

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

ESTRESSE HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE
MUDAS DE *Mimosa scabrella* Benth.

Eduarda Demari Avrella
Engenheira Florestal/UDESC

Dissertação apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Ênfase Fisiologia e Manejo Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Fevereiro de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Demari Avrella, Eduarda
Estresse hídrico na germinação de sementes e
crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. /
Eduarda Demari Avrella. -- 2016.
118 f.

Orientador: Claudimar Sidnei Fior.
Coorientador: Gilmar Schafer.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2016.

1. Estresse hídrico. 2. Espécie nativa. 3.
Bracatinga. 4. Germinação de sementes. 5.
Desenvolvimento de mudas. I. Fior, Claudimar Sidnei,
orient. II. Schafer, Gilmar, coorient. III. Título.

EDUARDA DEMARI AVRELLA
Engenheira Florestal - UDESC

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 26.02.2016
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 06.05.2016
Por

CLAUDIMAR SIDNEI FIOR
Orientador - PPG Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

GILMAR SCHÄFER
Coorientador - PPG Fitotecnia

MARÍLIA LAZAROTTO
PPG Fitotecnia/UFRGS

MATEUS PEREIRA GONZATTO
Estação Experimental Agronômica/UFRGS

MARCIO CARLOS NAVROSKI
Centro de Ciências
Agroveterinárias - UDESC

PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Nei e Rosane e ao meu irmão João Paulo, pela vida, por realizarem todos meus sonhos, por estarem sempre presentes, pelo apoio concedido, paciência, carinho, força e inspiração, e principalmente por me ensinarem a voar sozinha. A vocês agradeço por mostrarem o caminho certo e nunca desistir frente aos obstáculos. Graças à educação e apoio de vocês consegui chegar aqui, e com certeza vou mais longe.

Ao meu namorado, Giordano Bruno Fornari, pelo amor, admiração, carinho e companheirismo, e sobretudo pelo fundamental incentivo à minha carreira acadêmica. Você esteve ao meu lado nos momentos mais felizes e difíceis, sempre me ajudando e me aconselhando a fazer tudo da maneira correta. Obrigada por cada palavra e gesto de carinho. Todos esses anos que passamos juntos foram maravilhosos, e espero que continue sendo assim o resto de nossas vidas.

Ao meu orientador, professor Claudimar Sidnei Fior, pela amizade, exemplo, orientação, incentivo e ensinamentos durante a realização deste trabalho, e principalmente por ter depositado em mim sua confiança e apreço, meus mais sinceros agradecimentos.

Ao professor Gilmar Schafer, meu coorientador, por estar sempre disponível para ajudar e pelo apoio concedido.

À professora Roseli Lopes da Costa Bortoluzzi, a quem devo muito pela minha formação acadêmica.

Aos amigos de longa data Renata Menegatti, Gustavo Hermes Soares, Felipe Engler, Alana Maria Pereira, Micheli Quevedo e Leonardo Mota Fornari, que sempre acreditaram em mim e mesmo com a distância sempre estiveram presentes.

Aos amigos do PPG Fitotecnia Aquélis Emer, Samanta Siqueira de Campos, Julio Lucchese, Bruna Baratto, Manuela Sulzbach, Paula Duarte, Henrique Ceccagno, Pedro Veit, Luciana Paim, Marília Tedesco, Gislaine Grzeça e Mara Winhelmann pelo auxílio e troca de ideias, e ao bolsista João Miguel Weber que contribuiu em todas as etapas dos experimentos.

Ao professor Márcio Carlos Navroski pelo envio das sementes para realizar este trabalho, e ao professor Michael Mazzurana pela atenção e apoio concedido.

A todos os professores e funcionários do PPG Fitotecnia e do Departamento de Horticultura e Silvicultura, e a CAPES pelo apoio financeiro.

ESTRESSE HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Mimosa scabrella* Benth.¹

Autor: Eduarda Demari Avrella
Orientador: Claudimar Sidnei Fior
Coorientador: Gilmar Schafer

RESUMO

Em condições naturais, as plantas estão sujeitas a estresses que limitam seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência. Algumas dessas limitações são devidas à influência de fatores ambientais, como a salinidade, déficit ou saturação hídrica. Portanto, a utilização de espécies nativas adaptadas, ou com capacidade de tolerância a estas condições, aumenta as chances de sucesso em um reflorestamento. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth. submetidas a diferentes níveis de salinidade, déficit e saturação hídrica. Para tanto, sementes foram submetidas à quebra de dormência pelo método de imersão em água quente (90 °C) até o resfriamento. A germinação foi testada por soluções de NaCl e PEG 6000 nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,15; -0,3; -0,45; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa. Enquanto para o desenvolvimento inicial das mudas, utilizou-se soluções de NaCl nos potenciais de 0,0; -0,1; -0,2; -0,3 e -0,4 MPa, associadas a um fertilizante de liberação lenta. Outro estudo foi conduzido com déficit e saturação hídrica, onde os tratamentos de déficit foram definidos pela capacidade de vaso do substrato (100, 75, 50, 25 e 10%) e, para a saturação, foram definidas três lâminas de água (controle, 1/3 e 2/3). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), regressão, correlação de Pearson, e contrastes ortogonais para o efeito do fertilizante. Os resultados mostraram que a germinação foi mais afetada pelo PEG 6000, pois houve redução drástica a partir de -0,3 MPa, tornando-se nula a partir de -0,6 MPa, enquanto para o NaCl foi próximo a zero somente em potencial de -1,2 MPa. O déficit influenciou o desenvolvimento das mudas, apresentando redução no crescimento a partir do tratamento de 50% da capacidade de vaso. Contudo, na restrição hídrica até 25% as plantas apresentaram capacidade de se estabelecer, e em 10% a sobrevivência foi bastante elevada (97%), embora sem crescimento expressivo. A saturação não demonstrou efeito severo no desenvolvimento das mudas, pois verificou-se que em 30% acima da capacidade de vaso não houve declínio, e em 60% teve baixa interferência (16,49% no diâmetro e para altura, não houve diferença entre os tratamentos). Em relação à salinidade, na comparação de cada potencial osmótico em relação à presença da adubação, nos menores níveis de salinidade (0,0; -0,1 e -0,2 MPa) as plantas adubadas apresentaram resultados superiores, e que em elevados níveis (-0,3 e -0,4 MPa) não houve influência da adubação. No entanto, a elevada salinidade não influenciou o desenvolvimento das mudas nos tratamentos que não receberam adubação. Assim, os resultados apontam que a bracatinga é uma espécie promissora para o cultivo em solos salinos ou com condições de estresse hídrico moderado, tanto em déficit quanto em saturação, pois a germinação e o desenvolvimento inicial das mudas ocorreram de forma satisfatória em condições análogas a essas.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (118f.) Fevereiro, 2016.

WATER STRESS ON GERMINATION OF SEEDS AND SEEDLINGS GROWTH *Mimosa scabrella* Benth.¹

Author: Eduarda Demari Avrella
Adviser: Claudimar Sidnei Fior
Co adviser: Gilmar Schafer

ABSTRACT

Under natural conditions, plants are subjected to stresses that might limit their development and their survival chances. Some of these limitations are due to the influence of environmental factors such as salinity, and saturation or deficit of water. Therefore, the use of adapted native species, or capable to bear these conditions, increases the chances of success in a reforestation. Thus, the aim of this study was to evaluate the seeds germination and initial development of seedlings *bracatinga* (*Mimosa scabrella* Benth.) subjected to different levels of salinity, and saturation and deficit of water. For this purpose, seeds were subjected to dormancy break by immersion in hot water (90 °C) until cooling. Germination was tested using solutions of NaCl and PEG 6000 in osmotic potential of 0.0; -0.15; -0.3; -0.45; -0.6; -0.9 and -1.2 MPa. For the initial development of seedlings, it was used solutions of NaCl in osmotic potential of 0.0; -0.1; -0.2; -0.3 and -0.4 MPa, associated with a slow releasing fertilizer. Another study was conducted with saturation and deficit of water, in which the treatments of deficit of water were defined by pot capacity of the substrate (100, 75, 50, 25 and 10%) and for water saturation, are defined three water blades (controle, 1/3 e 2/3). It was employed a completely randomized study design, and the data were submitted to analysis of variance (ANOVA), regression, Pearson correlation, and orthogonal contrasts to the effect of fertilizer. The results showed that germination was more affected by PEG 6000 because there was a drastic reduction from -0.3 MPa, becoming null from -0.6 MPa, while NaCl it was next to zero only with potential of -1.2 MPa. The water deficit influenced the development of seedlings, showing reduction in the growth from the treatment of 50% of pot capacity. However, with the water restriction to 25% the plants had the ability to establish, and 10% presented a significant survival rate (97%), even though had no significant growth. The saturation showed no severe effect on the development of seedlings, since it was found that above 30% of pot capacity there was not decline, and 60% had little interference (16.49% in diameter and height there was no difference between treatments). Regarding salinity, the comparison of each osmotic potential for the presence of fertilization, at lower salinity levels (0.0, -0.1 and -0.2 MPa) the fertilized plants showed superior results, and at high levels (-0.3 and -0.4 MPa) there was interference on fertilization. However, the high salinity did not influence the development of seedlings in treatments without fertilization. Thus, the results indicate that *bracatinga* is a promising species for cultivation in saline soils or conditions of moderate stress, both in deficit as in saturation, in that the germination and initial development seedling occurred satisfactorily in conditions similar to these.

¹ Master of Science in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (118f..) February, 2016.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 2.1 A espécie <i>Mimosa scabrella</i> Benth..... | 4 |
| 2.2 Estresse hídrico..... | 7 |
| 2.2.1 Déficit hídrico..... | 7 |
| 2.2.2 Saturação hídrica..... | 9 |
| 2.2.3 Salinidade..... | 10 |
| 2.3 Germinação de sementes..... | 13 |
| 2.4 Produção de mudas..... | 15 |
| 2.5 Substrato..... | 17 |
| 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 19 |
| 4 CAPÍTULO 1..... | 25 |
| Efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de <i>Mimosa scabrella</i> Benth..... | 25 |
| 5 CAPÍTULO 2..... | 33 |
| Desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) sob diferentes regimes hídricos..... | 33 |
| 6 CAPÍTULO 3..... | 55 |
| Efeito do estresse hídrico por saturação sobre o desenvolvimento inicial de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.)..... | 55 |
| 7 CAPÍTULO 4..... | 78 |
| Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de <i>Mimosa scabrella</i> Benth..... | 78 |
| 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 103 |
| 9 APÊNDICES..... | 105 |

RELAÇÃO DE TABELAS

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO 1 | |
| 1. Análise de variância de dois experimentos com germinação de sementes e formação de plântulas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em substrato hidratado com dois agentes osmóticos (NaCl e PEG 6000) em gradientes de concentrações..... | 27 |
| CAPÍTULO 2 | |
| 1. Propriedades químicas e físicas do substrato casca de pinus compostada, utilizado no experimento..... | 50 |
| CAPÍTULO 3 | |
| 1. Propriedades químicas e físicas do substrato casca de pinus compostada, utilizado no experimento..... | 74 |
| 2. Análise de variância do crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes níveis de saturação hídrica no substrato, aos 173 dias após a instalação do experimento..... | 75 |
| 3. Análise de contrastes ortogonais do crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes níveis de saturação hídrica no substrato, aos 173 dias após a instalação do experimento..... | 76 |
| CAPÍTULO 4 | |
| 1. Valores de referência de condutividade elétrica (mS cm ⁻¹) das soluções de NaCl para cada nível de potencial osmótico, obtidas a partir do método Pour Thru (Cavins <i>et al.</i> , 2000)..... | 97 |
| 2. Estrutura da análise de contrastes ortogonais do desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função da presença de adubação, e do potencial osmótico da água de irrigação (diferentes níveis de cloreto de sódio)..... | 98 |

3. Análise de variância do desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da presença de adubação, e do potencial osmótico da água de irrigação (diferentes níveis de cloreto de sódio), aos 106 dias após a instalação do experimento..... 99

RELAÇÃO DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO 1 | |
| 1. Porcentagem de germinação de sementes de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes potencias osmóticos em soluções de NaCl e PEG 6000. A = germinação experimento A; B = germinação experimento B..... | 28 |
| 2. Índice de velocidade de germinação médio (IVGm) de sementes de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes potencias osmóticos em soluções de NaCl e PEG 6000..... | 29 |
| 3. Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função das soluções de NaCl e PEG 6000..... | 30 |
| 4. Tempo médio para a formação de plântula (TMP) de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função das soluções de NaCl e PEG 6000. A = TMP experimento A; B = TMP experimento B..... | 30 |
| CAPÍTULO 2 | |
| 1. Altura (A) e diâmetro do colo (B) de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento, e ao longo do tempo de condução do experimento (C e D). * corresponde a regressões significativas a 1% de probabilidade de erro..... | 51 |
| 2. Massa fresca (A) e seca da parte aérea (B) de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento..... | 52 |
| 3. Massa fresca (A) e seca do sistema radicular (B) e volume total de raízes (C) de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento..... | 53 |
| 4. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (A), relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) (B) e relação massa seca da parte aérea e sistema radicular (MSPA/MSR) (C) de mudas de bracatinga (<i>Mimosa scabrella</i> Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento..... | 54 |

CAPÍTULO 3

1. Altura (A) e diâmetro do colo (B) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento..... 77

CAPÍTULO 4

1. Sobrevivência de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento (A) e em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato (B). * e ** correspondem a regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. C = com adubação e S = sem adubação..... 100
2. Altura (A) e diâmetro do colo (B) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento e em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato (C e D). * e ** correspondem a regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. ^{ns} Regressão não significativa para altura (p=0,516) e diâmetro do colo (p=0,690) nos tratamentos sem adubação. S = sem adubação e C = com adubação..... 101
3. Massa seca da parte aérea (A) e do sistema radicular (B), volume de raiz (C) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (D) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato. *Regressão não significativa para massa seca da parte aérea (p=0,242), massa seca do sistema radicular (p=0,198), volume de raiz (p=0,102) e IQD (p=0,173) nos tratamentos sem adubação..... 102

1 INTRODUÇÃO

A biodiversidade é uma das propriedades fundamentais da natureza e fonte de imenso potencial de uso econômico. Possui valores ecológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético, além de ser base para diversas atividades econômicas (Myers *et al.*, 2000, Coradin *et al.*, 2011). Portanto, a exploração do potencial de uso dos recursos fitogenéticos nativos depende de um maior conhecimento das espécies e de seus usos (Leite & Coradin, 2011).

Em muitas regiões, os recursos florestais nativos já foram explorados de tal forma que as necessidades, principalmente humanas, são supridas com matéria-prima oriunda de regiões cada vez mais distantes. Desta maneira, os plantios florestais podem ser a única solução para reverter o quadro de escassez de matéria-prima e de mitigação da degradação ambiental, o que torna as sementes e mudas florestais de boa qualidade, insumos essenciais para a formação desses plantios (Sena, 2008).

Mesmo levando em consideração a diversidade da flora brasileira, as opções colocadas à disposição do consumidor são ainda restritas, em razão de padrões culturais que privilegiam produtos e cultivos exóticos e deixam de lado os benefícios que poderiam ser incorporados a nossa sociedade fazendo-se o uso de recursos naturais. A prioridade dada aos cultivos exóticos, aliada a adaptação dessas espécies às condições edafo-climáticas, fazem com que a importância e o potencial da biodiversidade brasileira sejam negligenciados (Coradin, 2006, Coradin *et al.*, 2011, Leite & Coradin, 2011).

A demanda por conhecimentos sobre o comportamento de espécies nativas é cada vez maior, em função da sua potencialidade econômica. Entretanto, ainda existem lacunas sobre o manejo e análise de sementes e mudas da maioria destas espécies. De acordo com Navroski & Pereira (2014) a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) é uma espécie com potencial para se tornar comercialmente viável devido ao seu rápido crescimento, capacidade de desenvolvimento em sítios desfavoráveis, qualidade da madeira para lenha e outros fins, potencialidade de uso melífero e em sistemas agroflorestais.

Em condições naturais, as plantas estão sujeitas a estresses que limitam o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência (Larcher, 2000). Um dos principais fatores abióticos que influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas é a água (Taiz & Zeiger, 2013), pois, tanto a deficiência quanto a saturação hídrica, provocam alterações no comportamento vegetal (Santos & Carlesso, 1998, Taiz & Zeiger, 2013). Além disso, a salinidade também é um fator de estresse, pois apresenta atividade osmótica retendo a água em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais torna a água cada vez menos disponível para às plantas (Larcher, 2000).

O uso de espécies nativas, adaptadas às severas condições climáticas da sua região de origem, aumenta as chances de sucesso em um reflorestamento, além de constituir uma importante alternativa para o aproveitamento de áreas ociosas, já que nestas condições a exploração de muitas espécies é inviável economicamente (Silva *et al.*, 2009). Portanto, salienta-se a importância de estudos com espécies como a bracatinga, a qual pode constituir-se em uma importante alternativa para a região sul do Brasil, pois apresenta características relevantes para a exploração de múltiplos produtos, além da grande importância ambiental já que esta é uma espécie facilitadora em processos de regeneração da vegetação em áreas degradadas.

Diante do exposto, a fim de caracterizar a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) quanto a possibilidade do seu cultivo em solos com salinidade, déficit e saturação hídrica, os objetivos deste estudo foram:

- Avaliar os efeitos do estresse hídrico simulado por soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) e cloreto de sódio (NaCl) na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Mimosa scabrella* Benth.;
- Avaliar o crescimento e o desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) submetidas a diferentes regimes hídricos, simulados através de cinco níveis de capacidade de vaso;
- Verificar o efeito de diferentes níveis de saturação hídrica do substrato sobre o desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth.;
- Verificar os efeitos da salinidade provocada por diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A espécie *Mimosa scabrella* Benth.

