutamento ao redor de plantas reprodutivas.....	43

4. Discussão.....	45
4.1. Emergência em meio aquoso e vermiculita.....	45
4.2. Emergência e sobrevivência das plântulas em substratos de fixação.....	46
4.3. Recrutamento em ambiente <i>inter situ</i>	47
4.4. Conservação e Implicações para o Manejo.....	54
5. Referências Bibliográficas.....	56

Capítulo 2: Introdução, sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae).....63

Resumo.....	64
1. Introdução.....	65
2. Materiais e Métodos.....	67
2.1. Descrição das áreas de relocação.....	67
2.2. Coleta de sementes e produção de plantas jovens.....	69
2.3. Metodologias de Introdução.....	70
2.4. Caracterização climática da região.....	74
2.5. Monitoramento.....	74
3. Resultados.....	76
3.1. Caracterização climática da região.....	76
3.2. Sobrevivência, Crescimento e Reprodução Vegetativa das Plantas Jovens.....	77
4. Discussão.....	90
4.1. Considerações Finais.....	102
5. Referências Bibliográficas.....	103

Introdução Geral

1. Revisão Bibliográfica

As alterações promovidas pelo homem nos ambientes naturais têm causado uma contínua perda dos habitats e um crescente isolamento dos remanescentes vegetais, sendo estas as principais causas do aumento da taxa de extinção nas últimas décadas (Henle *et al.* 2004). Entre as espécies que são mais vulneráveis a destruição do ambiente natural, estão aquelas restritas a habitats particulares (Henle *et al.* 2004), como as reófitas (Van Steenis 1981).

As reófitas são um grupo vegetacional que na natureza ocorrem exclusivamente às margens e ilhas rochosas de rios de fluxo rápido e encachoeirados, que sofrem enchentes repentinas freqüentes na época das cheias e secas extremas nos períodos das vazantes (Klein 1979; Van Steenis 1981). São consideradas um “grupo biológico”, pois são compostas por espécies de famílias não relacionadas taxonomicamente, que apresentam adaptações e especializações similares para resistir a força das correntezas nos períodos das cheias dos rios (Van Steenis 1981).

De acordo com Van Steenis (1981), essa vegetação pode ser dividida em reófitas exclusivas, quando as espécies são restritas a leitos de rios e de córregos com corredeiras; ou facultativas, em que as espécies ocorrem em trechos de corredeiras, mas também podem ser encontradas em outros tipos de habitats.

Por serem plantas altamente especializadas, além de muitas apresentarem distribuição restrita (Klein 1979), as reófitas tornam-se suscetíveis à perda de habitat, principalmente devido à construção dos empreendimentos hidrelétricos. Contudo, são escassos os estudos realizados sobre a ecologia desse grupo (Rogalski 2007; Hmeljevsky 2007; Wiesbauer 2008), e pouco se conhece sobre a diversidade e importância ecológica dessa vegetação (Hmeljevsky & Reis 2009). Por isso, gerar informações referentes as espécies reófitas e incluí-las nos estudos de impacto ambiental são medidas de extrema importância para a conservação dessa vegetação (Hmeljevsky & Reis 2009; Rogalski & Reis 2009).

Klein (1979) publicou uma lista preliminar de reófitas para o Estado de Santa Catarina, com 42 espécies pertencentes a 21 famílias. Em um inventário florístico realizado em 2007 em onze rios na divisa entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul

foram coletadas 489 espécies com hábitos reofíticos, pertencentes a 287 gêneros e 115 famílias. Entre as espécies identificadas em nível específico, 12 foram consideradas reófitas exclusivas (T. Guimarães, dados não publicados). Desse modo, observa-se a riqueza desse grupo biológico e a importância da sua preservação. Assim, a perda do habitat reofítico pode comprometer várias populações, e até mesmo uma espécie como um todo, como no caso da bromélia *Dyckia distachya* Hassler (Reis *et al.* 2005; Wiesbauer & Reis 2009).

A família Bromeliaceae é composta por 3.172 espécies e 58 gêneros (Luther 2008), e sua distribuição é praticamente exclusiva às regiões neotropicais (Benzing 2000). Constituem um grupo de plantas herbáceas perenes, que apresentam tolerância a estresses ambientais. As bromélias podem ocupar diversos habitats, podendo ser terrestres, epífitas ou rupículas, e possuem diferentes adaptações para poderem enfrentar as restrições à luz, água ou minerais (Benzing 1980).

O gênero *Dyckia* Schult. f. pertence a subfamília Pitcairnioideae, que compreende principalmente bromélias terrícolas e rupícolas (Smith & Downs 1974), e é constituído por cerca de 130 espécies (Luther 2008). Inclui plantas suculentas, adaptadas a ambientes áridos (Benzing 2000), e tem sua distribuição no escudo brasileiro e na Bacia do Rio do Prata (Givnish *et al.* 2011). Espécies desse gênero com hábito reofítico ocorrem somente no Sul do Brasil (R.C. Forzza, comunicação pessoal), mostrando a particularidade desse grupo e a importância de preservá-lo. Entre as 12 espécies de *Dyckia* encontradas em Santa Catarina (Reitz 1983), três são reófitas, que são *Dyckia brevifolia* Baker, *D. ibiramensis* Reitz e *D. distachya* (Klein 1979).

Desde 1992, *D. distachya* consta na Lista de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção (Portaria do IBAMA nº37, abril/1992), na categoria “Em perigo”. Atualmente, está na lista publicada pelo Ministério do Meio Ambiente em 2008 (Instrução Normativa nº 6, setembro/2008). São classificadas como espécies ameaçadas de extinção aquelas com alto risco de desaparecimento na natureza em futuro próximo (MMA 2008).

Dyckia distachya tinha uma distribuição disjunta e de forma esparsa ao longo de 617 km da Bacia do Rio Uruguai (Wiesbauer & Reis 2009). Devido à construção de três usinas hidrelétricas nessa bacia (Itá em 2000, Machadinho em 2002 e Barra Grande em 2005), sete das oito populações conhecidas da espécie foram extintas na natureza em apenas cinco anos. A única população natural dessa bromélia está no Salto Yucumã, na divisa do Brasil com a Argentina (Reis *et al.* 2005, Wiesbauer & Reis 2009) (Figura 01).

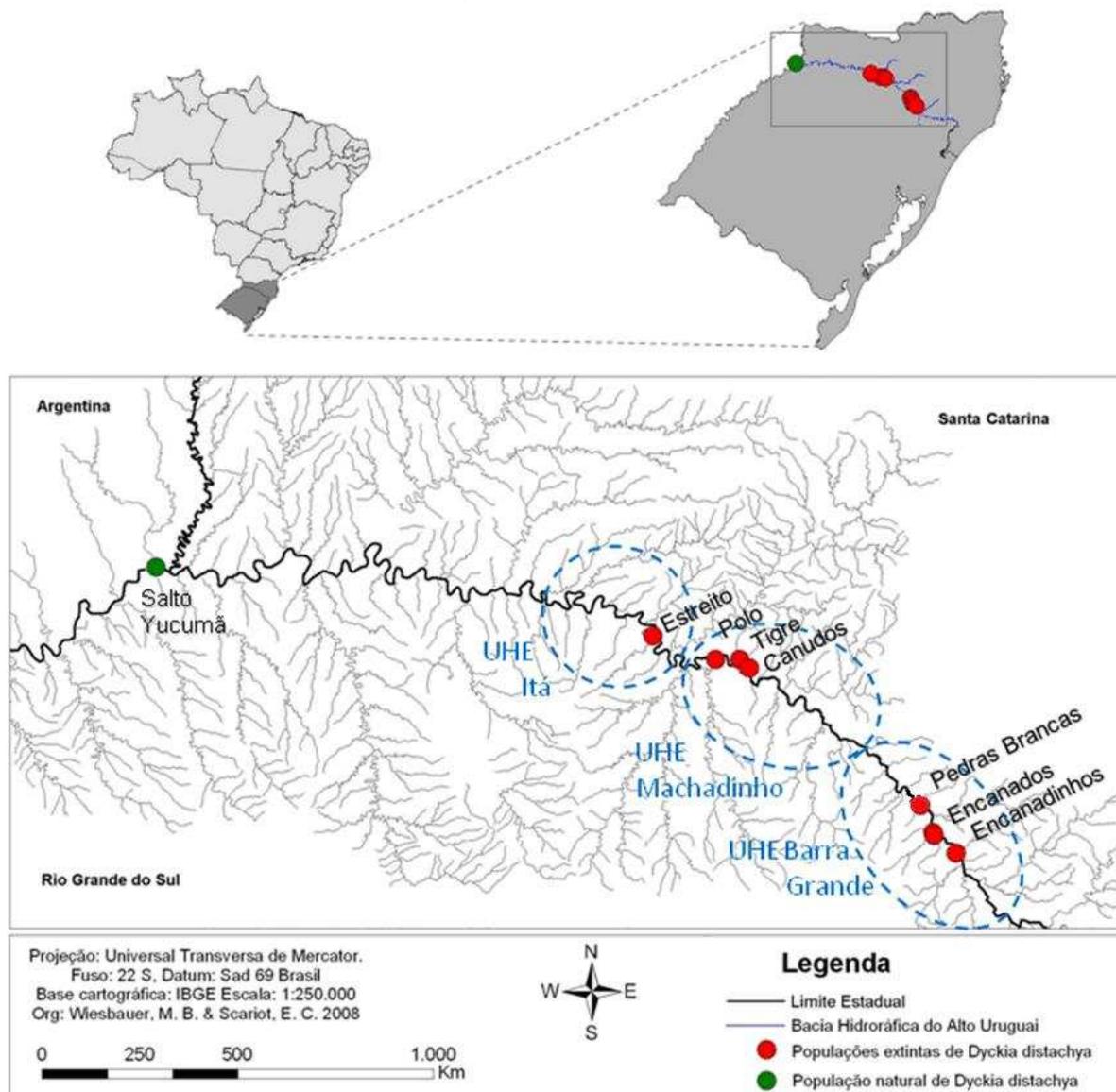


Figura 01. Mapa de localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Alto Uruguai com as populações naturais de *Dyckia distachya* Hassler e as áreas de influência direta das Usinas Hidrelétricas (UHE) Itá, Machadinho e Barra Grande. As populações em vermelho foram extintas na natureza em 2000 (Estreito), 2002 (Polo, Tigre e Canudos) e 2005 (Pedras Brancas, Encanados e Encanadinhos). A população do Salto Yucumã, na divisa entre o Brasil e a Argentina, é a única população em ambiente natural. Fonte: Wiesbauer & Reis 2009.

Na década de 1990, durante a construção da Usina Hidrelétrica Itá, repercutiu a necessidade de conservação de *D. distachya*, que estava na lista de espécies ameaçadas de extinção. Na época, somente uma população dessa reófito era conhecida e seria inundada pelo reservatório. Houve o resgate de vários indivíduos, que foram mantidos em coleções

ex situ (viveiros e parques) ou introduzidos em rios na região de influência indireta da usina. Posteriormente, com a implantação das Usinas Hidrelétricas Machadinho e Barra Grande, outras populações foram descobertas, e algumas touceiras foram resgatadas e destinadas à conservação *ex situ* ou realocadas em afluentes da região (Wiesbauer & Reis 2009).

Contudo, a maioria das tentativas de introdução dessa espécie não obteve sucesso. Apesar dos locais apresentarem rios de fluxo rápido e margens rochosas, em grande parte deles a incidência solar era baixa e as frestas rochosas rasas, dificultando a fixação das plantas. Não houve recrutamento de indivíduos via semente, e em quase todas as áreas a maioria dos adultos foram carreados com as enxurradas (Wiesbauer *et al.* 2009). Outra causa do insucesso da relocação dessa bromélia em alguns locais foi a predação da lagarta da borboleta *Strymon rufofuscus* Hewitson (Lycaenidae: Theclinae), que se alimenta do mesofilo foliar dessa bromélia, o que causou a morte de várias touceiras (Wiesbauer 2008; Reis *et al.* 2009).

Entre os locais de conservação *ex situ* de *D. distachya*, a maior diversidade genética está presente nas coleções de Itá, seguida das coleções de Barra Grande e Machadinho. Essa diferença é devido, principalmente, ao número de indivíduos resgatados em cada população antes do alagamento (Wiesbauer 2008). Isso mostra a importância da coleta para tentar manter a variabilidade genética das espécies raras e em perigo de extinção (Cochrane 2004).

O melhor método de conservar uma espécie é através da conservação *in situ* - conservação dos habitats e ecossistemas com suas populações naturais (Prance 2004). A conservação *ex situ* - conservação de uma espécie fora do seu ambiente natural - é uma alternativa provisória para a manutenção de uma espécie (Prance 2004), e pode fornecer subsídios para as medidas *in situ*, por aumentar o conhecimento das técnicas de regeneração, proteger o material genético e ser fonte de propágulos para as futuras reintroduções (Cochrane 2004).

Os métodos de conservação *ex situ* incluem uma grande variedade de técnicas, que diferem na intensidade do manejo, no investimento de recursos e laboratórios, e nos níveis potenciais de modificações genéticas da espécie. Entre os métodos, estão os bancos de sementes, criopreservação, culturas *in vitro*, casas de vegetação, cultivo em jardins, coleções vivas de material genético (*field gene banks*), entre outros (Prance 2004). Contudo, o principal desafio da conservação *ex situ* é manter as populações como

linhagens evolutivas e tentar funcionar como habitat natural, até que elas sejam reintroduzidas na natureza, já que as populações *ex situ* são vulneráveis aos processos de deriva genética, erosão genética, seleção e mutação (Maunder *et al.* 2004).

Para executar uma estratégia efetiva de recuperação das espécies em risco de extinção, é necessário que ocorra uma integração entre a conservação *ex situ* e *in situ*. Isto envolve identificar e combater as ameaças, determinar a estrutura genética da população e estudar a demografia, ecologia e biologia reprodutiva (Guerrant 1996; Cochrane 2004). Além disso, para que as medidas de conservação sejam eficazes, também é necessário que as pesquisas concentrem esforços em entender a natureza e a dinâmica do sistema biológico que está ameaçado (Cochrane 2004), principalmente quando este apresenta características ambientais específicas, como o habitat reofítico (Van Steenis 1981).

Outra forma de preservação de uma espécie é a conservação *inter situ*, em que as plantas são mantidas em locais com condições semelhantes ao seu habitat natural, como uma população manejada, em uma área com vegetação restaurada (Maunder *et al.* 2004). A introdução de uma espécie em um local com características ambientais e físicas semelhantes ao seu habitat original pode ser uma das únicas alternativas para tentar conservar uma espécie na natureza, principalmente quando esta corre sérios riscos de ser completamente extinta, como é o caso de *D. distachya*.

A reintrodução, tanto de animais como de vegetais, está se tornando cada vez mais frequente. Em algumas obteve-se êxito, contudo, a maioria não foi bem sucedida (IUCN 1995). No caso das plantas, as baixas percentagens de germinação e estabelecimento de plântulas, as mortes causadas pela seca ou excesso de umidade, a alta intensidade de herbivoria, a baixa diversidade genética da população fundadora, a ausência de polinizadores, de agentes de dispersão e/ou de micorrizas, são os principais fatores que impedem o sucesso da reintrodução (Howald 1996; Zedler 1996).

Também é importante distinguir os termos reintrodução e introdução. Reintrodução é a restauração de uma espécie ou população em que a estrutura foi alterada ou destruída, em uma área que já foi parte de sua distribuição original, com propágulos provenientes do mesmo local (Falk *et al.* 1996). O termo restabelecimento pode ser utilizado como sinônimo, quando a reintrodução foi bem sucedida (IUCN 1995).

Introdução é o estabelecimento de uma espécie fora da sua distribuição original, em um habitat com características geográficas e ecológicas semelhantes ao seu ambiente natural. Esta é uma alternativa para conservar uma espécie quando não existem mais áreas

apropriadas para reintroduzi-la no seu limite de distribuição (IUCN 1995), o que caracteriza a conservação *inter situ* (Maunder *et al.* 2004).

Enquanto a reintrodução restitui uma população que foi recentemente destruída ou que ainda permanece presente, a introdução estabelece uma nova espécie dentro de um ecossistema (Falk *et al.* 1996). Como os locais de ocorrência de *D. distachya* desapareceram com a construção das hidrelétricas, restando apenas uma população natural, optou-se por usar o termo “introdução” nesse trabalho, pois as tentativas de fundar novas populações da espécie serão realizadas em áreas que estão fora do limite de sua distribuição.

O principal objetivo de um programa de re-introdução é formar populações resilientes e auto-sustentáveis, e que apresentem diversidade genética suficiente para resistir às mudanças evolutivas (Guerrant 1996). Para aumentar as chances de êxito, é necessário que sejam utilizadas as melhores ferramentas possíveis, dentro das limitações de recurso e de tempo (Pavlik 1996). De acordo com Guerrant (1996), o uso de mais de um tipo de técnica aumenta a probabilidade de sucesso do programa, e, quando possível, deve-se utilizar na re-introdução vários estágios de desenvolvimento (sementes, plântulas, jovens e adultos). Infelizmente, isso dificilmente ocorre, devido a falta de própagulos para serem utilizados nos projetos (Cochrane 2004).

O sucesso das re-introduções pode ser medido pelo restabelecimento das interações com a fauna e flora local (polinização, dispersão, herbivoria e espécies associadas) e pela autonomia reprodutiva (reprodução vegetativa, produção de sementes viáveis e recrutamento de novos indivíduos via sementes) (Pavlik 1996). Contudo, a restauração de uma espécie na natureza é sempre um processo complexo, prolongado e oneroso (IUCN, 1995), pois requerem um longo período de monitoramento, principalmente nas espécies que demoram a alcançar a maturidade reprodutiva (Cochrane 2004), como é o caso da bromélia *D. distachya*.

No ambiente reofítico, *D. distachya* desempenhava um importante papel ecológico. As rosetas encontravam-se agrupadas de forma densa, o que ajudava a resistir a força das corredeiras, além de acumular matéria orgânica, favorecendo o estabelecimento de outras reófitas, como o sarandi (*Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll Arg) (Wiesbauer *et al.* 2009). Essa bromélia também é fonte de alimento para vários animais, sendo que abelhas, beija-flores, borboletas, mariposas e formigas utilizam seus recursos florais (Wiesbauer 2008) e suas folhas são consumidas por alguns herbívoros, como a capivara (*Hydrochaeris*

hydrochaeris L.) (Reis *et al.* 2009). Dessa forma, a introdução dessa reófito seria de fundamental importância para o restabelecimento dessas interações ecológicas em ambiente natural.

Foram realizados estudos de biologia reprodutiva e de diversidade genética das principais coleções *ex situ* da espécie (Wiesbauer 2008). Contudo, não se tem conhecimento dos fatores que afetam o recrutamento em ambiente natural, que são de fundamental importância para a conservação *inter situ* dessa reófito.

Como a maioria das tentativas de introdução de *D. distachya* através de plantas adultas não obteve êxito, e o estabelecimento de novos indivíduos via semente foi nulo (Wiesbauer *et al.* 2009), esse trabalho teve como objetivo avaliar os fatores que influenciam o recrutamento das plântulas e desenvolver metodologias para a introdução de plantas jovens dessa reófito nas áreas de influência indireta das usinas hidrelétricas Itá e Barra Grande, na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

Esta dissertação é composta por dois capítulos. No primeiro foi avaliada a emergência e a sobrevivência das plântulas de *D. distachya* em diferentes tipos de substratos, em ambientes *ex situ* e *inter situ*. O segundo capítulo avaliou as técnicas de introdução, sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa das plantas jovens nas áreas de conservação *inter situ*.

2. Programa de Conservação e Introdução de *Dyckia distachya*

Esta dissertação faz parte do programa de introdução de *D. distachya*, que foi realizado em quatro etapas (Figura 02):

- 1º etapa - Avaliação da emergência e recrutamento das plântulas:
 - Coleta de sementes nas coleções *ex situ* e *inter situ*;
 - Avaliação da emergência em local *ex situ*;
 - Introdução de sementes em ambientes *inter situ*;
 - Avaliação do recrutamento ao redor de adultos reprodutivos em áreas de conservação *inter situ*.
- 2º etapa - Produção de plantas jovens:
 - Coleta de sementes nas coleções *ex situ* e *inter situ*;
 - Produção de plantas jovens em viveiro.

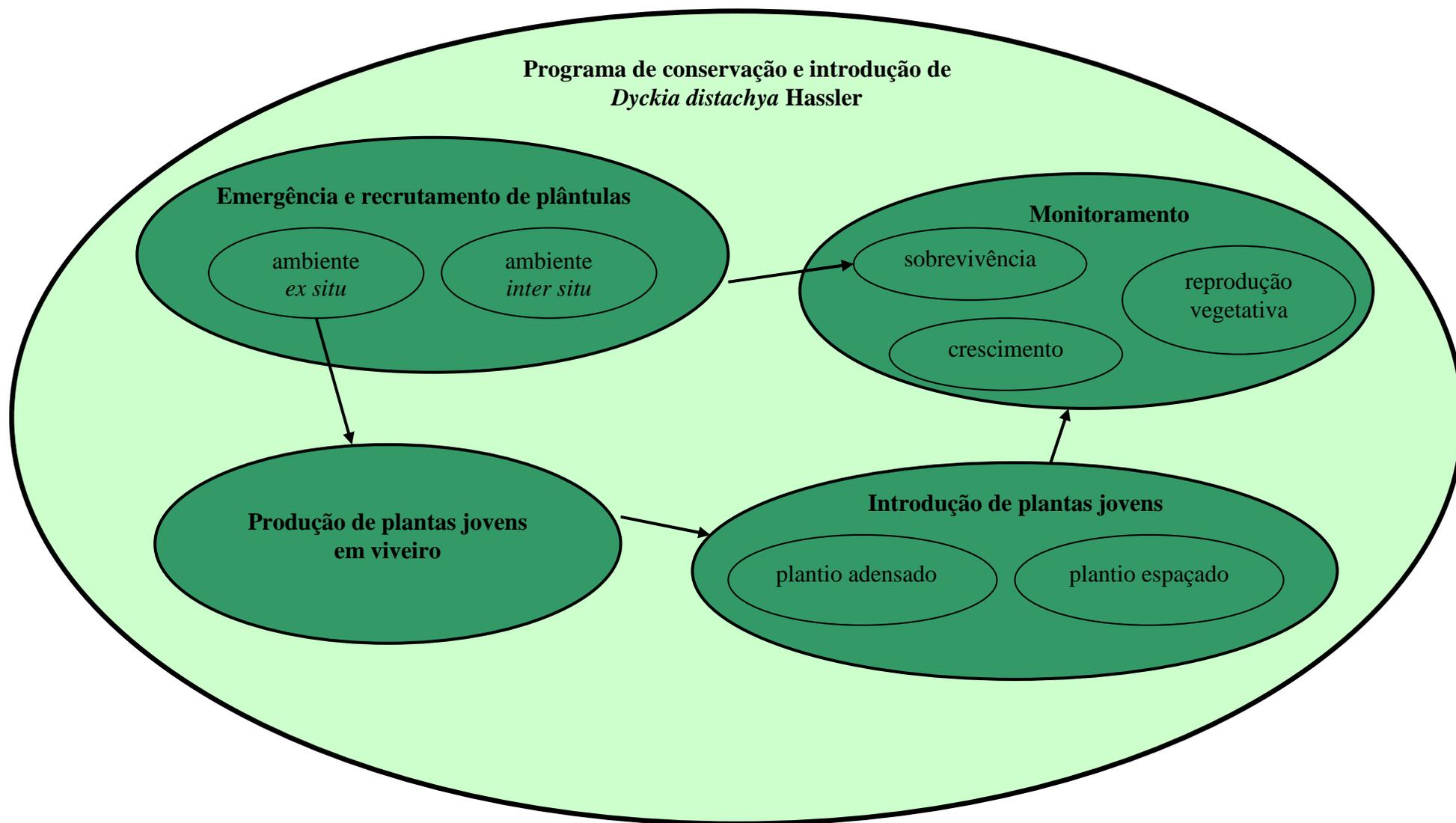


Figura 02: Etapas do programa de Conservação e Introdução de *Dyckia distachya* Hassler nas áreas de influência indireta das usinas hidrelétricas Itá e Barra Grande, na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.

- 3º etapa - Introdução de plantas jovens:
- Definição das áreas potenciais para a realocação da espécie;
- Introdução de plantas jovens com o uso de diferentes metodologias.
- 4º etapa - Monitoramento:
- Avaliação da sobrevivência das plântulas;
- Avaliação da sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa das plantas jovens.

3. Caracterização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai ocupa uma área de 178.235 km² na região Sul do Brasil, e está representada pelo Rio Uruguai, seus formadores e seus afluentes, até a confluência com o Rio Quaraí, na fronteira do Brasil com o Uruguai (IBGE 1990).

O Rio Uruguai se origina a partir da confluência dos rios Canoas e Pelotas, e apresenta corredeiras e quedas de água em seu leito (IBGE 1990). No seu percurso total, pode ser dividido em três regiões que estão separadas por barreiras físicas: o Salto Yucumã divide a região do Alto Uruguai do Médio Uruguai, e o Salto Grande separa o Médio do Baixo Uruguai (Magri *et al.* 2008).

Este estudo está concentrado no Alto Uruguai, e os rios que vão ser realizadas a introdução das sementes e das plantas jovens de *D. distachya* são afluentes do Rio Pelotas e Rio Uruguai, nas áreas de influência indireta das usinas hidrelétricas Barra Grande e Itá, respectivamente.

Ao longo do Alto Rio Uruguai os solos são originados principalmente por rochas basálticas, são poucos profundos, mas apresentam boa fertilidade. A vegetação predominante é a Floresta Estacional Decidual (IBGE 1990). Ao longo do tempo, a cobertura original foi sendo descaracterizada, primeiramente pela intensa exploração da madeira, posteriormente pela agricultura e pecuária e, atualmente, pela construção em série de empreendimentos hidrelétricos. Desse modo, a Floresta Estacional Decidual tornou-se a comunidade florestal Sul brasileira mais comprometida, devido à ocorrência de poucos, pequenos e degradados fragmentos florestais (Reis & Hmeljevski 2009).

O clima em geral é quente e úmido, sem período seco, com chuvas intensas e regulares. Esta região possui um dos maiores índices pluviométricos do Sul do Brasil, com uma precipitação total que pode variar de 2.200 a 2.400 milímetros por ano. Apresenta dois

períodos bem distintos, o verão, com duração de 4 a 5 meses, com temperaturas médias de 20°C, e o inverno, variando de 2 a 3 meses, com médias de 15°C (IBGE 1990).

4. Referências Bibliográficas

- Benzing, D.H. 1980. **The biology of the bromeliads**. California, Mader River Press.
- Benzing, D.H. 2000. **Bromeliaceae: Profile of an Adaptative Radiation**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Cochrane, A. 2004. Western Australia's ex situ program for threatened species: A model integrated for conservation. Pp. 40-61. In: Guerrant, E. O. Jr.; Havens, K. & Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.
- Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. 1996. Introduction. Pp. xiii-xxii. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.
- Guerrant, E.O.Jr. 1996. Designing populations for reintroductions: Demographic opportunities, horticultural options and the maintenance of gentic diversity. Pp. 171-208. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.
- Givnish, T.J.; Barfuss, M.H.J.; Van Ee, B.; Riina, R.; Schulte, K.; Horres, R.; Gonsiska, P. A.; Jabaily, R.S.; Crayn, D.M.; Smith, J.A.C.; Winter, K.; Brown, G.K.; Evans, T.M.; Holst, B.K.; Luther, H.; Till, W.; Zizka, G.; Berry, P.E. & Sytsma, K.J. 2011. Phylogeny, adaptive radiation, and historical Biogeography in bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American Journal of Botany** 98(5): 872-895.
- Henle, K.; Davies, K.F.; Kleyer, M.; Margules, C. & Settele, J. 2004. Predictors of species sensitivity to fragmentation. **Biodiversity and Conservation** 13: 207-251.

- Hmeljevsky, K.V. 2007. **Caracterização reprodutiva de *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma bromélia endêmica do Vale do Itajaí, SC.** 2007. Dissertação (Mestrado, Biologia Vegetal), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Hmeljevski, K.V. & Reis, A. 2009. Conciliando crescimento energético com a conservação de espécies reófitas: estudo de caso da bromélia *Dyckia ibiramensis*. Pp. 345-354. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.
- Howald, A.M. 1996. Translocation as a mitigation strategy: Lessons from California. Pp. 293-329. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants.** California, Island Press.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1990. **Geografia do Brasil. Região Sul, vol. 2.** Rio de Janeiro, IBGE.
- IUCN. 1995. **IUCN/SSC guidelines for re-introductions.** p. 1-9. In: 41st Meeting of the IUCN Council. Gland Switzerland.
- Klein, R.M. 1979. Reófitas no Estado de Santa Catarina. Pp. 159-169. **Separata dos Anais da Sociedade Botânica do Brasil.** São Paulo.
- Luther, H.E. 2008. An alphabetical list of bromeliad binomials. Disponível em: <http://www.selby.org/research/papers/alphabetical-list-bromeliad-binomials> (acesso em 18/01/2011).
- Magri, J.L.; Souza, S.L.; Cabral, C.A. & Zaniboni-Filho, E. 2008. A implantação da primeira hidrelétrica no Alto Rio Uruguai. Pp. 11-20. In: Zaniboni-Filho, E. & Nuñez, A.P.O. (eds.). **Reservatório de Itá - estudos ambientais, desenvolvimento de tecnologia de cultivo e conservação da ictiofauna.** Florianópolis, Editora da UFSC.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2008. **Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**. 2008. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom boletins/ arquivos/83_1909200803494_9.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/arquivos/83_1909200803494_9.pdf)> (acesso em 27/08/2009).

Maunder, M.; Havens, K.; Guerrant, E.O.Jr. & Falk, D.A. 2004. *Ex situ* methods: a vital but underused set of conservation recourses. Pp. 3-20. In: Guerrant, E.O.Jr. & Havens, K.; Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.

Pavlik, B. M. 1996. Defining and measuring success. Pp. 127-155. In: Falk, D.A.; Millar, C.I.E & Olwell, M (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.

Prance, G.T. Introduction. 2004. Pp. xxiii-xxix. In: Guerrant, E.O.Jr. & Havens, K.; Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.

Reis, A. & Hmeljevski, K. V. 2009. **A recuperação ambiental de áreas ciliares: O lago da hidrelétrica de Itá**. Cartilha. Florianópolis, UFSC.

Reis, A; Rogalski, J.; Veira, N.K. & Berkenbrock, I.S. 2005. **Conservação de espécies reófitas de *Dyckia* no Sul do Brasil: *Dyckia distachya***. Relatório técnico 2. Florianópolis, UFSC.