A família botânica Fabaceae possui distribuição cosmopolita, representando uma das maiores famílias de angiospermas e também uma das principais no ponto de vista econômico. Compreende cerca de 745 gêneros e aproximadamente 19.560 espécies (APG III, 2013), onde 229 gêneros e 4.238 espécies ocorrem no Brasil (Reflora, 2014).

O gênero *Mimosa* apresenta mais de 480 espécies (APG III, 2013), sendo o segundo maior gênero da subfamília Mimosoideae, no qual está inserida a *M. scabrella*, uma espécie florestal típica do planalto sul do Brasil (Simon *et al.*, 2011). A primeira citação sobre a sua área de distribuição geográfica foi realizada em 1900, por Romário Martins, o qual, entusiasmado com a espécie e suas características silviculturais, promoveu uma intensa propaganda incentivando seu plantio, alegando que a espécie apresenta um rápido crescimento e alto potencial energético (Rotta & Oliveira, 1981).

Segundo Carvalho (1994) a bracatinga possui duas variedades botânicas - *Mimosa scabrella* var. *scabrella*, com floração no inverno e duas denominações populares diferenciadas pela cor da madeira (bracatinga-branca e bracatinga-vermelha), e *Mimosa scabrella* var. *aspericarpa* (bracatinga-argentina) com floração na primavera-verão, diferenciada pela cor prateada das folhas, ambas com ocorrência natural restrita ao Brasil (Fabrowski *et al.*, 2005).

A bracatinga é uma árvore heliófila, perenifólia e ocorre principalmente em formações secundárias da floresta ombrófila mista, onde forma núcleos densos quase puros

(Rotta & Oliveira, 1981). É uma espécie pioneira de rápido crescimento, desenvolve-se bem a céu aberto, resistindo a geadas. Normalmente, apresenta de 10 a 18 metros (m) de altura e 20 a 30 centímetros (cm) de DAP (diâmetro a altura do peito – 1,30 m), podendo atingir de 20 a 25 m de altura e 40 a 50 cm de DAP após oito anos de idade, quando é comum entrar em declínio vital, atingindo um limite de vida de 30 anos (Carpanezi, 2006; Fabrowski *et al.*, 2005). O fuste se desenvolve até 15 m de comprimento e o diâmetro da copa pode variar de 1,5 m, em povoamento, até 10 m em árvores isoladas (Rotta & Oliveira, 1981).

Possui baixa exigência edáfica, ocorrendo em solos de textura franca ou argilosa e bem drenados, em terrenos rasos com pH variando de 3,5 a 5,5 (Carpanezi, 2006). Sua distribuição geográfica concentra-se em regiões frias que vão desde o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro até o norte do Rio Grande do Sul, onde ocorre com maior predominância (Foelkel, 2012; Lorenzi, 2002).

As folhas são compostas, bipinadas e paripinadas, muito variáveis, contendo de 4 a 14 pares de pinas opostas. As flores são amarelas e pequenas, agrupadas em capítulos pedunculados, axilares ou terminais (Lorenzi, 1992; Saueressig, 2014). Rotta & Mendes (1990) concluíram que apenas 10% das flores produzidas formam frutos. Sendo os frutos sésseis, deiscentes, e alojam de 2 a 4 sementes (Carvalho *et al.*, 2003).

Geralmente a bracatinga começa a produzir sementes a partir de três anos de idade, em árvores bem ensolaradas. As sementes são irregulares, escuras e brilhantes (Carvalho *et al.*, 2003), apresentando dormência causada pela impermeabilidade do tegumento à água, o que resulta em dificuldade de germinação mesmo em condições ideais de temperatura e umidade (Ambiente Brasil, 2014).

De acordo com Embrapa (1988) a bracatinga é uma espécie hermafrodita, de fecundação preferencialmente cruzada, sendo a polinização feita principalmente por *Apis mellifera* ou abelhas nativas. Os frutos, bem como as sementes, se dispersam pela ação da

gravidade. Ao caírem no solo, as sementes formam bancos permanentes e a viabilidade das mesmas pode perdurar por 4 anos ou mais (Carpanezzi *et al.*, 1997).

A madeira é considerada como moderadamente densa ($0,58 \text{ g/cm}^3$), tendo boa aceitação pelos consumidores em função da qualidade para a energia (poder calorífico de $4,77 \text{ Kcal/Kg}$) (Embrapa, 1988). Em um estudo comparando a qualidade da madeira de bracatinga para fins energéticos, Pereira & Lavoranti (1986) também concluíram que a madeira da bracatinga possui boas qualidades para a produção de energia, a qual apresentou densidade básica de $0,53 \text{ g/cm}^3$. O cerne, de coloração bege-rosada, é irregular, com nuances mais escuras, textura grosseira, superfície um pouco áspera e de grã direita. A durabilidade natural dessa madeira, em condições adversas, é muito baixa. Contudo, é permeável aos tratamentos preservantes em autoclave (Angeli & Stape, 2003).

Possui altas taxas de incremento e fortes níveis de interações com microrganismos do solo (bactérias fixadoras de nitrogênio e micorrizas), onde alguns povoamentos implantados por mudas têm alcançado produtividade de até $36 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ (Carvalho, 1994). Em um estudo com bracatinga em Campo Mourão, no Paraná, verificou-se valores de incremento após 40 meses de plantio de $31,1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$ (Carvalho & Costa, 1981).

É uma espécie muito utilizada em sistemas agroflorestais, sendo empregada, sobretudo, como fonte de biomassa, lenha e carvão (Fabrowski *et al.*, 2005). A madeira roliça é muito procurada para escoras e vigamentos na construção civil e, principalmente, para compensados e caixotaria. A madeira serrada serve para pisos e assoalhos, móveis e peças de mobiliário (armação de estofados, estrados de cama, laterais e fundos de gavetas, travessas estruturais, cantoneiras), embalagens leves e palets. Como peça torneada, é utilizada externamente pela indústria de móveis, após tratamentos de secagem e usinagem (Lorenzi, 1992, Lorenzi, 2002, Schumacher *et al.*, 2005). Não obstante, pode ser empregada na produção de celulose e papel, gomas (galactomanana nas sementes),

extração de taninos da casca e usos no paisagismo, principalmente na arborização de ruas, além de ser útil na recuperação de áreas degradadas (Lorenzi, 2002).

2.2 Estresse hídrico

O estresse pode ser considerado como um desvio das condições ótimas para a vida, induzindo a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, podendo ser reversíveis ou tornarem-se permanentes. Desta maneira, em condições naturais, as plantas estão sujeitas a condições de múltiplos estresses que limitam o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência, bem como de suas sementes e plântulas (Larcher, 2000; Souza *et al.*, 2001).

O estresse hídrico ocorre geralmente, na natureza, de maneira gradual (Chaves Filho & Stacciarini-Serafini, 2001), e pode ser obtido tanto pelo déficit quanto pela saturação hídrica, já que estes provocam alterações no comportamento vegetal (Santos & Carlesso, 1998, Taiz & Zeiger, 2013). Além disso, a salinidade também pode ser considerada como um fator de estresse hídrico, pois apresenta atividade osmótica retendo a água em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais torna a água cada vez menos disponível para as plantas (Larcher, 2000).

2.2.1 Déficit hídrico

A água desempenha um papel fundamental na vida das plantas, pois a fotossíntese exige que as plantas retirem dióxido de carbono da atmosfera e, ao mesmo tempo, as expõem à perda de água e à ameaça de desidratação (Taiz & Zeiger, 2013). Desta maneira, a deficiência hídrica pode provocar alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (Santos & Carlesso, 1998). Por isso, a capacidade de algumas

espécies em tolerar estresses causados pela escassez de água é importante para a sua propagação em ambientes diferentes do seu habitat natural (Calbo & Moraes, 2000).

A diminuição na disponibilidade de água provoca um aumento na concentração de sais, resultando em uma diminuição no potencial de água (Verslues *et al.*, 2006), o que afeta diversos processos metabólicos. Desta maneira, a primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico é a diminuição da turgescência, e associado a isto, a diminuição no crescimento das plantas. Assim, quando as células vegetais sofrem déficit hídrico, ocorre desidratação celular, o que pode afetar os processos fisiológicos básicos. Não obstante, um efeito secundário desta desidratação celular é a maior concentração de íons, que podem tornarem-se tóxicos (Claeys & Inzé, 2013).

O potencial de água no qual a fotossíntese torna-se nula depende das características adaptativas da espécie, do tempo de exposição, da severidade do déficit, do estágio de desenvolvimento da planta e da possibilidade de aclimação ao estresse. (Calbo & Moraes, 2000). À medida que a planta tolera o estresse, ela se torna aclimatada, o que é resultado de eventos íntegros que ocorrem em todos os níveis de organização, como anatômico, morfológico, bioquímico e fisiológico (Lopes *et al.*, 2011).

Um dos mecanismos de tolerância que as plantas podem utilizar é o ajuste osmótico, para que a célula absorva água e mantenha o potencial de pressão em níveis adequados. A diminuição do potencial osmótico, em resposta ao déficit hídrico, pode resultar da acumulação ativa de solutos (Patakas *et al.*, 2002), o que é de extrema importância para evitar a perda de água e não interferir na função celular. Assim, muitas plantas acumulam um ou mais tipos de solutos compatíveis, tais como a prolina ou a glicina betaína, em resposta à diminuição do potencial hídrico (Verslues *et al.*, 2006).

Dentre os fatores ambientais necessários para a germinação das sementes, a água é o primeiro requisito e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas do metabolismo germinativo. A quantidade necessária de água é a que torna os tecidos

desidratados das sementes a um nível adequado de hidratação, possibilitando o desenvolvimento do embrião. Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e transporte de metabólitos, como reagente na digestão hidrolítica de tecidos de reserva da semente (Botelho & Perez, 2001; Paiva, 2007).

Spadeto *et al.* (2012) ao estudar o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de *Apuleia leiocarpa*, uma espécie leguminosa de ocorrência natural no Rio Grande do Sul, verificaram que o déficit hídrico influenciou negativamente a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas. Ainda, acrescentaram que, em potenciais osmóticos de -1,2 e -1,6 MPa, as sementes mantiveram-se viáveis, porém não germinaram pela falta de condições hídricas que são necessárias para o início da germinação.

2.2.2 Saturação hídrica

O crescimento vegetal pode ser limitado tanto pelo déficit quanto pelo excesso de água, o qual ocorre como resultado da inundação ou compactação do solo. Os efeitos do excesso de água são uma consequência da remoção de oxigênio (O₂) no solo e no substrato, pois o alagamento preenche com água os seus poros. Desta maneira, o oxigênio difunde-se tão lentamente na água estagnada que apenas alguns centímetros de solo permanecem oxigenados (Taiz & Zeiger, 2013).

Plantas sensíveis à inundação são fortemente danificadas, pois a falta de oxigênio causa reduções na produtividade das plantas, diminuindo o crescimento das raízes e da parte aérea (Taiz & Zeiger, 2013), bem como mudanças na assimilação de carbono, absorção de macronutrientes e supressão do metabolismo respiratório das raízes (Kozlowski, 1997). Não obstante, podem ocorrer alterações metabólicas com a diminuição do consumo de energia, ativação de rotas anaeróbias e menor investimento no crescimento (Medri *et al.*, 2002). O fechamento estomático e a diminuição da fotossíntese também são

alterações que ocorrem devido à deficiência de oxigênio no solo causada pelo alagamento (Larcher, 2000).

A hipoxia e anoxia danificam as raízes pela inibição da respiração celular. A pressão de oxigênio crítica é aquela abaixo da qual as taxas de respiração decrescem, como consequência da deficiência de O₂, e por isso, quando as concentrações de O₂ estão abaixo desta pressão crítica o centro da raiz torna-se hipóxico ou anóxico. Assim, existem consideráveis resistências à difusão de oxigênio à medida que o gás se desloca da superfície da raiz para as células no centro delas. Como consequência, não há O₂ suficiente para respiração nessas células abaixo da pressão de oxigênio crítica, levando à produção reduzida de ATP, a uma incapacidade de realizar trabalho bioquímico e, por fim, à morte celular (Taiz & Zeiger, 2013).

O estresse causado pela saturação hídrica possui um caráter fortemente seletivo, pois no decorrer do processo evolutivo, espécies tolerantes desenvolveram uma variedade de estratégias que promoveram o seu desenvolvimento em ambientes com alagamento do solo (Medri *et al.*, 2002). Uma destas estratégias é que as células das raízes são separadas por proeminentes espaços preenchidos de gases, que formam um tecido denominado aerênquima (Taiz & Zeiger, 2013). Não obstante, as partes submersas do tronco e dos ramos podem emitir densos feixes de raízes aquáticas, e além disso, ocorrer a formação de lenticelas, as quais fazem contato entre o ambiente e as células do parênquima auxiliando nas trocas gasosas (Larcher, 2000).

2.2.3 Salinidade

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica retendo a água, além da ação de íons sobre o protoplasma. A água é retida osmoticamente em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais torna a água cada vez menos disponível para as plantas (Larcher, 2000).

A salinidade é considerada como um dos principais fatores ambientais que restringem a viabilidade das sementes no campo (Souza *et al.*, 2001), e o efeito destes sais na germinação é principalmente osmótico (Tobe *et al.*, 2003). De acordo com Munns & Tester (2008), a regulação do fluxo de íons é necessária para que as células mantenham baixas concentrações de íons tóxicos e acumulem íons essenciais. Caso haja falhas nesse balanço de elementos, ocorrerá a perda de turgescência, desidratação, redução no crescimento, atrofiamento e até mesmo morte das células. Além disso, a presença de salinidade pode causar a perda da germinabilidade em sementes que apresentam tegumento permeável aos sais (Tobe *et al.*, 2003).

O aumento da concentração de sais determina a redução no potencial hídrico, resultando em menor capacidade de absorção de água pelas plantas (Lopes & Macedo, 2008). Além do atraso no processo germinativo, pode ocorrer uma diminuição da sincronização, mostrando uma redução no grau de organização do sistema (Jeller & Perez, 2001). Segundo Gordin *et al.* (2012) estudando o estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica*), a salinidade reduziu gradativamente a porcentagem de germinação e também influenciou no crescimento das plântulas, onde o comprimento médio da parte aérea e da raiz foram afetados negativamente pelos sais.

Os processos de crescimento das plantas também são afetados pela presença de sais, podendo ocorrer modificações anatômicas e fisiológicas, como inibição da síntese de proteínas, desequilíbrio entre cátions, diminuição das taxas de fotossíntese e de respiração (Bissani *et al.*, 2008). A salinidade também acrescenta um novo nível de complexidade para a nutrição mineral, afetando a atividade dos íons e os processos de absorção, transporte, assimilação e distribuição (Neves *et al.*, 2009). Desta forma, as plantas que crescem em solos salinos não podem escapar totalmente dos efeitos da salinidade e, por isso, desenvolvem algum grau de resistência, que consiste tanto em evitar, por meio de

uma regulação salina que quantidades excessivas de sal alcancem o protoplasma, como tolerar seus efeitos (Larcher, 2000), o que pode ser entendido como uma estratégia de aclimatação a ambientes salinos.

Os solos com problemas salinos, resultantes de processos naturais e do mau uso da terra, são caracterizados por uma profunda heterogeneidade e apresentam propriedades químicas e físicas desfavoráveis às plantas. Para a utilização destes solos, com vistas à produção agrícola ou florestal, é necessária a aplicação de práticas corretivas apropriadas, as quais envolvem alto custo e não resolvem, efetivamente, o problema. Dessa maneira, conhecer como diferentes espécies vegetais respondem à salinidade nas distintas fases de crescimento é crucial para garantir o sucesso dos plantios em áreas afetadas por sais (Santos & Tertuliano, 1998, Mendonça *et al.*, 2007).

Além disso, a salinidade do substrato utilizado na produção de mudas, também está associada com um baixo desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das plantas (Cavins *et al.*, 2000), pois elevados níveis de salinidade podem prejudicar o crescimento da planta, induzir à murcha, mesmo com o substrato úmido, e causar necrose nas folhas, principalmente em culturas sensíveis (Nau, 2011).

A salinidade do substrato é mensurada pela condutividade elétrica de seus íons dissolvidos, e a sensibilidade à concentração de sais varia conforme a espécie e a idade da planta, sendo que quanto mais jovem a muda, mais sensível (Kampf, 2005). Menezes Júnior *et al.* (2000), verificaram que o alto conteúdo de sais encontrado nos substratos afetou drasticamente a germinação das sementes de *Lactuca sativa*. Ainda, de acordo com Schafer *et al.* (2015), substratos que apresentam excesso de sais em sua constituição, podem ser utilizados, mas com restrição, devendo ser evitados, principalmente, nas etapas de estabelecimento das plantas.

2.3 Germinação de sementes

A finalidade biológica de uma semente é germinar e estabelecer uma nova planta. Assim, o desenvolvimento da capacidade germinativa e, na maioria dos casos, a habilidade em manter essa capacidade após a dessecação e a dispersão, são aspectos importantes da maturação das sementes. Em geral, a habilidade do embrião em germinar desenvolve-se cedo se a semente for removida do fruto prematuramente. Entretanto, as sementes podem não sobreviver à desidratação ou à dessecação, onde a tolerância se desenvolve subsequentemente à aquisição da capacidade germinativa ou germinabilidade, enquanto o vigor da semente continua a aumentar (Ferreira & Borghetti, 2004).

A germinação das sementes inicia com a embebição e ativação do metabolismo do tecido embrionário. O primeiro passo é a produção de energia via glicólise e, em seguida, os fitormônios dão o sinal para uma nova síntese de enzimas, levando à mobilização de substâncias de reservas no endosperma. Em seguida, ocorre a síntese de hormônios, intensificando a respiração mitocondrial, síntese de proteína e mais tarde, os processos de crescimento que resultam no aparecimento da radícula (Larcher, 2000; Scremin-Dias *et al.*, 2006).

Segundo Ferreira & Borghetti (2004) a fase inicial de embebição ou de absorção de água é um processo dirigido pelo potencial hídrico entre a semente e seu ambiente. É um processo puramente físico, que depende somente da ligação da água à matriz da semente. Quando todas as matrizes atingem hidratação plena, o potencial osmótico torna-se a força que faz a água continuar se movendo para dentro da semente até que seja balanceada pelo turgor. Durante da fase II da embebição, são ativados os processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião e a conclusão do processo germinativo (momento em que há emergência ou protusão da radícula). A fase III é marcada por um aumento no conteúdo de água da semente, que acontece devido à absorção associada com a iniciação do crescimento do embrião.

As sementes germinam quando as condições para o crescimento são favoráveis e elas não apresentam algum tipo de dormência. Além da água, que é a primeira exigência para a germinação (Ferreira & Borghetti, 2004), as sementes requerem temperaturas ótimas, as quais variam para cada espécie e propiciam máxima porcentagem de germinação em menor espaço de tempo (Silva *et al.*, 2002). Além disso, as sementes podem também requerer luz e nutrientes para que a germinação seja bem sucedida (Oliveira & Garcia, 2005).

Em muitas sementes, a germinação é impedida devido à presença de um tegumento externo ou devido à presença de substâncias inibidoras, e frequentemente por fatores externos, impondo o estado de dormência (Larcher, 2000). Muitas sementes tornam-se dormentes durante a fase intermediária de maturação, o que as impede de germinar até que estejam plenamente maduras e dispersas. Em muitos casos, essa dormência persiste após a dispersão e requer que condições específicas sejam previamente encontradas para que a germinação ocorra (Ferreira & Borghetti, 2004).

Em condições naturais, as sementes superam a dormência quando o momento for favorável ao seu desenvolvimento, através de mecanismos da própria semente ou do ambiente, cumprindo seu ciclo. Um exemplo são as sementes dormentes que, ao passar pelo trato digestivo dos animais que comem seus frutos, são dispersadas pelas fezes já prontas para germinar (Mori *et al.*, 2012). Desta maneira, a dormência de sementes tem fundamental importância para a perpetuação e estabelecimento de muitas espécies vegetais nos mais variados ambientes (Silva *et al.*, 2008).

A necessidade de se estabelecer padrões de germinação a serem utilizados para a análise de sementes de espécies florestais nativas vem sendo enfatizada atualmente, pois a maioria das espécies necessitam de informações científicas e específicas sobre a germinação das sementes, que constitui a principal base para avaliação da sua qualidade (Castellani *et al.*, 2009). No caso das espécies nativas empregadas em reflorestamentos,

como por exemplo a bracatinga, ainda não se atingiu um estágio tão avançado na produção e avaliação das sementes (Oliveira *et al.*, 1996).

Como para outras espécies, a análise de sementes florestais também visa a obtenção de informações sobre a qualidade dos lotes destinados aos mais diversos usos. A padronização de metodologias baseia-se em um conjunto de prescrições e recomendações contidas nas Regras para Análise de Sementes. No entanto, as espécies florestais nativas representam menos de 0,1% nestas regras, ilustrando a falta de informações sobre estas espécies (Oliveira *et al.*, 1996, Ferreira & Borghetti, 2004).

2.4 Produção de mudas

Dentro do ciclo de vida das plantas com sementes, o estabelecimento, o desenvolvimento e a sobrevivência das plântulas são eventos cruciais para o crescimento e manutenção das populações. Os ecossistemas tropicais terrestres compartilham muitos dos fatores físicos e biológicos que afetam o estabelecimento, o desenvolvimento e a sobrevivência de plântulas. A importância relativa desses fatores apresenta uma grande variação, pois há diferenças nos padrões de perturbações naturais a que cada ambiente está inserido. Todavia, as espécies tendem a apresentar respostas adaptativas similares a determinados fatores, independentemente de suas relações filogenéticas e do ecossistema onde ocorrem (Ferreira & Borghetti, 2004).

A produção de mudas florestais, entre as atividades da silvicultura é uma das mais importantes, pois representa o início de uma cadeia de operações que visam o estabelecimento de florestas e povoamentos. Desta maneira, o sucesso da produção florestal está diretamente relacionado com as operações que determinam a qualidade das mudas florestais (Schorn & Formento, 2003).

O processo produtivo das mudas de essências florestais nativas deve ser embasado em parâmetros técnicos consistentes e bem elaborados. As mudas devem possuir excelente

qualidade, resultando em produtos valorizados no mercado, sem problemas fitossanitários e que se estabeleçam eficientemente após o plantio (Scremin-Dias *et al.*, 2006). Para tanto, a obtenção de sementes de qualidade é de fundamental importância, pois durante as etapas de colheita, extração, secagem e beneficiamento, ocorrem os maiores riscos das sementes sofrerem danos e perderem sua viabilidade (Castro *et al.*, 2012).

Segundo Carneiro (1995) mudas de baixo padrão de qualidade, desenvolvendo-se em altura em ritmo menos acentuado, apresentam menores taxas de incremento por hectare ao ano. As plantas resultantes de um povoamento com estas características têm a tendência de apresentar menor uniformidade e pior qualidade do fuste. Por isso, é necessário que se produza mudas com melhores padrões de qualidade, as quais reduzem os custos de implantação dos povoamentos com a diminuição da frequência dos tratos culturais.

De acordo com Barbosa *et al.* (2003) a formação de mudas de boa qualidade é um dos pontos determinantes do processo de produção, o que pode ser alcançado fazendo-se o uso de viveiros ou casas de vegetação que possibilitam formar plantas com melhor desempenho no campo. O objetivo é atingir uma qualidade em que as mudas apresentem características que possam oferecer resistência às condições adversas que poderão ocorrer posteriormente, mesmo que o plantio tenha sido efetuado em período de condições favoráveis (Carneiro, 1995).

Os critérios para a classificação da qualidade de mudas baseiam-se no aumento da sobrevivência das mudas após o plantio e na diminuição da frequência dos tratos culturais de manutenção do povoamento recém-implantado, devido ao maior crescimento inicial (Carneiro, 1995). Desta maneira, a realização de mensurações de variáveis como altura, diâmetro do colo, biomassa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular refletem o comportamento das plantas nas condições em que estão submetidas, indicando o quanto estes fatores estão influenciando o crescimento e desenvolvimento das mudas (Almeida, 2005).

2.5 Substrato

Entende-se como substrato para plantas o meio onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo. Tem como finalidade servir de suporte para as plantas, podendo ainda regular a disponibilidade de nutrientes para as raízes. Pode ser formado de solo mineral ou orgânico, de um só ou de diversos materiais em misturas (Kampf, 2005). É composto de uma fase sólida, constituída de partículas minerais e orgânicas; uma líquida, que é a água com os nutrientes; e uma gasosa, que é o espaço de aeração (Gomes & Paiva, 2013).

De acordo com Fachini (2006) normalmente os substratos são resíduos de processos industriais. Para Gomes & Paiva (2013), dentre os substratos que podem ser utilizados na produção de mudas de espécies arbóreas, destacam-se a vermiculita, o composto orgânico, o esterco bovino, a serragem, o bagaço de cana, as acículas de pinus, o húmus de minhoca e o composto de resíduos sólidos, entre outros.

O desenvolvimento das plantas em vaso é diferente daquele no campo. Devido a isto, o substrato deve ser melhor do que o solo em características como economia hídrica, aeração, permeabilidade, poder de tamponamento para valor de pH e capacidade de retenção de nutrientes (Kampf, 2005). As propriedades hídricas do substrato influenciam a entrada e a movimentação de água para as raízes, a saída e a evaporação de água do substrato. Estas propriedades hídricas podem ser divididas em: característica de retenção de água, que é a capacidade de armazenar água e condutividade hidráulica, que é a habilidade do solo em permitir o fluxo de água (Fonteno, 1993). A capacidade de vaso, semelhante à capacidade de campo, é a porcentagem, por volume, retida por um substrato em um recipiente com uma determinada altura, após saturação deixando-se drenar na ausência de evapotranspiração, sendo este o limite máximo de água para aquele substrato, tipo e profundidade do recipiente (Mello, 2006).

A determinação da curva de disponibilidade de água de um substrato informa o volume de água disponível às plantas dentro de cada faixa de tensão, possibilitando analisar se as plantas ficam submetidas a pequenos estresses hídricos, reduzindo a taxa de crescimento da planta por meio de um ajuste osmótico (Taiz & Zeiger, 2004).

A curva de retenção de água no solo expressa a relação entre o conteúdo de água, em base de massa ou volume, e o potencial matricial da água no solo (força de ligação entre as moléculas de água e as partículas de solo). A retenção da água no solo é afetada por uma série de fatores, mas principalmente pela distribuição relativa da granulometria, forma e arranjo das partículas do solo. Ainda, apresenta diversas aplicações práticas, técnicas e científicas, tais como: a determinação da capacidade de campo do solo, do ponto de MFRcha permanente e da disponibilidade total de água no solo, variáveis que são indispensáveis para um adequado manejo de irrigação e balanço hídrico de água no solo (Andrade Júnior *et al.*, 2007).

A resposta das plantas à tensão de água no solo tem sido estudada como forma de controle da irrigação, já que irrigações deficitárias ou excessivas podem refletir diretamente na redução da produtividade (Farias & Saad, 2005). Em um estudo sobre a qualidade comercial de crisântemo irrigado sob diferentes tensões no substrato, Farias *et al.* (2003) observaram que o melhor padrão de qualidade foi obtido nas tensões de -2, -6 e -10 kPa. Já na tensão de -30 kPa, estes autores encontraram o pior padrão de qualidade, o que provavelmente ocorreu em função do estresse hídrico, pois neste estado as plantas tendem a se desenvolver menos e conseqüentemente absorvem menos nutrientes.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. St. Hill., A. Juss. e Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos.** 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

AMBIENTE BRASIL. **Silvicultura da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham):** Produção de mudas, plantio, tratos culturais, exploração, manejo e produtividade de bracatingais de regeneração natural, pragas. 2014. Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/silvicultura/silvicultura_da_bracatinga_\(mimosa_scabrella_bentham\).html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/silvicultura/silvicultura_da_bracatinga_(mimosa_scabrella_bentham).html). Acesso em: 19 jun. 2015.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Determinação da curva de retenção de água no solo em laboratório.** Teresina: EMBRAPA, 2007.

ANGELI, A.; STAPE, J. L. **Identificação de espécies florestais: *Mimosa scabrella* (Bracatinga).** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), 2003. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/mimosa.scabrella.asp>. Acesso: 18 jun. 2015.

APG III. **Angiosperm Phylogeny Website.** Version 13. Disponível em: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html>. Acesso em: 07 jul. 2015.

BARBOSA, Z.; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e absorção de nutrientes por mudas de gravioleira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 519-522, 2003.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas.** 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344 p.

BOTELHO, B. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na germinação de sementes de canafístula. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 43-49, 2001.

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleraceae* (açáí). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 225-230, 2000.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARPANEZZI, A. A.; PAGANO, S. N.; BAGGIO, A. J. Banco de sementes de bracatinga em povoamentos do sistema agroflorestal tradicional de cultivo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 35, p. 3-19, 1997.

CARPAZZI, A. A. Aspectos técnicos da produção de bracatinga. In: OFICINA SOBRE BRACATINGA NO VALE DO RIBEIRA. **Palestra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. p. 41-46.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 658 p.

CARVALHO, P. E. R.; COSTA, J. M. Comportamento de essências florestais em condições de arboreto em quatro locais de estado de Paraná. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 161-170.

CARVALHO, P. E. R.; MEDRADO, M. J. S.; HOEFLICH, V. A. **Cultivo da bracatinga**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. (versão eletrônica). Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Bracatinga/CultivodaBracatinga/20_equipe.htm. Acesso em: 15 jun 2015.

CASTELLANI, E. D.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Bases para a padronização do teste de germinação em três espécies de *Solanum* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 77-85, 2009.

CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; POESTER, G. C. **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse-coletivo de comunicação, 2012.

CAVINS, T. J. et al. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. **Horticulture Information Leaflet**, North Carolina State University, v. 7, p. 1-17, 2000.

CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Aterações no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n.2, p. 199-204, 2001.

CLAEYS, H.; INZÉ, D. The agony of choice: how plants balance growth and survival under water-limiting conditions. **Plant Physiology**, Rockville, v. 162, p. 1768-1779, 2013.

CORADIN, L. Parentes silvestres e variedades crioulas das espécies de plantas cultivadas no país. In: CORADIN, L. **Parentes silvestres das espécies de plantas cultivadas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. p. 6-11.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 934 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual Técnico de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1988. 70 p. (Documentos 20).

FABROWSKI, F. J. et al. Anatomia comparativa da madeira das variedades populares da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 65-73, 2005.

FACHINI, E. **Manejo da irrigação em diferentes substratos na produção de mudas de laranja**. 2006. 104f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Crescimento e qualidade de crisântemo cultivado em vaso sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 740-742, 2005.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C.; BÔAS, R. L. V. Qualidade comercial do crisântemo de vaso em ambiente protegido, cultivar puritan, irrigado sob diferentes tensões de água no substrato. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 2, p. 160-167, 2003.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FOELKEL, C. **Os eucaliptos e as leguminosas: parte 2 – *Mimosa scabrella* (Bracatinga)**. Eucalyptus Online Book & Newsletter. 2012. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT26_Bracatinga.pdf. Acesso em: 12 jun. 2015.

FONTENO, W. C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 342, p. 197-204, 1993.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 116 p.

GORDIN, C. R. B. et al. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 966-972, 2012.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Senna spectabilis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 93-104, 2001.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256 p.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, [Victoria], n. 1, p.1-29, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LEITE, L. L.; CORADIN, L. Introdução. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (eds.) **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Sul**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. p. 17-34.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 79-85, 2008.

LOPES, J. L. W. et al. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* VS. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 31-39, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 352 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992. 352 p.

MEDRI, M. E. et al. Estudos sobre tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E. et al. (Eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, 2002. p. 133-172.

MELLO, R. P. **Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos**. 2006. 74f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MENDONÇA, A. V. R. et al. Características biométricas de mudas de *Eucalyptus* sp. sob estresse salino. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 365-372, 2007.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G. et al. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 164-170, 2000.

MORI, E. F.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREITAS, N. P. **Sementes florestais**: guia para germinação de 100 espécies. 1.ed. São Paulo: Instituto Refloresta, 2012. 160 p.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

NAU, J. **Ball redbook**: crop production. Illinois: Ball Publishing, 2011. 785p.

NAVROSKI, M. C.; PEREIRA, M. O. Melhoramento genético. In: MAZUCHOWSKI, J. Z.; RECH, T. D.; TORESAN, L. (Org.). **Bracatinga, *Mimosa scabrella* Bentham**: cultivo, manejo e usos da espécie. Florianópolis: Epagri, 2014. p. 76-95.

NEVES, A. L. R. et al. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 758-765, 2009.

OLIVEIRA, E. C.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. Propostas para a padronização de metodologias em análise de sementes florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 11, n. 1,2,3, p. 1-42, 1996.

OLIVEIRA, P. G.; GARCIA, Q. S. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Syngonanthus elegantulus* Ruhland, *S. elegans* (Bong.) Ruhland e *S. venustus* Silveira (Eriocaulaceae). **Acta botânica brasílica**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 639-645, 2005.

PAIVA, A. S. **Disponibilidade hídrica na germinação de sementes e no crescimento de plântulas da leguminosa forrageira *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc. cv. Java.** 2007. 85f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

PATAKAS, A. et al. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. **Plant Science**, Limerick, v. 163, p. 361-367, 2002.

PEREIRA, J. C. D.; LAVORANTI, O. J. Comparação da qualidade da madeira de três procedências de *Mimosa scabrella* Benth. para fins energéticos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 12, p. 30-34, 1986.

REFLORA. **Lista de espécies da flora do Brasil.** [Rio de Janeiro]: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2014. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 07 jul. 2015.

ROTTA, E.; MENDES, E. M. B. Fenologia da floração e frutificação da bracatinga. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Silvicultura, v. 12, n. 42, 1990, p. 547-554.

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS “BRACATINGA UMA ALTERNATIVA PARA REFLORESTAMENTO”, 4, 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981, p. 1-24.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, R. V.; TERTULIANO, S. S. X. Crescimento de espécies arbóreas em solo salino-sódico tratado com ácido sulfúrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 239-242, 1998.

SAUERESSIG, D. **Plantas do Brasil: árvores nativas.** Irati: Editora Plantas do Brasil, 2014. 432 p.

SCHAFER, G.; SOUZA, P. V. de; FIOR, C. S. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. **Ornamental Horticulture**, Campinas, v. 21, n.3, p. 299-306, 2015.

SCHORN, L. A.; FORMENTO, S. **Silvicultura II: produção de mudas florestais.** Universidade Regional de Blumenau, Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento de Engenharia Florestal, Blumenau, 2003.

SCHUMACHER, M. V.; CALIL, F. N.; VOGEL, H. L. M. **Silvicultura aplicada.** Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 2005. 120 p.

SCREMIN-DIAS, E. et al. **Produção de mudas de espécies florestais nativas.** Campo Grande: UFMS, 2006. 59 p. (Rede de sementes do Pantanal, 2).

SENA, C. M. **Sementes florestais**: colheita, beneficiamento e armazenamento. Natal: MMA, 2008. 28 p.

SILVA, L. M. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002.

SILVA, M. B. R. et al. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 30, p. 120-127, 2009.

SILVA, V. R. et al. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência – breve revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

SIMON, M. F. et al. The evolutionary history of *Mimosa* (Leguminosae): Toward a phylogeny of the sensitive plants. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 98, n. 7, p. 1201-1211, 2011.

SOUZA, A. F. et al. Germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas: *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2001.

SPADETO, C. et al. Estresse salino e hídrico na germinação de sementes de garapa (*Apuleia leiocarpa* (VOGEL.) J. F. Macbr. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 539-551, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TOBE, K.; ZHANG, L.; OMASA, K. Alleviatory effects of calcium on the toxicity of sodium, potassium and magnesium chlorides to seed germination in three non-halophytes. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 13, p. 47-54, 2003.

VERSLUES, P. E. et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, Oxford, v. 45, p. 523-539, 2006.