Reis, A.; Wiesbauer, M.B. & Zimmermann, T.G. 2009. ***Dyckia distachya*: uma bromélia reófito ameaçada de extinção**. Cartilha. Florianópolis, UFSC.

Reitz, R. 1983. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. **Flora Ilustrada de Santa Catarina**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.

Rogalski, J.M. 2007. **Biologia da Conservação da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), Rio Itajaí-Açu, SC**. Tese (Doutorado, Recursos Genéticos Vegetais), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.

- Rogalski, J.M. & Reis, A. 2009. Conservação de reófitas: o caso da bromélia *Dyckia brevifolia* Baker, Rio Itajaí-Açu, SC. Pp. 335-344. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Smith, L.B. & Downs, R.J. 1974. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). **Flora Neotropica, vol. 1**. New York, Hafner Press.
- Van Steenis, C.G.C.J. 1981. **Rheophytes of the World: An account of the flood-resistant flowering plants and ferns and the theory of autonomous evolution**. Maryland, Sijthoff & Noordhoff.
- Wiesbauer, M.B. 2008. **Biologia Reprodutiva e diversidade genética de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) como subsídio para a conservação e reintrodução de populações extintas na natureza**. (Mestrado, Recursos Genéticos Vegetais), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Wiesbauer, M.B.; Hmeljevski K.V.; Zimmermann, T.G.; Reis, M.S.; Reis, A. & Souza, S. L. 2009. Reintrodução de *Dyckia distachya* Hassler nas áreas de influência das hidrelétricas de Itá e Machadinho. **Anais do V congresso de inovação tecnológica em energia elétrica (ANEEL)**.
- Wiesbauer, M.B. & Reis, A. 2009. Conservação *ex situ* e reintrodução de espécies na natureza: o que aprendemos nas experiências com a reófito *Dyckia distachya*. Pp. 355-366. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Zedler, J.B. 1996. Ecological function and sustainability in created wetlands. Pp. 331-342. In: Falk, D.A.; Millar, C.I.E & Olwell, M (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.

Capítulo 1

Emergência e sobrevivência de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) em ambientes *ex situ* e *inter situ*



Resumo

O recrutamento de reófitas em ambientes naturais e artificiais é ainda um processo muito pouco conhecido. Este estudo teve como objetivo avaliar a emergência e a sobrevivência de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler, uma bromeliácea reófito, em diferentes tipos de substratos, em ambientes *ex situ* e *inter situ*. Estes dados objetivam subsidiar a introdução dessa bromélia na natureza, uma vez que as causas que a levaram a ser ameaçada de extinção ainda persistem, principalmente pela perda dos ambientes naturais onde a espécie ocorria. Em local *ex situ*, a emergência das plântulas foi avaliada na água e em vermiculita. Como a espécie é rupícola, foi testado uso de três substratos de fixação (esponja floral, fibra de xaxim e fibra de coco) para avaliar a emergência e a sobrevivência das plântulas provenientes de 4 coleções *ex situ*. Em ambiente *inter situ*, a sementeira ocorreu em frestas rochosas com acúmulo de substrato ou com cobertura de musgo. Também foi avaliado o recrutamento de plântulas ao redor de plantas reprodutivas de *D. distachya* relocadas anteriormente. Em casa de vegetação, a emergência foi maior na água (73,1%) do que na vermiculita (68,6%). Entre os três substratos de fixação testados, as maiores médias de emergência foram na esponja floral (65%) e na fibra de xaxim (55,7%), e a menor foi na fibra de coco (34,2%). Após um ano, a média de sobrevivência variou entre 82,2% na fibra de coco e 72% na esponja floral, e isso mostra que os substratos de fixação se mostraram potencialmente favoráveis para a produção de mudas dessa bromélia. Entre as sementes das quatro coleções *ex situ* estudadas, houve diferença na emergência, sobrevivência e vigor das plântulas, sugerindo diferentes potenciais adaptativos dos fenótipos. O recrutamento de novos indivíduos em ambiente *inter situ* foi menor do que no *ex situ*. Após 18 meses, entre as sementes dispersas artificialmente na natureza, obteve-se um recrutamento de 0,04%, enquanto que nas sementes naturalmente dispersas ao redor da planta-mãe a taxa foi de 0,08%. As propriedades emergentes que podem desencadear os limiares no estabelecimento de novos indivíduos via sementes de *D. distachya* em populações artificiais são complexos e, possivelmente, dependem do tamanho das frestas, acúmulo de substrato, umidade, luz e competição interespecífica. Esses fatores criam um conjunto de condições que tornam o processo de difícil acompanhamento e detecção em pesquisas desta natureza. Entre os fatores que impedem o estabelecimento das plântulas dessa reófito, acredita-se que os principais sejam as enchentes e a competição interespecífica. Isso torna o recrutamento via semente bastante crítico na natureza, sendo este um dos obstáculos ao programa de introdução dessa reófito. *Dyckia distachya* é uma espécie que durante a evolução adaptou-se a viver no habitat reofítico, e acredita-se que essa bromélia não esteja apta a viver em outro tipo de ambiente. A única forma de tentar conservar essa reófito na natureza é através da conservação *inter situ*, mas para que isso ocorra, é necessário que os ambientes com corredeiras que ainda restam na Bacia do Rio Uruguai sejam preservados.

Palavras-chaves: emergência, recrutamento, introdução, reófito, bromélia.

1. Introdução

A energia hidráulica representa uma parcela significativa da matriz energética mundial, sendo a principal fonte geradora de energia elétrica no Brasil (ANEEL 2002). Contudo, o aumento do nível de água pela construção dos reservatórios tem gerado problemas ambientais graves, como a fragmentação de habitat, que causa mudanças na conectividade hidrológica, afetando tanto o ambiente aquático como o terrestre (Pringle 2003), além de alterações na distribuição de espécies (Moulton & Souza 2006) e perdas na vegetação ripária (Chen & Xie 2007; Liu *et al.* 2010).

Existe um grupo particular de vegetação ripária, chamada reofítica, cuja distribuição está restrita ou exclusivamente associada às corredeiras nos leitos dos rios (Van Steenis 1981). As plantas reófitas caracterizam-se por enfrentar variações extremas, suportando fortes correntezas e ambiente super-úmido durante as cheias, e períodos de seca e exposição ao sol nas vazantes dos rios (Klein 1979; Van Steenis 1981). Essas plantas desempenham papel importante em evitar ou diminuir a erosão nas margens fluviais (Klein 1979), contudo, são vulneráveis a perda de habitat, devido à construção das usinas hidrelétricas (Hmeljevsky & Reis 2009; Rogalski & Reis 2009; Wiesbauer & Reis 2009).

O gênero *Dyckia* Schult. f. (Bromeliaceae) inclui plantas suculentas, adaptadas a ambientes áridos (Benzing 2000), tem sua distribuição no escudo brasileiro e na Bacia do Rio do Prata (Givnish *et al.* 2011), mas espécies com hábito reofítico ocorrem somente no Sul do Brasil (R.C. Forzza, comunicação pessoal). Apesar da particularidade desse grupo e da importância de preservá-lo, entre as três espécies de *Dyckia* reófitas encontradas em Santa Catarina (Klein 1979), duas estão na lista de espécies ameaçadas de extinção, que são *Dyckia ibiramensis* Reitz e *D. distachya* Hassler (Instrução Normativa do MMA nº6, 2008).

Dyckia distachya é uma espécie endêmica de ilhas ou margens rochosas das corredeiras da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (Reitz 1983; Wiesbauer & Reis 2009), e apresentava uma distribuição restrita e descontínua ao longo de 617 km dessa bacia (Wiesbauer & Reis 2009).

Entre as oito populações conhecidas dessa bromeliácea, sete foram extintas na natureza no período de cinco anos, devido à construção de três usinas hidrelétricas (Itá em 2000, Machadinho em 2002 e Barra Grande em 2005) ao longo da Bacia do Rio Uruguai.

Atualmente, tem-se conhecimento de apenas uma população natural no Salto Yucumã, na divisa do Brasil com a Argentina (Reis *et al.* 2005; Wiesbauer & Reis 2009).

Nas populações de *D. distachya* alagadas pelas três hidrelétricas foram realizados resgates de indivíduos para conservação *ex situ* e tentativas de introdução em afluentes nas regiões de influência indireta das usinas. Entretanto, poucas áreas de relocação perduraram, principalmente devido a maioria das plantas introduzidas terem sido carregada pelas enxurradas. Além disso, não houve recrutamento de novos indivíduos via sementes (Wiesbauer & Reis 2009).

Uma das funções dos programas *ex situ* é complementar a conservação *in situ*, e não substituí-la (Cochrane 2004), auxiliando na manutenção e restauração das espécies em seu habitat natural (Mauder *et al.* 2004). Os esforços devem ter como objetivo tentar reintroduzir a espécie no seu ambiente natural, quando isto for possível (Prance 2004).

Conforme Mauder *et al.* (2004), a conservação *inter situ*, em que as plantas são introduzidas em locais com condições semelhantes ao seu habitat natural, é uma forma de conservar a espécie em um local com características ambientais e físicas semelhantes ao seu ambiente original, como uma população manejada.

De acordo com Cochrane (2004), o material proveniente das coleções *ex situ* pode ser fonte de propágulos para as futuras re-introduções. Contudo, segundo Wiesbauer (2008), as coleções *ex situ* de *D. distachya* apresentam diferença na diversidade genética, devido ao número de indivíduos que foram coletados no rio antes do alagamento das populações, o que pode interferir na emergência e na sobrevivência das plântulas e, conseqüentemente, no sucesso do programa.

Entre os principais fatores que impedem o sucesso da re-introdução de uma espécie vegetal, estão as baixas percentagens de germinação e estabelecimento de plântulas (Howald 1996; Zedler 1996). Assim, um dos aspectos de maior relevância para poder traçar uma estratégia efetiva de conservação é conhecer os processos de germinação e de recrutamento nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas ameaçadas (Jusaitis *et al.* 2004; Chen & Xie 2007).

Na maioria das espécies da família Bromeliaceae o recrutamento ocorre através da reprodução sexuada e propagação vegetativa (Benzing 2000). Alguns estudos indicam que a principal forma de reprodução é a vegetativa e que o recrutamento via semente é raro (Zaluar & Scarano 2000; Villegas 2001; Sampaio *et al.* 2005; Duarte *et al.* 2007; Rogalski 2007), outros mostram que os dois tipos de propagação ocorrem com frequência

(Cogliatti-Carvalho & Rocha 2001; Mondragón *et al.* 2004), ou que predomina a reprodução sexuada (Zotz *et al.* 2005). *Dyckia distachya* apresenta crescimento clonal (Reitz 1983), mas não há estudos sobre a germinação e recrutamento via semente dessa bromélia na natureza.

Em ambiente natural existem fatores físicos e biológicos que afetam a germinação, desenvolvimento e a sobrevivência das plântulas (Melo *et al.* 2004). Entre estes, está o tipo de substrato, que influencia na germinação das sementes de bromeliáceas, principalmente devido a sua capacidade em reter umidade (Merwin *et al.* 2003; Winkler *et al.* 2005). Além disso, o acúmulo de substrato nas fendas rochosas é um elemento importante para o estabelecimento de indivíduos via reprodução sexuada no ambiente reofítico (Rogalski 2007), contudo, ocorrem períodos com déficit hídrico e escassez de nutrientes, que podem inibir a germinação e a sobrevivência das plântulas (Van Stenis 1981; Klein 1979).

As sementes de *D. distachya* tem dispersão por anemocoria e hidrocoria (Wiesbauer *et al.* 2007), e segundo Van Steenis (1981), uma das adaptações das plantas reófitas é a capacidade de germinar na água, sendo esta uma característica importante para poder enfrentar as correntezas e os períodos de submersão temporária do habitat reofítico.

Contudo, estudos sobre os fatores que afetam o estabelecimento das plântulas das espécies reófitas são inexistentes, sendo este um aspecto importante para a conservação desse grupo biológico, cujo habitat é extremamente vulnerável, devido à construção das hidrelétricas.

Como não foi observado recrutamento via semente nas novas áreas de conservação de *D. distachya* (Wiesbauer & Reis 2009), o presente estudo objetiva avaliar os fatores que influenciam a emergência e a sobrevivência de plântulas, em diferentes tipos de substratos, nos locais de conservação *ex situ* e *inter situ*, como subsídio para a introdução da espécie na natureza.

As questões desse estudo foram: (1) a germinação das sementes de *D. distachya* ocorre em meio aquoso? (2) o tipo de substrato influencia na emergência e sobrevivência das plântulas? (3) existe diferença no recrutamento entre as coleções *ex situ*? (4) a semeadura de sementes pode ser utilizada nas tentativas de introdução dessa bromélia? (5) as plantas adultas realocadas dessa reófita estão produzindo sementes? (6) está ocorrendo o recrutamento de plântulas ao redor da planta-mãe nas áreas de conservação *inter situ* de *D. distachya*?

2. Materiais e Métodos

2.1. Espécie de estudo

Dyckia distachya é uma espécie rupestre, reófito e heliófito. As folhas são rijas, medem entre 12 e 20 cm de comprimento, e estão dispostas em forma de roseta. Apresenta crescimento clonal, resultando na formação de touceiras, sendo encontrada em densos agrupamentos no seu habitat natural (Reitz 1983; Wiesbauer 2008). Uma touceira consiste na agregação espacial de vários indivíduos, que são provenientes de recrutamento via sementes ou de propagação vegetativa.

É uma bromélia policárpica, isto é, a roseta não morre depois de um evento reprodutivo (Wiesbauer 2008), sendo que o mesmo indivíduo pode produzir uma ou mais inflorescências (Reitz 1983), que apresentam comprimento médio de 84 cm (31 a 177 cm), podendo ter até sete ramificações (Wiesbauer 2008). A coloração das pétalas varia entre o amarelo e o alaranjado, o período de floração ocorre entre os meses de setembro e janeiro, e a deiscência dos frutos de outubro a fevereiro (Wiesbauer 2008).

Essa bromélia apresenta auto-incompatibilidade, sendo polinizada principalmente por abelhas de grande porte (*Bombus atratus* e *Xilocopa* spp.) e beija-flores (*Chlorostilbon lucidus*) (Wiesbauer 2008). O fruto é do tipo cápsula, e produz em média 100 sementes, que são aladas (Wiesbauer 2008), podendo ser dispersas pelo vento e pela água (Wiesbauer *et al.* 2007). A semente é flotoblástica positiva, e em condições de luz e umidade favoráveis, a germinação ocorre em uma semana (Wiesbauer *et al.* 2007). É utilizada como planta ornamental (Reitz 1983), sendo esta uma das principais formas de conservação *ex situ* da espécie (Wiesbauer 2008).

2.2. Recrutamento em ambiente *ex situ*

2.2.1. Emergência em meio aquoso e vermiculita

Sementes de *D. distachya* foram coletadas em 15 matrizes na coleção *ex situ* de Marcelino Ramos (Marcelino Ramos, RS), em fevereiro de 2009. Essa coleção foi formada a partir do resgate de indivíduos da população do Estreito do Rio Uruguai, que foi alagada

com a construção da UHE Itá, e é o local *ex situ* que apresenta a maior variabilidade genética dessa bromélia (Wiesbauer 2008).

As sementes foram levadas para o Laboratório de Restauração Ambiental Sistêmica (LRAS-UFSC) e mantidas em embalagens de papel sob temperatura ambiente durante dois meses, até a semeadura, que ocorreu em abril de 2009.

Para testar se a emergência de plântulas dessa bromélia ocorre na água, foram realizados dois testes: em meio aquoso e em vermiculita. No primeiro, as sementes foram semeadas em caixas de germinação (GerBox) transparente com água destilada, em que as sementes ficaram flutuando (Figura 01A), sendo que a água não foi trocada durante o experimento. No segundo teste, a semeadura ocorreu na superfície de uma camada de vermiculita (Figura 01B).

Os tratamentos foram realizados na casa de vegetação do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina, sob condições de luminosidade ambiente e temperatura variando entre 20°C a 30°C, sendo o tratamento no substrato vermiculita irrigado diariamente.

Em cada tratamento foram realizadas quatro repetições de 300 sementes, sendo a quantidade de sementes estimada a partir do peso (100 sementes \approx 0,1g). A emergência foi avaliada após duas semanas, quando as plântulas apresentavam duas folhas completamente expandidas (Figura 01C).



Figura 01: Testes de emergência de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler em meio aquoso (A) e em vermiculita (B). Plântula de *D. distachya* com 15 dias, medindo 1cm, com duas folhas completamente expandidas (C).

Os resultados em percentagem de emergência foram submetidos aos testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade das variâncias (Levene) (Santana & Ranal 2004). Posteriormente, para comparação dos tratamentos, foi realizado o t-teste grupos-independentes. Nestas análises foi utilizado o software Statistica 7.0.

2.2.2. Emergência e sobrevivência das plântulas em substratos de fixação

Como *D. distachya* é uma planta rupícula, acredita-se que o uso de substratos de fixação auxiliaria a implantação das plantas jovens nas frestas rochosas. Os três substratos escolhidos para testes foram esponja floral, fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) e fibra de xaxim (*Cyathea delgadii* Sternb.). Estes materiais foram escolhidos porque podem ser cortados de forma triangular, para serem fixados nas fendas das rochas, e pelo seu custo ser acessível para serem usados em larga escala.

A esponja floral é formada a partir de derivados do petróleo e é usada como suporte em arranjos florais. A fibra de coco é um produto natural, sendo utilizada na fabricação de vasos de jardinagem e como substrato no plantio de orquídeas. A fibra de xaxim foi coletada de indivíduos mortos de *C. delgadii* no Parque Botânico Morro Baú, em Ilhota (SC), e também é utilizada como substrato para plantio.

Em fevereiro de 2008, foram coletadas sementes de *D. distachya* em quatro coleções *ex situ*. Em cada local, o número de matrizes em que a coleta foi realizada variou entre dez a quinze. As coleções *ex situ* foram: Horto Florestal da UHE Itá (HF), em Itá/SC; Parque Estadual Fritz Plaumann (PFP), em Concórdia/SC; Coleção Marcelino Ramos (MR), em Marcelino Ramos/RS; e Viveiro de Machadinho (VM), em Machadinho/RS. As três primeiras coleções (HF, PFP e MR) contém indivíduos resgatados da população do Estreito do Rio Uruguai, que foi alagada pela UHE Itá. O Viveiro de Machadinho tem plantas coletadas nas três populações (Polo, Tigre e Canudos) submersas pela UHE Machadinho (Wiesbauer, 2008).

As sementes, separadas por coleção, foram armazenadas em embalagens de papel, e transportadas para o Laboratório de Restauração Ambiental Sistêmica (LRAS/UFSC), onde foram mantidas em temperatura ambiente até a semeadura, que ocorreu em março de 2008.

Os três substratos foram cortados em bloquinhos de aproximadamente 8 x 6 x 3cm. Em cada um dos bloquinhos foram semeadas seis sementes provenientes de uma coleção (Figura 02 A-C). Foram realizados 12 tratamentos, variando o substrato de fixação (esponja floral, fibra de coco e fibra de xaxim) e o local de coleta das sementes (HF, PFP, MR e VM).



Figura 02: Substratos de fixação (esponja floral **(A)**, fibra de xaxim (*Cyathea delgadii* Sternb.) **(B)** e fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) **(C)**) com sementes das coleções de *Dyckia distachya* Hassler provenientes da região de influência das UHEs Itá e Machadinho. Barra=1cm.

Os substratos com as sementes foram agrupados em bandejas plásticas pretas (58 x 38 x 14cm), tendo como base vermiculita. O experimento foi montado de forma fatorial, em blocos completamente casualizados, para testar os efeitos dos substratos e das coleções na emergência das plântulas. Foram montados quatro blocos e cada unidade experimental continha 20 bloquinhos com seis sementes (n=120). Cada bloco foi formado por 3 bandejas, e em cada uma havia um tipo de substrato e as sementes das quatro coleções.

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina, mantido em temperatura variando entre 20 a 30°C e irrigado diariamente. A avaliação da emergência foi realizada após um mês da montagem do experimento (abril/2008) e da sobrevivência das plântulas ocorreu após um ano da semeadura (março/2009).

Os resultados em percentagem de emergência e sobrevivência das plântulas foram submetidos aos testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade das variâncias (Levene) (Santana & Ranal 2004). Posteriormente, para comparação dos tratamentos, foi realizada a análise de variância (Multifactor ANOVA), seguida do teste de comparação de médias (Tukey 5%), utilizando o software Statistica 7.0.

2.2.3. Vigor das plântulas

Para avaliar o vigor das plântulas de *D. distachya* de quatro coleções *ex situ* (HF, PFP, MR e VM), foram semeadas 100 sementes de cada procedência em uma sementeira com substrato de vermiculita. O experimento foi montado na casa de vegetação do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina em março de 2008, e mantido em temperatura variando entre 20 a 30°C e irrigado diariamente.

Após um ano da semeadura (março/2009), foram sorteados 20 indivíduos de cada coleção. As plântulas tiveram suas raízes lavadas e secas em papel toalha. Posteriormente, foram dispostas em envelopes de papéis e colocadas em estufa a 60°C por um período de 24 horas. Posteriormente, para avaliar a massa seca, a parte aérea da plântula foi separada da raiz, sendo pesadas separadamente em balança eletrônica de três casas decimais. Também foi contado o número de folhas.

Os resultados foram submetidos aos testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade das variâncias (Levene) (Santana & Ranal 2004). Posteriormente, para comparação do vigor entre as coleções, foi realizada a análise de variância (Multifactor ANOVA), seguida do teste de comparação de médias (Tukey 5%), utilizando o software Statistica 7.0.

2.3. Recrutamento em ambiente *inter situ*

Para avaliar o recrutamento das plântulas em ambiente *inter situ*, foram selecionados cinco rios que apresentavam locais com fluxo rápido de água, margens e ilhas rochosas, semelhante ao habitat natural desta reófito, sendo dois afluentes na região de influência indireta da usina hidrelétrica Itá e três na usina de Barra Grande.

2.3.1. Introdução de sementes

Região de influência indireta da UHE Itá

Sementes de *D. distachya* foram coletadas em 15 matrizes na coleção *ex situ* de Marcelino Ramos (Marcelino Ramos, RS), em fevereiro de 2009. Elas foram misturadas e mantidas em embalagens de papel sob temperatura ambiente até a semeadura, que ocorreu em abril de 2009.

As sementes foram introduzidas em dois rios na área de influência indireta da UHE Itá: nas corredeiras de Piratuba, no Rio Uruguai (Piratuba-SC) e na cascata do tigre, no Rio Tigre (Machadinho-RS). Nesses dois locais não havia sido introduzido anteriormente indivíduos de *D. distachya*, sendo esta a primeira tentativa de relocação da espécie nas duas áreas.

A semeadura foi realizada em fendas rochosas com pequena camada de substrato (Figura 03A). Em cada área de introdução foram realizadas oito repetições de aproximadamente 300 sementes, sendo a quantidade estimada a partir do peso (100 sementes \approx 0,1g). Assim, foram semeadas em cada local cerca de 2.400 sementes. A avaliação da emergência foi realizada após dois meses da semeadura, em junho de 2009.

Região de influência indireta da UHE Barra Grande

Em novembro de 2009, foram coletadas sementes de *D. distachya* em duas áreas de relocação da espécie na região de influência da usina hidrelétrica Barra Grande, no município de Pinhal da Serra (RS). Uma área está as margens do lago da usina e a outra à jusante do reservatório (AR01), e nos dois locais a relocação das plantas ocorreu no ano de 2006, sendo que haviam 418 e 182 touceiras, respectivamente, quando ocorreu a coleta das sementes (Meio Biótico 2009). A origem deste material foi a partir de indivíduos coletados nas três populações da espécie no Rio Pelotas (Pedras Brancas, Encanados e Encanadinhos), que foram submersas com o lago da UHE Barra Grande (Wiesbauer 2008).

Nas duas áreas as infrutescências foram coletadas de todas as plantas reprodutivas. Após, as sementes foram retiradas dos frutos, misturadas e mantidas em embalagens de papel sob temperatura ambiente. Posteriormente, a quantidade foi estimada a partir do peso (1.000 sementes \approx 1,0g).

A semeadura ocorreu em três áreas de relocação (AR) já existentes da espécie na região de influência indireta da UHE Barra Grande: Rio Lajeado dos Portões (AR02), no município de Anita Garibaldi (SC), Rio Varões (AR03) e Rio Vacas Gordas (AR04), ambos em em Campo Belo do Sul (SC). Os três Rios apresentam fluxo rápido de água, margens e ilhas rochosas e são afluentes do Rio Pelotas.

Após duas semanas da coleta, foram semeadas aproximadamente 143 mil sementes, sendo 11 mil em dois pontos no Rio Lajeado dos Portões, 11 mil em três pontos no Rio Varões, e 121 mil em sete pontos no Rio Vacas Gordas. Em cada ponto foram introduzidas de 3.700 a 29.400 sementes, o que variou de acordo com o tamanho do local da semeadura, que ocorreu em canteiros entre rochas (Figura 03B) e sobre musgos (Figura 03C), nas ilhas e margens rochosas dos rios.



Figura 03: Introdução de sementes de *Dyckia distachya* Hassler em fendas rochosas com pequena camada de substrato nas corredeiras de Piratuba, no Rio Uruguai (A); em canteiro entre rochas no Rio Varões (B), e sobre musgos no Rio Vacas Gordas (C).

A distância dos pontos de introdução das sementes em relação ao rio variou, sendo escolhidas para realizar a semeadura as fendas rochosas que apresentavam incidência solar a maior parte do dia. Em alguns pontos a introdução foi realizada sob o arbusto sarandi (*Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll. Arg), espécie que era encontrada junto com *D. distachya* em seu ambiente natural.

A avaliação da emergência foi realizada após um mês da introdução das sementes, em dezembro de 2009. O monitoramento da sobrevivência das plântulas foi realizado após nove, doze, 15 e 18 meses da semeadura. Aos 18 meses da introdução foi realizada uma estimativa da proporção do número de plântulas recrutadas em relação ao número de sementes semeadas, em cada área de relocação.

2.3.2. Produção de sementes

Para estimar o número de plântulas recrutadas em relação ao número de sementes produzidas, em novembro de 2009 foi avaliada a produção de sementes em duas áreas com plantas adultas introduzidas de *D. Distachya*. Os locais foram no Rio Varões (AR03) e Rio Vacas Gordas (AR04), e em ambos a introdução dos adultos ocorreu em maio de 2009. Esses dois locais foram escolhidos porque, diferente da maioria das áreas de relocação de *D. distachya*, houve produção de sementes.

Nos dois locais foi avaliado o número total de touceiras e especificado as reprodutivas. Em cada touceira reprodutiva foram contadas as infrutescências produzidas, sendo sorteada uma para a contagem do número de frutos formados. Foi calculado o número de sementes produzidas por infrutescência pela fórmula:

$$NSI = NFF \times NSF$$

Em que: NSI - número de sementes por infrutescência; NFF - número de frutos formados por infrutescência; NSF - número de sementes por fruto, que foi estimado por Wiesbauer (2008) em 100 sementes.

O número total de sementes produzidas em cada área foi estimado pela fórmula:

$$NTS = \sum (NFF \times NSF) \times TI$$

Em que: NTS - número total de sementes; TI - total de infrutescência na área.

Para avaliar se houve diferença nos parâmetros avaliados entre as áreas, foi realizado o teste de Mann-Whitney, utilizando o aplicativo BioEstat 5.0.

2.3.3. Recrutamento ao redor de plantas reprodutivas

Nas duas áreas de relocação em que ocorreu a avaliação da produção de sementes (AR03 e AR04), também foi avaliado o recrutamento de plântulas a partir de sementes dispersas pelo vento ao redor das plantas reprodutivas. Foi realizado um censo com raio de um metro em todas as touceiras que produziram infrutescência. Os locais de introdução das sementes (item 2.3.1) estavam a uma distância de, no mínimo, 20 metros dos indivíduos reprodutivos dessa bromélia, caracterizando experimentos distintos.

O monitoramento da sobrevivência das plântulas foi realizado entre maio de 2010 e maio de 2011, com avaliações trimestrais. Com base no valor da produção de sementes (item 2.3.2), em maio de 2011 foi estimado a proporção do número de plântulas recrutadas em relação ao número de sementes produzidas pelas plantas adultas, em cada área de relocação.

3. Resultados

3.1. Recrutamento em ambiente *ex situ*

3.1.1. Emergência em meio aquoso e vermiculita

Em ambiente *ex situ*, a emergência das plântulas de *D. distachya* foi maior, significativamente a $p < 0,05$, na água ($73,1 \pm 2,2\%$) que no substrato vermiculita ($68,6 \pm 2,7\%$) ($t=2,56$, $GL=6$).

3.1.2. Emergência e sobrevivência das plântulas em substratos de fixação

A emergência das plântulas nos substratos de fixação variou entre 20,2 e 74,2%. Os substratos que apresentaram maior média foram a esponja floral ($65,0 \pm 7,0\%$) e a fibra de xaxim ($55,7 \pm 16,2\%$), já a fibra de coco teve o menor valor médio ($34,2 \pm 14,2\%$). Em relação a origem das sementes, houve diferença significativa na média de emergência da coleção de Marcelino Ramos (MR) e do Horto Florestal da UHE Itá (HF), com $66,1 \pm 11,3\%$ e $44,6 \pm 27,4$, respectivamente (Tabela 01).

Na esponja floral todas as coleções apresentaram médias superiores a 50%. Na fibra de coco os maiores valores foram em MR, sendo esta a única coleção em que a média de emergência foi maior que 50% nesse substrato. Na fibra de xaxim os valores em MR foram maiores que no HF e VM (Tabela 01).

Tabela 01: Média ($\% \pm$ desvio padrão) de emergência de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler das coleções *ex situ* provenientes das regiões de influência das UHEs Itá e Machadinho, em diferentes substratos.

Coleções* Substratos	HF (média \pm dp)	MR (média \pm dp)	PFP (média \pm dp)	VM (média \pm dp)	F**	p
Esponja floral	74,2 \pm 7,6 a	66,5 \pm 6,6 a	58,3 \pm 7,8 a	61,0 \pm 20,9 a	1,29	>0,05
Fibra de coco	20,2 \pm 1,9 b	54,6 \pm 5,0 a	31,3 \pm 11,0 b	31,3 \pm 5,3 b	17,26	<0,001
Fibra de xaxim	39,4 \pm 5,7 b	77,1 \pm 7,5 a	58,3 \pm 3,3 ab	48,1 \pm 15,3 b	12,59	<0,001
Média \pm dp	44,6 \pm 27,4 b	66,1 \pm 11,3 a	49,3 \pm 15,6 ab	46,8 \pm 14,9 ab	3,48	<0,05

* HF - Horto Florestal da UHE Itá, Itá (SC), MR - Coleção Marcelino Ramos, Marcelino Ramos (RS); PFP - Parque Estadual Fritz Plaumann, Concórdia (SC); VM - Viveiro de Machadinho, Machadinho (RS).