4 CAPÍTULO 1

Efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de *Mimosa scabrella* Benth.

(manuscrito formatado segundo normas da Revista Floresta)

EFEITO DO ESTRESSE HÍDRICO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Mimosa scabrella* Benth.

Resumo

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) é uma espécie nativa com importância ambiental, econômica e paisagística. O ambiente natural provoca estresses que podem limitar o desenvolvimento e sobrevivência das plantas. Desta maneira, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do estresse hídrico na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de bracatinga. No primeiro experimento, utilizaram-se soluções de PEG 6000 e NaCl nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa. Já no segundo experimento, foram testados níveis mais baixos das mesmas soluções (0,0; -0,15; -0,3; -0,45 MPa). A germinação ocorreu em sala climatizada, com fotoperíodo de 16h e temperatura constante de $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Os resultados do primeiro experimento mostraram que houve redução drástica na germinação com PEG 6000, tornando-se nula a partir de -0,6 MPa. Em contrapartida, para o NaCl a germinação foi próximo a zero somente em potenciais de -1,2 MPa, sendo que estes resultados menos drásticos para o NaCl também foram observados no experimento B. Da mesma maneira, o índice de velocidade de germinação, o tempo médio de germinação e o tempo médio para a formação de plântulas também foram mais afetados pelo PEG 6000 quando comparado com o NaCl.

Palavras-chave: Potencial osmótico, salinidade, velocidade de germinação.

Abstract

Effect of water stress on germination of Mimosa scabrella Benth. seeds. *Mimosa scabrella* Benth. is a native species with environmental, economic and landscape importance. The natural environment causes stress that can limit the development and survival of plants. The aim of this study was to evaluate the effects of water stress on seed germination and seedling development of *Mimosa scabrella*. In the first experiment solution of PEG 6000 and NaCl were used in osmotic potential of 0.0; -0.3; -0.6; -0.9 and -1.2 MPa. The second experiment lower levels of the same solutions were tested (0.0; -0.15; -0.3; -0.45 MPa). Germination occurred in acclimatized room, with a photoperiod of 16 hours and constant temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$. The results of the first experiment showed that there was a drastic reduction in PEG 6000 germination, becoming zero from -0.6 MPa. However, for the NaCl germination was close to zero only in potential of -1.2 MPa, and these less drastic results for NaCl which were also observed in experiment B. Similarly, the germination rate index, the average germination time and time medium to form seedlings were also more affected by the PEG 6000 as compared to NaCl.

Keywords: Osmotic potential, salinity, speed of germination.

INTRODUÇÃO

A bracatinga é uma leguminosa pioneira de rápido crescimento, apresenta média geral de 10 a 18 metros de altura e 20 a 30 centímetros de DAP (diâmetro a altura do peito – 1,30 m acima do solo), podendo atingir de 20 a 25 m de altura e 40 a 50 cm de DAP após oito anos de idade (FABROWSKI *et al.*, 2005). Suas sementes apresentam dormência causada pela impermeabilidade do tegumento, que resulta em dificuldade de germinação, mesmo em condições ideais de temperatura e umidade (ROSA *et al.*, 2012). O principal e mais importante uso da madeira de bracatinga é para energia, como lenha e, secundariamente como carvão. É utilizada ainda na construção civil em obras internas, como vigamentos, escoras e assoalhos, na fabricação de aglomerados, compensados, caixotaria e laminação para usos diversos. Possui potencial ornamental na arborização urbana, além de ser indicada na recuperação de áreas degradadas e adubação verde (MACHADO *et al.*, 2006).

A diversidade biológica refere-se à variedade de formas de vida presente na terra, ou seja, a diversidade de espécies que constituem os ecossistemas de uma região (SOUZA *et al.*, 2012). O Brasil apresenta uma abundante diversidade de espécies de plantas, o que lhe confere uma fonte de imenso potencial para uso econômico, servindo de base para diversas atividades, como a agricultura, pecuária, silvicultura e extrativismo (ROMÃO *et al.*, 2015).

Em condições naturais, as plantas estão sujeitas a situações de estresse que limitam o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência (LARCHER, 2000). Algumas dessas limitações são decorrentes da influência dos fatores ambientais, como por exemplo, o estresse hídrico, os quais têm sido bastante estudados, visando encontrar espécies mais adaptadas a essas condições (MOURA *et al.*, 2011). Uma das etapas bastante exploradas nessas investigações é a influência dos fatores ambientais na germinação e estabelecimento das plântulas (REIS *et al.*, 2012b). Algumas espécies apresentam resistência em relação às variações no potencial hídrico, onde as mais tolerantes possuem vantagem sobre as mais sensíveis. Esta característica torna-se importante para fins de recomendações para o plantio de espécies capazes de suportar diferentes condições de potenciais osmóticos em diversas situações ecológicas, principalmente ao considerar os solos salinos e áreas com baixa disponibilidade hídrica (REGO *et al.*, 2011).

Sob o ponto de vista evolutivo, o estresse hídrico imposto por condições ambientais naturais nem sempre age de forma negativa, pois pode atuar na seleção e estabelecimento de espécies ao longo do tempo, permitindo que elas sobrevivam em condições adversas. Estas adaptações vêm sendo estudada por vários métodos, um deles é a capacidade germinativa das sementes, bem como o crescimento e desenvolvimento das plântulas (LARCHER, 2000; PEREIRA *et al.*, 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do estresse hídrico simulado por soluções de polietilenoglicol (PEG 6000) e cloreto de sódio (NaCl) na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Mimosa scabrella* Benth.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS, entre os meses de abril e outubro de 2014. As sementes foram coletadas de oito matrizes no município de Santo Antonio do Palma (RS), em dezembro de 2012 (exsicata registrada no herbário da UFRGS, ICN 184890), e armazenadas em refrigerador a 5°C até a realização do experimento.

As sementes de bracinga foram submetidas à quebra de dormência pelo método de imersão em água quente (90°C) até atingir temperatura ambiente, o qual foi determinado em estudo piloto como sendo o mais prático e rápido para a quebra de dormência das sementes de bracinga. Posteriormente, foram dispostas em caixas plásticas transparentes (tipo gerbox) contendo uma folha de papel germiteste autoclavado como substrato. Estes papéis foram umedecidos na proporção de 2,5 vezes a sua massa seca, com as soluções de NaCl e PEG 6000 correspondente a cada tratamento, as quais consistiram em simular o estresse hídrico nas sementes, quanto à salinidade e déficit hídrico, respectivamente.

O primeiro experimento correspondeu aos seguintes potenciais osmóticos: 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa. Com base nos resultados obtidos neste experimento, um segundo estudo foi conduzido com as mesmas soluções em níveis mais baixos de potencial osmótico (0,0; -0,15; -0,3 e -0,45 MPa). Para alcançar tais potenciais, foram utilizadas as seguintes fórmulas: para o NaCl a equação de Van'tHoff, utilizada por Betoni *et al.* (2011), e para o PEG 6000 a equação de Michel e Kaufmann (1973).

Após a semeadura, as caixas gerbox foram mantidas em sala de germinação com fotoperíodo de 16 horas ($30 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e temperatura constante de 25°C. O número de sementes germinadas e o número de plântulas normais formadas foram avaliados a cada dois dias, e os experimentos foram encerrados quando em três avaliações consecutivas não houve germinação e formação de plântulas. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram protrusão radicular maior ou igual a 2 mm, e plântulas normais as que apresentaram parte aérea e sistema radicular visíveis a olho nu. Em cada avaliação, os papéis foram umedecidos com 1 mL das respectivas soluções de cada tratamento, e água deionizada autoclavada no tratamento controle.

As variáveis avaliadas consistiram na porcentagem de germinação, tempo médio de germinação (TMG), tempo médio para formação de plântulas (TMP) e índice de velocidade de germinação (IVG), o qual foi calculado pela equação de Maguire (1962), modificada conforme Santana e Ranal (2004), com base na soma do número de sementes germinadas, plântulas emergidas ou plântulas formadas em cada avaliação, dividido pelo respectivo tempo, dividindo-se o resultado final pelo número total de sementes germinadas, plântulas emergidas ou plântulas formadas em cada repetição.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em arranjo fatorial 2 x 5 com quatro repetições de 50 sementes para o primeiro experimento, e arranjo fatorial 2 x 4 com quatro repetições de 25 sementes para o segundo experimento. O primeiro fator correspondeu aos agentes osmóticos (NaCl e PEG 6000) e o segundo fator aos potenciais osmóticos (0,0; -0,3; -0,6; -0,9; -1,2 MPa e 0,0; -0,15; -0,3; -0,45 MPa). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo *software* Costat 6.4 e regressão pelo SigmaPlot.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou que para os dois experimentos houve interação entre os agentes e os potenciais osmóticos para a germinação das sementes (Tabela 1). Devido as baixas taxas de germinação obtidas nos tratamentos com PEG 6000 no experimento A, não foi possível estimar o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação.

Tabela 1 - Análise de variância de dois experimentos com germinação de sementes e formação de plântulas de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em substrato hidratado com dois agentes osmóticos (NaCl e PEG 6000) em gradientes de concentrações.

Table 1 - Variance analysis of two experiments with seed germination and seedling formation of bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) on hydrated substrate with two osmotic agents (NaCl and PEG 6000) at concentrations gradients.

| Valor P | Experimento A | | Experimento B | | |
|---------|----------------|------------|----------------|------|------------|
| | Germinação (%) | TMP (dias) | Germinação (%) | IVGm | TMG (dias) |

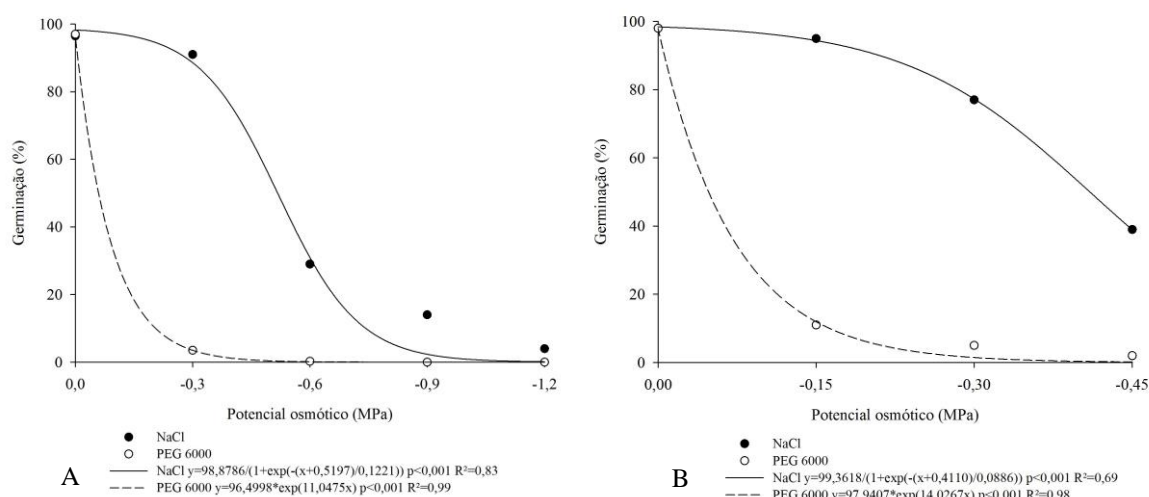
| | | | | | | |
|--------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Agente osmótico | <0,001 | 0,002 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Potencial osmótico | <0,001 | 0,1169 ^{ns} | <0,001 | <0,001 | 0,1218 ^{ns} | 0,6582 ^{ns} |
| Interação | <0,001 | 0,2707 ^{ns} | <0,001 | 0,1835 ^{ns} | 0,0574 ^{ns} | 0,0655 ^{ns} |
| Média geral | 36,47 | 8,79 | 53,12 | 0,14 | 7,58 | 13,4 |
| CV (%) | 34,72 | 76,46 | 26,02 | 32,31 | 66,33 | 51,26 |
| GL erro | 26 | 26 | 24 | 24 | 24 | 24 |

Experimento A consiste nos potenciais osmóticos de 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 e -1,2 MPa dos agentes osmóticos NaCl e PEG 6000, e o experimento B consiste nos potenciais de 0,0; -0,15; -0,3 e -0,45 MPa dos mesmos agentes osmóticos; ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade de erro; TMP = tempo médio de formação de plântulas; TMG = tempo médio de germinação; IVGm = índice de velocidade de germinação médio; CV = coeficiente de variação; GL erro = grau de liberdade do erro.

Os resultados dos dois experimentos mostraram que, independente do agente osmótico, houve redução drástica na porcentagem de germinação à medida que o potencial osmótico do meio tornou-se mais negativo (Figura 1A e 1B). Entretanto, quando comparados os efeitos dos dois agentes osmóticos, pode-se observar que os efeitos do PEG 6000 são mais severos, pois ocorreu uma redução de 90% na germinação quando o potencial osmótico passou de 0,0 MPa para -0,3 MPa no experimento 1 e de 96% quando passou de 0,0 MPa para -0,45 MPa no experimento 2.

Figura 1 - Porcentagem de germinação de sementes de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes potenciais osmóticos em soluções de NaCl e PEG 6000. A = germinação experimento A; B = germinação experimento B.

Figure 1 - Percentage of seed germination of bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) according to different osmotic potential in NaCl and PEG 6000 solutions. A = germination experiment A; B = germination experiment B.



No experimento A, a maior média referente a porcentagem de germinação foi observada para o tratamento controle (0,0 MPa) que apresentou 96,5% de germinação. Nos tratamentos com PEG 6000 a porcentagem de germinação foi reduzida drasticamente a partir do potencial de -0,3 MPa e -0,6 MPa (7,0% e 5,0%, respectivamente), sendo que a partir destes potenciais, a germinação tornou-se nula. Em contrapartida, para os tratamentos com NaCl a porcentagem de germinação foi reduzida de 91,0% (-0,3 MPa) para 29% em potencial osmótico de -0,6 MPa, apresentando valores próximos a zero no potencial de -1,2 MPa (4,5%). Resultados semelhantes também foram observados no experimento B, no qual a germinação para o tratamento controle foi em média 98,0%, apresentando reduções drásticas para aproximadamente 2,0% em potenciais osmóticos de -0,45 MPa para o PEG 6000, e de 39% para o NaCl.

Os dados do decréscimo acentuado na germinação das sementes de bracatinga, quando os níveis de potencial osmótico tornavam-se mais negativos, estão de acordo com os resultados encontrados por Moura *et al.* (2011) ao analisar o efeito dos estresses hídrico e salino em sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth, que também é uma espécie pertencente a família Fabaceae. Estes autores verificaram um decréscimo de 90% na germinação para as sementes que foram submetidas ao PEG 6000 e de 50% para o NaCl, quando o potencial osmótico passou de 0,0 MPa para -0,5 MPa.

Os resultados encontrados por Pereira *et al.* (2014), estudando o efeito do estresse hídrico em sementes de *Raphanus raphanistrum* e *Senna obtusifolia*, também corroboram com o presente trabalho. Uma

vez que, as condições de estresse prejudicaram a germinação e vigor das sementes destas espécies. Sendo que o estresse hídrico induzido pela solução de PEG 6000 foi mais crítico do que o induzido por NaCl, e o limite mínimo de germinabilidade foi verificado no potencial de -0,4 MPa. Em contrapartida, para *Mimosa tenuiflora*, as sementes mostraram menor tolerância ao estresse induzido por NaCl, pois houve uma redução de 95% para 9,5% do tratamento controle para -1,2 MPa, enquanto que para o PEG 6000 a porcentagem de germinação neste mesmo potencial osmótico foi de 53% (BAKKE *et al.*, 2006).

Existem diferentes valores de potencial hídrico externo abaixo do qual a germinação não ocorre, sendo determinado para cada espécie (PEREIRA *et al.*, 2014). Spadeto *et al.* (2012) estudando o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes de *Apuleia leiocarpa*, constataram que o estresse hídrico influenciou negativamente o desenvolvimento das plântulas e reduziu linearmente a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes. Ainda, acrescentaram que em potenciais osmóticos de -1,2 MPa e -1,6 MPa as sementes mantiveram-se viáveis, porém não germinaram pela falta de condições hídricas que são necessárias para o início da germinação.

A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica, a qual retém a água, além da ação de íons sobre o protoplasma (LARCHER, 2000; YAMASHITA; GUIMARÃES, 2011). A água é retida osmoticamente em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais torna a água cada vez menos disponível para as plantas. Conforme Gordin *et al.* (2012) a diminuição da disponibilidade hídrica ocasionada pela redução do potencial osmótico das soluções salinas reduziu gradativamente a porcentagem de germinação de *Guizotia abyssinica*, e o aumento da concentração das soluções influenciou negativamente o tempo para a germinação das sementes.

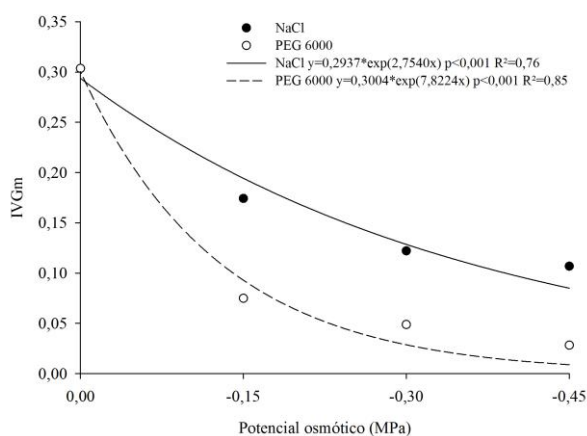
Em um outro estudo com o intuito de analisar o efeito da salinidade, Masetto *et al.* (2014) verificaram sensibilidade à salinidade para sementes de *Dimorphandra mollis*, pois os diferentes níveis de concentrações de CaCl₂ e NaCl afetaram negativamente a qualidade fisiológica destas sementes, reduzindo significativamente a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação. Enquanto que, para *Chorisia speciosa*, o limite máximo de tolerância à salinidade ficou situado entre -1,0 e -1,2 MPa, sendo considerada uma espécie de moderada tolerância aos sais NaCl, KCl e CaCl₂ (FANTI; PEREZ, 2004b).