**Tratamentos precedidos de letras distintas minúsculas (comparação na linha) e maiúsculas (comparação na coluna) diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Entre todos os bloquinhos, em $6,8 \pm 4,8\%$ não ocorreu emergência. Entre os substratos, a fibra de coco foi o que apresentou maior percentagem de bloquinhos em que não houve emergência, e em mais da metade emergiram uma ou duas plântulas. Em cerca de 50% dos bloquinhos de fibra de xaxim a emergência foi de 3 a 4 indivíduos. A esponja floral foi o substrato que apresentou maior número de bloquinhos que emergiram cinco ou seis plântulas (Tabela 02).

Tabela 02: Número (% média \pm desvio padrão) de plântulas de *Dyckia distachya* que emergiram nos bloquinhos de esponja floral, fibra de coco e fibra de xaxim.

n° de plântulas por bloquinho	Esponja floral (média \pm dp)	Fibra de coco (média \pm dp)	Fibra de xaxim (média \pm dp)	Média \pm dp	F*	p
0	4,7 \pm 1,9 b	11,5 \pm 4,8 a	4,1 \pm 3,3 b	6,8 \pm 4,8	5,52	<0,05
1 a 2	13,7 \pm 9,3 b	56,3 \pm 2,7 a	25,0 \pm 4,2 b	31,7 \pm 19,6	52,21	<0,01
3 a 4	41,3 \pm 3,7 a	27,2 \pm 5,2 b	46,9 \pm 10,1 a	38,4 \pm 10,7	8,59	<0,01
5 a 6	40,3 \pm 9,3 a	5,0 \pm 1,8 c	24,0 \pm 5,6 b	23,1 \pm 16,1	31,09	<0,01

*Tratamentos com letras distintas (comparação na linha) apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

A sobrevivência das plântulas após um ano variou entre 61,8 e 92,4%. A média na fibra de coco ($82,2 \pm 7,2\%$) não diferiu da fibra de xaxim ($75,3 \pm 9,0\%$), mas foi maior que a esponja floral ($72,0 \pm 12,1\%$). Em relação as coleções, MR apresentou valores maiores que o VM, com $83,5 \pm 8,0\%$ e $68,9 \pm 11,3\%$, respectivamente. Nos substratos fibra de coco e esponja floral não houve diferença na sobrevivência entre as coleções. Na fibra de xaxim a percentagem média de MR e PFP foi maior que do VM (Tabela 03).

Tabela 03: Média (% \pm desvio padrão) de sobrevivência das plântulas de *Dyckia distachya* Hassler com um ano, provenientes das coleções *ex situ* das regiões de influência das UHE, em diferentes substratos.

Substratos	Coleções*				F**	p
	HF (média \pm dp)	MR (média \pm dp)	PFP (média \pm dp)	VM (média \pm dp)		
Esponja floral	86,8 \pm 11,6 a	76,8 \pm 7,8 a	61,8 \pm 20,4 a	62,5 \pm 17,2 a	2,87	>0,05
Fibra de coco	78,4 \pm 11,2 a	92,4 \pm 11,7 a	76,0 \pm 18,0 a	82,0 \pm 13,7 a	0,68	>0,05
Fibra de xaxim	76,2 \pm 11,9 ab	81,4 \pm 4,6 a	81,4 \pm 2,7 a	62,3 \pm 11,7 b	4,40	<0,05
Média \pm dp	80,5 \pm 5,6 ab	83,5 \pm 8,0 a	73,1 \pm 10,1 ab	68,9 \pm 11,3 b	3,22	<0,05

* HF - Horto Florestal da UHE Itá, Itá (SC), MR - Coleção Marcelino Ramos, Marcelino Ramos (RS); PFP - Parque Estadual Fritz Plaumann, Concórdia (SC); VM - Viveiro de Machadinho, Machadinho (RS).

**Tratamentos precedidos de letras distintas minúsculas (comparação na linha) e maiúsculas (comparação na coluna) diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3.1.3. Vigor das plântulas

Após um ano, a massa seca total e da parte aérea das plântulas diferiram entre as coleções, já a massa seca da raiz e o número de folhas não apresentaram diferença significativa. As plântulas das coleções da região da UHE Itá (HF, MR e PFP) não apresentaram diferença em relação aos parâmetros avaliados. Contudo, a massa seca da parte aérea e total de MR e PFP foi maior que do VM. A razão entre a massa seca da parte

aérea e da raiz foi cerca de sete vezes no HF, já no VM esse valor foi próximo a 4,5 vezes, mas não houve diferença significativa nesse parâmetro entre as coleções (Tabela 04).

Tabela 04: Média (% \pm desvio padrão) da massa seca e do número de folhas de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler com um ano, provenientes das coleções *ex situ* das regiões de influência das UHEs Itá e Machadinho.

Coleções*	Massa seca (mg)			Razão massa seca parte aérea/raiz	n° de folhas
	raiz	parte aérea	total		
HF	3,2 \pm 1,6 a	18,3 \pm 9,5 ab	21,4 \pm 10,4 ab	7,2 \pm 5,4 a	7,1 \pm 1,8 a
MR	4,1 \pm 2,2 a	21,1 \pm 8,0 a	25,2 \pm 9,2 a	6,3 \pm 3,1 a	7,5 \pm 1,1 a
PFP	3,9 \pm 2,0 a	20,2 \pm 9,7 a	24,1 \pm 10,7 a	6,8 \pm 5,5 a	7,1 \pm 1,3 a
VM	3,0 \pm 1,8 a	13,4 \pm 10,0 b	16,3 \pm 11,6 b	4,4 \pm 1,9 a	6,6 \pm 1,7 a
F**	1,68	2,89	2,94	1,85	1,41
p	>0,05	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05

* HF - Horto Florestal da UHE Itá, Itá (SC), MR - Coleção Marcelino Ramos, Marcelino Ramos (RS); PFP - Parque Estadual Fritz Plaumann, Concórdia (SC); VM - Viveiro de Machadinho, Machadinho (RS).

**Tratamentos com letras distintas (comparação na linha) apresentam diferença significativa pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3.2. Recrutamento em ambiente *inter situ*

3.2.1. Introdução de sementes

Nas duas áreas na região de influência da UHE Itá não houve recrutamento de indivíduos via sementes. Nos três locais na região da UHE Barra Grande, após um mês da semeadura, foi observada a emergência de centenas de plântulas. Após nove meses da introdução das sementes, foram quantificadas 119 plântulas, e aos 18 meses havia 54 indivíduos (Tabela 05).

Após nove meses da semeadura, o recrutamento foi observado em dois dos 12 pontos de introdução de sementes. Um ponto foi na AR04, com 117 plântulas, e o outro na AR02, com dois indivíduos, que morreram no intervalo de seis meses. Na AR03 não foi observado recrutamento através das sementes introduzidas (Tabela 05).

Aos 18 meses da introdução, as 54 plântulas que sobreviveram estavam na AR04, e a maioria delas estavam estioladas, devido à competição interespecífica (Figuras 04A-B). Até essa data, aproximadamente a cada 2.240 sementes introduzidas nessa área de

relocação, uma plântula foi recrutada, e a porcentagem de sementes que recrutaram um indivíduo foi de 0,044% (Tabela 06).

Tabela 05: Sobrevivência de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler a partir de sementes introduzidas, em três áreas de conservação *inter situ* na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Locais da introdução	Introdução		Sobrevivência			
	nov/09	9 meses	12 meses	15 meses	18 meses	
AR02 - Rio Lajeado dos Portões	11.000	2	1	0	0	
AR03 - Rio Varões	11.000	0	0	0	0	
AR04 - Rio Vacas Gordas	121.000	117	114	112	54	
Total	143.000	119	115	112	54	



Figura 04: Recrutamento de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler através de sementes introduzidas em fenda rochosa com acúmulo de substrato, na área de relocação no Rio Vacas Gordas (AR04), após 18 meses da semeadura das sementes (maio/2011).

Tabela 06: Recrutamento de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler através da introdução e dispersão de sementes pelo vento ao redor da planta-mãe após 18 meses, em três locais de conservação *inter situ* na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Local	Introdução de sementes				Sementes dispersas ao redor da planta-mãe			
	número	recrut.	num./recrut. ¹	% ²	número	recrut.	num./recrut. ¹	% ²
AR02	11.000	0	0	0,000	-	-	-	-
AR03	11.000	0	0	0,000	16.272	0	0	0,000
AR04	121.000	54	2.240	0,044	85.310	78	1.094	0,091
Total	143.000	54	2.648	0,038	101.582	78	1.302	0,078

¹ número de sementes/número de plântulas recrutadas;

² porcentagem de sementes que recrutaram uma plântula.

3.2.2. Produção de sementes

O número total de touceiras nas AR03 e AR04 foi de 57 e 77, respectivamente. Entre todas as touceiras, 27% (n=36) apresentavam rosetas com infrutescências. A percentagem de touceiras reprodutivas nas AR03 e AR04 foi de 23% e 30%, respectivamente. A média do número de inflorescências e de flores produzidos por touceira não diferiu entre os dois locais de relocação da espécie. Contudo, a percentagem de frutos formados foi significativamente maior na AR04 ($69,2 \pm 23,6\%$) em relação a AR03 ($14,2 \pm 9,9\%$). A produção de sementes por infrutescências e o número total de sementes na AR04 foi cerca cinco vezes maior que na AR03 (Tabela 07).

Tabela 07: Produção de sementes de *Dyckia distachya* Hassler em duas áreas de relocação (AR03, Rio Varões e AR04, Rio Vacas Gordas) na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Áreas	TT	TR	TI	MIT	NF	% FF	NSI	NTS
AR03	57	13	34	$2,62 \pm 2,47$ a	$33,3 \pm 7,9$ a	$14,2 \pm 9,9$ b	479 ± 362 b	16.272 b
AR04	77	23	38	$1,65 \pm 0,98$ a	$31,4 \pm 14,2$ a	$69,2 \pm 23,6$ a	2.245 ± 1.503 a	85.310 a
Média	67	18	36	$2,0 \pm 1,71$	$32,2 \pm 12,2$	$46,8 \pm 33,9$	1.517 ± 1.460	58.927

TT: total de touceiras; TR: touceiras reprodutivas; TI: total de infrutescências; MIT: média de infrutescências por touceira; NF: número de flores por inflorescência; %FF: % de frutos formados; NSI: número de sementes por infrutescências; NTS: número total de sementes. Tratamentos precedidos de letras distintas diferem pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,001$).

3.2.3. Recrutamento ao redor de plantas reprodutivas

Em maio de 2010 foi observado o recrutamento de plântulas sob um adulto na AR04. Após seis meses, foram encontradas plântulas ao redor de nove touceiras, e destas, oito estavam na AR04.

Em novembro de 2010, entre as nove plantas adultas em que ocorreu recrutamento, em seis o número de plântulas variou entre uma e três, e sob as demais foram encontrados 19, 31 e 52 indivíduos. Entre novembro e fevereiro de 2011, sob dois adultos todas as plântulas morreram, sendo um na AR04 e outro na AR3, em que o único indivíduo que foi recrutado nessa área de relocação via semente morreu. Em maio de 2011 havia plântulas ao redor de cinco adultos, todos na AR04 (Tabela 08).

Tabela 08: Número de plântulas (plânt.) recrutadas de *Dyckia distachya* Hassler com raio de um metro ao redor da planta-mãe, e número de plantas adultas (pl-mãe) em que ocorreu o recrutamento, em duas áreas de conservação *inter situ* (AR03, Rio Varões e AR04, Rio Vacas Gordas) na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Áreas	maio/10		agosto/10		novembro/10		Fevereiro/11		Maio/11	
	plânt.	pl-mãe	plânt.	pl-mãe	plânt.	pl-mãe	Plânt.	pl-mãe	plânt.	pl-mãe
AR03	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
AR04	20	1	71	3	114	8	112	7	78	5
Total	20	1	72	4	115	9	112	7	78	5

O número total de plântulas era de 20 indivíduos em maio de 2010, e após seis meses aumentou para 115 plântulas. Em maio de 2011 havia 78 indivíduos, e todos estavam na AR04 (Tabela 08).

O recrutamento das plântulas ocorreu principalmente em fendas rochosas com a presença de musgos (Figura 05A), que estavam no chão ou no paredão de rocha que estava próximo das touceiras, em frestas com acúmulo de substrato e em locais com seixos rochosos (Figura 05B). Em todos os locais em que ocorreu o recrutamento, a cobertura de outras espécies vegetais acima das plântulas de *D. distachya* era baixa.



Figura 05: Recrutamento de plântulas de *Dyckia distachya* Hassler até o raio de um metro da planta-mãe, em fenda rochosa com musgo (A) e em local com seixos rochosos (B), na área de relocação no Rio Vacas Gordas (AR04), em maio de 2011.

Na AR03, em que estima-se que foram produzidas cerca de 16.000 sementes, foi observado o estabelecimento de uma plântula, que morreu após um ano. Na AR04 ocorreu a produção de aproximadamente 85.000 sementes, e 78 indivíduos foram recrutados até o

período de 18 meses. Nessa área, a percentagem média de sementes que foram dispersas ao redor da planta-mãe e recrutaram uma plântula foi de 0,078%, sendo que aproximadamente a cada 1.094 sementes dispersas, um indivíduo foi recrutado (Tabela 06).

4. Discussão

4.1. Emergência em meio aquoso e vermiculita

Esse estudo mostrou que *D. distachya* apresenta plasticidade de ambientes para a emergência das plântulas, que pode ocorrer em substratos sólidos e em meio aquoso. Na água, o valor médio foi maior que na vermiculita, e isso mostra que a umidade é um fator importante na germinação das sementes dessa espécie. Wiesbauer *et al.* (2007) também observaram a germinação dessa bromélia na água, que teve valor de 54,3%, e em papel filtro a percentagem foi de 62,8%. A capacidade de germinar em meio aquoso é uma adaptação importante para as espécies reófitas, pois estão frequentemente sujeitas as correntezas e aos períodos de submersão temporária do habitat reofítico (Van Steenis 1981).

Dyckia distachya apresenta duas linhas de adaptação para a dispersão das sementes, em que o vento (anemocoria) é o dispersor primário, atuando principalmente no fluxo intrapopulacional. Caso as sementes sejam transportadas para o rio, elas terão dispersão secundária pela água (hidrocoria). Acredita-se que a capacidade das sementes dessa bromélia de germinar em meio aquoso possa permitir que os propágulos sejam dispersos através da água para outro local dentro da população, ou serem transportados à longas distâncias, podendo colonizar outras populações, ocorrendo fluxo interpopulacional.

Contudo, estima-se que a probabilidade da semente ser dispersa pelo rio, e que encontre um lugar seguro para o estabelecimento de um novo indivíduo seja muito baixa. Isso ocorre principalmente devido às margens dos rios serem muito heterogêneas e por *D. distachya* apresentar alta especificidade de habitat (Reitz 1983). Assim, o desenvolvimento das suas populações ocorreu somente em locais reofíticos e com condições adequadas para o seu estabelecimento. Provavelmente devido à isso, a espécie apresentava uma distribuição restrita e descontínua ao longo de 617 km da Bacia do Rio Uruguai (Wiesbauer & Reis 2009).

4.2. Emergência e sobrevivência das plântulas em substratos de fixação

Em local *ex situ*, a emergência das plântulas ocorreu em todos os substratos de fixação. Apesar dos valores entre a esponja floral e a fibra de coco terem diferido, sugere-se que biologicamente eles não tiveram diferença, pois foi baixa a percentagem de bloquinhos em que não houve emergência. Isso pode ter ocorrido devido os substratos terem sido irrigados diariamente, e não terem sofrido estresse hídrico.

Acredita-se que a fibra de coco apresentou a menor média de emergência e a maior percentagem de bloquinhos com nenhuma, uma ou duas plântulas, devido à esse substrato armazenar menor quantidade de umidade em relação à esponja floral e a fibra de xaxim. Em outras populações de bromeliáceas também foi observado que o substrato influenciou a germinação das sementes, principalmente devido a sua capacidade em reter água (Merwin *et al.* 2003; Winkler *et al.* 2005).

Diferente da emergência, na fibra de coco foram observados os maiores valores de sobrevivência das plântulas, junto com a fibra de xaxim. Sugere-se que isso tenha ocorrido devido a estes dois substratos terem maior disponibilidade de nutrientes em relação a esponja floral, por serem formados por materiais orgânicos.

Em relação ao local de coleta das sementes, apesar das três coleções provenientes da região de influência da UHE Itá terem indivíduos com origem da mesma população natural, apresentaram diferentes percentagens de emergência de plântulas. Os valores em Marcelino Ramos foram maiores que o Horto Florestal, e isso pode ser devido a diversidade genética dessas duas coleções, pois Marcelino Ramos é o local *ex situ* com maior diversidade genética de *D. distachya*, por ter sido formada por várias touceiras resgatadas do rio (Wiesbauer 2008). Assim, sugere-se que as plantas adultas dessa coleção possam produzir sementes mais vigorosas e com maior heterose. A menor média de emergência do Horto Florestal pode estar relacionada à baixa variabilidade genética e a alta endogamia dessa coleção, pois sua origem foi a partir de poucos indivíduos coletados da natureza (Wiesbauer 2008).

Ao contrário da emergência, não houve diferença em relação à sobrevivência e o vigor das plântulas entre as três coleções da região de influência da UHE Itá, mostrando que os indivíduos com a mesma população de origem apresentaram padrão de crescimento semelhante. Já a mortalidade das plântulas do Viveiro de Machadinho foi maior que a de Marcelino Ramos, e isso pode estar associado ao vigor dos indivíduos, que foi menor no

Viveiro de Machadinho. Este também é um dos locais *ex situ* de *D. distachya* que apresenta um dos menores valores de diversidade genética dessa bromélia (Wiesbauer 2008), o que pode ser mais um fator que tenha influenciado na menor sobrevivência dessas plântulas em relação a Marcelino Ramos.

Apesar da coleção do Viveiro de Machadinho ter indivíduos coletados nas três populações extintas dessa reófito pela UHE Machadinho, a quantidade de touceiras resgatadas foi pequena (Wiesbauer 2008). Assim, observa-se a importância do número de indivíduos coletados na natureza para tentar manter a variabilidade genética de uma espécie (Cochrane 2004), e como é fundamental que seja realizado a caracterização genética da população antes de ser realizado o resgate dos indivíduos (Wiesbauer 2008).

4.3. Recrutamento em ambiente *inter situ*

Conforme Harper (1977), a germinação e o recrutamento de plântulas são os estágios mais vulneráveis no ciclo de vida das plantas em ambiente natural, devido à mortalidade nas fases iniciais geralmente ser alta. O mesmo foi observado em *D. distachya*, em que o recrutamento em ambiente *inter situ* após 18 meses foi menor que 0,1%, tanto nas sementes introduzidas como dispersas pelo vento ao redor da planta-mãe.

Em uma avaliação demográfica realizada em 2010 na última população natural da espécie, no Salto Yucumã, não foram encontradas plântulas (obs. pessoal), já nas outras populações que foram alagadas pelas hidrelétricas não foram realizados estudos. A reprodução sexuada necessita de uma maior adaptação para ocorrer com sucesso, porque a semente pode ser predada, não germinar devido à falta de nutriente, ser dispersa para um local com condições desfavoráveis à germinação e crescimento das plântulas, ou os indivíduos terem que competir por espaço (Cogliatti-Carvalho & Rocha 2001). Como o ambiente reofítico apresenta períodos com estresse hídrico, escassez de nutrientes, poucas frestas rochosas, tendo a maioria solos rasos e a presença de outras espécies, como gramíneas, a probabilidade de novos indivíduos de *D. distachya* serem recrutados via sementes é baixa.

Dyckia distachya é uma espécie rara, que se adaptou a viver em um habitat com condições específicas, e quanto mais restritas forem as condições ambientais, mais adaptada será a espécie, e mais vulnerável será o seu recrutamento via semente. Assim, o

estabelecimento de indivíduos através da reprodução sexuada pode ser um dos principais obstáculos ao programa de introdução dessa bromeliácea.

De acordo com Benzing (1980), até as bromélias mais xéricas, como as espécies do gênero *Dyckia*, precisam de um local úmido para a germinação e início do desenvolvimento. Além da umidade, outros fatores podem ter afetado a emergência e a sobrevivência das plântulas dessa reófito, entre eles estão fatores físicos, como a luz, já que a espécie é fotoblástica positiva (Wiesbauer *et al.* 2007), temperatura e nutrientes; e fatores biológicos, como a herbivoria, ataque de patógenos e competição intra e interespecífica (Melo *et al.* 2004). Além disso, pode ocorrer a predação das sementes, sendo que foi observada a lagarta da borboleta *Strymon rufofuscus* Hewitson (Lycaenidae: Theclinae) consumindo as sementes dessa bromélia na infrutescência, diminuindo o número de propágulos viáveis.

A maioria das sementes de *D. distachya* que germinou ao redor da planta-mãe foi em frestas rochosas com a presença de musgo, que estavam no chão ou no paredão rochoso próximo a touceira. Como nesses locais ocorre acúmulo de umidade, acredita-se que isso tenha ajudado na germinação e estabelecimento das plântulas. Assim, acredita-se que as propriedades emergentes que podem desencadear os limiares do recrutamento dessa espécie no habitat reofítico sejam frestas rochosas com a presença de musgo e/ou acúmulo de substrato, umidade, baixa cobertura vegetal associada e luminosidade.

Nas reófitas *D. ibiramensis* e *D. brevifolia* o recrutamento de plântulas também ocorre em frestas de rocha com acúmulo de substrato e umidade, e com a presença de musgos (Hmeljevsky 2007; Rogalski 2007). *Dyckia maritima* Baker, que ocorre em afloramentos rochosos, também inicia seu desenvolvimento sobre mantos de musgos (*Campylopus*, spp.) (Waldemar & Irgang 2003).

No arbusto reófito *Myricaria laxiflora* (Franch.) P. Y. Zhang & Y. J. Zhang, também foi observado que a umidade no solo foi um elemento chave na germinação (Chen & Xie 2007). Em outros ambientes com condições ambientais adversas, como a restinga, a luz e a água foram fatores que limitaram o recrutamento via semente nas bromélias *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach e *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Schultes F.) Mez. (Pinheiro & Borghetti 2003).

A cobertura vegetal associada pode ter sido uma das responsáveis pelo baixo estabelecimento de indivíduos através da introdução de sementes. Como essa bromélia é heliófita (Reitz 1983), as plantas ficam menos vigorosas e podem morrer caso sejam

sombreadas por outras espécies vegetais. Por isso, é necessária uma contínua manutenção desses locais, até que ocorra o adensamento dos indivíduos dessa reófito. Jusaitis *et al.* (2004) observaram que nos locais onde foram introduzidas sementes da espécie ameaçada *Brachycome muelleri* Sonder (Asteraceae), cujo habitat é um afloramento rochoso em uma montanha no Sul da Austrália, a emergência e o crescimento das plântulas foi significativamente maior aonde não havia presença de outras plantas, sendo o recrutamento reduzido em 80% nas áreas onde outras espécies vegetais estavam presentes.

Um dos fatores de impacto no habitat reofítico são as cheias dos rios, que podem carregar as plântulas. Porém, é provável que esta não tenha sido uma das responsáveis pelo baixo recrutamento nos locais onde houve a semeadura de sementes, pois estes não foram atingidos pelas enxurradas.

Entre as sementes dispersas ao redor da planta mãe, o número de touceiras em que ocorreu o estabelecimento de plântulas e de indivíduos recrutados foi maior na AR04, e isso pode ser devido a maior percentagem de frutos formados por infrutescência e na quantidade total de sementes produzidas nessa área de relocação, que foi cerca de cinco vezes superior ao da AR03.

Contudo, o número médio de inflorescências por touceira e de flores produzidas não diferiu entre os dois locais, desse modo, acredita-se que o vigor das plantas adultas não tenha sido responsável pela menor produção de frutos na AR03. Como *D. distachya* é uma espécie auto-incompatível, produzindo frutos somente por polinização cruzada, é necessário a presença de indivíduos geneticamente distintos e de polinizadores para que ocorra a produção de sementes (Wiesbauer 2008). Assim, a baixa formação de frutos na AR03 pode ser devido ao cruzamento ter ocorrido entre indivíduos aparentados, pois só existiam 13 touceiras reprodutivas nessa área, e/ou não estarem presentes os polinizadores da espécie, que conforme Wiesbauer (2008), são principalmente abelhas e beija-flores. De acordo com essa autora, a produção de frutos na polinização livre foi de 66,7%, valor semelhante ao que ocorreu na AR04, com 69,2%, já na AR03 a percentagem foi de apenas 14,2%.

Em aproximadamente 70% das touceiras de *D. distachya* em que houve o estabelecimento de plântulas, o número de indivíduos recrutados foi entre um e três. Rogalski (2007) também observou na reófito *D. brevifolia* um número baixo de plântulas comparado ao de rosetas reprodutivas e ao número médio de sementes produzidas por inflorescência, que a autora estimou em 7.555. Segundo Wiesbauer (2008), nos locais de

conservação *ex situ* *D. distachya* produz em média quatro mil sementes por infrutescência, já nesse estudo foi observado um valor médio de 1.500. A alta produção de sementes é uma adaptação ecológica em espécies que apresentam baixo recrutamento de plântulas, pois pode aumentar as chances do estabelecimento de indivíduos em novos locais (Chen & Xie 2007).

A maioria dos adultos dessa reófito estava em frestas rochosas com a presença de outras espécies vegetais, o que pode ter inibido o estabelecimento das plântulas. Além disso, o número de indivíduos recrutados sob as touceiras também pode ter sido subestimado, pois a cobertura vegetal associada dificultava a visualização das plântulas, sendo que algumas só foram observadas quando estavam maiores. Por isso, a quantidade de indivíduos aumentou até o monitoramento de novembro de 2010.

A touceira em que ocorreu o recrutamento de mais de 50 plântulas estava em uma ilha rochosa, com substrato formado por pequenos seixos, areia e baixa cobertura vegetal associada (Figura 05B). Próximo havia um paredão rochoso, o que pode ter ajudado a manter um micro-clima favorável à germinação. Porém, em maio de 2011 foi observado que mais da metade dos indivíduos não estavam mais presentes naquele local, e acredita-se que isso ocorreu devido a uma forte enxurrada que acabou carregando-as. Isso mostra como o estágio inicial de vida dessa bromélia é susceptível no ambiente reofítico.

O estabelecimento das plântulas somente foi avaliado no raio de um metro dos adultos reprodutivos, mas como *D. distachya* apresenta dispersão por anemocoria e hidrocoria (Wiesbauer *et al.* 2007), as sementes podem ter sido dispersas e ocorrido o recrutamento longe da planta-mãe. Além disso, a espécie tem uma dispersão mista pela água, tanto por sementes como por plântulas, que podem sobreviver durante várias semanas submersas (Wiesbauer *et al.* 2007).

Em bromélias epifíticas, a maioria das plântulas foi encontrada próximo aos adultos parentais (Winkler *et al.* 2005). De acordo com Chen & Xie (2007), na reófito *M. laxiflora*, que também tem dispersão anemocórica e hidrocórica, a maioria das sementes dispersas pelo vento foi levada a uma distância de até dez metros da planta-mãe, apresentando as plântulas um padrão de distribuição agregado. Já as sementes dispersas pela água foram depositadas nas curvas dos rios que tinham margens com sedimentos e pequena inclinação, e germinaram na faixa de inundação da água (Chen & Xie 2007). Nas populações naturais de *D. distachya* o recrutamento também ocorria principalmente na linha das cheias dos rios (Reis *et al.* 2005).

No arbusto *Rulingia* sp. Trigwell Bridge (Sterculiaceae), em que somente uma população natural é conhecida, e que cresce em fissuras rochosas, apesar das plantas transplantadas produzirem grande quantidade de sementes viáveis, não houve o estabelecimento de novos indivíduos nas novas populações introduzidas (Cochrane 2004). Já em *D. distachya*, a cada 1.094 sementes produzidas na AR04, ocorreu o recrutamento de uma plântula até o período de 18 meses.

De acordo com Jusaitis *et al.* (2004), a utilização de sementes como fonte de propágulo para fundar uma nova população em *B. muelleri* também resultou em baixo estabelecimento de plântulas, com uma emergência de $15,0 \pm 5,9\%$. Conforme esses autores, a translocação da espécie com plântulas teve maior êxito que com sementes. Em *D. distachya*, a percentagem de recrutamento de indivíduos através da sementeira foi menor que em *B. muelleri*, sendo de 0,044% na AR04 e nula nas AR02 e AR03, até os 18 meses. Contudo, conforme Primack & Miao (1992), a introdução de sementes é importante, pois é uma forma de imitar o processo de dispersão e aumentar o número de genótipos adaptados ao ambiente.

Como geralmente o estabelecimento de indivíduos via sementes em programas de re-introdução é baixo (Cochrane 2004; Jusaitis *et al.* 2004), Guerrant (1996) recomenda o uso de mais de um estágio de desenvolvimento para aumentar as chances de sucesso do programa e, além das sementes, deve-se utilizar plântulas, jovens e adultos. Infelizmente, conforme Cochrane (2004), o uso de várias técnicas dificilmente ocorre, devido à falta de propágulos para serem utilizados nos projetos. Em *D. distachya*, além das sementes, também se sugere o uso de plântulas e plantas jovens nas tentativas de introdução da espécie na natureza, que podem ser fixadas nas frestas rochosas com o auxílio de substratos de fixação, principalmente a esponja floral e a fibra de xaxim. Já a relocação de indivíduos adultos torna-se mais difícil, devido a estes precisarem de fendas maiores para a sua fixação.

Em outros ambientes com condições adversas, como a restinga, o recrutamento via sementes em muitas espécies também é um evento raro, devido, principalmente, as altas temperaturas e aridez do solo (Cirne & Scarano 2001). Entre estas, pode-se citar a bromélia *A. nudicaulis* (Sampaio *et al.* 2005) e a leguminosa *Andira legalis* (Vell.) Toledo (Cirne & Scarano 2001), que em dois anos de estudo não foram encontrados os estádios de plântula, apenas propagação vegetativa. Apesar do recrutamento de novos indivíduos via semente

ser baixo, *A nudicaulis* apresenta uma distribuição ampla, ocupando os habitats epífiticos, rupestres e terrícolas (Reitz 1983).

Como foi observado em *D. distachya*, é comum que as taxas de emergência em ambiente natural sejam menores que em condições de laboratório, o que também ocorreu em *B. muelleri* (Jusaitis *et al.* 2004). Em *Bromelia antiacantha* Bertol., 80% das sementes germinaram em local *ex situ* (Santos *et al.* 2004), já em condições *in situ* a regeneração média foi de apenas 5 plântulas por hectare (Duarte *et al.* 2007).

Em *A. nudicaulis*, as taxas de germinação foram altas em ambiente controlado, com uma média de 90%, mas quando as sementes foram expostas a temperatura de 50°C, elas não germinaram (Pinheiro & Borghetti 2003). Devido às altas temperaturas que ocorrem nas restingas, o recrutamento via reprodução sexuada dessa broméla em ambiente natural é baixo, ocorrendo o estabelecimento de plântulas somente dentro das ilhas de vegetação (Zaluar & Scarano 2000; Sampaio *et al.* 2005). No habitat reofítico, as altas temperaturas nas rochas durante o verão, período em que ocorre a maturação dos frutos *D. distachya* (Wiesbauer 2008), também podem inibir a germinação das sementes. Assim, estudos são necessários para saber qual a temperatura ideal para a germinação das sementes dessa reófito e se esta poderia causar a morte do embrião, caso a semente fosse dispersa para as superfícies rochosas.

Em relação à sobrevivência das plântulas, entre novembro de 2010 e maio de 2011, a mortalidade dos indivíduos originadas a partir da introdução de sementes foi de 52,7%, e dos recrutados ao redor da planta-mãe, 32,2%. Em bromélias epífitas também foi observado que a mortalidade das plântulas recrutadas através da semeadura de sementes foi maior em relação à dispersão natural, e a principal causa foi devido aos locais em que houve a introdução não terem condições ambientais adequadas para o crescimento dos indivíduos (Winkler *et al.* 2005). Acredita-se que isso também pode ter ocorrido na introdução de sementes de *D. distachya*, pois nos pontos onde ocorreu a semeadura a cobertura vegetal associada era alta. Além disso, no único local em que as plântulas sobreviveram, elas estavam estioladas e algumas com coloração amarelada, e como o local é pouco drenado, tinham indivíduos com aparência de apodrecimento.

Já ao redor da planta-mãe, é provável que a principal causa da mortalidade tenha sido as enxurradas, sendo que a maioria dos indivíduos que sobreviveu está em frestas rochosas com cobertura de musgo. Nas bromélias epífitas *Catopsis sessiliflora* (Ruiz and Pav.) e *Tillandsia deppeana* Steud. o tempo médio de sobrevivência das plântulas cresceu

com o aumento da cobertura de briófitas, enquanto em *Tillandsia multicaulis* Steud a sobrevivência foi menor nos galhos com alta cobertura de briófitas (Winkler *et al.* 2005).

De acordo com Coelho *et al.* (2008), em duas espécies que crescem em campos rupestres, 6% das plântulas de *Leiothrix curvifolia* var. *lanuginosa* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae) sobreviveram após seis meses, e em *L. crassifolia* (Bong.) Ruhland esse valor após quatro meses foi de 32%. Nas duas espécies a sobrevivência foi altamente correlacionada com a concentração de água do solo. Como foi observado nas duas espécies de *Leiothrix*, acredita-se que a umidade também seja um fator chave na sobrevivência das plântulas de *D. distachya*.

Ocorreu a emergência de centenas de plântulas de *D. distachya* no primeiro mês após a semeadura, contudo, a percentagem de sementes que germinou e recrutou uma plântula nas áreas de conservação *inter situ* foi menor que 0,1%, após 18 meses. Em bromélias epífitas, a germinação em ambiente natural foi de 17,5%, variando entre 7,2 e 33,7%, e a maioria das sementes (65,8%) germinaram nas primeiras dez semanas. Em *T. multicaulis* a germinação foi de 0,2%, e todas as plântulas morreram após sete meses. Nas outras epífitas, após 20 meses, a sobrevivência das plântulas foi entre 3,5 e 9,4% (Winkler *et al.* 2005). Em *Aechmea magdalenae* (André) André ex Baker, a germinação de sementes na natureza variou entre 10 e 60%, com uma média de 28%, já as taxas de sobrevivência das plântulas após um ano foi de 15% (Ticktin *et al.* 2003).

Em *Tillandsia brachycaulos* Schltdl., Mondragón *et al.* (2004) observaram que durante três anos a mortalidade anual variou entre 21 e 71%, e que apesar da emergência das plântulas ocorrer anualmente, houve recrutamento significativo somente nos anos em que as condições climáticas foram favoráveis, sendo a seca a principal causa das mortes. Na bromélia epífita *Werauhia sanguinolenta* (Linden ex Cogniaux & Marchal) J.R. Grant., o número de recrutas via sementes aumentou de acordo com a quantidade de chuvas (Zotz *et al.* 2005). Apesar de nas áreas de introdução de *D. distachya* não existir déficit hídrico (IBGE 1990), e durante o estudo as chuvas terem sido regulares (FUNDAGRO 2010), pode ter ocorrido alguns períodos sem precipitação, e como nas rochas as temperaturas podem se altas durante o verão, as plântulas podem ter morrido por dessecação.

Como ocorre em *D. distachya*, na maioria das plantas clonais o recrutamento de plântulas geralmente é uma evento raro (Harper, 1977), o que também foi observado nas bromélias *A. magdalenae* (Villegas 2001), *A. nudicaulis* (Zaluar & Scarano 2000; Sampaio

et al. 2005) e *B. antiacantha* (Duarte *et al.* 2007). Na reófito *Dyckia brevifolia* Baker, dos 12 locais de ocorrência no Rio Itajaí-açú, em dois não havia plântulas no ano em que ocorreu a avaliação. Foi observado que o estágio inicial de desenvolvimento dessa planta representava apenas 5,9% dos indivíduos, e tinha padrão de distribuição agregada, em locais com acúmulo de substrato e presença de umidade (Rogalski 2007).

Apesar do recrutamento via semente em *D. distachya* ser baixo, ocorre a contínua entrada de indivíduos através da reprodução vegetativa, sendo esta a principal forma de propagação da espécie (Capítulo 2). Os indivíduos gerados através da emissão clonal provavelmente são menos suscetíveis ao estresse ambiental, pois permanecem ligados à planta-mãe (Mondragón *et al.* 2004; Rogalski 2007).

Diferente do que ocorre com *D. distachya*, em outras bromélias que também apresentam reprodução vegetativa, como *Neoregelia johannis* (Carrière) L.B. Smith (Cogliatti-Carvalho & Rocha 2001), *T. brachycaulos* (Mondragón *et al.* 2004) e *W. sanguinolenta* (Zotz *et al.* 2005), o recrutamento de plântulas ocorre frequentemente. Quando as condições ambientais são favoráveis, a bromélia epifítica *T. brachycaulos* se reproduz com maior intensidade através de sementes, mas quando ocorre estresse ambiental, a reprodução vegetativa é mais acentuada (Mondragón *et al.* 2004).

O recrutamento via sementes contribui pouco para o crescimento das populações de plantas herbáceas perenes (Harper 1977), e em bromélias epífitas, a probabilidade das plântulas em alcançar o estágio reprodutivo variou de 2,8 a 5% (Hietz *et al.* 2002). Contudo, a entrada de indivíduos por reprodução sexuada é importante para aumentar os níveis de diversidade genética das populações (Melo *et al.* 2004). Por isso, para que as novas populações de *D. distachya* sejam autônomas, é necessário que também ocorra o recrutamento através de sementes.

4.4. Conservação e Implicações para o Manejo

Conforme Cochrane (2004), é necessário que seja formado um banco com material genético representativo da população, para que seja realizada a coleta das sementes para as futuras tentativas de introdução. Assim, é fundamental a conservação das coleções *ex situ* de *D. distachya*, para a manutenção da variabilidade genética da espécie, principalmente a coleção de Marcelino Ramos (Wiesbauer 2008).

Devido às coleções *ex situ* apresentarem diferenças na emergência e sobrevivência das plântulas, recomenda-se que no programa de introdução dessa bromélia seja utilizado material proveniente de mais de uma coleção, mas não é recomendado misturar as sementes coletadas nas coleções de Itá, Machadinho e Barra Grande, devido à diferença genética que há entre essas subpopulações (Wiesbauer 2008).

Após mais de dez anos de tentativas de relocação, essa foi a primeira vez que foi registrado o recrutamento via semente dessa bromélia. De acordo com Pavlik (1996), entre os fatores que são utilizados para avaliar se uma re-introdução teve sucesso, está a produção de sementes viáveis e o recrutamento de novos indivíduos através da reprodução sexuada. Desse modo, entre as áreas de conservação *inter situ*, a AR04 é a que apresenta maior perspectiva de êxito para a formação de uma nova população de *D. distachya*. Nessa área, os adultos dessa bromélia produziram grande quantidade de sementes, mostrando que está havendo uma interação entre a espécie e os seus polinizadores. A AR04 foi o único local em que o recrutamento ocorreu tanto no experimento de introdução de sementes como ao redor das plantas adultas, além disso, somente nessa área as plântulas sobreviveram.

Como só existe uma população natural, a única forma de restaurar as populações dessa reófito na natureza é através da conservação *inter situ*. Contudo, a introdução dessa bromélia poderá afetar as interações que ocorrem nessas comunidades. Assim, será que é válido impactar uma comunidade introduzindo uma nova espécie que está ameaçada? Devido à colonização de novas áreas a partir de sementes ser um evento raro e por ser susceptível a competição interespecífica, acredita-se que a introdução dessa bromélia irá causar poucos impactos nos locais de conservação *inter situ*. Porém, a espécie apresenta crescimento clonal, e estudos são necessários para saber se as relações ecológicas nessas comunidades serão afetadas pela introdução de *D. distachya*.

Por não existirem pesquisas sobre a dinâmica das populações naturais dessa reófito, não se tem conhecimento do percentual de plântulas que alcançam a idade reprodutiva e o tempo de duração desse ciclo. Assim, é importante que ocorra um monitoramento a longo prazo para avaliar o destino dos indivíduos recrutados via sementes nas novas populações. Essas informações são importantes para tentar entender a auto-ecologia da espécie e aperfeiçoar as medidas de conservação *inter situ*.

Dyckia distachya é uma espécie que durante a evolução se adaptou a viver no habitat reofítico, e acredita-se que não esteja apta a viver em outro tipo de ambiente. Por

ser uma planta altamente especializada, tornou-se extremamente vulnerável a extinção, já que o seu habitat natural corre sérios riscos de ser completamente extinto pela construção das hidrelétricas.

Entre todos os fatores que dificultam a formação de novas populações dessa espécie na natureza, o principal é a falta de ambientes reofíticos. Com a construção das três grandes hidrelétricas e das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) programadas, as áreas com corredeiras na região estão quase todas comprometidas. Assim, para tentar restaurar as populações dessa bromélia na natureza, é necessário a preservação dos habitats reofíticos na Bacia do Rio Uruguai. Além disso, para evitar que não ocorra com outras plantas reófitas o que ocorreu com *D. distachya*, é necessário a inclusão desse grupo nos estudos de impacto ambiental.

5. Referências Bibliográficas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. 2002. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, Agência Nacional de Energia. http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf (acesso em 10/03/2011).

Benzing, D.H. 1980. **The biology of the bromeliads**. California, Mader River Press.

Benzing, D.H. 2000. **Bromeliaceae: Profile of an Adaptive Radiation**. Cambridge, Cambridge University Press.

Chen, F. Q. & Xie, Z. Q. 2007. Reproductive allocation, seed dispersal and germination of *Myricaria laxiflora*, an endangered species in the Three Gorges Reservoir area. **Plant Ecology** 191: 67-75.

Cirne, P. & Scarano, F.R. 2001. Resprouting and growth dynamics after fire of the clonal shrub *Andira legalis* (Leguminosae) in a sandy coastal plain in south-eastern Brazil. **Journal of Ecology** 89: 351-357.

- Cochrane, A. 2004. Western Australia's ex situ program for threatened species: A model integrated for conservation. Pp. 40-61. In: Guerrant, E. O. Jr.; Havens, K. & Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.
- Coelho, F. F.; Capelo, C. & Figueira, J. E. C. 2008. Seedlings and ramets recruitment in two rhizomatous species of Rupestrian grasslands: *Leiothrix curvifolia* var. *lanuginosa* and *Leiothrix crassifolia* (Eriocaulaceae). **Flora** 203: 152-161.
- Cogliatti-Carvalho, L. & Rocha, C. F. D. 2001. Spatial distribution and preferential substrate of *Neoregelia johannis* (Carrière) L.B. Smith (Bromeliaceae) in a disturbed area of Atlantic Rainforest at Ilha Grande, RJ, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 24 (4): 389-394.
- Duarte, A. S.; Silva, C. V.; Puchalski, A.; Mantovani, M.; Silva, J. Z. & Reis, M. S. 2007. Estrutura demográfica e produção de frutos de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais** 9 (3): 106-112.
- FUNDAGRO - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina. 2010. **Relatórios Técnicos Mensais de Monitoramento Climatológico da Usina Hidrelétrica Barra Grande**.
- Givnish, T.J.; Barfuss, M.H.J.; Van Ee, B.; Riina, R.; Schulte, K.; Horres, R.; Gonsiska, P. A.; Jabaily, R.S.; Crayn, D.M.; Smith, J.A.C.; Winter, K.; Brown, G.K.; Evans, T.M.; Holst, B.K.; Luther, H.; Till, W.; Zizka, G.; Berry, P.E. & Sytsma, K.J. 2011. Phylogeny, adaptive radiation, and historical Biogeography in bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American Journal of Botany** 98(5): 872-895.
- Guerrant, E.O.Jr. 1996. Designing populations for reintroductions: Demographic opportunities, horticultural options and the maintenance of genetic diversity. Pp. 171-208. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.

- Harper, J.L. 1977. **Population Biology of Plants**. London, Academic Press.
- Hietz, P.; Ausserer, J. & Schindler, G. 2002. Growth, maturation and survival of epiphytic bromeliads in a Mexican humid montane forest. **Journal of Tropical Ecology** 18: 177-191.
- Hmeljevsky, K.V. 2007. **Caracterização reprodutiva de *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma bromélia endêmica do Vale do Itajaí, SC**. 2007. Dissertação (Mestrado, Biologia Vegetal), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Hmeljevski, K.V. & Reis, A. 2009. Conciliando crescimento energético com a conservação de espécies reófitas: estudo de caso da bromélia *Dyckia ibiramensis*. Pp. 345-354. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.
- Howald, A.M. 1996. Translocation as a mitigation strategy: Lessons from California. Pp. 293-329. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1990. **Geografia do Brasil. Região Sul, vol. 2**. Rio de Janeiro, IBGE.
- Jusaitis, M; Polomka, L. & Sorensen, B. 2004. Habitat specificity, seed germination and experimental translocation of the endangered herb *Brachycome muelleri* (Asteraceae). **Biological Conservation** 116: 251-267.
- Klein, R.M. 1979. Reófitas no Estado de Santa Catarina. Pp. 159-169. **Separata dos Anais da Sociedade Botânica do Brasil**. São Paulo.
- Klein, R.M. 1990. **Espécies raras ou ameaçadas de extinção do Estado de Santa Catarina. Mirtáceas e Bromeliáceas, vol.1**. Rio de Janeiro, IBGE.

- Liu Y.; Wang, Y.; Liu, S. & Huang, H. 2010. Allozyme variation of the endangered endemic plant *Myricaria laxiflora*: Implications for conservation. **Biochemical Systematics and Ecology** XXX: 1-8.
- Maunder, M.; Havens, K.; Guerrant, E.O.Jr. & Falk, D.A. 2004. *Ex situ* methods: a vital but underused set of conservation recourses. Pp. 3-20. In: Guerrant, E.O.Jr. & Havens, K.; Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.
- Melo, F.P.L.; Neto, A.V.A.; Simabukuro, E.A. & Tabarelli, M. 2004. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. Pp. 237-250. In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. (eds). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.
- Merwin, M.C; Rentmeester, S.A & Nadkarni, N.M. 2003. The influence of host tree species on the distribution of epiphytic bromeliads in experimental monospecific plantations, La Selva, Costa Rica. **Biotropica** 35 (1): 37-47.
- Mondragón, D.; Durán, R.; Ramírez, I. & Valverde, T. 2004. Temporal variation in the demography of the clonal epiphyte *Tillandsia brachycaulos* Schltdl. (Bromeliaceae) in the Yucatán Peninsula, México. **Journal of Tropical Ecology** 20: 189-200.
- Moulton, T.P & Souza, M.L. 2006. Conservação com base em bacias hidrográficas. Pp.157-181. In: Rocha, C.F.D.; Bergallo, H.G.; Sluys, M.V. & Alves, M.A.S. (eds.). **Biologia da conservação: essências**. São Carlos, RiMa.
- Pavlik, B. M. 1996. Defining and measuring success. Pp. 127-155. In: Falk, D.A.; Millar, C.I.E & Olwell, M (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.
- Pinheiro, F. & Borghetti, F. 2003. Light and temperature requirements for germination of seeds of *Aechmea nudicaulis* (L.) Griesebach and *Streptocalyx floribundus* (Martius ex Schultes f.) Mez (bromeliaceae). **Acta Botânica Brasileira** 17(1): 27-35.

- Prance, G.T. Introduction. 2004. Pp. xxiii-xxix. In: Guerrant, E.O.Jr. & Havens, K.; Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.
- Primack, R.B. & Miao, S.L. 1992. Dispersal can limit local plant distribution. **Conservation Biology** 6, 513-519.
- Pringle, C.M. 2003. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? **Hydrological processes** 17: 2685-2689.
- Reis, A; Rogalski, J.; Veira, N.K. & Berkenbrock, I.S. 2005. **Conservação de espécies reófitas de *Dyckia* no Sul do Brasil: *Dyckia distachya***. Relatório técnico 2. Florianópolis, UFSC.
- Reis, A.; Wiesbauer, M.B.; Zimmermann, T.G. 2009. ***Dyckia distachya*: uma bromélia reófita ameaçada de extinção**. Cartilha. Florianópolis, UFSC.
- Reitz, R. 1983. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. **Flora Ilustrada de Santa Catarina**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Rogalski, J.M. 2007. **Biologia da Conservação da reófita *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), Rio Itajaí-Açu, SC**. Tese (Doutorado, Recursos Genéticos Vegetais), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Rogalski, J.M. & Reis, A. 2009. Conservação de reófitas: o caso da bromélia *Dyckia brevifolia* Baker, Rio Itajaí-Açu, SC. Pp. 335-344. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Sampaio, M.C.; Pico, F.X. & Scarano, F.R. 2005. Ramet demography of a nurse bromeliad in Brazilian restingas. **American Journal of Botany** 92(4): 674-681.
- Santana, D.G. & Ranal, M.A. 2004. **Análise da germinação. Um enfoque estatístico**. Brasília, Editora UNB.

- Santos, D.S.; Puchalski, A.; Gomes, G.S.; Mantovani, M.; Silva, J.Z. & Reis, M, S. 2004. Variação no período de germinação de sementes em uma população natural de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de plantas Mediciniais** 6(3): 35-41.
- Ticktin, T.; Johns, T. & Chapol Xoca, V. 2003. Patterns of growth in *Aechmea magdalenae* (Bromeliaceae) and its potential as a forest crop and conservation strategy. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 94: 123-139.
- Van Steenis, C.G.C.J. 1981. **Rheophytes of the World: An account of the flood-resistant flowering plants and ferns and the theory of autonomous evolution.** Maryland, Sijthoff & Noordhoff.
- Villegas, A.C. 2001. Spatial and temporal variability in clonal reproduction of *Aechmea magdalenae*, a tropical understory herb. **Biotropica** 33: 48-59.
- Waldemar, C.C. & Irgang, B.E. 2003. A ocorrência do mutualismo facultativo entre *Dyckia maritima* Baker (Bromeliaceae) e o cupim *Cortaritermes silvestrii* (Holmgren), Nasutitermitinae, em afloramentos rochosos no Parque Estadual de Itapua, Viamão, RS. **Acta Botânica Brasílica** 17: 37-48.
- Wiesbauer, M.B.; Scariot, E.C.; Sasaki, L.L. & Reis, A. 2007. Influência da luz e inundação na germinação de *Dyckia distachya* Hassler, uma bromélia em vias de extinção. **Revista Brasileira de Biociências** 5(1): 717-719.
- Wiesbauer, M.B. 2008. **Biologia Reprodutiva e diversidade genética de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) como subsídio para a conservação e reintrodução de populações extintas na natureza.** (Mestrado, Recursos Genéticos Vegetais), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Wiesbauer, M.B. & Reis, A. 2009. Conservação *ex situ* e reintrodução de espécies na natureza: o que aprendemos nas experiências com a reófito *Dyckia distachya*. Pp. 355-366. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a**

conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.

Winkler, M.; Hulber, K. & Hietz, P. 2005. Effect of canopy position on germination and seedling survival of epiphytic bromeliads in a Mexican Humid Montane Forest. **Annals of Botany** 95: 1039-1047.

Zaluar, H.L.T. & Scarano, F.R. 2000. Facilitação em restingas de moitas: um século de buscas por espécies focais. Pp. 3-23. In: Esteves, F.A. & Lacerda, L.D. (eds.). **Ecologia de restingas e lagoas costeiras.** Rio de Janeiro, NUPEM, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Zedler, J.B. 1996. Ecological function and sustainability in created wetlands. Pp. 331-342. In: Falk, D.A.; Millar, C.I.E & Olwell, M (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants.** California, Island Press.

Zotz, G., Laube, S. & Schmidt, G. 2005. Long-term population dynamics of the epiphytic bromeliad *Werauhia sanguinolenta*. **Ecography** 28: 806-814.

Capítulo 2

Introdução, sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae)



Resumo

Dyckia distachya Hassler é uma bromélia reófito e ameaçada de extinção, devido à grande parte de suas populações terem sido alagadas pela construção de usinas hidrelétricas. Este estudo teve como objetivo testar diferentes metodologias para a introdução de plantas jovens dessa reófito em cinco áreas de conservação *inter situ*, e avaliar a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa. Foram utilizadas duas metodologias de introdução: plantio espaçado e adensado. No plantio espaçado, as plantas jovens foram divididas em três categorias de tamanho (jovem 1, 2 e 3). No método adensado não houve separação por classe e os jovens foram plantados em blocos. Os jovens tinham dois e três anos quando foi realizado o plantio espaçado e adensado, respectivamente. Foram introduzidos 8.762 indivíduos, sendo 5.055 no plantio espaçado (1.550 jovens 1, 1.990 jovens 2 e 1.515 jovens 3) e 3.707 no plantio adensado. Nas duas metodologias a mortalidade foi maior nos primeiros seis meses após a introdução, sendo de 16,5% e 41,7% no plantio adensado e espaçado, respectivamente. Acredita-se que a principal causa das mortes foi a força das águas que carregou os indivíduos. Após 15 meses da introdução, a porcentagem de rosetas em relação ao introduzido no plantio adensado foi de 74,2%, e no espaçado 50,7%. No plantio adensado, após 15 meses, em 44% dos blocos as perdas foram menores que 20% e em nenhum bloco a mortalidade foi maior que 80%. No plantio espaçado, até 21 meses, a sobrevivência total foi de 42,5%, e a reprodução vegetativa ocorreu em 19,7% dos jovens, que emitiram entre um e 14 *ramets*. A sobrevivência, diâmetro da roseta, produção de folhas e de *ramets* foi maior nos jovens 3, já o crescimento do diâmetro não diferiu entre as três classes de tamanho. Três indivíduos no plantio espaçado produziram inflorescências até os 21 meses da introdução, quando tinham quatro anos de idade. No plantio espaçado, a cobertura vegetal associada foi a única variável ambiental que teve influência significativa na sobrevivência e crescimento das plantas nas quatro áreas de relocação. Nas frestas em que os jovens de *D. distachya* ficaram mais tempo submersos, a cobertura vegetal associada foi menor. Sugere-se que os principais fatores que influenciaram a sobrevivência das plantas tenha sido as enxurradas, a idade e tamanho dos jovens no momento da introdução, a cobertura vegetal associada e a herbivoria. Nas futuras tentativas de relocação dessa reófito, recomenda-se o uso dos dois métodos de plantio, pois o adensado é mais resistente as enxurradas, mas o espaçado permite uma maior colonização através da reprodução vegetativa, que é a principal forma de propagação da espécie. Além dos jovens, a semeadura de sementes também deve ser utilizada, para aumentar a diversidade genética das novas populações da espécie. É necessário um monitoramento à longo prazo para avaliar o processo de formação das novas populações nas áreas de conservação *inter situ*, quantificando a sobrevivência e o recrutamento de novos indivíduos via propagação vegetativa e sexuada. Como medida de conservação as espécies reófitas, sugere-se a inclusão desse grupo nos estudos de impacto ambiental visando à construção de hidrelétricas.

Palavras chaves: introdução, conservação, espécie ameaçada, bromélia, reófito.

1. Introdução

A conservação dos ecossistemas com suas populações naturais (conservação *in situ*) é a melhor forma de preservar as espécies (Prance 2004). Mas quando o habitat foi destruído, um modo de tentar conservar e garantir a evolução das espécies na natureza é através da conservação *inter situ*, em que as populações são introduzidas em locais com características ambientais e físicas semelhantes ao ambiente original (Maunder *et al.* 2004). Contudo, a introdução de plantas raras e ameaçadas como mitigação para impactos desenvolvimentistas é um dos temas mais complicados e controversos na conservação das espécies vegetais (Berg 1996), sendo geralmente uma opção de risco (Howald 1996).

Coforme Howald (1996), experiências realizadas na Califórnia (EUA) mostraram que, apesar de existir benefícios potenciais, a maioria das tentativas de reintrodução de plantas ameaçadas apresentam problemas. Entre estes, estão a escassa informação sobre as espécies, a falta de métodos de translocação, as dificuldades em encontrar locais para a mitigação, os riscos intrínsecos dos experimentos biológicos, além de problemas com a regulamentação dos projetos e com o manejo à longo prazo dos locais de reintrodução (Howald 1996).

A ciência da reintrodução com propósitos de conservação é jovem e muito tem que ser aprendido com essa prática (Guerrant & Kaye 2007). De acordo com Falk *et al.* (1996), as tentativas de translocação de espécies são melhores executadas quando planejadas como experimentos científicos, para testar hipóteses sobre as metodologias utilizadas. Assim, os programas de reintrodução podem testar diferentes fases de desenvolvimento como fonte de propágulos, micro-habitats favoráveis, estabelecimento de populações, taxas de crescimento e dinâmica de comunidades (Jusaitis *et al.* 2004). Mas caso o programa não tenha conseguido estabelecer novas ou aumentar as populações existentes, as metodologias e os protocolos podem ser aperfeiçoados a partir dos resultados obtidos, e serem utilizados nas futuras tentativas de reintrodução (Pavlik 1996; Falk *et al.* 1996).

Cada projeto de reintrodução é único e depende da espécie envolvida, das perguntas a serem respondidas, dos objetivos e das circunstâncias externas em que o trabalho será conduzido. Contudo, um grande número de fatores ou elementos básicos são comuns na maioria, se não em todas, as tentativas de translocação de uma espécie, e acabam determinando o sucesso ou o fracasso do programa. Entre eles estão fatores biológicos, como os tipos de propágulos, características do local, número e localização das populações

fontes; e fatores metodológicos, incluindo manejo e plantio dos propágulos, a preparação do local, melhoramento do solo, monitoramento, entre outros (Guerrant & Kaye 2007).

Em relação às áreas selecionadas para a introdução, estas devem maximizar as chances de sucesso no restabelecimento de populações auto-sustentáveis, e o local deve ser, o mais próximo possível, parecido com o habitat original da espécie (Liu *et al.* 2006). Outro fator importante é o uso de mais de um estágio de desenvolvimento, pois aumenta as chances de sucesso do programa (Guerrant 1996).

O estabelecimento de populações através de poucos indivíduos pode prejudicar os esforços de restauração, pois a nova população pode sofrer com efeito fundador, e/ou com limitado potencial evolutivo devido à restrita base genética (Hamrick & Godt 1996). Para espécies com sistema de auto-incompatibilidade, como a bromélia *Dyckia distachya* Hassler (Wiesbauer 2008), é de fundamental importância que vários genótipos sejam incluídos (Hamrick & Godt 1996), já que o principal objetivo dos programas de re-introdução é formar populações resilientes e auto-sustentáveis, e que apresentem diversidade genética suficiente para resistir às mudanças evolutivas (Guerrant 1996).

Devido as reófitas serem um grupo de plantas altamente especializado, ocorrendo exclusivamente às margens e ilhas rochosas de rios de fluxo rápido e encachoeirados (Klein 1979; Van Steenis 1981), tornam-se suscetíveis a perda de habitat, devido a construção dos empreendimentos hidrelétricos. Apesar disso, são escassas as pesquisas com essas espécies no Brasil, podendo-se citar na região Sul os trabalhos com as bromélias *Dyckia brevifolia* Baker (Rogalski 2007, Rogalski & Reis 2009; Rogalski *et al.* 2009), *Dyckia ibiramensis* Reitz (Hmeljevsky 2007; Hmeljevsky & Reis 2009; Hmeljevsky *et al.* 2011) e *D. distachya* (Wiesbauer 2008; Wiesbauer & Reis 2009). Neste sentido, estudos sobre a ecologia das reófitas são de fundamental importância para fornecer maior embasamento às medidas de conservação necessárias ao grupo.

Dyckia distachya é uma espécie endêmica das ilhas ou margens rochosas das corredeiras da Bacia do Rio Uruguai (Reitz 1983; Wiesbauer & Reis 2009). Devido a construção de três usinas hidrelétricas nessa bacia (Itá em 2000, Machadinho em 2002 e Barra Grande em 2005), sete das oito populações conhecidas da espécie foram extintas na natureza em apenas cinco anos. A única população natural dessa bromélia está no Salto Yucumã, na divisa do Brasil com a Argentina (Reis *et al.* 2005; Wiesbauer & Reis 2009).

Alguns indivíduos foram resgatados e translocados para locais de conservação *ex situ* ou introduzidos em afluentes nas regiões de influência indireta das usinas, contudo,

foram poucas as áreas *inter situ* em que as touceiras sobreviveram, devido a maioria das plantas terem sido carregadas pelas enxurradas (Wiesbauer & Reis 2009).

Assim, como a maioria das tentativas de introdução de plantas adultas de *D. distachya* não teve sucesso, neste estudo foram utilizados indivíduos jovens para tentar fundar populações auto-sustentáveis dessa bromeliácea na natureza. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi testar diferentes metodologias para a introdução de plantas jovens dessa reófita em cinco áreas de conservação *inter situ* na região de influência indireta da Usina Hidrelétrica Barra Grande, e monitorar a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa desses indivíduos.

As questões a serem respondidas foram: (1) plantas jovens podem ser usadas como fonte de propágulo para a introdução de *D. distachya*? (2) as metodologias de plantio utilizadas influenciaram na mortalidade das plantas? (3) a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa varia em relação ao tamanho do jovem? e a área de relocação? (4) a cobertura vegetal associada, a presença ou ausência de água empoçada na fresta, a largura da fresta e a submersão temporária das plantas influenciaram a sobrevivência e o crescimento dos jovens de *D. distachya*?