Os efeitos menos drásticos provocados pelo NaCl podem estar atribuídos a uma possível tolerância da espécie a essa condição (MOURA *et al.*, 2011). Além disso, segundo Fanti e Perez (2004a) alguns agentes osmóticos de baixo peso molecular podem ser parcialmente absorvidos levando consigo a água, que é fundamental na germinação. Em contrapartida, os efeitos drásticos observados para o PEG 6000 podem ser atribuídos ao seu elevado peso molecular, ou a um declínio na absorção de água pelas sementes e não a um efeito tóxico, já que este composto é considerado inerte. Da mesma forma, pode estar atrelado à baixa difusão de O₂ causado pela elevada viscosidade das soluções, que compromete a disponibilidade de oxigênio para o processo germinativo (BRACCINI *et al.*, 1998).

O índice de velocidade de germinação (IVG), segundo Santana e Ranal (2004), é muito empregado para prever o vigor relativo de amostras. Neste estudo foi utilizado o IVGm, proposto por esses autores como sendo uma modificação adequada para comparações, quando as amostras ou tratamentos apresentarem diferentes números de sementes germinadas. No segundo experimento, o IVGm apresentou decréscimo exponencial para os dois agentes osmóticos, apresentando resultados mais drásticos para o PEG 6000, conforme o potencial osmótico do meio tornava-se mais negativo (Figura 2). Pode-se observar que o IVGm foi reduzido gradativamente de 0,30 no tratamento controle para 0,11 em -0,45 MPa para o NaCl, enquanto que para o PEG 6000 a redução foi para 0,03 neste mesmo potencial osmótico.

Figura 2 - Índice de velocidade de germinação médio (IVGm) de sementes de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes potenciais osmóticos em soluções de NaCl e PEG 6000.

Figure 2 - Germination speed average index of bracatinga seeds (*Mimosa scabrella* Benth.) according to different osmotic potential in NaCl and PEG 6000 solutions.



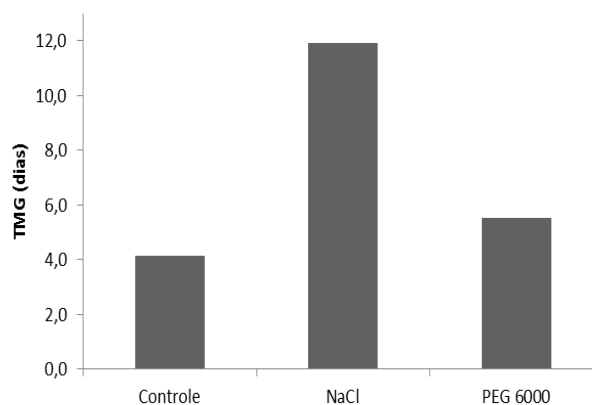
De acordo com Pelegrini *et al.* (2013), o IVG das sementes de *Erythrina falcata* foi afetado osmoticamente por PEG 6000 em potenciais mais negativos que -0,4 MPa, o que também foi observado para as sementes de *M. scabrella*. Uma vez que, do tratamento controle para o potencial osmótico de -0,3 MPa, o IVGm foi reduzido de 0,159 para 0,088, alcançando valores próximos a zero, tanto para o IVGm quanto para a porcentagem de germinação em potenciais mais negativos que -0,6 MPa.

Para a espécie *Anadenanthera colubrina*, que também é uma espécie leguminosa, Rego *et al.* (2011) verificaram que a partir de -0,6 MPa o IVG apresentou redução com o uso do PEG 6000. Na mesma linha de trabalho, Gordin *et al.* (2012), estudando os efeitos do estresse salino em *Guizotia abyssinica*, encontraram uma redução gradativa no IVG conforme a diminuição do potencial osmótico das soluções de CaCl₂, KCl e NaCl, evidenciando o efeito da salinidade no atraso da germinação das sementes.

O tempo médio de germinação (TMG) é uma variável importante para detectar a rapidez das sementes em germinar. O TMG foi estimado somente para o segundo experimento, o qual apresentou diferença significativa para os agentes osmóticos utilizados, onde as sementes submetidas às soluções de NaCl demoraram cerca de duas vezes mais para germinar (10,0 dias) em comparação ao PEG 6000 (5,2 dias) (Figura 3).

Figura 3 - Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função das soluções de NaCl e PEG 6000.

Figure 3 - Germination average time of bracinga seeds (*Mimosa scabrella* Benth.) as a function of NaCl and PEG 6000 solutions.



Os resultados de Pelegrini *et al.* (2013) para a espécie *Erythrina falcata* corroboram o presente trabalho, pois o TMG sofreu efeito negativo para o PEG 6000 e foi progressivamente aumentado sob estresse osmótico. No entanto, Reis *et al.* (2012a) verificaram um efeito contrário para o PEG em sementes de *Erythrina velutina*, onde obtiveram um TMG de 11,77 dias no potencial de -0,6 MPa.

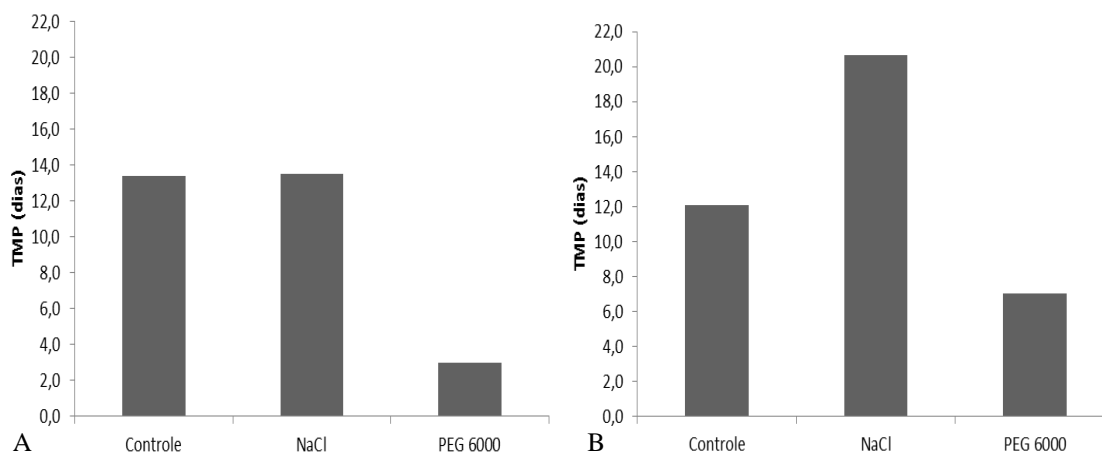
Os resultados encontrados por Masetto *et al.* (2014) também estão de acordo àqueles observados por Reis *et al.* (2012a), pois verificaram um tempo médio de germinação de aproximadamente 16 dias para sementes de *Dimorphandra mollis* em potencial osmótico de -0,7 MPa. No entanto, estes autores acrescentam que não houve diferenças significativas para este potencial osmótico e o tratamento controle.

O atraso verificado no tempo médio de germinação das sementes de bracinga submetidas aos tratamentos com NaCl, pode estar relacionado com a seca fisiológica induzida. Pois, com o aumento das concentrações de salinidade, ocorre uma redução no potencial osmótico, o que conseqüentemente irá reduzir também o potencial hídrico do meio. Esta diminuição no potencial hídrico afeta a absorção de água pela semente alterando o processo germinativo (TOBE *et al.*, 2000).

Da mesma forma que para o tempo médio de germinação, o tempo médio para a formação de plântula (TMP) sofreu aumento nos dois experimentos para as sementes submetidas ao NaCl (13,5 e 18,5 dias), pois para o PEG 6000 o TMP foi de 5,1 no primeiro experimento (Figura 4A) e de 8,3 dias no segundo (Figura 4B).

Figura 4 - Tempo médio para a formação de plântula (TMP) de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função das soluções de NaCl e PEG 6000. A = TMP experimento A; B = TMP experimento B.

Figure 4 - Formation seedling average time of bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) as a function of NaCl and PEG 6000 solutions. A = Experiment A; B = Experiment B.



A salinidade de um solo é expressa pela condutividade elétrica da fase líquida (solução), sendo considerado solo salino aquele que apresentar condutividade elétrica maior ou igual a 4 e menor que 7 dS.m⁻¹ (EMBRAPA, 1999). A partir de uma fórmula proposta por Gheyi *et al.* (2010), o potencial osmótico de um solo salino pode ser estimado com base na condutividade elétrica. Dessa forma, as condutividades de 4 a 7 dS.m⁻¹ representariam valores de -0,14 a -0,25 MPa. Comparando essa informação com os resultados obtidos no presente estudo, pode-se reforçar a hipótese de que a bracatinga é uma espécie promissora para cultivo em solos salinos, pois sua germinação e formação de plântula ocorreram de forma satisfatória nessas condições. Contudo, são necessárias investigações sobre o crescimento dessas plantas em condições de estresse hídrico tais como testadas nesse trabalho a fim de comprovar essa hipótese.

CONCLUSÕES

- As condições de elevada salinidade e déficit hídrico, em ambos os experimentos, prejudicaram a germinação e o índice de velocidade de germinação das sementes. No entanto, a bracatinga é uma espécie promissora para cultivo em solos com estresse hídrico, seja por baixa precipitação, seja por solo salino, pois a germinação e a formação de plântulas ocorreram de forma satisfatória em potenciais osmóticos que estes solos apresentam.
- Os efeitos do estresse causado pelo NaCl foram menos drásticos, pois a germinação tornou-se nula apenas em potencial osmótico de -1,2 MPa, enquanto que para o PEG 6000 isso ocorreu a partir de -0,6 MPa.

REFERÊNCIAS

- BAKKE, I. A.; FREIRE, A. L. O.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; BRUNO, R. L. A. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) poiret seed germination. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.
- BETONI, R.; SCALON, S. de P. Q.; MUSSURY, R. M. Salinidade e temperatura na germinação e vigor de sementes de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (Sterculiaceae). **Árvore**, v. 35, n. 3, p. 605 - 616, 2011.
- BRACCINI, A. de L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V. S. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 9, p. 1451 - 1459, 1998.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- FABROWSKI, F. J.; MUÑIZ, G. I. B. de; MAZZA, M. C. M.; NAKASHIMA, T.; KLOCK, U.; POSSAMAI, J. C.; NISGOSKI, S. Anatomia comparativa da madeira das variedades populares da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p. 65 - 73, 2005.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeito do estresse hídrico e envelhecimento precoce na viabilidade de sementes osmocondicionadas de paineira (*Chorisia speciosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 537 - 543, 2004a.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 9, p. 903 - 909, 2004b.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, 2010, 472 p.
- GORDIN, C. R. B.; MARQUES, R. F.; MASETTO, T. E.; SOUZA, L. C. F. de. Estresse salino na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). **Acta Botanica Brasílica**, v. 26, n. 4, p. 966 - 972, 2012.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000, 531 p.

- MACHADO, S. A.; URBANO, E.; JARSCHER, B.; TEO, S. J.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. Relações quantitativas entre variáveis dendrométricas e teores de carbono para *Mimosa scabrella* Benth. da região metropolitana de Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 52, p. 37 - 60, 2006.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176 - 177, 1962.
- MASETTO, T. E.; SCALON, S. de P. Q.; REZENDE, R. K. S.; OBA, G. C.; GAMBATTI, M.; PATRÍCIO, V. S. Germinação de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth.: efeito de salinidade e condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 3, p. 127 - 131, 2014.
- MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v. 51, p. 914 - 916, 1973.
- MOURA, M. R.; LIMA, R. P.; FARIAS, S. G. G. de.; ALVES, A. R.; SILVA, R. B. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Verde**, v. 6, n. 2, p. 230 - 235, 2011.
- PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, Manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 511 - 519, 2013.
- PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; SILVA, R. J. N. da. Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso. **Biosci. J.**, v. 30, n. 3, p. 687 - 696, 2014.
- PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Biosci. J.**, v. 28, n. 4, p. 537 - 545, 2012.
- REGO, S. S.; FERREIRA, M. M.; NOGUEIRA, A. C.; GROSSI, F.; SOUSA, R. K. de.; BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A.; SIVA, A. L. L. da. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 2, n. 4, p. 37 - 42, 2011.
- REIS, R. C. R.; DANTAS, B. F.; PELACANI, C. R. Mobilization of reserves and germination of seeds of *Erythrina velutina* Willd. (Leguminosae – Papilionoideae) under different osmotic potentials. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 580 - 588, 2012a.
- REIS, R. C. R.; PELACANI, C. R.; ANTUNES, C. G. C.; DANTAS, B. F.; CASTRO, R. D. de. Physiological quality of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Leguminosae – papilionoideae) seeds subjected to diferente storage conditions. **Árvore**, v. 36, n. 2, p. 229 - 235, 2012b.
- ROMÃO, R.; MARTINELLI, G.; CREPALDI, I.; MARTINEZ-LABORDE, J. B. Brazilian biodiversity for ornamental use and conservation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, p. 100 - 105, 2015.
- ROSA, F. C.; REINIGER, L. R. S.; GOLLE, D. P.; MUNIZ, M. F. B.; CURTI, A. R. Superação de dormência e germinação *in vitro* de sementes de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1021 - 1026, 2012.
- SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2004, 247 p.
- SOUZA, V. T. de; SOARES, J. A.; FIGUEIRÓ, R.; ANDRADE, D. C. G. de; SOARES, R. A. R. Organização da biodiversidade: didáticas para ensino de ciências. **Práxis**, v. 4, n. 8, p. 51 - 58, 2012.
- SPADETO, C.; LOPES, J. C.; MENGARDA, L. H. G.; MATHEUS, M. T.; BERNARDES, P. M. Estresse salino e hídrico na germinação de sementes de garapa (*Apuleia leiocarpa* (VOGEL.) J.F. Macbr. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 539 - 551, 2012.
- TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, v. 85, p. 391-396, 2000.
- YAMASHITA, O. M.; GUIMARÃES, S. C. Efecto del estrés salino sobre la germinación de las semillas de *Conyza canadensis* y *Conyza bonariensis*. **Bioagro**, v. 23, n. 3, p. 169 - 174, 2011.

5 CAPÍTULO 2

Desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) sob diferentes regimes hídricos.

(manuscrito formatado segundo normas da Revista Ceres)

Desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) sob diferentes regimes hídricos

RESUMO

Um dos principais fatores abióticos que influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas é a água, e por isso a utilização de espécies tolerantes ao déficit hídrico aumenta as chances de sucesso dos cultivos nestas condições. O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga sob diferentes regimes hídricos. Para tanto, sementes foram submetidas à quebra de dormência e semeadas em substrato a base de fibra de coco. Após, as plântulas foram estabelecidas em vasos (capacidade de 8L) contendo substrato casca de pinus compostada. Os tratamentos foram definidos por cinco níveis de capacidade de vaso: 100%, 75%, 50%, 25% e 10%, os quais foram determinados através de análise física do substrato. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de cinco plantas por tratamento. A análise estatística dos dados mostrou influência dos regimes hídricos na maioria das variáveis analisadas, observando-se que até 50% da capacidade de vaso, o crescimento e o desenvolvimento das plantas apresentaram resultados satisfatórios. Ainda, as avaliações de qualidade das mudas demonstraram que, em geral, até 25% da capacidade de vaso as plantas apresentam capacidade de sobreviver e se estabelecer em condições de estresse hídrico. Assim, os dados apontam que a bracatinga é uma espécie promissora para o cultivo sob déficit hídrico, pois o crescimento e o desenvolvimento inicial das mudas ocorreram de forma satisfatória em condições análogas a essas.

Palavras-chave: estresse; espécie nativa; qualidade de mudas; substrato.

ABSTRACT

Initial development of *Mimosa scabrella* Benth. seedlings under different hydric regimes

One of the main abiotic factors that influence the growth and development of plants is water, and so the use of water stress-tolerant species increases the chances of success of crops in these conditions. The aim of this study was to evaluate the growth and initial development of *Mimosa scabrella* Benth. seedlings under different water regimes. Therefore, seeds were submitted to dormancy breaking and sowed in coir fiber substrate. After that, the seedlings were established in pots (8L capacity) containing composted pine bark substrate. The treatments were consisted of five levels of pot capacity: 100%, 75%, 50%, 25% and 10%, which were determined by physical analysis of the substrate. The experimental designed was completely randomized with four replicates of five plants per treatment. Statistical analysis of the data showed the influence of water regimes in most of the variables analyzed, where it was observed that with 50% of pot capacity growth and development of plants showed satisfactory results. Also, the quality of the seedlings showed that in general, with only 25% of the pot capacity plants have the ability to survive and settle in water stress conditions. Thus, the data indicate that *Mimosa scabrella* is a promising species for cultivation under water deficit, since the growth and initial development of seedlings occurred satisfactorily in conditions similar to these.

Key words: stress; native species; seedling quality; substrate.

INTRODUÇÃO

A implantação de povoamentos florestais de uso múltiplo, tais como produção de madeira e óleos essenciais, constitui-se em uma alternativa viável para a redução da pressão exercida sobre as florestas nativas, que é ocasionada principalmente pelo consumo de produtos derivados da madeira, pondo em risco de extinção várias espécies vegetais

(Lenhard *et al.*, 2010; Paiva *et al.*, 2011). Exemplo disso é a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), que pode constituir-se de uma importante alternativa de espécie para a região sul do Brasil, pois apresenta características relevantes para a exploração de múltiplos produtos, além da grande importância ambiental por ser uma espécie facilitadora em processos de regeneração da vegetação em áreas degradadas.