2. Materiais e Métodos

2.1. Descrição das áreas de relocação

Os locais para a introdução de *D. distachya* foram escolhidos através de uma expedição realizada em 2005 pela equipe do Laboratório de Restauração Ambiental Sistêmica (UFSC) ao longo do rio Uruguai e seus afluentes. Contudo, os habitats reofíticos nessa região foram quase todos extintos com a construção das usinas hidrelétricas ou estão comprometidos com a implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) (Reis *et al.* 2005).

Entre as áreas que apresentavam potencial para a introdução da espécie, foram escolhidas cinco, sendo uma no Rio Pelotas e quatro em afluentes. Esses locais foram chamados de áreas de relocação (AR), e receberam uma numeração de acordo com a sequência de introdução dos jovens.

As áreas de relocação foram: uma no Rio Pelotas (AR01), uma no Rio Lajeado dos Portões (AR02), uma no Rio Varões (AR03) e duas no Rio Vacas Gordas (AR04 e AR05)

(Figura 01). Em todas as áreas havia plantas adultas da espécie, que foram introduzidas em 2006 nas AR01 e AR02, e em 2009 nas AR03, AR04 e AR05 (Meio Biótico 2009).

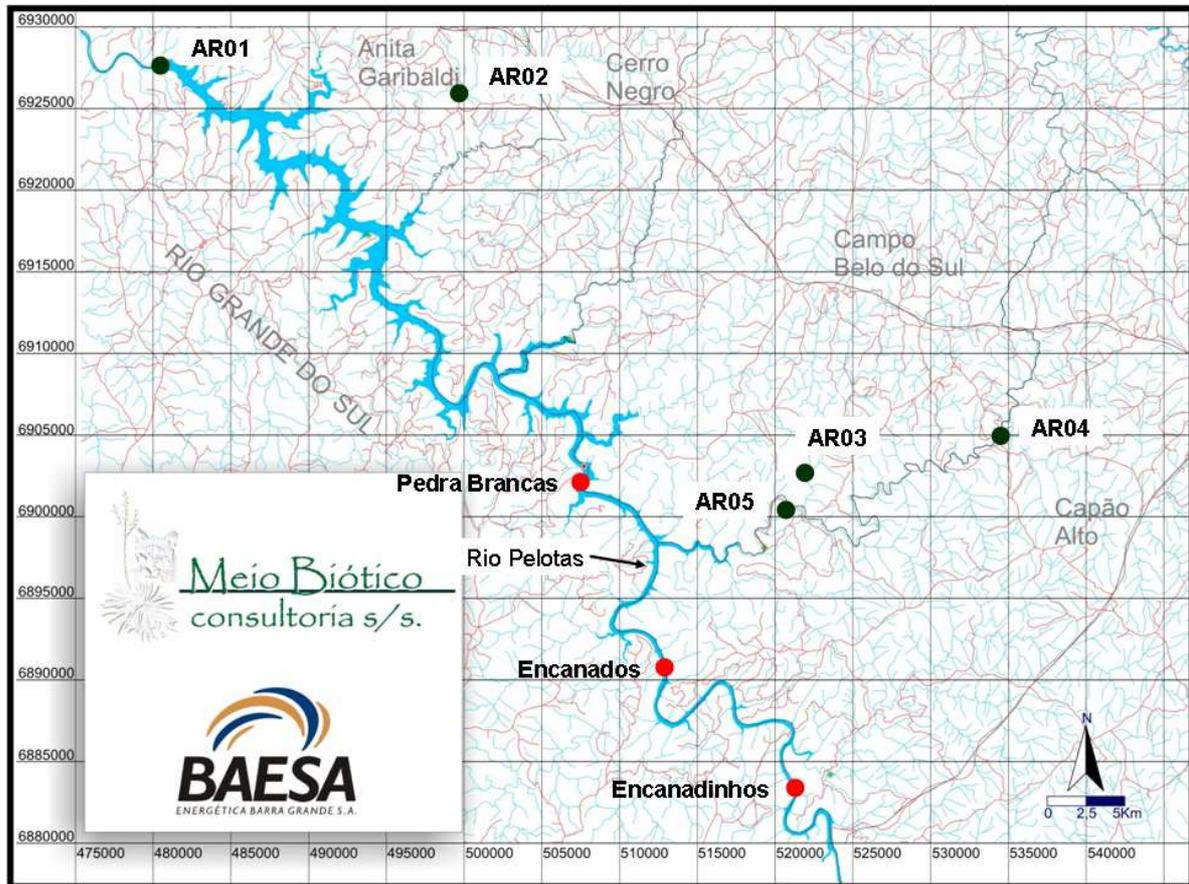


Figura 01: Mapa de localização geográfica com três populações naturais de *Dyckia distachya* Hassler (Pedras Brancas, Encanados e Encanadinhos) no Rio Pelotas, que foram alagadas com a construção da UHE Barra Grande, e as cinco áreas que foram introduzidas plantas jovens da espécie: AR01 - Rio Pelotas; AR02 - Rio Lajeado dos Portões; AR03 - Rio Varões; AR04 e AR05 - Rio Vacas Gordas. Fonte: Meio Biótico 2009.

A AR01 é uma área à jusante do reservatório da usina da UHE Barra Grande, no município de Pinhal da Serra (RS). A AR02 está em um local de reassentamento de famílias que foram transferidas da região que foi inundada com o lago da UHE Barra Grande, no município de Anita Garibaldi (SC). As outras três áreas localizam-se em Campo Belo do Sul (SC), sendo que as AR03 e AR05 fazem parte da RPPN da Fazenda Gateados, e a AR04 está em uma propriedade particular. Na Tabela 01 encontra-se a distância geográfica ao longo do rio entre as cinco áreas de relocação e na Tabela 02 estão a distância entre as três populações de *D. distachya* no Rio Pelotas, alagadas com a UHE Barra Grande.

Tabela 01: Distância geográfica (km) ao longo dos rios entre as cinco áreas de introdução de jovens de *Dyckia distachya* Hassler na região de influência indireta da Usina Hidrelétrica Barra Grande (Fonte: Meio Biótico 2009).

Áreas de relocação*	AR01	AR02	AR03	AR04	AR05
AR01	-				
AR02	32	-			
AR03	77	94	-		
AR04	102	120	31	-	
AR05	73	91	4	29	-

* AR01 - Rio Pelotas; AR02 - Rio Lajeado dos Portões; AR03 - Rio Varões; AR04 e AR05 - Rio Vacas Gordas.

Tabela 02: Distância geográfica (km) ao longo do rio Pelotas entre as três populações de *Dyckia distachya* Hassler alagadas com a Usina Hidrelétrica Barra Grande no ano de 2005 (Fonte: Wiesbauer 2008).

Populações	Encanados	Encanadinhos	Pedras Brancas
Encanados	-		
Encanadinhos	17,5	-	
Pedras Brancas	17,1	34,6	-

As áreas de relocação foram divididas em duas categorias de conservação:

- Conservação *inter situ* reófilo: ambientes que apresentavam margens e ilhas rochosas em rios de fluxo rápido, semelhante ao habitat natural desta reófito. Foram quatro áreas, que são as AR02, AR03, AR04 e AR05.

- Conservação *inter situ* não reófilo: Foi uma área, que é o local à jusante do reservatório da usina (AR01). Apresentava algumas rochas, mas não havia fluxo rápido de água, e as plantas ficavam submersas quando o vertedouro da usina era aberto.

2.2. Coleta de sementes e produção de plantas jovens

A coleta de sementes de *D. distachya* ocorreu em duas áreas de relocação da espécie na região de influência da UHE Barra Grande, no município de Pinhal da Serra (RS). Uma área está as margens do lago da usina e a outra à jusante do reservatório, e foram plantadas 4.480 e 2.162 rosetas, respectivamente (Meio Biótico 2009). A origem deste material foi a partir de indivíduos coletados no ano de 2005 nas três populações da espécie no Rio Pelotas (Pedras Brancas, Encanados e Encanadinhos - Figura 01), antes de serem alagadas pela hidrelétrica.

Entre novembro e dezembro de 2006 foram coletadas todas as infrutescências nas duas áreas de relocação. As sementes foram semeadas em vasos, e depois as mudas foram transferidas para um canteiro linear com 10 metros de comprimento (Meio Biótico 2009). Assim, as plantas jovens produzidas são provenientes do cruzamento das três populações originais da espécie do Complexo da UHE de Barra Grande.

2.3. Metodologias de Introdução

No programa de introdução de plantas jovens de *D. distachya* foram utilizadas duas metodologias de introdução:

- Plantio espaçado: as plantas foram retiradas dos canteiros e sofreram podas nas raízes, que ficaram com comprimento entre cinco e dez centímetros. Posteriormente, houve uma triagem, em que os jovens foram separados em três categorias de tamanho de acordo com o diâmetro no colo: jovem 1 (menos de 1,0cm), jovem 2 (entre 1,0 a 1,5cm) e jovem 3 (com mais de 1,5cm). Nas áreas de conservação *inter situ* reófilo o plantio foi realizado nas margens e ilhas rochosas dos rios. Os jovens foram plantados com uma distância entre eles de 5 a 10 cm. Os locais de plantio foram divididos em três categorias: fresta estreita, com até 10 cm de largura (Figuras 02 A-B), onde geralmente foi utilizado estaquinhas de madeira para ajudar a fixar as plantas (Figura 02B), fresta média, com largura entre 11 e 50 cm (Figura 02C) e frestas largas, com mais de 50 cm de largura (Figura 02D). Em cada fresta estreita foram plantados de 10 a 20 indivíduos, na fresta média de 20 a 50, e na fresta larga entre 50 e 270 jovens. O plantio espaçado foi realizado em quatro áreas de relocação (AR01, AR02, AR03 e AR04), sendo que na AR01 os jovens foram plantados entre as plantas adultas já existentes na área (Figura 02E).

- Plantio adensado: os jovens foram retirados dos canteiros de forma agrupada, formando uma leiva compacta devido ao entrelaçamento das raízes das plantas. Nestas leivas não houve separação por classe de tamanho de jovem, pois os indivíduos foram plantados juntos. Uma leiva de jovens formou um bloco, com tamanho variando entre 0,30 e 1,90 m², que foi plantado em canteiros entre as rochas, nas margens (Figura 02F) e ilhas rochosas dos rios. O número de indivíduos em cada bloco variou entre 100 e 360, com 120 a 550 ind./m². Essa metodologia de plantio foi utilizada nas quatro áreas de conservação *inter situ* reófilo (AR02, AR03, AR04 e AR05).

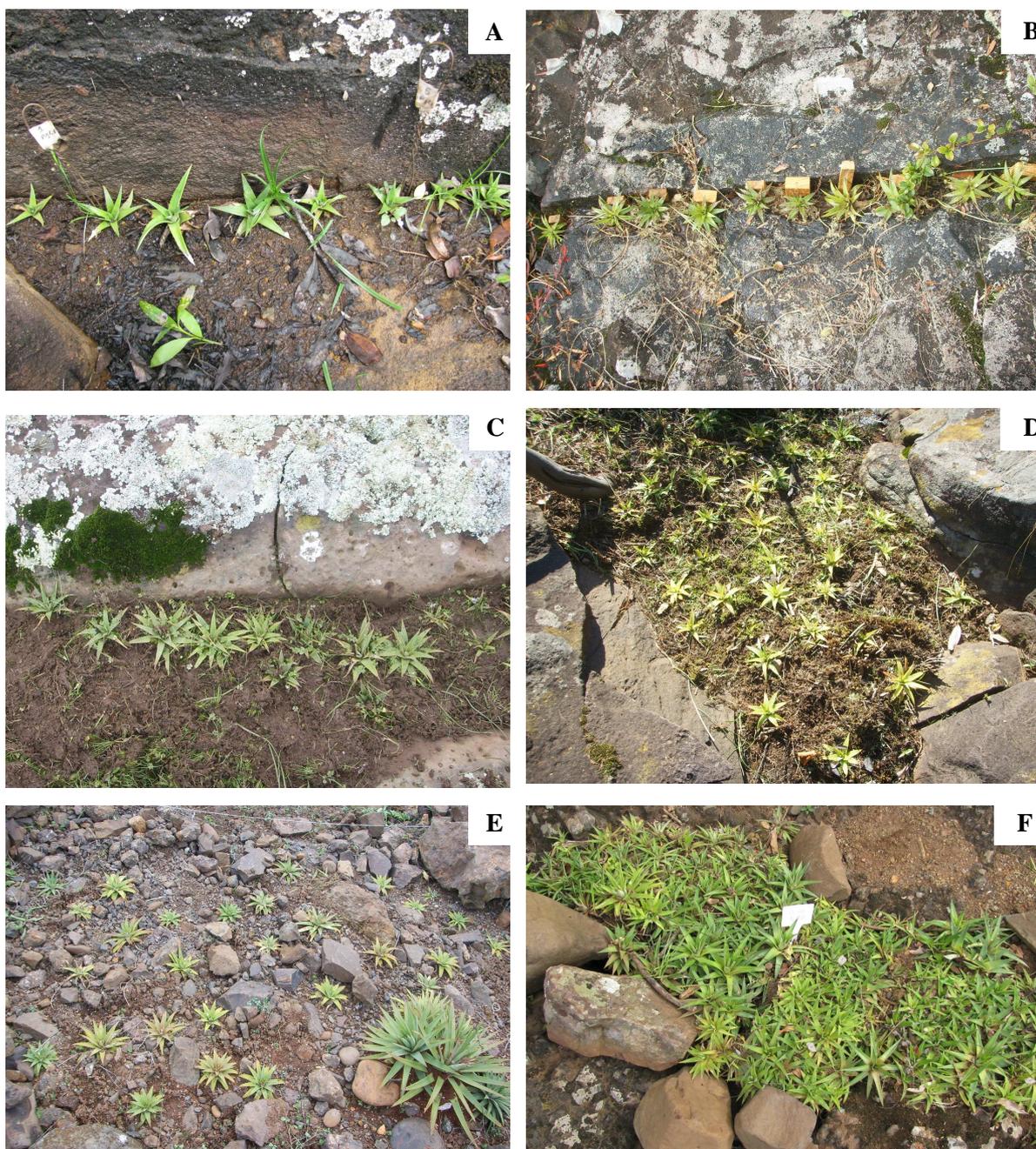


Figura 02: Metodologias de introdução de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler em áreas de conservação *inter situ*, na região de influência indireta da UHE Barra Grande. Plantio espaçado em fresta rochosa estreita de jovens 1 (A) e jovens 3, com uso de estaquinhas de madeira (B), no Rio Varões (AR03). Plantio espaçado em fresta rochosa média de jovens 3 (C) e fresta larga com jovens 2 (D) no Rio Lajeado dos Portões (AR02). Plantio espaçado de jovens 3 entre plantas adultas de *D. distachya*, na área à jusante do reservatório da UHE Barra Grande (AR01) (E). Plantio adensado em canteiro entre rochas no Rio Vacas Gordas (AR05) (F).

A introdução nos dois métodos ocorreu no ano de 2009, mas devido a questões logísticas, foram realizadas em datas distintas. O plantio espaçado ocorreu quando os

jovens tinham dois anos, sendo em fevereiro nas AR01 e AR02, e em maio nas AR03 e AR04. O plantio adensado foi realizado em novembro, período em que as plantas tinham três anos de idade. A fixação dos jovens neste método ocorreu em fendas rochosas que estavam acima do plantio espaçado, porque em novembro o nível dos rios estava alto e as frestas próximas da água estavam submersas.

Foram introduzidos 8.762 indivíduos, sendo 5.055 no plantio espaçado (Figura 02 A-E) (1.550 jovens 1, 1.990 jovens 2 e 1.515 jovens 3) e 3.707 no plantio adensado (Figura 02F). O número de jovens plantados em cada área de relocação variou entre 1.200 (AR01) e 2.496 (AR02) (Tabela 03). Essa variação no número de indivíduos introduzidos em cada local foi devido ao número de frestas com condições adequadas para fixar as plantas e as metodologias de introdução utilizadas. Nas frestas onde havia a presença de gramíneas, estas foram retiradas para tentar diminuir a cobertura vegetal associada.

Na única área de conservação *inter situ* não reófilo (AR01), foram introduzidos 1.200 jovens no plantio espaçado (Figura 02E), sendo 400 jovens em cada categoria de tamanho (Tabela 03). O plantio foi realizado em parcelas com 50 indivíduos (8 repetições em cada classe de jovem), sendo que em algumas o plantio foi simétrico, e em outras os jovens foram dispostos ligando as touceiras adultas, para formar, futuramente, touceiras densas, como ocorria nas populações naturais da espécie.

Na AR02 foram introduzidas 1.235 plantas no plantio espaçado e 825 no adensado, totalizando 2.060 indivíduos (Tabela 03). O plantio espaçado foi realizado em 16 pontos na margem esquerda do rio (Figura 02C), em 18 pontos em uma grande ilha rochosa (Figura 02D) e em 14 pontos em pequenas ilhas com macrófitas e gravatá (*Eringium* sp.). No plantio adensado foram introduzidos quatro blocos na margem esquerda do rio.

Na AR03 a introdução foi realizada com 1.842 jovens (Tabela 03). No plantio espaçado foram introduzidos 1.292 indivíduos, em 22 pontos na margem esquerda (Figura 02B) e 19 na margem direita do rio Varões (Figura 02A). O plantio adensado foi realizado com 550 jovens, que foram plantado dois blocos.

Na AR04 foram relocados 2.141 jovens (Tabela 03). No plantio espaçado foram introduzidos 1.328 indivíduos, sendo plantados em três ilhas em 13 pontos, e nas margens direita e esquerda do rio Vacas Gordas, em 16 e 17 pontos, respectivamente. O plantio adensado foi realizado com 821 jovens, em 3 blocos na margem direita do rio.

Tabela 03: Áreas de relocação, data da introdução, metodologias e número de jovens introduzidos de *Dyckia distachya* Hassler na região de influência da UHE Barra Grande.

Áreas de relocação	Conservação	Data da Introdução	Plantio espaçado*				Plantio adensado	Total
			J1	J2	J3	Total		
AR01 - Rio Pelotas	<i>inter situ</i> não reófilo	fevereiro/09	400	400	400	1200	-	1200
AR02 - Rio Lajeado dos Portões	<i>inter situ</i> reófilo	fevereiro/09	480	390	365	1235	-	1235
		novembro/09	-	-	-	-	825	825
		Total	480	390	365	1235	825	2060
R03 - Rio Varões	<i>inter situ</i> reófilo	maio/09	530	550	212	1292	-	1292
		novembro/09	-	-	-	-	550	550
		Total	530	550	212	1292	550	1842
AR04 - Rio Vacas Gordas	<i>inter situ</i> reófilo	maio/09	140	650	538	1328	-	935
		novembro/09	-	-	-	-	821	821
		Total	140	650	538	1328	821	2149
AR05 - Rio Vacas Gordas	<i>inter situ</i> reófilo	novembro/09	-	-	-	-	1511	1511
Total			1550	1990	1515	5055	3707	8762

* Jovens separados em três classes de tamanho de acordo com o diâmetro no colo: J1 - jovem 1 (<1 cm); J2 - jovem 2 (entre 1,0 e 1,5 cm); J3 - jovem 3 (> 1,5 cm).

Na AR05, que também está localizada no rio Vacas Gordas, foi utilizado somente o método adensado (Figura 02F), e foram introduzidos 1.511 jovens (Tabela 03), em nove blocos na margem direita do rio.

2.4. Caracterização climática da região

Foi realizada a caracterização climática dos anos de 2009 e 2010 através de um diagrama climático segundo o modelo proposto por Walter (1986). Esta caracterização foi elaborada a partir de dados provenientes dos Relatórios Técnicos Mensais de Monitoramento Climatológico da UHE Barra Grande para as estações meteorológicas de Campo Belo do Sul (SC) (FUNDAGRO 2009; FUNDAGRO 2010).

2.5. Monitoramento

No plantio espaçado, o monitoramento da sobrevivência das plantas jovens foi realizado nas AR01 e AR02 aos três, seis, nove, 15, 18 e 21 meses, e nas AR03 e AR04 aos três, seis, 12, 15, 18 e 21 meses após a introdução. Além de ser avaliado o total de *genets* (origem a partir de semente), também foi avaliado o número de *ramets* (origem através de reprodução vegetativa) em todas as quatro áreas após 15, 18 e 21 meses da relocação.

No plantio adensado foi monitorado o número total de indivíduos, independente de serem *genet* ou *ramet*. A avaliação foi realizada após seis, nove, 12 e 15 meses da introdução.

As análises da sobrevivência no plantio espaçado e do número total de indivíduos (*genet* e *ramet*) nos plantios espaçado e adensado foram realizadas através da tabela de contingência (teste χ^2 de partição).

No plantio espaçado, a avaliação do crescimento e reprodução vegetativa nos jovens ocorreu durante um ano, entre agosto de 2009 e agosto de 2010. As avaliações foram realizadas nas AR01 e AR02 após seis, nove e quinze meses, e nas AR03 e AR04 após três, seis e doze meses da introdução. Em cada área foram monitorados 90 jovens, sendo 30 em cada classe de tamanho, com seis repetições de cinco indivíduos, e cada repetição foi realizada em uma fresta rochosa. Nessas plantas foi medido o diâmetro da roseta, marcada a quarta folha com tinta nanquim e contado o número de *ramets*. A partir destes parâmetros foi avaliado o crescimento do diâmetro e a produção de novas folhas e

de *ramets*. As análises foram realizadas através da média e do intervalo de confiança em torno da média (IC). Também foi avaliado a correlação entre o crescimento do diâmetro, emissão de folhas e de *ramets* através do coeficiente de correlação de Spearman (não paramétrico), pois os parâmetros não apresentaram normalidade segundo o teste D'Agostino (Zar 1996).

Após os 21 meses da introdução, foi realizado um censo do número de *ramets* produzidos por cada jovem no plantio espaçado, nas quatro áreas de relocação. As análises foram realizadas através da média e do intervalo de confiança em torno da média (IC).

No plantio adensado foi monitorada a produção de folhas. As avaliações foram realizadas durante um ano, entre novembro de 2009 e novembro de 2010. As plantas foram marcadas após a introdução e a avaliação foi realizada após seis, nove e doze meses da relocação. Em cada área (AR02, AR03, AR04 e AR05) foram avaliados 40 indivíduos (8 repetições de cinco jovens). As análises foram realizadas através da média e do intervalo de confiança em torno da média (IC).

Nos dois métodos de plantio também foi observado o crescimento das plantas em relação ao seu estágio de vida, através do monitoramento da emissão de inflorescência pelas plantas, caracterizando a mudança do estágio juvenil para o adulto.

Para evidenciar os padrões de similaridade na sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa dos jovens no plantio espaçado, em relação as três classes de tamanho e as áreas de introdução, foi realizado uma análise de agrupamento através do método de ligação WARD, utilizando o coeficiente de Bray Curtis. Também foi calculado o coeficiente de correlação cofenética (r) para avaliar o ajuste dos valores de similaridade expressos no dendrograma em relação a matriz original (Legendre & Legendre 1998).

No plantio espaçado, também foi avaliada a influência das características ambientais em relação a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa dos jovens em cada área de relocação, através de uma análise de correspondência canônica (CCA). A matriz "comunidade" foi formada pelas variáveis: percentagem de sobrevivência, diâmetro da roseta, crescimento do diâmetro, número de folhas e de *ramets* produzidos. Na matriz "ambiente" as variáveis foram: presença ou ausência de água empoçada na fresta, largura da fresta (estreita, média ou canteiro), submersão das plantas e cobertura vegetal associada.

A classificação da submersão foi realizada de acordo com a distância da fresta rochosa em relação ao leito normal do rio, sendo classificada em: frequente (fresta as margens do leito normal), esporádica (fresta no leito de inundação) e rara (fresta no limite de inundação do rio). A cobertura vegetal associada foi classificada de acordo com o grau

de sombreamento nos jovens de *D. distachya*, que foi classificada em: baixa (vegetação estava sob os jovens), média (vegetação estava na mesma altura dos jovens) e alta (vegetação estava sombreando os jovens).

Para definir a significância da influência destas variáveis ambientais, esta foi quantificada através da rotina “envfit” no pacote “vegan”, que após a obtenção de um valor de r^2 para os descritores ambientais, utiliza um processo de randomização para definir a significância destas variáveis (999 permutações) para todos os eixos em conjunto (Oksanen *et al.* 2010)

As análises foram realizadas utilizando os softwares Statistica 7.0, R (R Development Core Team 2005) e MVSP (Multi-Variate Statical Package) (Kovach 1998).

3. Resultados

3.1. Caracterização Climática da Região

No ano de 2009, o clima foi caracterizado por um período de pluviosidade baixa, principalmente no mês de abril, seguido de um período super-úmido, que ocorreu entre os meses de julho e outubro. Em 2010, entre janeiro e maio também houve uma estação super-úmida, e os meses com menor pluviosidade foram em julho e agosto (Figura 03).

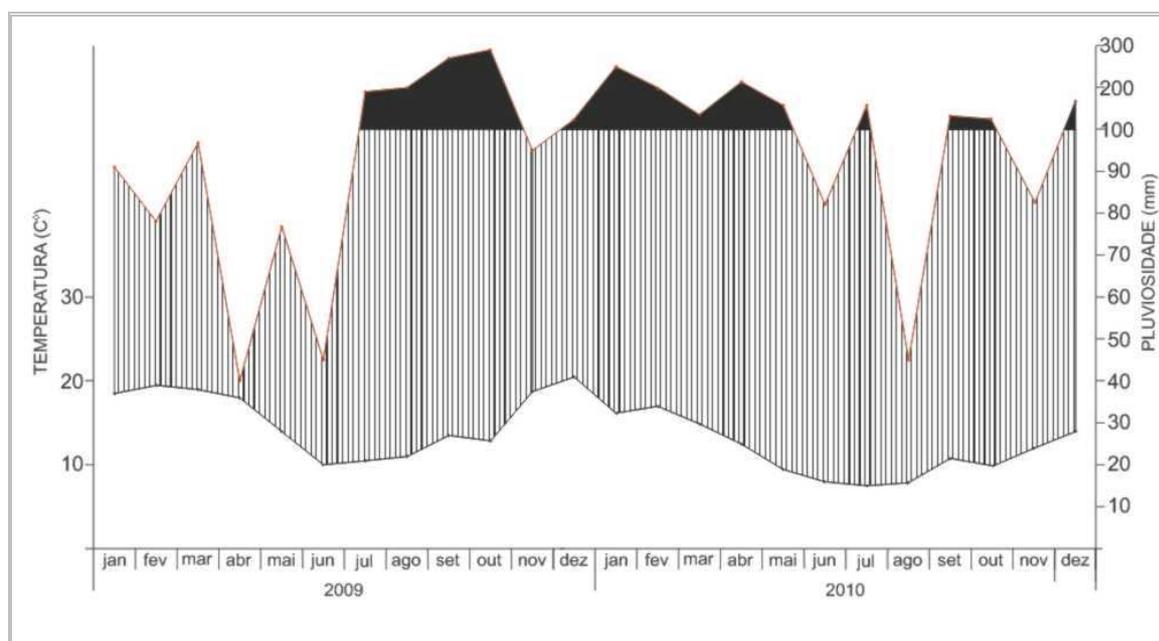


Figura 03: Diagrama climático do município de Campo Belo do Sul (SC) durante os anos de 2009 e 2010. Curva da temperatura - linha preta; curva de precipitação - linha vermelha; estação úmida - $P > T$ (área com sombreamento vertical); estação super-úmida - $P > 100\text{mm}$ (área em preto).

3.2. Sobrevivência, Crescimento e Reprodução Vegetativa das Plantas Jovens

Após 15 meses da introdução, o total de rosetas no plantio espaçado foi de 2.562 (2.357 *genets* e 205 *ramets*) e no adensado foi de 2.750. Já a proporção de rosetas em relação ao número introduzido foi de 74,2% e 50,7%, respectivamente, nos plantios adensado e espaçado (Tabela 04).

Tabela 04: Número de *genets*, *ramets* e total de rosetas após 15 meses da introdução no plantio espaçado e adensado, em cinco áreas de relocação de *Dyckia distachya* Hassler na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Plantio	Introdução	Após 15 meses			
		<i>genets</i>	<i>ramets</i>	total de rosetas	%
Espaçado	5.055	2.357	205	2.562	50,7
Adensado	3.707	-	-	2.750	74,2
Total	8.762	2.357	205	5.312	60,6

Nas três áreas de relocação em que foram utilizadas as duas metodologias (AR02, AR03 e AR04), o número de mortes no método adensado foi menor em relação ao espaçado, até os 15 meses da introdução (Figuras 04 A-B).

O número de indivíduos no plantio adensado diminuiu nos seis meses após a introdução nas quatro áreas de relocação (Figura 04A), sendo que neste período a mortalidade total foi de 16,5%. Até o sexto mês da relocação, entre os 18 blocos de jovens, em dois foram carregadas mais de 50% das rosetas com a correnteza, sendo um na AR04 e outro na AR05, já as perdas nos outros 16 blocos foram no máximo de 40%. A principal responsável pela mortalidade foi as fortes enxurradas, que carregaram principalmente as rosetas que estavam nas extremidades das leivas, contudo, em 88,8% dos blocos as perdas foram menores que 50%, indicando a fixação das plantas.

No plantio adensado, até os 15 meses da introdução, as menores perdas ocorreram na AR02 ($\chi^2=11,55$, GL=3, $p<0,01$), em que a proporção de rosetas em relação ao número introduzido foi de $78,7 \pm 17,7\%$, já entre as outras três áreas, não houve diferença nesse valor ($\chi^2=0,41$, GL=2, $p>0,05$) (Tabela 05). Até o 15º mês da introdução, na maioria dos blocos (44,4%) as perdas foram menores que 20%, e em nenhum bloco esse valor foi maior que 80%.

No plantio espaçado, as taxas de mortalidade foram maiores no primeiro ano de introdução (47,2%) em relação ao segundo (17,1%), e acredita-se que a principal

responsável tenha sido as fortes enxurradas. No sexto mês da relocação, a sobrevivência total foi de 58,3%, e aos 21 meses da introdução, esse valor foi de 42,5%, assim, observa-se que a mortalidade das plantas foi maior nos primeiros seis meses após o plantio.