A bracatinga é uma espécie típica do planalto sul-brasileiro ocorrendo na vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista (Machado *et al.*, 2008), com distribuição geográfica desde o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro até o norte do Rio Grande do Sul, onde ocorre com maior predominância (Lorenzi, 2002). É uma espécie leguminosa pioneira, de ciclo curto, destacando-se pela abundância e rápido crescimento, atingindo 20 m de altura e com diâmetro a altura do peito de 40 cm (Fabrowski *et al.*, 2005). O principal uso de sua madeira é para geração de energia, entretanto, a espécie é bastante versátil, podendo ser usada para produção de madeira serrada, celulose e painéis, como facilitadora para recuperação de ambientes degradados, com potencial ornamental, forrageiro, melífero e medicinal (Saueressig, 2014).

O crescimento e o desenvolvimento vegetal ocorrem em ambientes compostos por vários fatores abióticos que variam no tempo e espaço. A flutuação desses fatores fora dos seus limites normais pode provocar alterações fisiológicas e morfológicas nas plantas. Sendo que um dos principais fatores abióticos que influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas é a água, pois é o componente de maior porção do volume celular (Taiz & Zeiger, 2013).

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal, cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento das plantas (Santos & Carlesso, 1998). Desta maneira, a resposta de muitas plantas à seca consiste em aumento de atividade do ácido abscísico, diminuição na abertura e densidade estomática e no crescimento da parte aérea, acumulação de solutos

compatíveis para manter o turgor e acelerar a senescência e abscisão de folhas mais velhas (Smirnoff, 2014).

A diminuição da turgescência e do crescimento das plantas é uma das mais sensíveis respostas ao déficit hídrico. Assim, quando as células vegetais sofrem déficit hídrico, ocorre alteração da extensibilidade da parede celular e diminuição na taxa de divisão celular, o que pode afetar os processos fisiológicos básicos. Não obstante, um efeito secundário desta desidratação celular é a maior concentração de íons, podendo atingir níveis tóxicos (Claeys & Inzé, 2013).

O déficit hídrico restringe o crescimento das plantas, de tal modo que a produtividade de biomassa passa a expressar somente uma fração do seu potencial genético (Verslues *et al.*, 2006). Desta forma, à medida que a planta tolera este estresse, ela se torna aclimatada, o que é resultado de eventos íntegros que ocorrem em todos os níveis de organização, como anatômico, morfológico, bioquímico e fisiológico (Lopes *et al.*, 2011). A sensibilidade destes processos é, em grande parte, um reflexo da estratégia da planta em lidar com a faixa de variação de disponibilidade de água (Smirnoff, 2014).

O uso de espécies nativas, adaptadas às severas condições climáticas da sua região de origem aumenta as chances de sucesso em um reflorestamento, além de constituir em uma importante alternativa para o aproveitamento de áreas ociosas, já que nestas condições a exploração de muitas espécies agrícolas é inviável economicamente (Silva *et al.*, 2009). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento e o desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) submetidas a diferentes regimes hídricos, simulados através de cinco níveis de capacidade de vaso.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em condições controladas em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do

Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS, durante o período de outubro de 2014 a março de 2015 (temperaturas médias máxima de 38°C e mínima de 20°C, durante o período de condução do experimento). As sementes foram coletadas de oito matrizes no município de Santo Antônio do Palma, RS, em dezembro de 2012 (exsicata registrada no herbário da UFRGS, ICN 184890), e armazenadas em refrigerador (5°C) por aproximadamente 2 anos.

As sementes foram submetidas à quebra de dormência pelo método de imersão em água quente (90°C) até atingir temperatura ambiente, o qual foi determinado em estudo piloto como sendo o mais prático e rápido para a quebra de dormência das sementes de bracatinga. Posteriormente, foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido contendo substrato a base de fibra de coco (pós-de-coco Golden Mix tipo PM® - AMAFIBRA), sendo estabelecidas três sementes por célula. Quando as plântulas atingiram aproximadamente 5 cm de altura (~20 dias após a semeadura), realizou-se o raleio, mantendo somente a que se apresentava mais vigorosa. Após 43 dias foi realizado o transplante das mudas para vasos com capacidade de 8 L, contendo como substrato casca de pinus compostada, cujas principais características químicas e físicas estão apresentadas na Tabela 1.

Os tratamentos foram definidos por cinco níveis de capacidade de vaso: 100%, 75%, 50%, 25% e 10%, os quais foram determinados através de análise no Laboratório de Análise de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia, UFRGS. A partir disto, foram calculadas as quantidades de água necessárias para a primeira irrigação de todas as unidades experimentais, a fim de hidratar o substrato de forma equivalente à condição de capacidade de vaso de cada tratamento.

Os recipientes do tratamento 100% da capacidade de vaso tiveram em suas bases pratos com altura de 1,5 cm, os quais permaneceram com água para garantir a completa hidratação do substrato em tempo integral. Com base nisto, foi possível calcular diariamente a quantidade de água correspondente a cada tratamento, pela quantidade de

água evaporada do prato de um dia para o outro. Por exemplo, quando a necessidade de reposição de água no prato do vaso 100% era de 100 mL, nos demais eram adicionados 75, 50, 25 e 10 mL, para os tratamentos 75, 50, 25 e 10%, respectivamente.

Foram realizadas adubações aos 15, 76 e 114 dias após início do experimento, através da incorporação ao substrato de aproximadamente 8 g/L de uma adubação de base composta por fertilizante granulado NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), formulação 7:11:9.

As avaliações foram realizadas a cada 15 dias para as variáveis altura e diâmetro do colo. A altura foi obtida por meio de uma régua milimetrada, medida do coleto da planta até a gema apical, e o diâmetro do colo com um paquímetro digital. Após 126 dias do transplante das mudas para os vasos, foram avaliadas as variáveis: altura, diâmetro do colo, massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, através da diferença percentual de massa após secagem até peso constante, e volume total de raízes, através da diferença de volume em proveta graduada. Com base nestes dados, foi realizada a avaliação da qualidade das mudas através do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), da relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) e da relação massa seca da parte aérea e sistema radicular (MSPA/MSR), de acordo com Gomes & Paiva (2013).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de cinco plantas por tratamento, totalizando 100 plantas. Os dados de altura, diâmetro do colo e relação massa seca da parte aérea e do sistema radicular foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo *software* Costat 6.4 e regressão polinomial pelo SigmaPlot 11.0. Enquanto que, os dados referentes à massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, volume total de raízes, Índice de Qualidade de Dickson e relação altura e massa seca da parte aérea, foram submetidos à análise não paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis e regressão não linear, pois não atenderam aos pressupostos da análise de variância paramétrica, mesmo após transformações dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou influência dos diferentes regimes hídricos na maioria das variáveis analisadas, ou seja, houve diferença significativa no crescimento e desenvolvimento inicial das mudas em função dos diferentes níveis de déficit hídrico na irrigação do substrato, com exceção da variável relação massa seca da parte aérea e do sistema radicular ($p=0,137$).

Os níveis de déficit hídrico influenciaram de forma proporcional o desenvolvimento inicial das mudas de bracatinga, pois com a redução da disponibilidade hídrica houve decréscimo no crescimento das plantas. Para altura e diâmetro do colo, esse decréscimo apresentou tendência exponencial inversamente proporcional ao aumento do déficit hídrico (Figura 1A e B), onde se observou uma redução mais acentuada a partir da capacidade de vaso de 50%. Resultados semelhantes foram observados para plantas de *Caesalpinia ferrea* (Lenhard *et al.*, 2010), *Azadirachta indica* (Martins *et al.*, 2010) e *Myracrodruon urundeuva* (Figueirôa *et al.*, 2004), onde houve maior altura das mudas quando submetidas à maior disponibilidade hídrica.

A maior média de altura das mudas de bracatinga foi observada no tratamento com capacidade de vaso de 100% (126,56 cm), ocorrendo uma redução de apenas 3,45% para o tratamento 75% e 22,36% para o tratamento 50%. A partir daí, houve uma redução drástica de 63,09 e 90,52% para os tratamentos de 25 e 10%, respectivamente. Os dados referentes ao diâmetro do colo das plantas apresentaram resultados semelhantes, ou seja, houve uma baixa redução em níveis com menor déficit hídrico (8,31 e 28,74% para os tratamentos de 75 e 50%, respectivamente) e decréscimo acentuado nos tratamentos de 25% (62,30%) e 10% (86,58%) da capacidade de vaso, em comparação ao tratamento de 100%.

Quando uma planta é submetida ao estresse hídrico, tem praticamente todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento afetados (Achakzai, 2009). Assim, o baixo desenvolvimento das mudas de bracatinga em altura e diâmetro do colo, obtidos com os

maiores níveis de déficit hídrico, podem ser explicados porque a redução na disponibilidade hídrica reduz o potencial hídrico (Verslues *et al.*, 2006), o que irá alterar a pressão de turgor e, em consequência, o alongamento e divisão celular (Soares *et al.*, 2015). A taxa fotossintética também é afetada pela restrição na absorção de CO₂ devido ao fechamento estomático, e em muitos casos por efeitos mais diretos no metabolismo (Verslues *et al.*, 2006).

O desenvolvimento das mudas de bracinga em relação à altura e diâmetro do colo ao longo do tempo de condução do experimento, apresentou acréscimo quadrático para os tratamentos de 100, 75 e 50% da capacidade de vaso e acréscimo com tendência linear para os tratamentos com maior déficit hídrico (25 e 10% da capacidade de vaso) (Figura 1C e D), sendo que os menores níveis de déficits hídricos (100, 75 e 50% da capacidade de vaso) foram os que proporcionaram resultados superiores para estas duas variáveis.

O que pode explicar os menores resultados obtidos em elevados níveis de deficiência hídrica é a sensibilidade de um determinado processo fisiológico ao déficit hídrico, o que é um reflexo da estratégia da planta em lidar com a faixa de variação da disponibilidade hídrica (Taiz & Zeiger, 2013). Desta forma, a deficiência hídrica pode afetar diretamente o crescimento em altura e diâmetro do colo, reduzindo a expansão celular e a formação da parede celular. Não obstante, efeitos indiretos podem estar relacionados com a redução na disponibilidade de carboidratos ou influenciando a produção de reguladores de crescimento (Gonçalves & Passos, 2000).

Os resultados da massa fresca e seca da parte aérea apresentaram decréscimo sigmoidal com a redução da disponibilidade hídrica, onde a partir de 75% da capacidade de vaso houve uma queda mais acentuada, chegando a valores próximos a zero no tratamento que corresponde ao maior déficit hídrico (10% da capacidade de vaso) (Figura 2A e B).

De acordo com Taiz & Zeiger (2013), a diminuição da massa fresca e seca da parte aérea com o aumento do déficit hídrico pode estar relacionada com um balanço funcional

entre absorção de água pela raiz e fotossíntese pela parte aérea. Pois, uma parte aérea tenderá a crescer até que a absorção de água pelas raízes torne-se limitante ao crescimento, bem como as raízes tenderão a crescer até que sua demanda por fotossintatos oriundos da parte aérea exceda o fornecimento. Quando a água para a parte aérea torna-se limitante, a expansão foliar é reduzida antes que a atividade fotossintética seja afetada.

Em estudo com mudas de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*), verificou-se maior acúmulo de massa seca da parte aérea quando submetidas a 40% da capacidade de vaso (Lenhard *et al.*, 2010). Resultados semelhantes foram verificados em mudas de *Myracrodruon urundeuva* (Figuerôa *et al.*, 2004) e *Tabebuia aurea* (Cabral *et al.*, 2004). No entanto, para diferentes genótipos de citrus, os autores verificaram que a redução na lâmina de água aplicada nas mudas comprometeu o crescimento das plantas, tanto na massa seca da parte aérea quanto do sistema radicular (Soares *et al.*, 2015).

Diversos autores têm demonstrado que plantas que crescem sob déficit hídrico tendem a apresentar maior desenvolvimento radicular, já que necessitam absorver água de camadas mais profundas do solo, aumentando assim, a eficiência na captura de água (Santos & Carlesso, 1998; Gutiérrez & Squeo, 2004; Lenhard *et al.*, 2010). No entanto, os resultados obtidos neste trabalho não seguem esta tendência, pois com o aumento do déficit hídrico houve decréscimo exponencial na massa fresca e seca do sistema radicular (Figura 3A e B), bem como no volume total de raízes (Figura 3C).

Este decréscimo na massa fresca e seca do sistema radicular e no volume total de raízes com o aumento dos níveis de déficit hídrico pode estar relacionado com a baixa quantidade de água diária que os tratamentos com menor capacidade de vaso receberam no momento da irrigação. De acordo com Taiz & Zeiger (2013), na medida em que as células vegetais perdem água, elas encolhem, principalmente devido ao colapso das paredes celulares. Desta forma, quando as células reduzem de tamanho ocorre também uma redução do órgão ao qual elas fazem parte, neste caso as raízes. Quando estas encolhem, a

superfície das raízes pode se afastar das partículas do solo que retêm a água e é possível que os seus pelos absorventes sejam danificados. Ainda, à medida que as raízes crescem lentamente durante o dessecamento, a camada externa do seu córtex torna-se mais coberta com suberina, um lipídio impermeável à água, além de aumentar a resistência ao fluxo de água para a raiz.

Os resultados verificados por Figuerôa *et al.* (2004) corroboram com o presente estudo, pois aos 60 dias após início do experimento, os autores verificaram redução na massa seca do sistema radicular de plantas de *Myracrodruon urundeuva* com a redução da disponibilidade hídrica. Resultados semelhantes foram verificados por Cabral *et al.* (2004), onde a partir de 90 dias após início do experimento observaram redução na massa seca do sistema radicular de plantas de *Tabebuia aurea*, em 25% da capacidade de vaso, e por Martins *et al.* (2010) que também verificaram redução na massa seca do sistema radicular de mudas de *Azadirachta indica* com a diminuição da disponibilidade hídrica.

O padrão de qualidade das mudas está diretamente relacionado com a sobrevivência, o estabelecimento e o crescimento inicial das florestas, e por isso é de fundamental importância a avaliação destes parâmetros. O índice de qualidade de Dickson (IQD) é um bom indicador da qualidade das mudas, pois leva em conta a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa da muda. Além disso, outros importantes parâmetros para a avaliação da qualidade das mudas são a relação da altura com a massa seca da parte aérea (H/MSPA) e a relação da massa seca da parte aérea com a massa seca do sistema radicular (MSPA/MSR), onde o primeiro é utilizado para prever o potencial de sobrevivência da muda no campo, e o segundo é utilizado para medições de crescimento em estudos ecológicos e fisiológicos (Gomes & Paiva, 2013).

Os resultados de IQD demonstraram redução exponencial com o aumento dos níveis de déficit hídrico, ou seja, quanto maior a disponibilidade de água (capacidade de vaso de 100%), maior foi o valor obtido (Figura 4A). Neste sentido, o maior valor médio

foi de 5,37 no tratamento com o maior regime hídrico, apresentando redução para 0,7 em 25% da capacidade de vaso. Com base em trabalhos de pesquisa, é recomendado o valor mínimo de 0,20 para este índice, como um bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies* (Gomes & Paiva, 2013). Além disso, para mudas de *Eucalyptus grandis* com 120 dias desde a germinação obteve-se o valor de aproximadamente 0,07 (Rudek *et al.*, 2013), enquanto para *Senna macranthera* o valor médio foi de 1,41 (Chaves & Paiva, 2004). Assim, verifica-se que mesmo ocorrendo uma redução no IQD com o aumento do déficit hídrico, as mudas apresentam qualidade para desenvolver-se em ambiente com baixa disponibilidade hídrica.

A relação da altura com a massa seca da parte aérea apresentou tendência exponencial crescente com a redução da disponibilidade hídrica (Figura 4B), mostrando que o crescimento em altura foi maior que o incremento em biomassa da parte aérea à medida que diminuía a disponibilidade hídrica. Segundo Gomes *et al.* (2002) a relação H/MSPA apresentou maior contribuição relativa para a qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, onde quanto menor for este índice, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo (Gomes & Paiva, 2013). Desta maneira, os resultados obtidos neste estudo indicam que a bracatinga apresenta capacidade de sobreviver em ambiente com restrição hídrica, pois mesmo ocorrendo um aumento desta relação com a diminuição na disponibilidade hídrica, o menor valor obtido foi no tratamento com 75% da capacidade de vaso (3,95), além dos resultados semelhantes verificados do tratamento controle até 25% da capacidade de vaso.

Em muitas plantas, reduções da disponibilidade hídrica inibem o crescimento do caule e a expansão celular, mas estimulam o alongamento das raízes, o que pode ser considerado uma resposta adequada a condições de déficit hídrico (Taiz & Zeiger, 2013). No entanto, as plantas não necessariamente precisam ser resistentes à seca para viver em regiões com deficiência hídrica, pois há espécies que programam seu crescimento para

períodos com suficiente disponibilidade hídrica (Larcher, 2000). Isto pode explicar porque as mudas de bracatinga não investiram em maior formação do sistema radicular em níveis de elevada deficiência hídrica, já que não houve influência dos níveis de regime hídrico na relação da massa seca da parte aérea com a massa seca do sistema radicular (Figura 4C). Não obstante, de acordo com Gomes & Paiva (2013) a melhor relação entre MSPA/MSR é de 2,0, o que confirma os resultados satisfatórios obtidos para a bracatinga, uma vez que a média geral foi de 2,14.

A sobrevivência de plantas submetidas ao déficit hídrico será maior quanto mais tempo demorar para ocorrer a diminuição do potencial hídrico e quanto maior for a capacidade do protoplasma de tolerar a dessecação sem apresentar injúrias (Larcher, 2000). A elevada porcentagem de sobrevivência de cinco espécies do gênero *Acacia*, em condições de estresse hídrico, indicam que estes genótipos podem suportar esta condição durante o estabelecimento de suas plântulas (Venier *et al.*, 2013). Diante disto, ressalta-se a possibilidade de utilização da bracatinga sob déficit hídrico, pois do total de plantas testadas, houve mortalidade de apenas três indivíduos que estavam submetidos ao menor nível de disponibilidade hídrica (10% da capacidade de vaso).

O estresse hídrico, em geral, conduz a uma acumulação de solutos no citoplasma e no vacúolo das células vegetais, permitindo assim que as células mantenham a pressão de turgor mesmo em baixos potenciais hídricos. Esta pressão de turgor positiva é fundamental para o crescimento vegetal, bem como aumentar a rigidez mecânica de células e tecidos (Smirnof, 2014). Além disso, é importante para permitir a continuidade do crescimento, expansão, divisão celular e fotossíntese (Santos & Carlesso, 1998), o que pode explicar os resultados obtidos neste estudo em plantas submetidas a baixos níveis de disponibilidade hídrica.

Quando começa a diminuir a turgescência das células, são iniciadas medidas osmorregulatórias através do acúmulo de substâncias orgânicas de baixo peso molecular

nos compartimentos celulares e no citosol, promovendo assim o influxo de água. Essas medidas ajudam na manutenção do volume celular, retardando a perda de turgescência e assim, mantendo por um tempo maior a abertura estomática (Larcher, 2000). Desta maneira, são necessários estudos visando verificar se mudas de bracatinga realizam o ajuste osmótico para manter seu crescimento em condições de deficiência hídrica.

De acordo com Larcher (2000), a fixação de nitrogênio nos nódulos das raízes de espécies leguminosas é muito sensível à seca. No entanto, para Engin & Sprent (1973) a severidade desta resposta varia com o grau e duração do estresse. Em estudo com *Phaseolus vulgaris*, o potencial de fixação biológica de nitrogênio, avaliado pelo número e peso seco de nódulos, foi pouco afetado pelo estresse hídrico (Pimentel & Perez, 2000). Ainda, observou-se que o efeito do déficit hídrico pode ser minimizado pela presença de micorrizas arbusculares, pois a atividade dos nódulos foi significativamente maior em plantas inoculadas em relação às sem inoculação (Peña *et al.*, 1988). Portanto, há necessidade de estudar o desenvolvimento de plantas de bracatinga em condições simbióticas, a fim de verificar se esses resultados se confirmam nessas condições, pois neste estudo não foram inoculadas estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio e por isso não foram encontrados nódulos nas raízes.

Em geral, os resultados obtidos neste estudo sugerem que a bracatinga pode ser utilizada em planos de manejo e restauração de áreas, bem como sua produção comercial em áreas com déficit hídrico, pois até níveis intermediários de deficiência hídrica não houve decréscimo acentuado no crescimento e a qualidade das mudas apresentou-se satisfatória. Contudo, é necessário considerar estudos futuros verificando se o desenvolvimento das plantas no campo apresenta os mesmos resultados satisfatórios obtidos com as mudas em casa de vegetação.

CONCLUSÕES

A bracatinga é uma espécie promissora para o cultivo em condições de déficit hídrico, pois até 50% da capacidade de vaso o crescimento e o desenvolvimento inicial das mudas apresentaram resultados satisfatórios. Ainda, a qualidade das mudas demonstrou que até 25% da capacidade de vaso as plantas apresentaram capacidade de sobreviver e se estabelecer em condições de estresse hídrico.

REFERÊNCIAS

- Achakzai AKK (2009) Effect of water stress on imbibition, germination and seedling growth of maize cultivars. *Sarhad J. Agric.*, 25:165-172.
- Cabral EL, Barbosa DCA & Simabukuro EA (2004) Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. *Acta bot. bras.*, 18:241-251.
- Chaves AS & Paiva HN (2004) Influência de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.). *Scientia forestalis*, 65:22-29.
- Claeys H & Inzé D (2013) The agony of choice: how plants balance growth and survival under water-limiting conditions. *Plant Physiology*, 162:1768-1779.
- Engin M & Sprent JI (1973) Effects of water stress on growth and nitrogen-fixing activity of *Trifolium repens*. *New Phytol.*, 72:117-126.
- Fabrowski FJ, Muñiz GIB, Mazza MCM, Nakashima T, Klock U, Possamai JC & Nisgoski S (2005) Anatomia comparativa da madeira das variedades populares da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). *Ciência Florestal*, 15:65-73.
- Figueirôa JM, Barbosa DCA & Simabukuro EA (2004) Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. *Acta bot. bras.*, 18:573-580.

- Gomes JM & Paiva HN (2013) Viveiros florestais: propagação sexuada. 1º ed. Viçosa, UFV. 116p.
- Gomes JM, Couto L, Leite HG, Xavier A & Garcia SLR (2002) Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. Revista *Árvore*, 26:655-664.
- Gonçalves MR & Passos CAM (2000) Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. *Ciência Florestal*, 10:145-161.
- Gutiérrez JR & Squeo FA (2004) Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas*, 13:36-45.
- Larcher W (2000) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, RiMa. 531p.
- Lenhard NR, Scalon SPQ & Novelino JO (2010) Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. *Ciênc. agrotec.*, 34:870-877.
- Lopes JLW, Guerrini IA, Silva MR, Saad JCC & Lopes CF (2011) Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. Revista *Árvore*, 35:31-39.
- Lorenzi H (2002) *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4º ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 352p.
- Machado AS, Bartoszeck ACPS, Figueiredo Filho A & Oliveira EB (2008) Efeito da densidade e do sítio sobre as curvas de distribuição diamétrica em bracatingais nativos (*Mimosa scabrella* Benth.) da região metropolitana de Curitiba. *Ambiência*, 4:37-50.
- Martins MO, Nogueira RJMC, Azevedo Neto AD & Santos MG (2010) Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – Meliaceae) sob diferentes regimes hídricos. Revista *Árvore*, 34:771-779.
- Paiva HN, Jacovine LAG, Trindade C & Ribeiro GT (2011) *Cultivo de Eucalipto: implantação e manejo*. 2º ed. Viçosa, Aprenda Fácil Editora. 354p.

- Peña JI, Sánchez-Díaz M, Aguirreolea J & Becana M (1988) Increased stress tolerance of nodule activity in the *Medicago-Rhizobium-Glomus* symbiosis under drought. *J. Plant Physiol.*, 133:79-83.
- Pimentel C & Perez AJC (2000) Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca, em genótipos de feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35:31-39.
- Rudek A, Garcia FAO & Peres FSB (2013) Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. *Enciclopédia Biosfera*, 9:3775-3787.
- Santos RF & Carlesso R (1998) Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2:287-294.
- Saueressig D (2014) *Plantas do Brasil: árvores nativas*. 1º ed. Irati, Editora Plantas do Brasil. 432p.
- Silva MBR, Viégas RA, Dantas Neto J & Farias SAR (2009) Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. *Caminhos de Geografia*, 10:120-127.
- Smirnoff N (2014) *Plant stress physiology*. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Soares LAA, Brito MEB, Fernandes PD, Lima GS, Soares Filho WS & Oliveira ES (2015) Crescimento de combinações copa – porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19:211-217.
- Taiz L & Zeiger E (2013) *Fisiologia vegetal*. 5º ed. Porto Alegre, Artmed. 918p.
- Venier P, Cabido M, Mangeaud A & Funes G (2013) Crecimiento y supervivencia de plántulas de cinco especies de *Acacia* (Fabaceae), que coexisten en bosques secos neotropicales de Argentina, en distintas condiciones de disponibilidad de luz y agua. *Revista Biol. Trop.*, 61:501-514.
- Verslues PE, Agarwal M, Katiyar-Agarwal S, Zhu J & Zhu J (2006) Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, 45:523-539.

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas do substrato casca de pinus compostada, utilizado no experimento.

| Propriedades químicas | |
|--------------------------------------|--------|
| CE 1:5 (mS cm ⁻¹) | 0,51 |
| pH (H ₂ O) | 6,69 |
| Propriedades físicas | |
| Densidade seca (Kg m ⁻³) | 438,90 |
| Porosidade total (%) | 64,70 |
| Espaço de aeração (%) | 20,23 |
| Água facilmente disponível (%) | 10,31 |
| Água tamponante (%) | 1,66 |
| Água remanescente (%) | 32,50 |

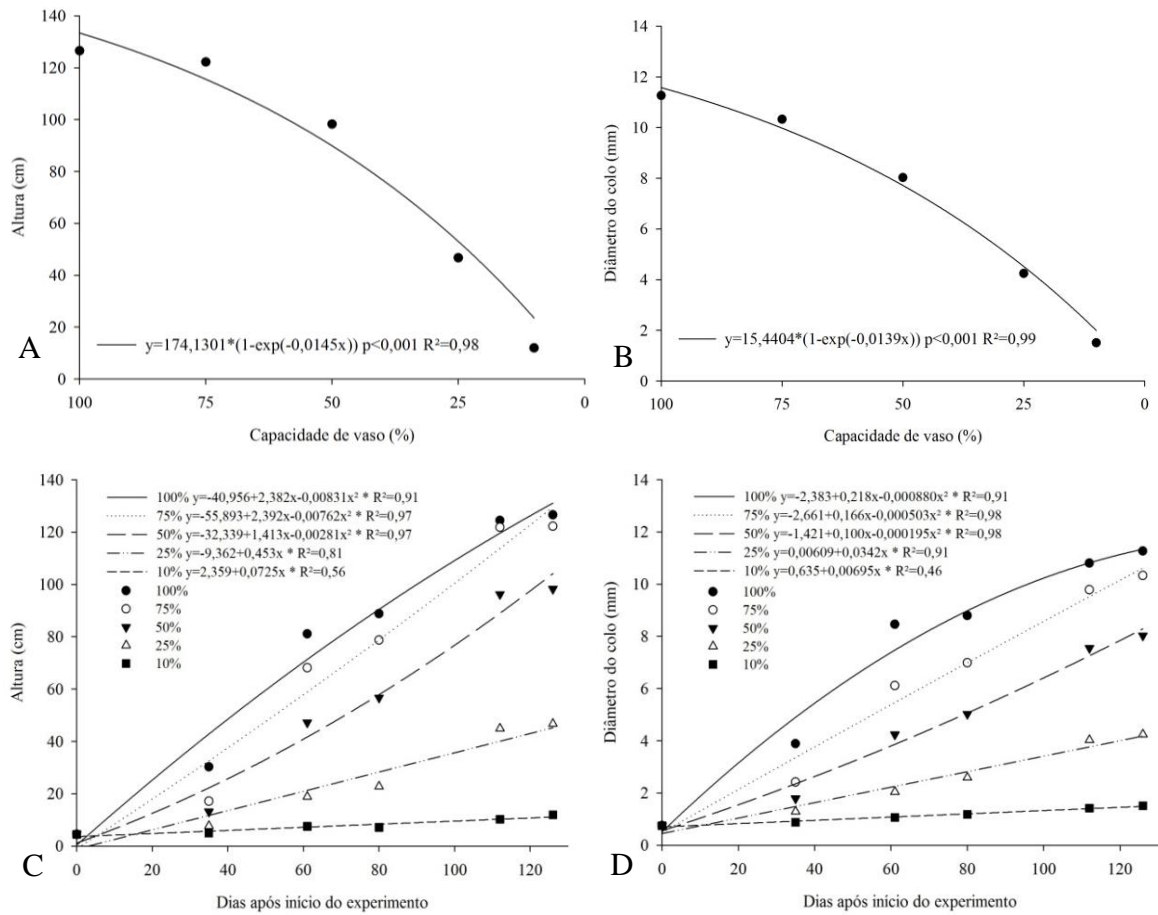


Figura 1. Altura (A) e diâmetro do colo (B) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento, e ao longo do tempo de condução do experimento (C e D). * corresponde a regressões significativas a 1% de probabilidade de erro.

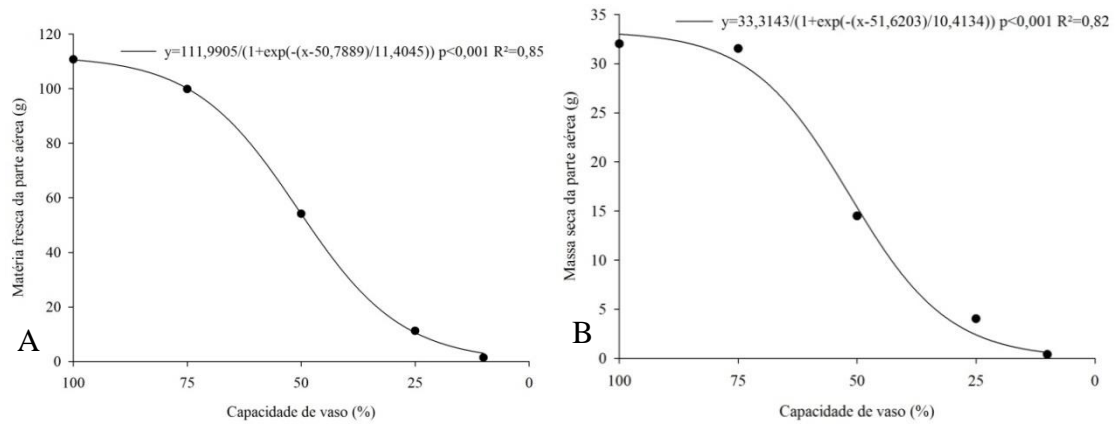


Figura 2. Massa fresca (A) e seca da parte aérea (B) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento.

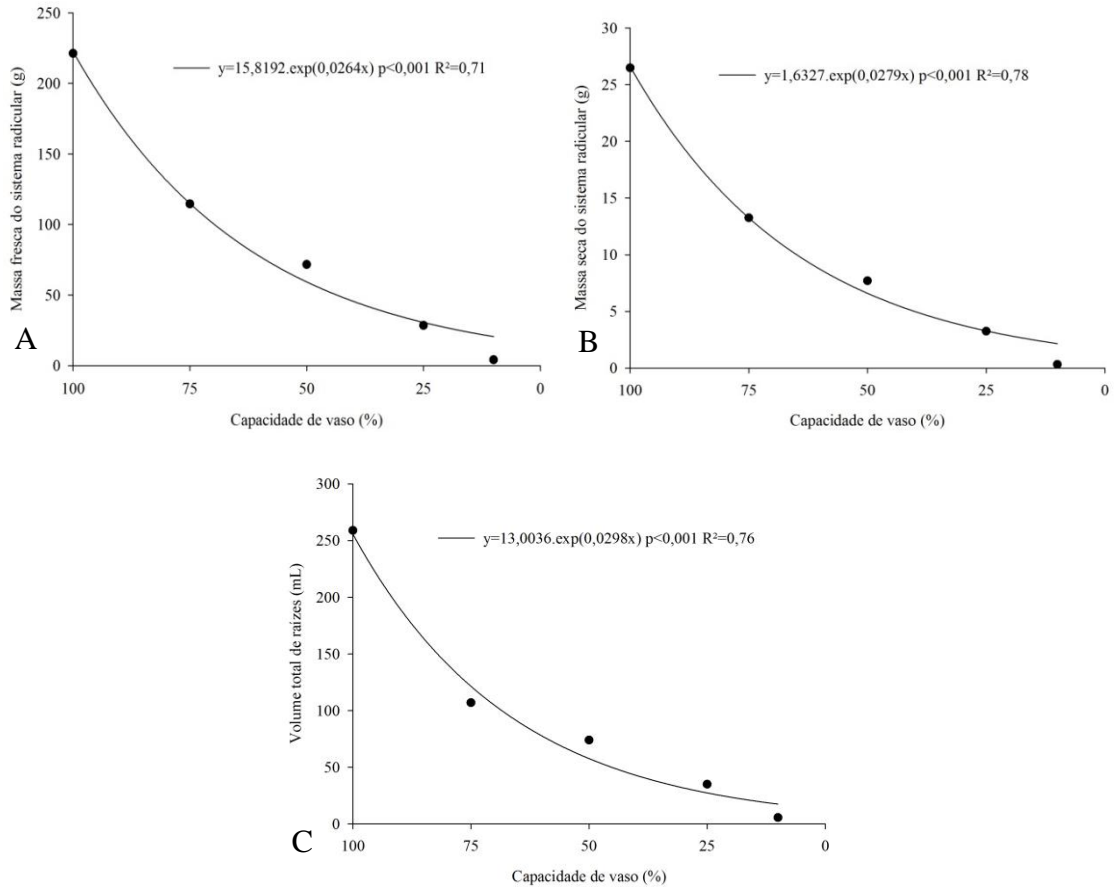


Figura 3. Massa fresca (A) e seca do sistema radicular (B) e volume total de raízes (C) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento.

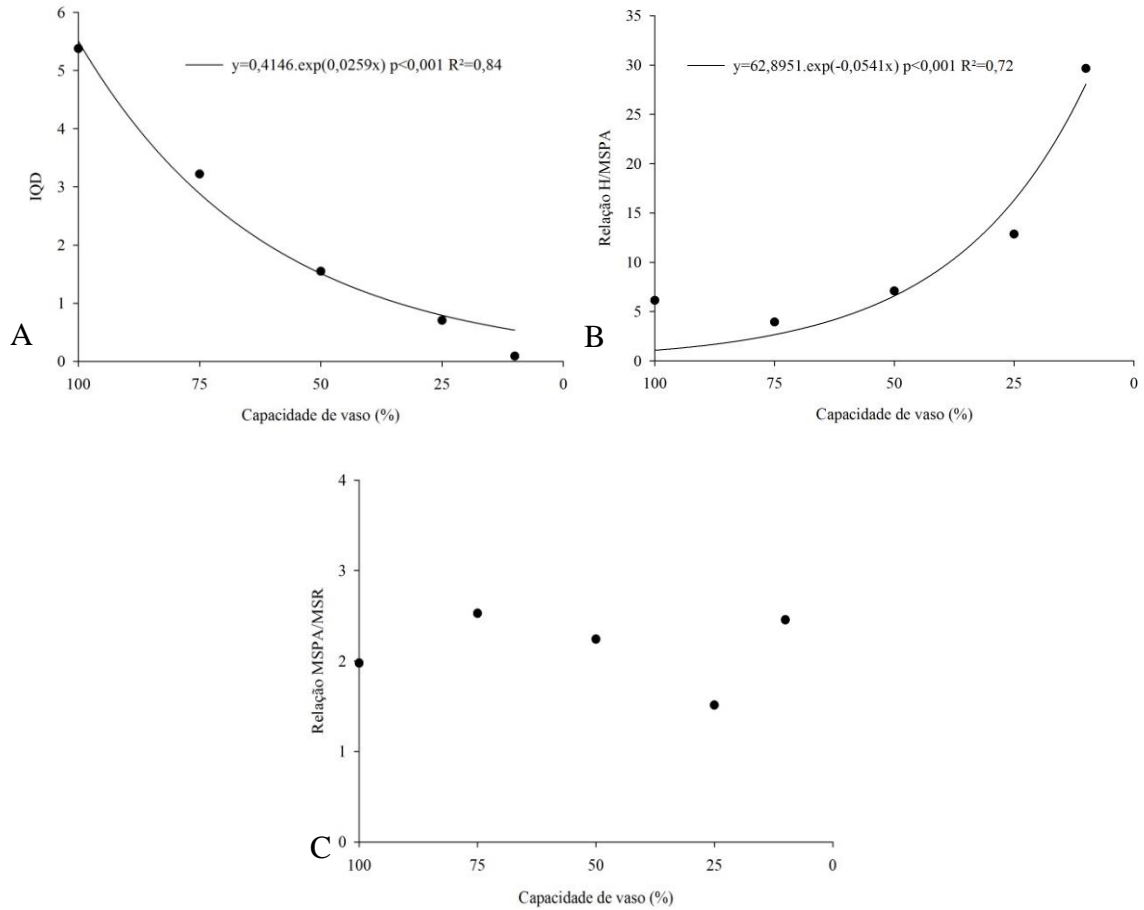


Figura 4. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (A), relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) (B) e relação massa seca da parte aérea e sistema radicular (MSPA/MSR) (C) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes regimes hídricos, aos 126 dias após a instalação do experimento.