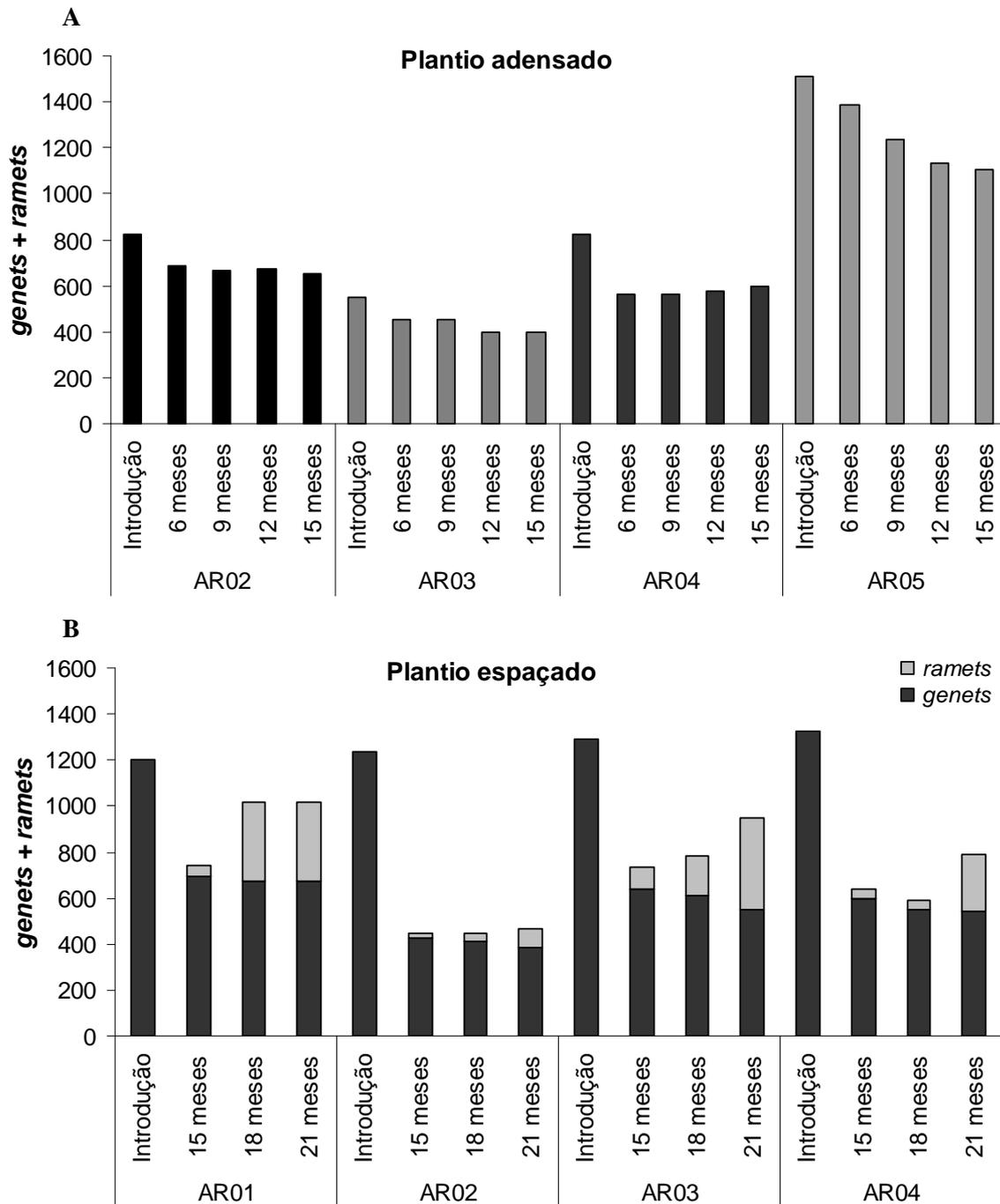


Figura 04: Número jovens introduzidos de *Dyckia distachya* Hassler e de rosetas (*genets* e *ramets*) no plantio adensado entre 6 e 15 meses (A), e no plantio espaçado entre 15 e 21 meses (B), em cinco áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande. AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 e AR05 - Rio Vacas Gordas.

Tabela 05: Número e percentagem de rosetas (*genets* e *ramets*) em relação ao introduzido, após 15 meses da introdução de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler no plantio adensado, em quatro áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Áreas de relocação *	Introdução	Blocos	Após 15 meses	% **
AR02	825	4	649	78,7 ± 17,7 a
AR03	550	3	395	71,8 ± 17,5 b
AR04	821	3	600	73,1 ± 27,3 b
AR05	1.511	9	1.106	73,2 ± 22,7 b
Total	3.707	18	2.750	74,2 ± 20,2

* AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR05 - Rio Vacas Gordas.

** Valores precedidos de letras distintas diferem pelo teste χ^2 partição ($p < 0,05$).

No plantio espaçado, a sobrevivência na área de conservação *inter situ* não reófilo (AR01) foi maior que nas três áreas *inter situ* reófilo. Contudo, foi observado na AR01 uma alta competição com o trevo branco (*Trifolium repens* L.), e é necessário a retirada dessa espécie, pois pode interferir futuramente na sobrevivência dos jovens de *D. distachya*.

Nos três locais *inter situ* reófilo, as perdas ocorreram principalmente nos seis primeiros meses da introdução, em que a sobrevivência dos jovens nas AR02 e AR03 foi de 55,7% e 54,5%, não apresentando diferença significativa ($\chi^2=0,36$, GL=1, $p>0,05$), já a AR04 apresentou a menor percentagem de sobreviventes, com 50,2% ($\chi^2=8,65$, GL=2, $p<0,05$) (Figura 05A).

Após 15 meses da introdução no plantio espaçado, as taxas de sobrevivência nos três locais *inter situ* reófilo foram inferiores a 50%. Em todas as áreas, as menores taxas de mortalidade ocorreram entre o 15º e o 21º mês após o plantio, sendo de 0,3% na AR04, 1,8% nas AR01 e AR02 e de 6,7% na AR03.

Até 21 meses da relocação, a AR01 foi a área com a maior percentagem de sobrevivência, com 55,9% ($\chi^2=157,18$, GL=3, $p<0,001$), sendo a única em que mais da metade dos jovens introduzidos sobreviveram. A sobrevivência nas AR03 e AR04 foi de 42,8% e 41%, respectivamente, não apresentando diferença significativa ($\chi^2=0,84$, GL=1, $p>0,05$), e o menor valor foi na AR02, com 32,6% ($\chi^2=43,62$, GL=2, $p<0,001$) (Figura 05A).

Em relação as três categorias de tamanho no plantio espaçado, durante os 21 meses de monitoramento, a sobrevivência dos jovens 3 foi maior que das outras duas classes, e os

valores nos jovens 1 foram os menores. No sexto mês da introdução, mais de 50% dos jovens 1 haviam morrido, já nos jovens 2 esse valor foi de 38,9% e nos jovens 3, 23,1%. Até 21 meses da relocação, a única classe em que mais da metade dos jovens sobreviveram foi os jovens 3, com 60%, já os valores nos jovens 2 e 1 foram de 42,6% e 25,4%, respectivamente (Figura 05B).

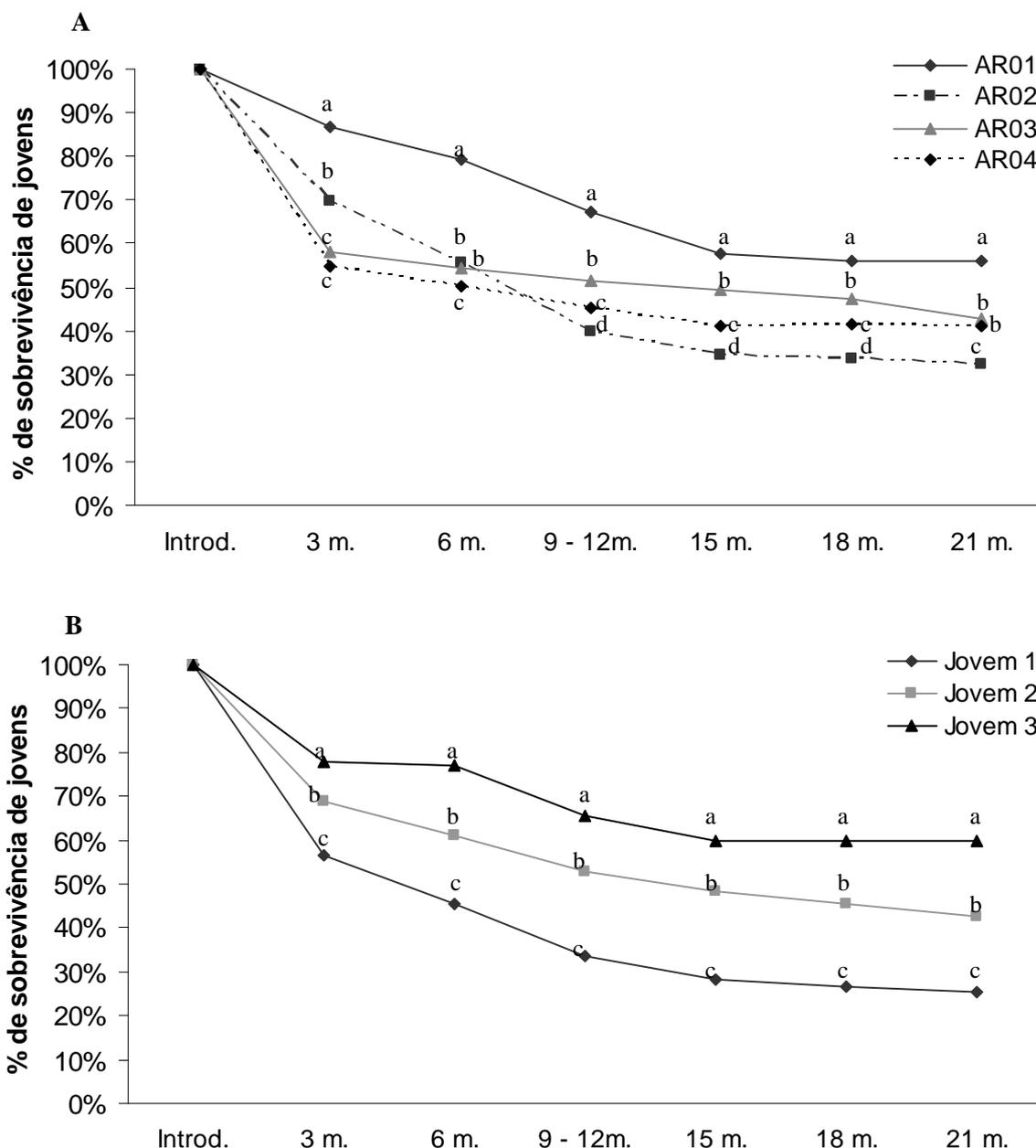


Figura 05: Sobrevivência de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler no plantio espaçado, no período entre 3 e 21 meses após a introdução, em relação a área de relocação (A) e categoria de tamanho de jovem (B), na região de influência indireta da UHE Barra Grande. AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 - Rio Vacas Gordas. Valores com letras distintas diferem pelo teste χ^2 de partição ($p < 0,05$).

Na área *inter situ* não reófilo (AR01), a sobrevivência dos jovens 1 foi menor que das outras duas classes de tamanho. A partir dos nove meses da introdução, a sobrevivência dos jovens 3 foi maior que a dos jovens 2 ($\chi^2=8,9$, GL=1, $p<0,01$). No 21º mês da relocação, a sobrevivência foi de 80,8% nos jovens 3, 63,3% nos jovens 2 e 23,8% nos jovens 1 (Figura 06A), sendo as enxurradas a principal causa da mortalidade.

Na AR02, no sexto mês da introdução, a sobrevivência dos jovens 3 foi menor que a dos jovens 2 ($\chi^2=7,4$, GL=1, $p<0,01$), mas a partir do 15º mês, os valores nos jovens 3 foram maiores que dos jovens 2 ($\chi^2=4,5$, GL=1, $p<0,05$). A sobrevivência dos jovens 1 foi menor que nas outras duas categorias. Até os 21 meses da introdução, esta foi a única área em que mais da metade dos indivíduos morreram nas três classes de tamanho, com 17,9%, 34,7% e 44,4% de sobreviventes nos jovens 1, 2 e 3, respectivamente (Figura 06B). Nessa área, além das enxurradas, o pisoteio do gado, a competição com gramíneas e a presença de água empçada nas frestas também causaram a morte de alguns indivíduos de *D. distachya*.

Na AR03 houve diferença na sobrevivência entre os jovens 2 e 3 a partir dos 18 meses da introdução ($\chi^2=5,6$, GL=1, $p<0,05$), em que os valores foram de 55,6% e 65,6%, respectivamente. A sobrevivência dos jovens 1 foi menor em relação as outras duas classes (Figura 06C), e isso ocorreu devido a 270 jovens dessa classe de tamanho terem sido herbivorados por porcos do mato logo após a introdução.

A AR04 foi a única área de relocação em que durante os 21 meses da introdução a sobrevivência dos jovens 1 foi maior que a dos jovens 2. Aos 3 meses, não houve diferença significativa na sobrevivência dos jovens 1 e 3 ($\chi^2=3,3$, GL=1, $p>0,05$). Entre os seis e 12 meses da relocação, os valores nos jovens 3 foram maiores que dos jovens 1, mas a partir dos 15 meses, a sobrevivência entre essas duas classes não diferiu ($\chi^2=0,86$, GL=1, $p>0,05$). Aos 21 meses, não houve diferença nos valores entre os jovens 1 e 3, com 47,2% e 52,9% ($\chi^2=0,86$, GL=1, $p>0,05$), respectivamente, sendo a única área em que a sobrevivência entre a menor e a maior classe de tamanho não diferiu, além de ser maior que dos jovens 2, com 29,7% ($\chi^2=$, GL=1, $p<0,05$) (Figura 06D).

Nas AR03, AR04 e AR05, nos dois métodos de plantio, foi observado a predação da lagarta da borboleta *Strymon rufofuscus* Hewitson. Ela se alimenta do mesófilo foliar dessa bromélia, e causou a morte de vários jovens, principalmente no segundo ano da introdução.

Três indivíduos produziram inflorescências, sendo um na AR03, aos 18 meses da introdução, e dois na AR01, aos 21 meses da relocação. Os três estavam no plantio

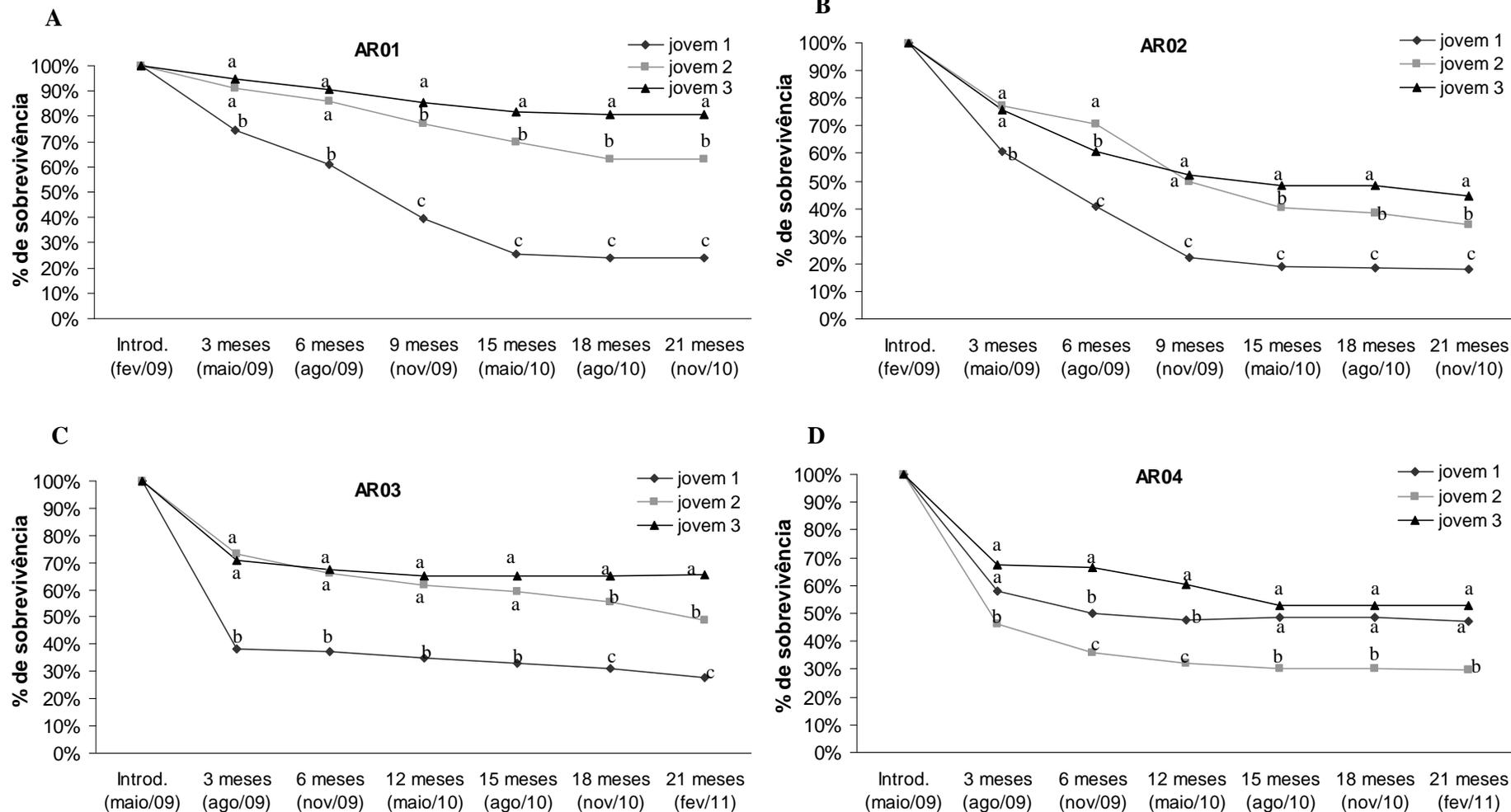


Figura 06: Sobrevivência de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler no plantio espaçado, no período entre 3 e 21 meses após a introdução, em quatro áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande. AR01 - Rio Pelotas (A), AR02 - Rio Lajeado dos Portões (B), AR03 - Rio Varões (C), AR04 - Rio Vacas Gordas (D). Valores com letras distintas diferem pelo teste χ^2 de partição ($p < 0,05$).

espaçado, na categoria jovem 3, e tinham um diâmetro médio da roseta de 20 (\pm 0,2) cm. Assim, esses indivíduos alcançaram a idade reprodutiva aos quatro anos de idade, sendo que durante dois anos eles estavam no viveiro e os outros dois anos na natureza.

Após 15 meses da introdução no plantio espaçado, o número de *genets* ficou praticamente estável em todas as áreas de relocação (Figura 04B). Até 21 meses da introdução, o número total de rosetas nesse método de plantio foi de 3.217, sendo 2.148 *genets* e 1069 *ramets*, e os indivíduos produzidos via reprodução vegetativa representavam 33,2% das rosetas (Tabela 06). A percentagem total de rosetas (*genets* e *ramets*) em relação ao número de jovens introduzido no plantio espaçado foi de 63,6%, após 21 meses da relocação. Entre as quatro áreas, esse valor foi maior na AR01, com 84,5% ($\chi^2=647,74$, GL=3, $p<0,001$), e o menor foi na AR02, com 37,7% ($\chi^2=122,9$, GL=1, $p<0,001$) (Tabela 06).

Tabela 06: Número (n) e porcentagem (%) de *genets*, *ramets* e total de rosetas após 21 meses da introdução de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler no plantio espaçado, em quatro áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Áreas de relocação*	Número introduzido	após 21 meses					
		<i>genets</i>		<i>Ramets</i>		total de rosetas	% rosetas/ introduzido**
n	%**	n	%**				
AR01	1200	671	66,2% b	343	33,8% b	1014	84,5% a
AR02	1235	382	82,1% a	83	17,9% c	465	37,7% d
AR03	1292	550	58,1% c	397	41,9% a	947	73,3% b
AR04	1328	545	68,9% b	246	31,1% b	791	59,6% c
Total	5055	2148	66,8%	1069	33,2%	3217	63,6%

* AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 - Rio Vacas Gordas.

** Valores precedidos de letras distintas diferem pelo teste χ^2 de partição ($p<0,05$).

A AR03 foi a área com maior percentagem de *ramets* ($\chi^2=43,75$, GL=3, $p<0,001$), em que 41,9% das rosetas até os 21 meses da relocação eram provenientes de reprodução vegetativa. Não houve diferença na percentagem de *ramets* entre as AR01 e AR04, com 33,8% e 31,1% ($\chi^2=1,03$, GL=1, $p>0,05$), respectivamente, já a AR02 foi o local com menor valor, com 17,9% ($\chi^2=21,40$, GL=1, $p<0,01$) (Tabela 06).

Até os 21 meses da introdução no plantio espaçado, a área de relocação com maior número de *ramets* foi a AR03, com 397, já a AR02 apresentou o menor número de indivíduos produzidos via reprodução vegetativa, com 83 brotos (Tabela 06). Nessa data, o número de rosetas (*genets* e *ramets*) foi maior que o de jovens introduzidos somente nas plantas jovens 3 das AR01 e AR03, devido a produção de *ramets*. Em todas as áreas de relocação, a classe de tamanho com menor quantidade de rosetas foi os jovens 1 (Figura 07).

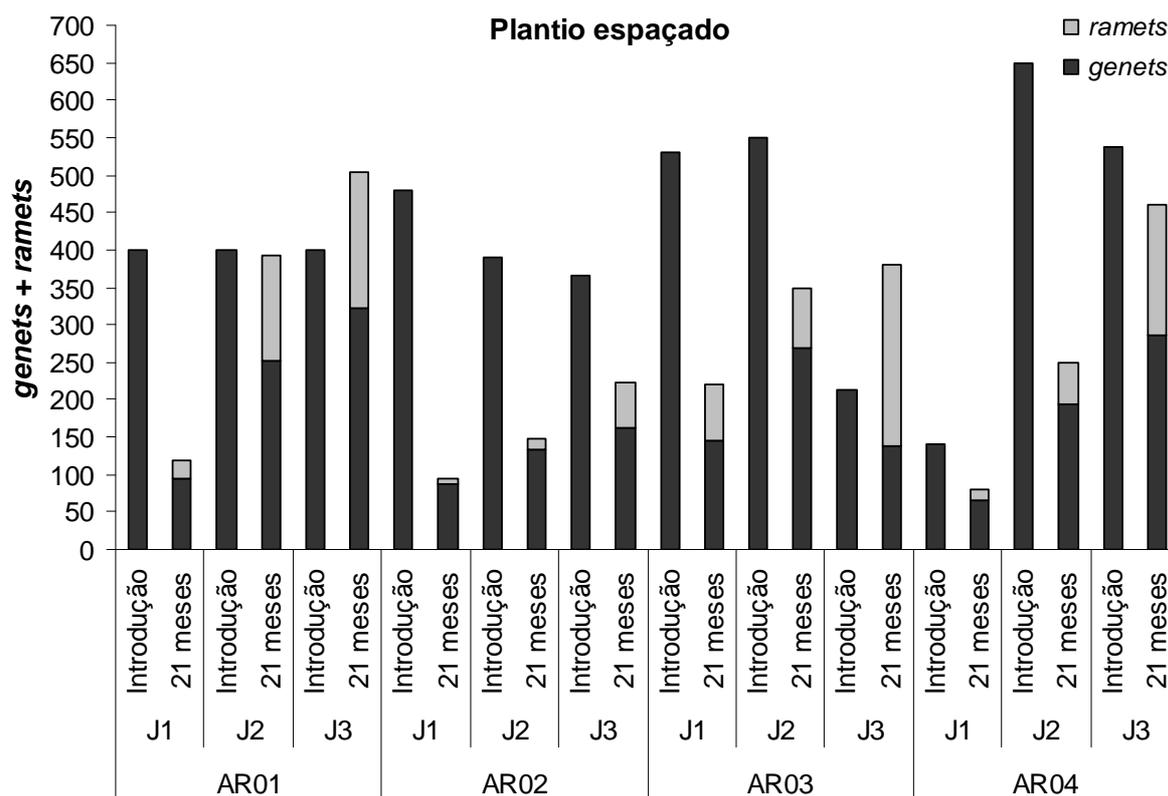


Figura 07: Número jovens introduzidos de *Dyckia distachya* Hassler no plantio espaçado e de rosetas (*genets* e *ramets*) sobreviventes após 21 meses da relocação, de acordo com a classe de tamanho de jovem (J1 - jovem 1, J2 - jovem 2, J3 - jovem 3) em quatro áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande. AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 - Rio Vacas Gordas.

Após 21 meses, a média de produção de rosetas no plantio espaçado foi maior nos jovens 3 ($0,74 \pm 0,11$) em relação aos jovens 2 ($0,34 \pm 0,07$) e jovens 1 ($0,27 \pm 0,08$). Entre as áreas de relocação, a AR03 foi o local que teve maior média ($0,71 \pm 0,14$), seguida das AR01 ($0,51 \pm 0,10$) e AR04 ($0,45 \pm 0,10$) e a menor foi na AR02 ($0,22 \pm 0,08$). Os jovens 3 da AR03 foram os que produziram maior número de *ramets*, com uma média de $1,83 (\pm 0,41)$. Os jovens 1 e 2 da AR02 tiveram a menor média de emissão de rosetas, com $0,11 (\pm 0,11)$ e $0,10 (\pm 0,07)$, respectivamente (Figura 08).

No total, 19,7% dos jovens realizaram reprodução vegetativa até 21 meses da introdução no plantio espaçado. A área com maior percentagem de indivíduos que produziram *ramets* foi a AR03, com 25,1% ($\chi^2=27,98$, $GL=3$, $p<0,01$). Nas AR04 e AR01 não houve diferença, sendo que 20,3% e 19,1% ($\chi^2=0,29$, $GL=1$, $p>0,05$), respectivamente, dos indivíduos reproduziram vegetativamente, já a AR02 apresentou a menor percentagem de jovens que emitiram *ramets*, com 11,3% ($\chi^2=14,45$, $GL=2$, $p<0,001$).

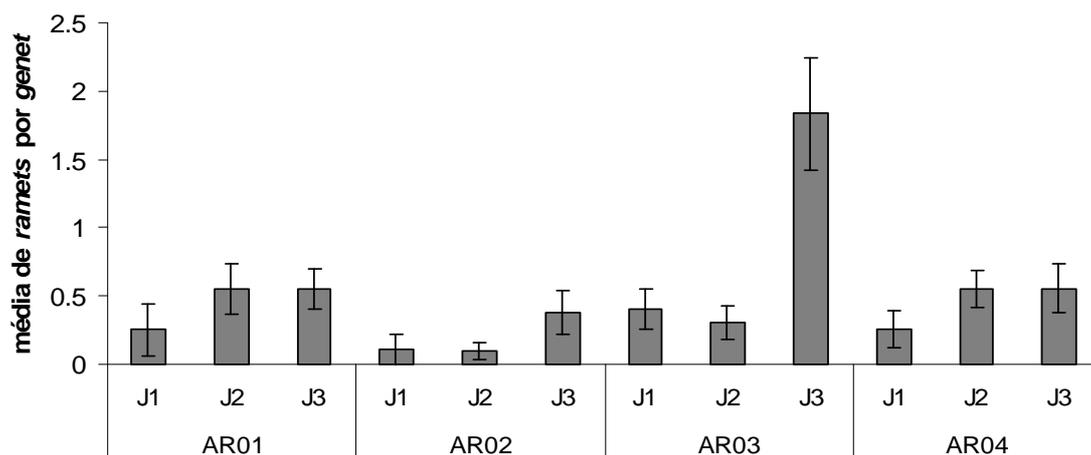


Figura 08: Média \pm intervalo de confiança da média do número de *ramets* produzidos por plantas jovens (J1 - jovem 1, J2 - jovem 2, J3 - jovem 3) de *Dyckia distachya* Hassler, após 21 meses da introdução no plantio espaçado, em quatro áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande. AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 - Rio Vacas Gordas.

Nas quatro áreas que foi realizado o plantio espaçado, até o 21º mês da introdução, o número de jovens que reproduziu vegetativamente e produziu uma roseta foi maior em relação aos que emitiram dois ou mais *ramets*. O maior número de *ramets* produzidos por uma planta jovem na AR02 foi seis e na AR01 foi nove, já as AR03 e AR04 tiveram indivíduos que emitiram até 13 *ramets* (Figura 09A).

Até os 21 meses da introdução, a percentagem de jovens que produziu uma roseta foi maior em relação aos que emitiram dois ou mais brotos nas quatro áreas de relocação, e variou entre 35,9% na AR03 e 53,5% na AR02. Em cada área, a percentagem de jovens que produziu mais que oito *ramets* foi menor que 2% (Figura 09B).

A percentagem de jovens 3 que reproduziram vegetativamente foi de 44,7%, valor significativamente maior em relação as outras duas classes de tamanho ($\chi^2=118,7$, GL=2, $p<0,01$), até os 21 meses da relocação. Nos jovens 2, esse valor foi de 21,9%, que também foi maior que os jovens 1, com com 14,7% ($\chi^2=7,7$, GL=1, $p<0,01$).

Nas três categorias de tamanho, o número de jovens que emitiu um *ramet* foi maior em relação aos que produziram dois ou mais brotos. A produção de uma a seis rosetas foi maior na categoria jovem 3. O maior número de *ramets* produzidos pelos jovens 1 foi cinco, jovens 2 foi oito, já os jovens 3 emitiram até 13 brotos (Figura 09C).

A percentagem de indivíduos que emitiu um *ramet* nas três classes foi maior em relação aos que produziram dois ou mais brotos, sendo o valor mais alto nos jovens 1, com 50%. A percentagem de indivíduos que emitiram mais de seis rosetas foi de 3,3% e 4,9% nos jovens 2 e 3, respectivamente, sendo que 0,8% dos jovens 3 produziram 13 brotos (Figura 09D).

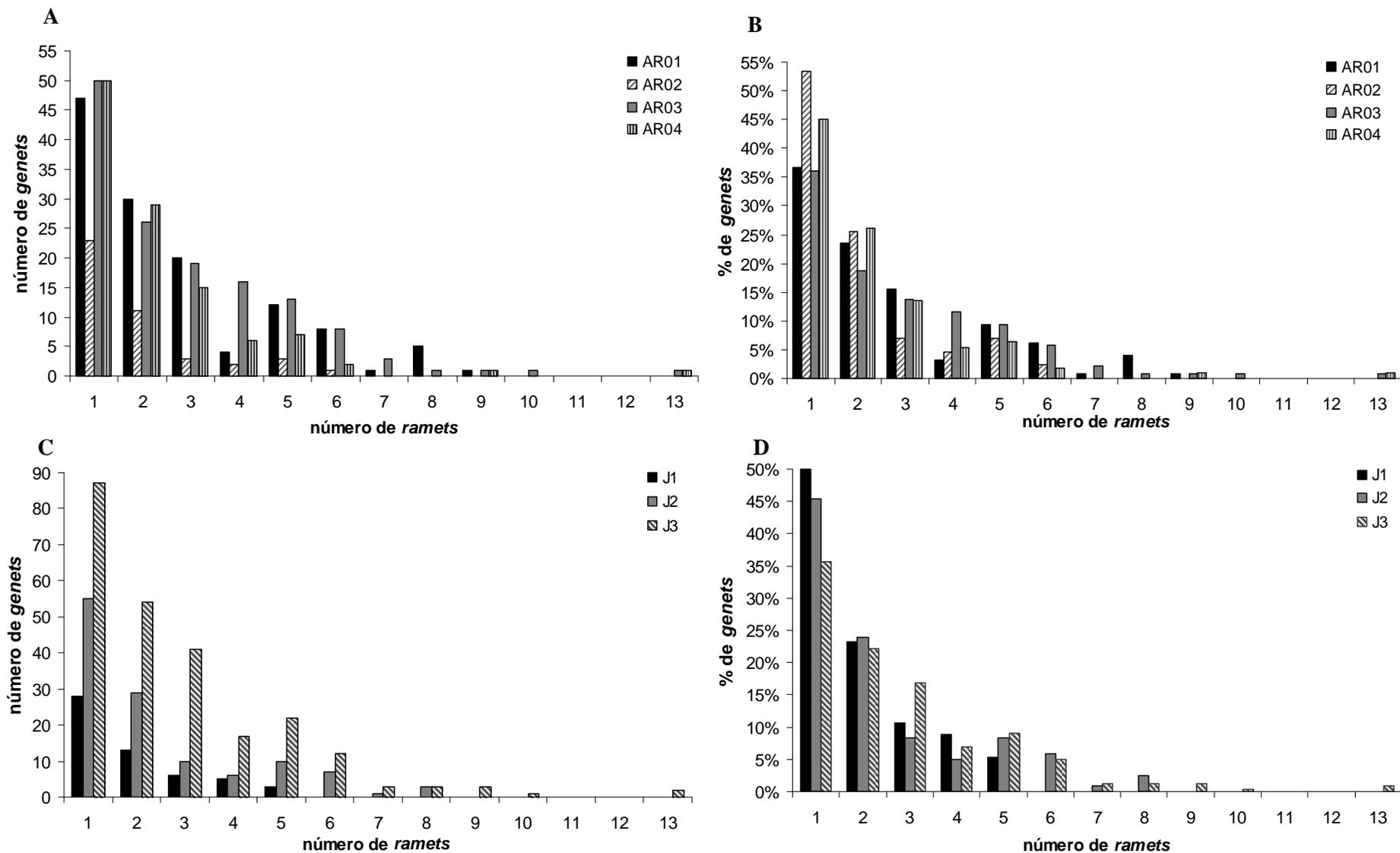


Figura 09: Reprodução vegetativa de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler introduzidas na região de influência indireta da UHE Barra Grande de acordo com a área de relocação (A e B) e classe de tamanho de jovem (C e D). AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 - Rio Vacas Gordas; J1 - jovem 1, J2 - jovem 2, J3 - jovem 3.

Em relação à emissão de folhas no plantio espaçado, durante o período de um ano a categoria de tamanho que produziu maior número foram os jovens 3 ($31,3 \pm 1,9$), seguido dos jovens 2 ($25,2 \pm 1,8$), e o menor foi nos jovens 1 ($20,4 \pm 1,9$). Os jovens 3 da AR03 emitiram maior número de folhas ($38,9 \pm 3,7$), seguidos dos jovens 3 e 2 da AR01 ($32,9 \pm 3,7$ e $30,8 \pm 2,9$, respectivamente) e jovens 3 da AR02 ($30,0 \pm 2,6$). A menor produção de folhas ocorreu nos jovens 1 e 2 da AR04 ($18,8 \pm 3,3$; $18,7 \pm 1,5$, respectivamente) (Figura 10A).

No plantio adensado a média de emissão de folhas durante um ano foi de $21,7 (\pm 1,2)$. A AR05 apresentou a maior produção ($24,6 \pm 2,0$) e a menor foi na AR04 ($18,9 \pm 1,2$) (Figura 10B). Nos dois métodos de plantio houve sazonalidade na emissão de folhas, sendo maior no período de verão em relação ao inverno.

A média do diâmetro da roseta no plantio espaçado foi nos jovens 3 de $15,0 (\pm 0,7)$ cm, nos jovens 2, $12,5 (\pm 0,6)$ cm, e nos jovens 1, $10,0 (\pm 0,6)$ cm. Os indivíduos com maior diâmetro foram os jovens 3 da AR01, com média de $17,4 (\pm 1,4)$ cm, seguidos dos jovens 3 da AR03, jovens 2 da AR01 e jovens 3 da AR04 ($15,4 \pm 1,1$; $14,6 \pm 1,2$; $14,3 \pm 0,9$, respectivamente). Os indivíduos com os menores diâmetros foram os jovens 1 da AR02 com média igual a $8,6 (\pm 0,8)$ cm, seguido dos jovens 1 das AR03 e AR04 ($10,4 \pm 0,9$; $10,7 \pm 1,1$, respectivamente) (Figura 10C).

Em relação ao crescimento do diâmetro da roseta no plantio espaçado durante o período de um ano, não houve diferença entre as três categorias de tamanho, apresentando os jovens 1, 2 e 3 média de $3,9 (\pm 0,4)$ cm, $4,0 (\pm 0,4)$ cm e $3,9 (\pm 0,5)$ cm, respectivamente. Contudo, a maioria das plantas perderam as suas folhas basais, principalmente quando havia presença de água empoçada na fresta, o que acabou causando a redução do diâmetro de alguns indivíduos entre as avaliações. Em relação as áreas de relocação, as plantas com maior crescimento médio da roseta foram as da AR01 ($5,2 \pm 0,6$ cm) e AR03 ($4,7 \pm 0,1$ cm), já os jovens da AR02 tiveram os menores valores médios ($2,1 \pm 0,6$ cm) (Figura 10D).

A correlação entre os parâmetros de crescimento e reprodução vegetativa avaliados foi positiva. Contudo, os valores obtidos indicam que essa associação foi fraca e de pouca importância, indicando que não houve correlação entre o crescimento do diâmetro, produção de folhas e de *ramets* (Tabela 07).

Na análise de agrupamento, observou-se dois grandes grupos em relação a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa dos jovens no plantio espaçado. Um grupo foi formado pelos jovens 1 de todas as áreas, jovens 2 das AR02 e AR04, e jovens 3 da AR04. O outro foi composto pelos jovens 2 das AR01 e AR3, e jovens 3 das AR01, AR03 e AR04 (Figura 11).

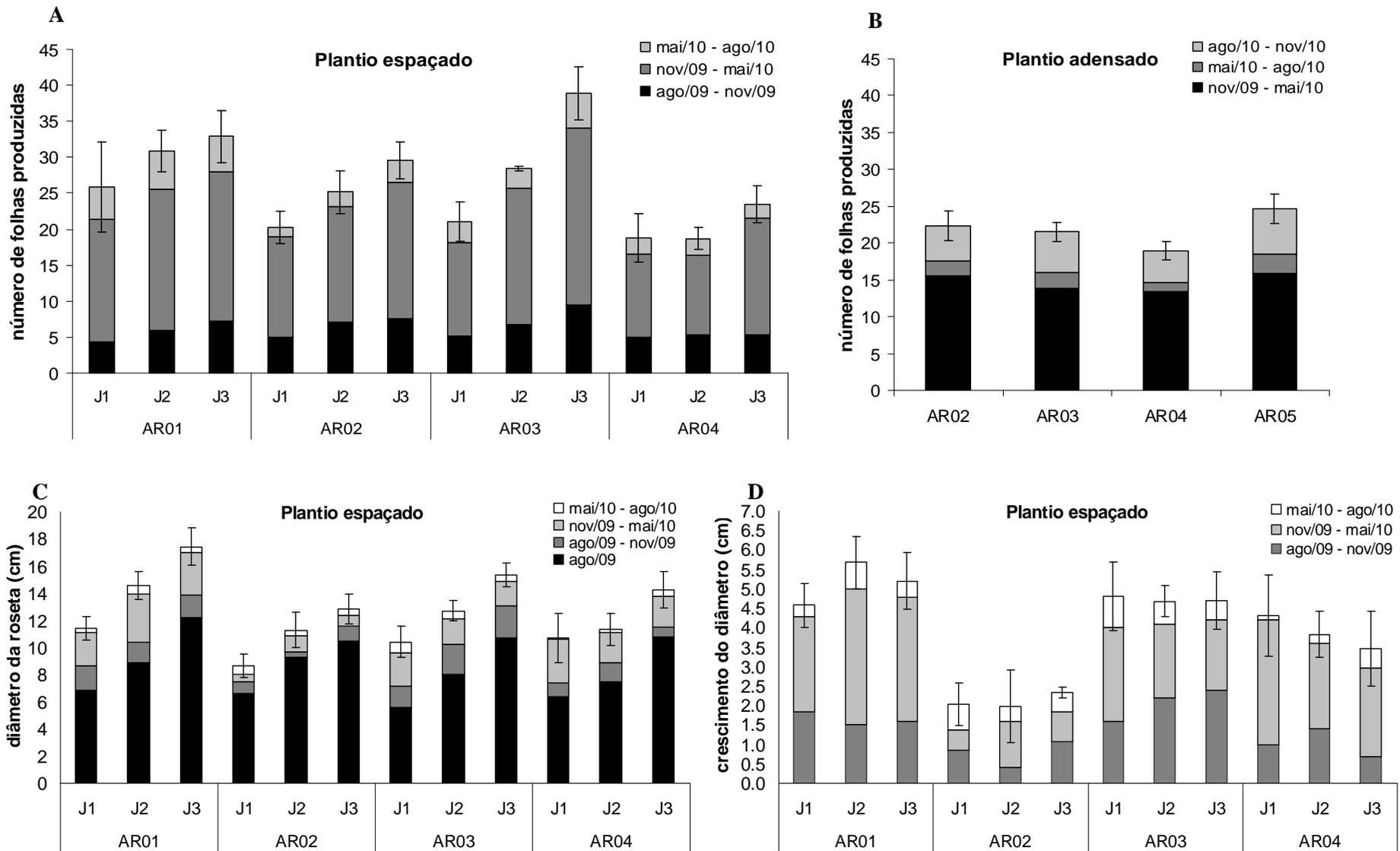


Figura 10: Média \pm intervalo de confiança da média do número de folhas produzidas no plantio espaçado (A) e adensado (B), diâmetro da roseta (C) e crescimento do diâmetro (D) de plantas jovens (J1 - jovem 1, J2 - jovem 2, J3 - jovem 3) de *Dyckia distachya* Hassler nas áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande. AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 e AR05 - Rio Vacas Gordas.

Tabela 07: Correlação (coeficiente de correlação de Spearman - R) entre o crescimento do diâmetro, produção de folhas e de ramets de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler introduzidas na região de influência indireta da UHE Barra Grande.

Parâmetros	Jovem 1	Jovem 2	Jovem 3	Todos
N° folhas x crescimento diâmetro	0,51*	0,45*	0,12*	0,27*
N° folhas x n° ramets	0,42*	0,33*	0,42*	0,41*
N° ramets x crescimento diâmetro	0,26*	0,02*	0,27*	0,04*

* valor de R (coeficiente de correlação de Spearman) significativo a $p < 0,05$.

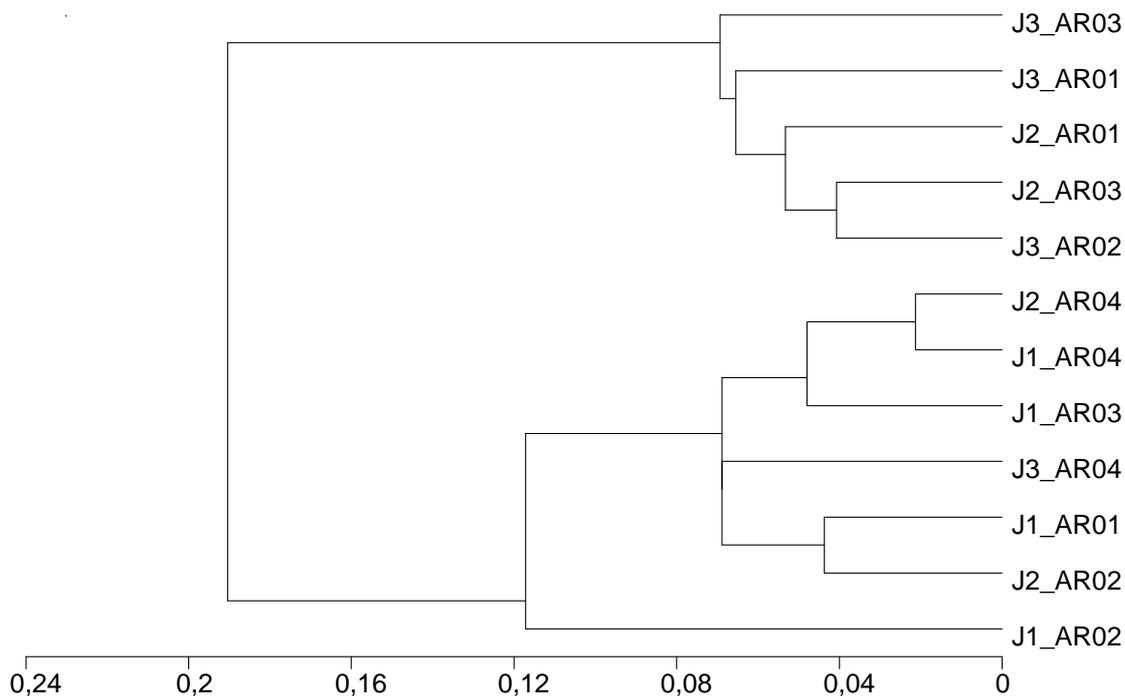


Figura 11: Dendrograma de dissimilaridade (coeficiente de Bray Curtis) entre plantas jovens (J1 - jovem 1, J2 - jovem 2, J3 - jovem 3) de *Dyckia distachya* Hassler introduzidas em quatro áreas de relocação (AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 - Rio Vacas Gordas) na região de influência indireta da UHE Barra Grande, com base na sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa entre agosto/09 e agosto/10 (Algoritmo de aglomeração de WARD, $r=0,68$).

Esse agrupamento mostra que houve similaridade nos valores de sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa entre os jovens 1, e o mesmo ocorreu com a maioria dos jovens 3. Os jovens 2 se distribuíram de forma similar nos dois grupos, assim, alguns tiveram comportamento mais semelhante aos jovens 1 e outros aos jovens 3, e isso dependeu da área de relocação. Em relação as áreas, a única em que as três categorias de tamanho ficaram no mesmo grupo foi a AR04, sendo que o menor valor de dissimilaridade ocorreu entre os jovens 1 e 2 desse local (Figura 11).

No plantio espaçado, em relação a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa, os jovens 3 formaram um grupo separado dos jovens 2 e 1 (Figura 12). Entre os quatro locais de introdução, foi observado dois grupos, um com a área de conservação *inter situ* não reófilo, AR01, e a *inter situ* reófilo, AR03, e o outro com os dois outros locais *inter situ* reófilo, AR02 e AR04 (Figura 13).

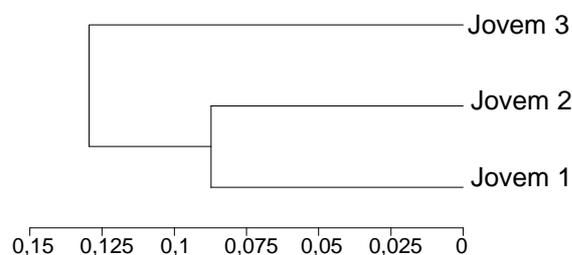


Figura 12: Dendrograma de dissimilaridade (coeficiente de Bray Curtis) entre plantas jovens 1, 2 e 3 de *Dyckia distachya* Hassler, introduzidas em quatro áreas de relocação na região de influência indireta da UHE Barra Grande, com base na sobrevivência, diâmetro da roseta, crescimento do diâmetro, número de folhas e *ramets* produzidos (Algoritmo de aglomeração de WARD, $r=0,68$).

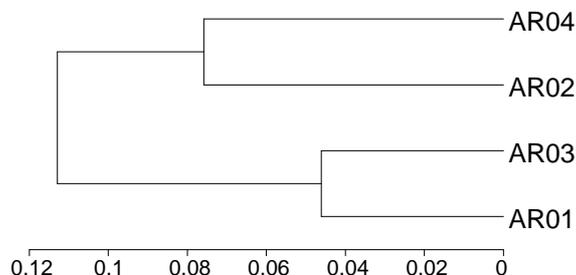


Figura 13: Dendrograma de dissimilaridade (coeficiente de Bray Curtis) entre quatro áreas de introdução (AR01 - Rio Pelotas, AR02 - Rio Lajeado dos Portões, AR03 - Rio Varões, AR04 - Rio Vacas Gordas) de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler na região de influência indireta da UHE Barra Grande, com base na sobrevivência, diâmetro da roseta, crescimento do diâmetro, número de folhas e *ramets* produzidos (Algoritmo de aglomeração de WARD, $r=0,91$).

A análise de correspondência canônica mostrou que as características ambientais (cobertura vegetal associada, presença ou ausência de água empoçada na fresta, largura da fresta e submersão das plantas) influenciaram a sobrevivência, crescimento do diâmetro e produção de folhas e *ramets* das plantas jovens de *D. distachya* introduzidas no plantio espaçado. Contudo, essa influência variou dependendo da área de relocação, sendo que na AR04 explicaram 49,3% da variação dos dados, na AR02, 43,7%, na AR01, 30,9%, e na AR03, 14,6% (Tabela 08).

Entre os quatro descritores ambientais, a cobertura vegetal associada foi a única variável ambiental que influenciou significativamente o primeiro eixo nos quatro locais de introdução no plantio espaçado. A submersão teve influência significativa em três e a presença de água empoçada em dois locais de introdução, já a largura da fresta exerceu influência em apenas uma área de relocação (Tabela 08).

Tabela 08: Análise de Correspondência Canônica (CCA) da sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa de plantas jovens introduzidas de *Dyckia distachya* Hassler, de acordo com quatro descritores ambientais (cobertura vegetal associada, presença ou ausência de água empoçada na fresta, largura da fresta e submersão das plantas) em quatro áreas de relocação na região de influência da UHE Barra Grande (E1 = eixo 1; E2 = eixo 2).

Descritores Ambientais	AR01			AR02			AR03			AR04		
	E1	E2	r ²	E1	E2	r ²	E1	E2	r ²	E1	E2	r ²
Cobert. vegetal	-0,95	-0,32	1*	-0,84	0,54	0,59*	0,99	0,01	0,99*	-0,94	-0,34	0,99*
Empoçamento	0,0	0,0		-0,56	0,82	0,42*	0,84	-0,55	0,59ns	-0,31	-0,95	0,85*
Largura fresta	0,0	0,0		-0,98	0,19	0,14ns	0,84	-0,55	0,59ns	-0,97	-0,23	0,74*
Submersão	-0,12	-0,99	1*	0,76	0,65	0,55*	-0,12	-0,99	0,74*	0,94	-0,35	0,21ns
Var. Explicada	20,2%	10,7%		35,3%	8,4%		11,6%	3,0%		37,1%	12,2%	

ns = não significativo; * significativo, $\alpha < 0,05$.

Nas AR01 e AR03, as variáveis ambientais que influenciaram o primeiro eixo foram a cobertura vegetal associada e a submersão temporária (Figuras 14A e 14C). Além desses dois fatores ambientais, a presença de água empoçada nas frestas também influenciou os dados na AR02 (Figura 14B). Na AR04 a submersão foi a única variável ambiental que não teve influência significativa nos parâmetros avaliados (Figura 14D).

Os vetores cobertura vegetal e submersão tiveram valores de correlação opostos no eixo 1 nas três áreas de conservação *inter situ* reófilo (AR02, AR03 e AR04) (Tabela 07 e Figuras 14B, 14C e 14D). Isso mostra que nas frestas em que os jovens de *D. distachya* ficaram mais tempo submersos, a cobertura das outras espécies vegetais foi menor.

Na AR01, a maioria dos jovens 3 ficaram agrupados próximo ao eixo 1, mostrando que nessas plantas a cobertura vegetal associada foi alta (Figura 14A). Na AR02, os jovens 1 ficaram em sua maioria próximos ao eixo 1, em posição contrária ao vetor submersão, e isso indica que essas plantas raramente foram atingidas pela água. Nessa área, a maioria dos jovens 2 e 3 se posicionaram perto do eixo 2, mostrando que a água empoçada estava presente nessas frestas (Figura 14B).

Na AR03, a maior parte dos jovens 3 ficaram próximo ao vetor submersão, já a maioria dos jovens 1 ficaram em posição contrária a esse vetor, mostrando que os jovens 3 ficaram por mais tempo submersos que os jovens 1 (Figura 14C). Na AR04, a maioria dos jovens 3 ficaram próximos ao eixo 1, mas alguns ficaram em posição contrária ao vetor cobertura vegetal e outros em posição oposta ao vetor submersão (Figura 14D).

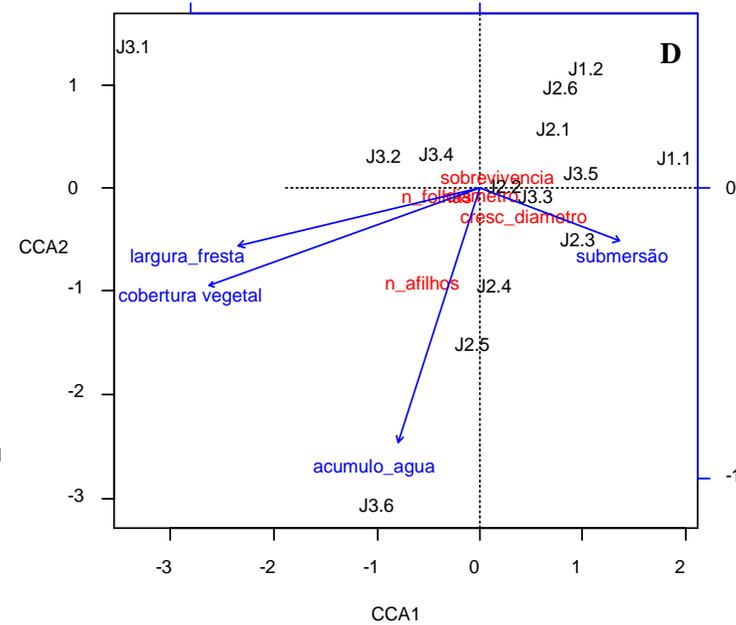
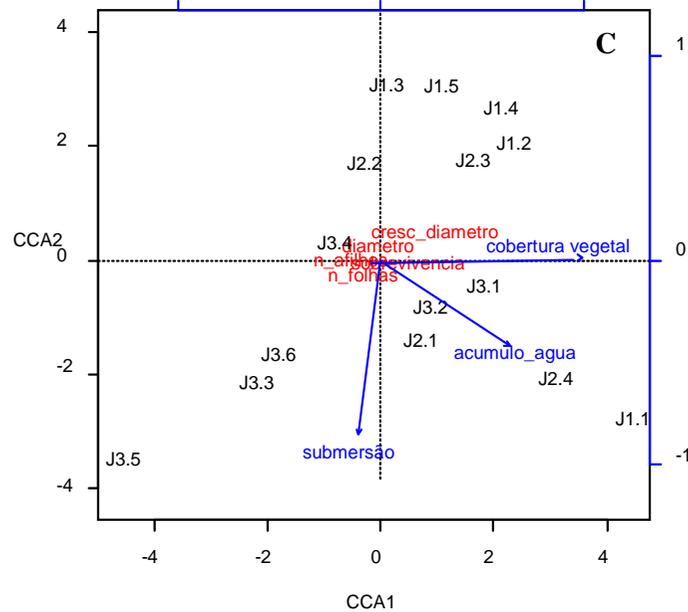
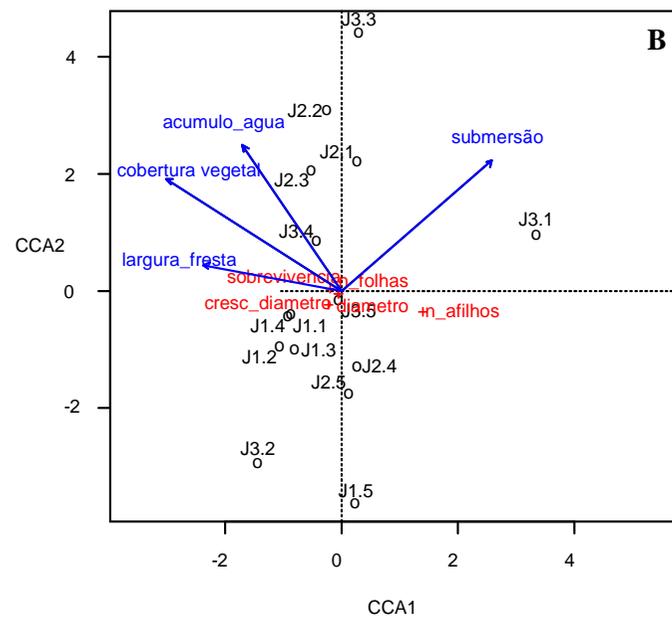
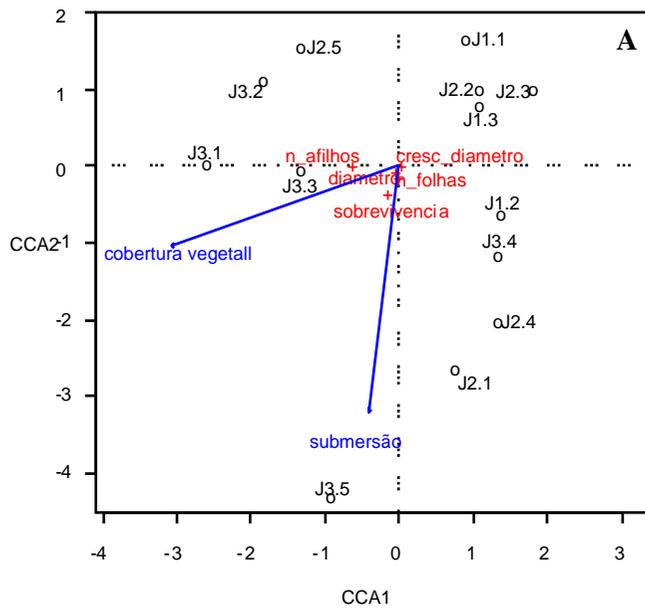


Figura 14: Diagrama de dispersão da análise de correspondência canônica (CCA) da sobrevivência, crescimento e reprodução vegetiva de plantas jovens de *Dyckia distachya* Hassler e os descritores ambientais (competição interespecífica, presença de água empoçada, largura da fresta e submersão), em quatro áreas de relocação da espécie na região de influência da UHE Barra Grande. AR01 (A), AR02 (B), AR03 (C) e AR04 (D).

4. Discussão

A bromélia *D. distachya* evoluiu para ocupar o habitat reofítico, ambiente com características inóspitas para a maioria das espécies vegetais, devido à submersão durante as cheias dos rios e períodos de aridez na época das vazantes (Klein 1979). Além das adaptações anatômicas, que permitem essa bromeliácea a tornar-se apta a viver neste ambiente com variações extremas (Voltolini *et al.* 2009), acredita-se que outra característica importante para enfrentar as adversidades do habitat reofítico é o padrão de distribuição agregada das rosetas. Nas populações naturais, os indivíduos dessa reófita encontravam-se agrupados formando touceiras, o que ajudava a resistir a força das águas, além de reter substrato, nutrientes, umidade e diminuir a competição interespecífica, e isso pode ser uma das causas das perdas no plantio adensado terem sido menores que no espaçado.

Nos dois métodos de plantio, a mortalidade dos jovens foi maior nos seis primeiros meses após a introdução, e sugere-se que a principal causa tenha sido as enxurradas. A força das águas tende a carregar as plantas, principalmente no período logo após a relocação, em que o sistema radicular é pouco profundo. Contudo, o risco do bloco ser arrancado pela enxurradas é menor em relação as plantas isoladas, pois o adensamento dos jovens diminui o atrito com a água, apresentando maior resistência às cheias dos rios, e acredita-se que devido à isso a mortalidade no plantio espaçado foi maior que no adensado.

Apesar de ter ocorrido perdas pelas enxurradas, sugere-se que a introdução das plantas jovens de *D. distachya* seja mais fácil em relação às plantas adultas, pois estas precisam de frestas mais largas para serem fixadas. Além disso, é provável que o enraizamento dos jovens ocorra mais rápido, o que ajuda a enfrentar a força das águas, que foi a principal causa da morte dos adultos nas tentativas anteriores de relocação dessa reófita (Wiesbauer 2008).

Além do método de plantio e das enxurradas, acredita-se que outros fatores também possam ter influenciado a sobrevivência das plantas, como a idade, o tamanho dos jovens e o período do ano em que foi realizada a introdução.

O plantio adensado foi realizado quando os jovens tinham três anos, e no espaçado os indivíduos tinham dois anos no momento da introdução. Assim, acredita-se que os jovens com maior idade foram mais resistentes às forças das enxurradas e estavam mais aptos para suportar os períodos com déficit hídrico.

Como a introdução nos dois métodos ocorreu em diferentes épocas do ano, a sazonalidade pode ter sido outro fator que tenha influenciado a mortalidade das plantas. Os

jovens no plantio espaçado foram introduzidos em fevereiro e maio de 2009, e como esse foi um período com baixa pluviosidade (Figura 03), alguns indivíduos morreram devido ao período seco.

Além disso, no período em que ocorreu o plantio espaçado, o nível dos rios estava baixo, e vários jovens foram fixados em frestas que geralmente ficam submersas. Entre julho e outubro de 2009 ocorreu uma estação super-úmida (Figura 03), aumentando o volume dos rios, e a força das águas carregou vários jovens, e algumas plantas que ficaram nesse período submersas também acabaram morrendo. Contudo, alguns indivíduos sobreviveram até nove meses embaixo da água, mostrando a adaptação dessa espécie em ficar longos períodos submersa. Em 2010 também houve uma estação super-úmida entre os meses de janeiro e maio (Figura 03), mas as perdas por causa das enxurradas foram menores em relação ao primeiro ano da introdução, e isso mostra que os jovens estavam bem fixados.

O plantio adensado foi realizado depois do espaçado, em novembro de 2009, período em que o nível dos rios estava alto devido à estação super-úmida (Figura 03), e por isso, a fixação dos jovens ocorreu em frestas rochosas que estavam acima do método espaçado, o que também ajudou a diminuir a mortalidade pelas enxurradas. Contudo, as maiores perdas também foram nos seis meses após a introdução, e sugere-se que isso tenha ocorrido devido ao sistema radicular das plantas ainda ser pouco profundo.

Como esta é uma região em que não ocorre déficit hídrico (IBGE 1990), as enxurradas podem ocorrer ao longo de todo o ano. Assim, outros estudos são necessários para saber se existe uma época do ano que seja mais favorável a relocação das plantas.

O plantio adensado, além de ser mais resistente a força das águas, diminui a cobertura vegetal associada. O fato de *D. distachya* ser uma planta heliófita (Reitz 1983), torna a espécie suscetível a competição com outras espécies, e pequenos sombreamentos por outras plantas já demonstram um estiolamento nos indivíduos introduzidos dessa reófito no método espaçado e, conseqüentemente, uma maior probabilidade de mortes.

O adensamento dos indivíduos aumenta a competição intraespecífica, e visualmente foi observado que os ramets estão apresentando dificuldades em crescer, exceto aqueles que estão nas extremidades dos blocos. Contudo, esse padrão agregado das rosetas é a forma de distribuição da espécie no seu ambiente natural (Reis *et al.* 2005).

No arbusto reofítico *Myricaria laxiflora* (Franch.) P. Y. Zhang & Y. J. Zhang (Tamaricaceae), a sobrevivência dos jovens introduzidos diminuiu com o aumento da densidade de indivíduos, reduzindo significativamente quando a densidade foi maior que 250 ind./m² (Chen *et al.* 2005b). Em *D. distachya*, a densidade variou de 120 a 550 ind./m²

no plantio adensado, no entanto, este fenômeno não ficou bem evidenciado, pelo menos no período de avaliação. Contudo, com a competição intraespecífica, os indivíduos menores poderão morrer, mas isso poderá selecionar os fenótipos mais adaptados as novas áreas de relocação da espécie.

Devido à reprodução vegetativa, os jovens de *D. distachya* no plantio espaçado também poderão formar touceiras, que serão constituídas por indivíduos geneticamente distintos e por clones. Assim, em uma touceira estarão presentes diferentes genótipos, e isso é de extrema importância para a propagação via sexuada nessa espécie, pois é auto-incompatível, e as sementes produzidas por cruzamento entre parentais não são viáveis (Wiesbauer 2008). Nesse aspecto, o plantio espaçado apresenta maior vantagem, pois foi realizado em maior número de frestas rochosas que o adensado, devido aos blocos precisarem de frestas mais largas para o plantio. Como um bloco é formado por centenas de rosetas, caso seja levado com a correnteza, vários genótipos seriam perdidos, já no plantio espaçado as perdas seriam menores, pois apresenta menor número de indivíduos plantados por fresta.

Devido à cobertura vegetal associada ser mais intensa, a retirada de outras espécies no plantio espaçado é realizada com maior periodicidade em relação ao adensado. Mas devido à produção de *ramets*, algumas frestas foram totalmente colonizadas, principalmente as estreitas, e a competição interespecífica diminuiu e não foi mais necessário o manejo.

O plantio espaçado foi subdividido, de acordo com a classe do jovem, e isso permitiu um melhor entendimento da dinâmica da espécie em relação a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa das plantas introduzidas de acordo com o tamanho da planta. A mesma avaliação não foi possível ser realizada no método adensado, devido aos indivíduos estarem agrupados.

Como os dois métodos de plantio não são exclusivos, mas ao contrário, se complementam, recomenda-se que as duas metodologias sejam utilizadas na introdução das plantas jovens de *D. distachya*. No adensado, os custos de implantação e manutenção são menores, a competição interespecífica ocorre em menor intensidade e é mais resistente as enxurradas no período pós-introdução, mas o plantio espaçado permite a fixação em maior número de frestas e a colonização mais intensa através da reprodução vegetativa, que é a principal forma de propagação da espécie.

Assim, as duas metodologias podem ser usadas em situações distintas, pois é necessário maximizar os espaços livres nas introduções, para aumentar as chances de êxito do programa, além de evitar a competição com outras plantas presentes nestes ambientes.

Conforme Guerrant (1996), no processo de restauração de populações de espécies ameaçadas, quanto maior o número de métodos utilizados, maior a probabilidade de sucesso da relocação.

De acordo com Falk *et al.* (1996), quando a introdução de uma espécie é realizada como um experimento científico, as metodologias utilizadas podem ser aperfeiçoadas a partir dos resultados obtidos, pois é possível entender os elementos que afetaram o experimento. No caso de *D. distachya*, recomenda-se que o plantio espaçado seja realizado em fendas rochosas estreitas, para diminuir a cobertura vegetal associada, e o adensado em frestas médias. Também pode-se observar que o plantio não deve ser realizado em frestas rochosas largas, pois isto aumenta a competição interespecífica, sendo que no espaçado geralmente ocorre a presença de água empoçada. Além disso, a fixação das plantas não deve ser realizada em locais que estejam muito próximos ao leito do rio, pois se logo após a introdução houver uma enxurrada, estas poderão ser carregadas antes de terem se fixado.

No arbusto reofítico *Myricaria laxiflora*, a sobrevivência de indivíduos entre três e nove anos em cinco áreas de introdução variou entre 51 e 96% (Chen *et al.* 2005a). Nas quatro áreas onde foi realizado o plantio espaçado de *D. distachya*, a sobrevivência dos jovens variou entre 32,6 e 55,9%, e isso mostra que as diferentes condições ambientais entre os locais influenciaram os valores, sendo que o maior percentual foi na área *inter situ* não reófilo (AR01), e acredita-se que isso ocorreu devido as plantas não estarem sujeitas as forças das corredeiras.

Apesar de apresentar os maiores valores de sobrevivência, esse ambiente não apresenta sustentabilidade para a progação da espécie, pois não possui as características do habitat reofítico. Além disso, alguns jovens estão com aspecto de estiolamento devido a alta competição com o trevo branco (*Trifolium repens*), sendo muito difícil o manejo desta espécie, devido a sua reprodução ocorrer principalmente através de estolões.

Na AR02, todos os jovens plantados nas pequenas ilhas rochosas foram carregados com a força das águas no período super-úmido, sendo esta uma das causas dessa área de relocação ter apresentado a maior mortalidade no plantio espaçado. No período com alta pluviosidade, em algumas frestas médias e largas houve a presença de água empoçada, e algumas plantas morreram devido ao excesso de umidade. Apesar desta área de relocação ter apresentado as maiores perdas no método espaçado, foi o local que teve maior sobrevivência no plantio adensado, mostrando novamente que os blocos de jovens apresentaram maior resistência as enxurradas.

De acordo com Benzing (2000), a sobrevivência em bromélias é proporcional ao aumento do tamanho da planta. Este padrão também foi observado em *D. distachya*, em que a sobrevivência dos jovens 3 foi maior em relação as outras duas categorias de tamanho. Isso sugere que os indivíduos maiores apresentaram maior aptidão para enfrentar a rusticidade do ambiente reofítico.

A herbivoria também foi a causa da morte de alguns indivíduos dessa bromélia, sendo que a morte da maioria dos jovens 1 na AR03 foi causada por porcos do mato. Na AR02, o pisoteio do gado foi responsável pela morte de vários jovens que estavam nas frestas rochosas que tinha alta cobertura de gramíneas. A competição com essas plantas também pode ter causado a morte de alguns jovens dessa bromeliaceae. Desse modo, é necessário que ocorra uma manutenção periódica no plantio espaçado para a retirada das outras espécies, até que toda a fresta rochosa esteja colonizada com indivíduos dessa reófito.

É necessário um monitoramento da predação da lagarta da borboleta *S. rufofuscus*, principalmente nas AR03, AR04 e AR05, pois ela foi a principal responsável pelo insucesso da relocação de plantas adultas dessa bromélia em outras áreas de relocação (Wiesbauer 2008).

Como no habitat reofítico ocorrem períodos de seca e outros com submersão parcial ou total das plantas (Klein 1979), isso torna o recrutamento de novos indivíduos via semente de *D. distachya* bastante crítico na natureza (Capítulo 01). Assim, a reprodução vegetativa torna-se a principal forma de propagação da espécie, que é uma estratégia bastante difundida em Bromeliaceae (Benzing 1980). Apesar da reprodução assexuada não aumentar a variabilidade genética, ela tende a manter os níveis de variabilidade presentes nas populações (Richards 1997).

Segundo Scarano (2002), o recrutamento de novos indivíduos em populações de bromélias é oriundo principalmente por propagação clonal, e além de ser um complemento a reprodução sexuada, é uma forma de crescimento e persistência das populações locais. Isso também foi observado em *D. distachya*, em que aproximadamente 20% das plantas jovens com quatro anos emitiram *ramets* no plantio espaçado, produzindo até 14 rosetas.

Nessa bromélia foi observado que quanto maior o tamanho do jovem, maior a emissão de clones. Aproximadamente metade dos indivíduos jovens 3 reproduziram vegetativamente, sendo a única categoria de tamanho em que houve a produção de mais de oito *ramets*. Nos adultos de *Bromelia antiacantha* Bertol., a produção média foi de 1,53 *ramets*, variando de um a três por planta (Filippon 2009). Nos jovens 3 de *D. distachya*, a média de emissão de rosetas foi de 0,74 e variou de um a 14 brotos por indivíduo.

Também houve diferença na reprodução vegetativa dos jovens entre as quatro áreas de relocação no plantio espaçado. Isso mostra que a produção de *ramets* nessa bromélia não depende somente do tamanho da planta, e sugere-se que outros fatores também possam atuar no crescimento clonal, como a luminosidade, balanço hídrico, nutrientes do solo e competição.

Diferente da maioria das bromeliáceas que apresentam *ramets* monocárpicas, os quais morrem após a reprodução (Benzing 2000), *D. distachya* é policárpica, formando densos agrupamentos em seu ambiente natural (Wiesbauer 2008). Assim, uma roseta dessa reófito pode sobreviver durante vários anos, e emitir vários brotos, ajudando na propagação da espécie.

Além do número de *ramets*, também houve diferença no diâmetro da roseta e na emissão de folhas entre as três classes de tamanho, sendo os valores maiores nos jovens 3. Entre as quatro áreas de relocação, também houve variação no crescimento das plantas. Segundo Scarano *et al.* (2001), as diferenças na morfologia e desenvolvimento das plantas podem ser devido à componentes genéticos e as variações ambientais, como incidência luminosa, balanço de água e de nutrientes no solo.

Em *Bromelia antiacantha*, a emissão do número de folhas dos jovens 2 foi maior que a dos jovens 1 após um ano, com 20,4 e 13 folhas novas, respectivamente (Filippon 2009). O mesmo ocorreu com *D. distachya*, em que as plantas jovens 2 emitiram em média 25,2 e os jovens 1, 20,4 folhas, após um ano. Essa diferença no crescimento pode ser devido a fatores genéticos, já que os indivíduos apresentavam a mesma idade.

O crescimento do diâmetro da roseta foi o único parâmetro avaliado que não diferiu entre as três categorias de tamanho no plantio espaçado. Sugere-se que isso ocorreu devido a maioria das plantas terem perdido as suas folhas basais, principalmente quando havia presença de água empoçada na fresta, o que diminuiu o diâmetro de alguns indivíduos entre as avaliações. Por isso, não se recomenda usar somente esse parâmetro na avaliação do crescimento das plantas dessa bromélia nas áreas de relocação, mas também monitorar a emissão de folhas e de *ramets*, que são descritores mais representativos.

A mudança de estágio de vida ocorreu em três indivíduos, assim, eles poderão se reproduzir com as plantas adultas introduzidas nessas áreas de conservação *inter situ*. As plantas começaram a produzir inflorescência com quatro anos, sendo que durante os dois primeiros anos elas estavam em condições de cultivo em viveiro, e os outros dois em ambiente natural. Contudo, não há conhecimento sobre a idade que um indivíduo de *D.*

distachya recrutado através de semente pode se tornar reprodutivo na natureza, sendo este um dado de fundamental importância para as medidas de conservação da espécie.

Os indivíduos que emitiram inflorescências tinham um diâmetro médio de 20 cm, já na população natural dessa bromélia no Salto Yucumã, havia plantas reprodutivas com rosetas a partir de 13 cm (obs. pessoal). Em *D. brevifolia*, Rogalski (2007) observou que a reprodução sexuada ocorre em rosetas a partir dos nove centímetros.

Como *D. distachya* é uma reófito, a submersão temporária foi um dos fatores ambientais que influenciaram a sobrevivência, crescimento e reprodução vegetativa dos jovens dessa bromélia. Também foi observado que nas frestas em que as plantas ficaram submersas com maior frequência, a cobertura vegetal associada foi menor, já que são poucas as espécies que conseguem sobreviver por longos períodos embaixo da água. Isso é um fator importante para a propagação dessa reófito, pois como ela é heliófito (Reitz 1983), a competição com outras plantas prejudica o seu crescimento, podendo causar até a morte.

Nos jovens que estavam nas frestas onde havia a presença de água empoçada, o que ocorreu principalmente nas AR02 e AR04, as folhas basais apodreceram e as plantas ficaram com aparência de apodrecimento, o que também pode ter afetado o crescimento e a reprodução vegetativa. Também seria importante avaliar a influência de outros fatores ambientais, como a luminosidade, nutrientes no solo e a presença de micorrizas.

Entre as áreas de relocação dessa reófito, as mais próximas estão no Rio Vacas Gordas (AR04 e AR05) e seu afluente, o Rio Varões (AR03) (Tabela 01). As distâncias entre esses três locais são inferiores as que ocorriam entre as três populações naturais de *D. distachya* no Rio Pelotas (Tabela 02), em que ocorria fluxo gênico (Wiesbauer 2008). Assim, acredita-se que futuramente também poderá ocorrer troca de material genético entre as novas populações dessa bromeliácea, e os propágulos poderão ser dispersos de acordo com o fluxo do rio, a partir das AR04 e AR03 (populações fonte) e colonizar a AR05 (população dreno).

Além disso, os principais polinizadores de *D. distachya* são beija-flores (*Chlorostilbon lucidus*) (Wiesbauer 2008), e como estes pássaros podem realizar a polinização a longas distâncias (Ramalho & Batista 2005), principalmente em ambientes ribeirinhos, que é um corredor aberto para o vôo, poderá haver troca de pólen entre as novas populações, principalmente entre as AR03 e AR05, que são as áreas de relocação que apresentam as menores distâncias ao longo do rio, com 4 km. Contudo, acredita-se que a polinização entre as áreas deverá ocorrer com frequência menor do que dentro da população,

pois para o beija-flor fazer a transporte de pólen entre os locais, vai depender dos recursos florais disponíveis para a polinização.

Conforme Primack & Rodrigues (2001), para diminuir as probabilidades de extinção de uma espécie ameaçada, é necessário um número efetivo populacional e uma quantidade mínima de populações para poder resistir as variações demográficas e genéticas, e os impactos naturais (variações ambientais, eventos catastróficos e mudanças climáticas globais) ou de origem antrópica (fragmentação, sobre-exploração e destruição de habitat). Assim, entre as medidas efetivas de conservação de *D. distachya* nos ambientes *inter situ*, é necessário que seja fundada várias populações dessa reófito, que elas apresentem autonomia reprodutiva, e que ocorra fluxo gênico entre elas, como ocorria entre as populações originais da espécie (Wiesbauer 2008).

Pavilik (1996) formulou um método para definir se a translocação de uma espécie teve sucesso a partir de quatro parâmetros: abundância, extensão, resiliência e persistência. Enquanto os dois primeiros pode-se avaliar durante um período curto de tempo (entre um a dez anos), os dois últimos, na maioria das espécies, podem ser somente testados ao longo de muitos anos (entre uma a várias décadas). Este trabalho teve a duração de 21 meses, e avaliou apenas a abundância, por isso, ainda é prematuro determinar se as tentativas de relocação de *D. distachya* através de plantas jovens tiveram êxito. Para que se afirme que a introdução de uma espécie teve êxito, é necessário um longo período de monitoramento (Cochrane 2004). Desse modo, avaliações futuras são necessárias nas áreas de conservação *inter situ* para avaliar a sobrevivência e o crescimento das populações, tanto via reprodução vegetativa como via sementes.

Como o limite de distribuição do gênero *Dyckia* é na Bacia do Rio do Prata (Givnish *et al* 2011) e espécies desse gênero com hábito reofítico ocorrem somente no Sul do Brasil (R.C. Forzza, comunicação pessoal), é possível que no passado as áreas onde foram introduzidos indivíduos de *D. distachya* fossem colonizadas por essa espécie, pois os rios são afluentes do Rio Pelotas, onde estavam três das populações dessa bromélia. Mas se durante a escala de tempo evolutivo esses locais nunca foram colonizados por essa reófito, apesar de serem ambientes reofíticos, isso pode ser devido aos propágulos não terem sido dispersos para essas áreas, por não terem conseguido se fixar nas frestas rochosas, ou por essas áreas não apresentarem condições ambientais adequadas para a propagação da espécie. Contudo, entre as populações naturais da espécie, atualmente existe somente uma, e a conservação *inter situ* é uma das únicas alternativas para tentar preservar essa bromeliácea na natureza.

Apesar de cada projeto de re-introdução ser único e depender da espécie envolvida (Guerrant & Kaye 2007), as metodologias utilizadas na introdução de *D. distachya* podem ser aperfeiçoadas e usadas em outros projetos de restauração de populações reófitas, já que esse grupo é extremamente vulnerável à perda de habitat, devido à construção das usinas hidrelétricas.

O caso de *D. distachya* é um grande alerta para a problemática da conservação das reófitas e a geração de energia hidráulica. Apesar do Brasil ter potencial para produzir energia elétrica através da irradiação solar e da força dos ventos, cerca de 90% do suprimento é produzido através de hidrelétricas (ANEEL 2002). Devido ao crescimento da demanda, escassez de oferta e restrições financeiras, socioeconômicas e ambientais à expansão do sistema, é necessário que o suprimento futuro de energia seja realizado através de fontes alternativas. Assim, é preciso que cada fonte ou recurso energético seja estrategicamente aproveitado, visando à maximização dos benefícios proporcionados e à minimização dos impactos negativos ao meio ambiente e à sociedade. Por isso, é importante que o Brasil diversifique as suas fontes de geração de energia, pois as hidrelétricas causam sérios impactos ambientais, principalmente em relação às espécies reófitas.

Apesar de ser extremamente suscetível à perda de habitat, este grupo geralmente não é incluído nos inventários e relatórios de impacto ambiental, pois nos licenciamentos geralmente só são identificadas as espécies arbóreas. É necessário que ocorra um direcionamento prioritário ao estudo da vegetação ribeirinha, que será diretamente afetada pela construção dos reservatórios. São nestes ambientes com condições específicas que ocorreu o desenvolvimento de populações com características peculiares, e mesmo espécies endêmicas, como *D. distachya*.

Além disso, pesquisas com as reófitas são muito incipientes e, por isso, ainda pouco se conhece sobre a diversidade e importância ecológica deste grupo. Por isso, se sugere que as reófitas sejam inclusas nos estudos de impactos ambientais visando a construção de hidrelétricas. Também é necessário um planejamento em nível de bacia hidrográfica para minimizar os impactos causados ao grupo e ao ecossistema (Hmeljevski & Reis 2009, Rogalski & Reis 2009).

Outras espécies reófitas ocorrentes em Santa Catarina também estão ameaçadas de extinção, como é o caso de *Dyckia ibiramensis* Reitz e *Raulinoa echinata* R.S.Cowan (MMA 2008), e isso mostra que é necessário mais esforços das entidades governamentais competentes para a efetiva conservação deste tipo de vegetação (Hmeljevski & Reis 2009).

Um caso em que foi possível compatibilizar a necessidade do crescimento energético com a conservação de uma espécie endêmica e ameaçada foi o caso de *D. ibiramensis*. A construção de uma pequena central hidrelétrica no Rio Itajaí do Norte, no município de Ibirama (SC), iria alagar metade das rosetas dessa espécie, e entre estas estava o agrupamento com maior diversidade genética. Para tentar conservar essa reófito, que apresenta uma distribuição geográfica de apenas 4 km, houve o deslocamento do eixo da barragem, e isso fará com que o reservatório alague dois pontos de ocorrência dessa bromélia, o que representa apenas 2,6% das rosetas, e não afetará os locais com as maiores diversidades genéticas. Além disso, as mudanças no projeto também reduziram os custos da construção da hidrelétrica (Hmeljevski & Reis 2009, Hmeljevski *et al.* 2011). Devido a um estudo de impacto ambiental sério realizado antes da construção da barragem, houve a diminuição dos impactos socioambientais causados pela implantação da barragem e, felizmente, *D. ibiramensis* não teve o mesmo destino de *D. distachya*.

4.1. Considerações Finais

A introdução de *D. distachya* na natureza é um processo complexo, e deve-se maximizar o número de técnicas para que a sua relocação tenha maiores chances de êxito. Por isso, nas futuras tentativas de relocação recomenda-se a introdução de plantas jovens através do plantio adensado e espaçado, e da semeadura direta de sementes, como forma de gerar maiores probabilidades de fundar novas populações desta espécie.

É necessário um monitoramento à longo prazo para acompanhar o processo de formação das novas populações nas áreas de conservação *inter situ*, quantificando a sobrevivência e o recrutamento de novos indivíduos. É necessário que nos ambientes *inter situ* ela se torne autônoma, e que sua propagação não seja somente por via vegetativa, mas também por reprodução sexuada, para que ocorra a manutenção da sua variabilidade genética, como ocorria no seu habitat original.

Além disso, é necessário que haja um programa de proteção dos locais reófilos em que *D. distachya* foi introduzida, pois se forem construídas pequenas centrais hidrelétricas nessas áreas, as perdas para esta espécie podem representar a sua extinção. Por isso, se sugere a inclusão das espécies reófitas nos estudos de impacto ambiental, visando à construção de hidrelétricas, como medida de conservação a essa vegetação que é extremamente suscetível a perda de habitat.

5. Referências bibliográficas

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. 2002. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, Agência Nacional de Energia. http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf (acesso em 10/03/2011).
- Benzing, D.H. 1980. **The biology of the bromeliads**. California, Mader River Press.
- Benzing, D.H. 2000. **Bromeliaceae: profile of an adaptative radiation**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Berg, K.S. 1996. Rare plant mitigation: a policy perspective. Pp. 279-292. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.
- Chen, F.; Xie, Z.Q.; Xion, G.; Liu, Y.M. & Yang, H.Y. 2005a. Reintroduction and population reconstruction of an endangered plant *Myricaria laxiflora* in the Three Gorges Reservoir area, China. **Acta Ecologica Sinica** 25 (7): 1813-1817.
- Chen, F.; Xiong, G. & Zongqiang, X. 2005b. Effects of density on seedling survival and growth of an endangered species *Myricaria laxiflora*. **Biodiversity Science** 13 (4): 332-338.
- Cochrane, A. 2004. Western Australia's ex situ program for threatened species: A model integrated for conservation. Pp. 40-61. In: Guerrant, E. O. Jr.; Havens, K. & Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.
- Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. 1996. Introduction. Pp. xiii-xxii. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.
- Filippon, S. 2009. **Aspectos da demografia, fenologia e uso tradicional do caraguatá (*Bromelia antiacantha* Bertol.) no planalto norte catarinense**. 2009. Dissertação

(Mestrado, Recursos Genéticos Vegetais), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.

FUNDAGRO - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina. 2009. **Relatórios Técnicos Mensais de Monitoramento Climatológico da Usina Hidrelétrica Barra Grande.**

FUNDAGRO - Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina. 2010. **Relatórios Técnicos Mensais de Monitoramento Climatológico da Usina Hidrelétrica Barra Grande.**

Givnish, T.J.; Barfuss, M.H.J.; Van Ee, B.; Riina, R.; Schulte, K.; Horres, R.; Gonsiska, P. A.; Jabaily, R.S.; Crayn, D.M.; Smith, J.A.C.; Winter, K.; Brown, G.K.; Evans, T.M.; Holst, B.K.; Luther, H.; Till, W.; Zizka, G.; Berry, P.E. & Sytsma, K.J. 2011. Phylogeny, adaptive radiation, and historical Biogeography in bromeliaceae: insights from an eight-locus plastid phylogeny. **American Journal of Botany** 98(5): 872-895.

Guerrant, E.O.Jr. 1996. Designing populations for reintroductions: Demographic opportunities, horticultural options and the maintenance of genetic diversity. Pp. 171-208. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants.** California, Island Press.

Guerrant, E.O.Jr. & Kaye, T.N. 2007. Reintroduction of rare and endangered plants: common factors, questions and approaches. **Australian Journal of Botany** 55: 362-370.

Hamrick, J.L. & Godt, M.J.W. 1996. Conservation genetics on endemic plant species. Pp. 281-304. In: Avise, J.C. & Hamrick, J.L. (eds.). **Conservation genetics: case histories from nature.** New York, Chapman and Hall.

Hmeljevsky, K.V. 2007. **Caracterização reprodutiva de *Dyckia ibiramensis* Reitz, uma bromélia endêmica do Vale do Itajaí, SC.** 2007. Dissertação (Mestrado, Biologia Vegetal), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.

- Hmeljevski, K.V. & Reis, A. 2009. Conciliando crescimento energético com a conservação de espécies reófitas: estudo de caso da bromélia *Dyckia ibiramensis*. Pp. 345-354. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.
- Hmeljevski, K.V.; Reis, A.; Montagna, T.; Reis, M.S. 2011. Genetic diversity, genetic drift and mixed mating system in small subpopulations of *Dyckia ibiramensis*, a rare endemic bromeliad from Southern Brazil. **Conservation Genetic** 12: 761-769.
- Howald, A.M. 1996. Translocation as a mitigation strategy: Lessons from California. Pp. 293-329. In: Falk, D.A.; Millar, C.I. & Olwell, M. (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1990. **Geografia do Brasil. Região Sul, vol. 2**. Rio de Janeiro, IBGE.
- Jusaitis, M; Polomka, L. & Sorensen, B. 2004. Habitat specificity, seed germination and experimental translocation of the endangered herb *Brachycome muelleri* (Asteraceae). **Biological Conservation** 116: 251-267.
- Klein, R.M. 1979. Reófitas no Estado de Santa Catarina. Pp. 159-169. **Separata dos Anais da Sociedade Botânica do Brasil**. São Paulo.
- Kovach, W.L. 1998. **MVSP - A Multivariate Statistical Package for Windows, ver. 3.0**. Pentraeth, Kovach Computing Services.
- Legendre, P. & Legendre, L. 1998. **Numerical ecology, second english edition**. Amsterdam, Elsevier Science B. V.
- Liu, Y.; Wang, Y. & Hongwen, H. 2006. High interpopulation genetic differentiation and unidirectional linear migration patterns in *Myricaria laxiflora* (Tamaricaceae), an endemic riparian plant in the Three Gorges valley of the Yangtze river. **American Journal of Botany** 93(2): 206-215.

Maunder, M.; Havens, K.; Guerrant, E.O.Jr. & Falk, D.A. 2004. *Ex situ* methods: a vital but underused set of conservation recourses. Pp. 3-20. In: Guerrant, E.O.Jr. & Havens, K.; Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2008. **Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/ascom_boletins/arquivos/83_19092008034949.pdf> (acesso em 27/08/2009).

Meio Biótico Consultoria S.S. 2009. **Manutenção e monitoramento de reófitas relocadas em áreas da UHE Barra Grande**. Relatório final. Florianópolis.

Oksanen, J.; Blanchet, F.G.; Kindt, R.; Legendre, P.; O'Hara R.B.; Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, M.H.H. & Wagner H. 2010. **Vegan: community ecology package**. R package version 1.17-3. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.

Pavlik, B. M. 1996. Defining and measuring success. Pp. 127-155. In: Falk, D.A.; Millar, C.I.E & Olwell, M (eds.). **Restoring diversity: strategies for reintroduction of endangered plants**. California, Island Press.

Prance, G.T. Introduction. 2004. Pp. xxiii-xxix. In: Guerrant, E.O.Jr. & Havens, K.; Maunder, M. (eds.). **Ex situ plant conservation**. California, Island Press.

Primack, R.B. & Rodrigues, E. 2001. **Biologia da conservação**. Londrina, Editora Planta.

R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

Ramalho, M. & Batista, M. A. 2005. Polinização na Mata Atlântica: perspectiva ecológica da fragmentação. Pp. 93-141. In: Frankei, C. R. Rocha, P. L. B. Klein, W. Gomes, S. L. (eds.). **Mata Atlântica e Biodiversidade**. Salvador, Ed. UFBA.

- Reis, A.; Rogalski, J.; Veira, N.K. & Berkenbrock, I.S. 2005. **Conservação de espécies reófitas de *Dyckia* no Sul do Brasil: *Dyckia distachya***. Relatório técnico 2. Florianópolis, UFSC.
- Reitz, R. 1983. Bromeliáceas e a malária-bromélia endêmica. **Flora Ilustrada de Santa Catarina**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Richards, A.J. 1997. **Plant breeding systems**. UK, Chapman & Hall.
- Rogalski, J.M. 2007. **Biologia da Conservação da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), Rio Itajaí-Açu, SC**. Tese (Doutorado, Recursos Genéticos Vegetais), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Rogalski, J.M. & Reis, A. 2009. Conservação de reófitas: o caso da bromélia *Dyckia brevifolia* Baker, Rio Itajaí-Açu, SC. Pp. 335-344. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Rogalski, J.M.; Reis, A.; Reis, M.S. & Hmeljevski, K.V. 2009. Biologia reprodutiva da reófito *Dyckia brevifolia* Baker (Bromeliaceae), no Rio Itajaí-Açu, Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 32 (4), 691-702.
- Scarano, F.R.; Duarte, H.M.; Ribeiro, K.T.; Rodrigues, P.J.F.P. & Barcelos, E.M.B. 2001. Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographic distribution to ecophysiological parameters. **Botanical journal of the Linnean Society** 136, 345-364.
- Scarano, F.R. 2002. Structure, function and Floristic Relationships of Plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany** 90, 517-524.
- Van Steenis, C.G.C.J. 1981. **Rheophytes of the World: An account of the flood-resistant flowering plants and ferns and the theory of autonomous evolution**. Maryland, Sijthoff & Noordhoff.

- Voltolini, C.H.; REIS, A. & SANTOS, M. 2009. Leaf morphoanatomy of the rheophyte *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae). **Revista Brasileira de Biociências** 7 (4), 335-343.
- Walter, H. 1986. **Vegetações e zonas climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo, EPU.
- Wiesbauer, M.B. 2008. **Biologia Reprodutiva e diversidade genética de *Dyckia distachya* Hassler (Bromeliaceae) como subsídio para a conservação e reintrodução de populações extintas na natureza**. (Mestrado, Recursos Genéticos Vegetais), Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Wiesbauer, M.B. & Reis, A. 2009. Conservação *ex situ* e reintrodução de espécies na natureza: o que aprendemos nas experiências com a reófito *Dyckia distachya*. Pp. 355-366. In: Tres, D.R. & Reis, A. (orgs.). **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues.
- Zar, J. H. 1996. **Biostatistical analysis**. 3rd. Edition, Prentice Hall, New Jersey.