6 CAPÍTULO 3

Efeito do estresse hídrico por saturação sobre o desenvolvimento inicial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)

(manuscrito formatado segundo normas da Revista Scientia Forestalis)

Efeito do estresse hídrico por saturação sobre o desenvolvimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth.

Effect of water saturation stress on the initial development of *Mimosa scabrella* Benth.

Resumo

O estresse causado pela saturação hídrica pode apresentar diversas consequências negativas para as plantas, o que pode levar a um decréscimo no seu desenvolvimento. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de diferentes níveis de saturação hídrica sobre o desenvolvimento inicial de *Mimosa scabrella* Benth. Para tanto, mudas foram obtidas por semeadura em bandejas de poliestireno expandido e após, transplantadas para vasos de 2,8 L com substrato casca de pinus compostada. Os tratamentos foram definidos por três lâminas de água (sem saturação, 1/3 e 2/3 do vaso saturado). O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de cinco unidades experimentais. Os dados foram submetidos à ANOVA, contrastes ortogonais e regressão. Os diferentes níveis de saturação hídrica influenciaram o desenvolvimento inicial das mudas, pois com o aumento da saturação hídrica, houve decréscimo no crescimento das plantas. No entanto, para a maioria das variáveis, não houve diferença significativa entre o tratamento controle e os dois níveis de saturação hídrica. Além disso, a análise de qualidade das mudas demonstrou a capacidade do desenvolvimento e sobrevivência da espécie nesta condição, pois não houve diferença entre os tratamentos na relação da altura e diâmetro do colo e na relação massa seca da parte aérea e do sistema radicular. Portanto, a bracatinga é uma espécie promissora para o cultivo em condições de saturação hídrica, pois em condições intermediárias de saturação (1/3 do vaso

saturado) não houve declínio no desenvolvimento das mudas, enquanto que em situações de maior saturação (2/3 do vaso saturado) houve baixa interferência.

Palavras-chave: excesso hídrico, bracatinga, qualidade de muda, florestal nativa.

Abstract

The stress caused by water saturation can present several negative consequences for the plant, which can lead to a decrease in their development. The objective this study was to evaluate the effect of different levels of water saturation on the initial development of *Mimosa scabrella* Benth. Therefore, seedlings were obtained by sowing in expanded polystyrene trays and after transplanted to 2.8 L pots with substrate composted pine bark. Treatments were three water blades (control, 1/3 and 2/3 saturated pot). The completely randomized design was used, with four replications of five experimental units. The data were submitted to ANOVA, orthogonal contrasts and regression. The different levels of water saturation influenced the initial development of the seedlings, because with increasing water saturation there was a decrease in plant growth. However, for most variables there was no significant difference between treatment control and the two levels of water saturation. Furthermore, the quality analysis of the seedlings showed the development and survival capacity of species in this condition, because there was no difference between treatments in the ratio height and stem diameter and ratio dry weight of shoot and root system. Thus, the bracatinga is a promising species for cultivation in water saturation conditions, in the intermediate conditions of saturatin (1/3 saturated pot) there was no decline in the seedlings development, while in higher saturation conditions (2/3 saturated pot) was low interference.

Keywords: water excess, bracatinga, seedling quality, native forest.

INTRODUÇÃO

Mimosa scabrella Benth. (Fabaceae) é uma espécie arbórea, conhecida popularmente como bracatinga, com altura de 10 a 18 metros e 20 a 30 centímetros de DAP (diâmetro a altura do peito – 1,30 m), podendo atingir de 20 a 30 m de altura e 40 a 50 cm de DAP após oito anos de idade, quando é comum entrar em declínio vital (FABROWSKI et al., 2005; CARPANEZZI, 2006). É uma planta perenifólia, heliófita e pioneira (SAUERESSIG, 2014), que ocorre principalmente em formações secundárias da Floresta Ombrófila Mista, onde forma núcleos densos quase puros (ROTTA; OLIVEIRA, 1981). Além das suas inúmeras potencialidades econômicas e ambientais, a espécie também ocorre em mata ciliar (BRUNETTO et al., 2004), e é indicada para a recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2002), algumas das quais são ribeirinhas e estão sujeitas ao alagamento periódico (MEDRI et al., 2012).

A vegetação do ambiente ripário tem como função a manutenção da integridade e estabilidade da microbacia hidrográfica. Portanto, torna-se fundamental a preservação e restauração das florestas ao longo dos rios e ao redor de lagos e reservatórios (BASSACO, 2011). As matas ciliares, por estarem associadas aos cursos d'água, sofrem alagamentos periódicos, o que pode ser um fator de estresse para o desenvolvimento de muitas espécies vegetais (GRISI et al., 2011).

O excesso de água no solo resulta em drenagem insatisfatória, levando à redução da disponibilidade de oxigênio para as células, onde plantas sensíveis à inundação são fortemente danificadas. Quando as concentrações de oxigênio estiverem abaixo da pressão crítica, as taxas de respiração decrescem levando à uma produção reduzida de ATP, a uma incapacidade de realizar trabalho

bioquímico e, por fim, à morte celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, com a deficiência de oxigênio no solo os organismos anaeróbios criam um meio extremamente redutor, no qual Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S , sulfitos, ácido láctico, entre outros, apresentam-se de forma tóxica, bem como a reposição de nitrogênio nessas condições edáficas se torna sensivelmente limitada (LARCHER, 2000).

A água em demasia pode apresentar diversas consequências potencialmente negativas para uma planta, diminuindo o crescimento das raízes e da parte aérea (TAIZ; ZEIGER, 2013), bem como mudanças na assimilação de carbono, absorção de macronutrientes e supressão do metabolismo respiratório das raízes (KOZLOWSKI, 1997). Não obstante, podem ocorrer alterações metabólicas como a diminuição do consumo de energia, ativação de rotas anaeróbias e menor investimento no crescimento (MEDRI et al., 2002). O fechamento estomático e a diminuição da fotossíntese também são alterações que ocorrem devido à deficiência de oxigênio no solo causada pelo alagamento (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Em contrapartida, a saturação hídrica não impede completamente a ocorrência de alguns processos fisiológicos, já que mesmo em situação de alagamento, algumas espécies são fotossinteticamente ativas, enquanto outras podem continuar crescendo e se desenvolvendo durante o estresse causado pelo excesso de água (SCHÖNGART et al., 2002). Muitas plantas germinam, emitem raízes e crescem sobre solos com deficiência de oxigênio, pois apresentam adaptações que lhes confere a habilidade de superar um ambiente anóxico (LARCHER, 2000).

O estresse causado pela saturação hídrica possui um caráter fortemente seletivo, pois no decorrer do processo evolutivo, espécies tolerantes desenvolveram uma variedade de estratégias que promoveram o seu

desenvolvimento em ambientes com alagamento do solo (MEDRI et al., 2002). Por isso, o conhecimento sobre a resistência ou tolerância de espécies à saturação hídrica é de grande importância, pois permite a sua utilização em áreas próximas a cursos d'água ou que apresentam lençol freático superficial, já que plantas não tolerantes apresentam crescimento abaixo do desejado ou não sobrevivem nestas condições (CASEMIRO et al., 2008).

Estudos referentes ao crescimento e desenvolvimento de espécies capazes de se adaptar às condições de estresse hídrico, causado pelo excesso de água, podem ser eficientes para compreender as estratégias desenvolvidas pelas plantas para sobreviver e crescer nestas condições (COSTA et al., 2006). Portanto, apesar da grande importância econômica e ambiental da bracatinga, as informações sobre as respostas das plantas em condição de saturação hídrica ainda são escassas. Por isso, com o intuito de contribuir com o conhecimento sobre a utilização da bracatinga em programas de recuperação de matas ciliares e fornecer informações sobre as respostas das plantas a essa condição ecológica, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito de diferentes níveis de saturação hídrica do substrato sobre o desenvolvimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto Alegre, RS, durante o período de dezembro de 2014 a maio de 2015. As sementes foram coletadas de oito matrizes, no município de

Santo Antônio do Palma, RS, em dezembro de 2012 (exsicata registrada no herbário da UFRGS, ICN 184890), e armazenadas em refrigerador a 5°C.

As sementes foram submetidas à quebra de dormência pelo método de imersão em água quente (90°C) até atingir temperatura ambiente, o qual foi determinado em estudo piloto como sendo o mais prático e rápido para a quebra de dormência das sementes de bracatinga. Posteriormente, foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido contendo substrato a base de fibra de coco (pós-de-coco Golden Mix tipo PM® - AMAFIBRA), sendo estabelecidas três sementes por célula. Quando as plântulas atingiram aproximadamente 5 cm de altura, realizou-se o raleio mantendo somente a que se apresentava mais vigorosa. Após 66 dias, foi realizado o transplante das mudas para vasos com capacidade de 2,8 L, contendo como substrato casca de pinus compostada, cujas principais características químicas e físicas estão apresentadas na Tabela 1.

Entra a Tabela 1.

Os tratamentos foram definidos por três lâminas de água, em que o tratamento controle teve como base a capacidade de vaso, a qual foi determinada através de análise no Laboratório de Análise de Substratos do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia, UFRGS. Dessa forma, testaram-se irrigações correspondentes a sem saturação (controle - 100% da capacidade de vaso), 1/3 e 2/3 do vaso saturado.

Os recipientes do tratamento sem saturação tiveram em sua base um prato com altura de 1,5 cm, os quais permaneceram com água para garantir a completa hidratação do substrato por capilaridade, em tempo integral. Para o tratamento com saturação de 1/3 da altura do vaso foi utilizado um saco de polietileno transparente no interior do vaso contendo o substrato. Nesse, foram feitos orifícios de drenagem à altura de 1/3 do recipiente, a partir da base. Assim, o

terço basal do recipiente contendo o substrato e a planta permaneceram saturados em tempo integral. O mesmo foi realizado com os recipientes do tratamento com saturação de 2/3 da altura do vaso, com a diferença que, para esse, os orifícios de drenagem foram realizados a dois terços da altura do recipiente, a partir da base.

A irrigação do substrato foi realizada diariamente com o objetivo de manter as plantas em saturação hídrica em tempo integral, aplicando-se uma lâmina de água uniforme em todos os tratamentos, o que provocava uma drenagem em volume inferior a 20% do total aplicado. Foram realizadas adubações aos 48, 90 e 126 dias após início do experimento, através da incorporação ao substrato de aproximadamente 2,8 g/L de uma adubação de base composta por fertilizante granulado NPK, formulação 7:11:9.

As avaliações foram realizadas a cada 30 dias para as variáveis altura e diâmetro do colo. A altura foi obtida por meio de uma régua milimetrada, medida desde o coleto da planta até a gema apical, e o diâmetro do colo com um paquímetro digital. Após 173 dias de condução do experimento, foram avaliadas as variáveis: massa fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, volume total de raízes, altura e diâmetro do colo. Com base nestes dados, também foi realizada a avaliação da qualidade das mudas através do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), da relação altura e diâmetro do colo (H/DC), da relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) e da relação massa seca da parte aérea e sistema radicular (MSPA/MSR), de acordo com Gomes e Paiva (2013).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições de cinco plantas por tratamento, totalizando 12 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo *software* Costat 6.4, contrastes ortogonais pelo SAS 9.4 e regressão polinomial

pelo SigmaPlot 11.0. Sendo que os dados de massa fresca da parte aérea não atenderam aos pressupostos da análise de variância e por isso, foram transformados para \sqrt{x} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou não haver influência dos diferentes níveis de saturação hídrica nas variáveis altura da parte aérea, volume total de raízes, relação altura e diâmetro do colo e na relação massa seca da parte aérea e do sistema radicular. Porém, houve diferença significativa para diâmetro do colo, massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca do sistema radicular, relação da altura e massa seca da parte aérea, e para o índice de qualidade de Dickson (Tabela 2).

Entra a Tabela 2.

Os diferentes níveis de saturação hídrica influenciaram o desenvolvimento inicial das mudas, pois a partir da análise dos contrastes ortogonais, verificou-se que, com o aumento da saturação hídrica houve decréscimo no crescimento das plantas. No entanto, com excessão das variáveis massa fresca e seca, e relação da altura e massa seca da parte aérea, não houve diferença significativa entre o tratamento controle e os níveis de saturação hídrica (Tabela 3).

Entra a Tabela 3.

A altura das mudas de bracinga não apresentou diferença em função dos níveis de saturação hídrica, o que pode indicar certo grau de tolerância desta espécie ao alagamento. Para carnaúba (*Copernicia prunifera*), a saturação hídrica também não afetou o crescimento da parte aérea em altura, indicando que essa espécie apresenta alguma tolerância a essa condição (ARRUDA; CALBO, 2004).

Portanto, estes resultados sugerem a capacidade da bracatinga em tolerar a inundação, uma vez que as plantas submetidas à saturação hídrica não mostraram injúrias ou comprometimento do crescimento, quando comparadas às plantas do tratamento controle (sem saturação).

Para o diâmetro do colo, não houve diferença significativa entre o tratamento controle e os níveis de saturação hídrica, porém houve diferença entre os níveis de saturação. A maior média foi observada no tratamento de 1/3 (9,69 mm), apresentando um acréscimo de aproximadamente 3% em relação ao tratamento controle e uma redução de apenas 18,38% para o tratamento de 2/3 de saturação do vaso. Resultados semelhantes foram observados para *Schizolobium parahyba*, onde mudas submetidas à saturação hídrica em água corrente apresentaram decréscimo no diâmetro do coleto (COSTA et al., 2006). No entanto, para *Aegiphila sellowiana* o alagamento não afetou o diâmetro do colo (MEDRI et al., 2012).

A redução do desenvolvimento das plantas sob elevado nível de saturação hídrica, pode ser explicada pela menor disponibilidade de energia disponível que é ocasionada pela hipoxia (redução do fornecimento de oxigênio às células), já que nestas condições as plantas tendem a desviar o metabolismo para vias fermentativas, o que resulta em diminuição na produção de ATP (TAIZ; ZEIGER, 2013). Além disso, a degradação de pigmentos e alterações em enzimas do Ciclo de Calvin são as principais causas do declínio fotossintético em plantas submetidas a longos períodos de alagamento (PEZESHKI, 2001).

O desenvolvimento das mudas de bracatinga em altura e diâmetro do colo ao longo do tempo de condução do experimento apresentou acréscimo linear para todos os níveis de saturação (sem saturação, 1/3 e 2/3) (Figura 1 – A e B). Sendo que, para as duas variáveis houve menor desenvolvimento em plantas

submetidas ao maior nível de saturação hídrica, quando comparado ao tratamento controle e a 1/3 do vaso saturado.

Entra a Figura 1.

Os resultados de massa fresca e seca da parte aérea apresentaram diferença significativa entre os níveis de saturação, bem como entre estes e o tratamento controle, em que houve um decréscimo de 2,93 e 29,77% na massa fresca e de 2,92 e 35,56% na massa seca da parte aérea, para os tratamentos de 1/3 e 2/3, respectivamente. Isto pode estar relacionado com a redução na disponibilidade de oxigênio para as células, ocasionado pela drenagem insatisfatória em solos com água em demasia (PARDOS, 2004). Desta maneira, o ácido abscísico, o etileno e os precursores do etileno são formados em grandes quantidades, induzindo ao fechamento estomático nas folhas, epinastia e, frequentemente, a abscisão foliar. Assim, o sistema celular de membranas se degenera, as mitocôndrias se desintegram e suas enzimas são parcialmente inibidas (LARCHER, 2000), o que ocasionará uma diminuição do crescimento e desenvolvimento das plantas.

Esta redução no crescimento das plantas não deve ser interpretada como uma intolerância ao alagamento, uma vez que pode estar relacionado a uma estratégia de tolerância ao estresse gerado pela saturação hídrica. Pois, a maioria das espécies tolerantes ao alagamento, apresentam significativa redução no crescimento como um todo, bem como redução no crescimento das raízes, o que pode levar a uma economia de energia (MEDRI et al., 2012). Esse resultado também foi verificado em *Genipa americana*, a qual apresentou decréscimo na abertura estomática, limitação da fotossíntese e diminuição da área foliar, resultando na redução de absorção de carbono e biomassa em plantas alagadas (MIELKE et al., 2003).

Em relação ao sistema radicular das mudas de bracatinga submetidas à saturação hídrica, verificou-se diferença entre as duas lâminas de água, em que o aumento da saturação hídrica promoveu menor desenvolvimento radicular. De acordo com Larcher (2000), embora as raízes sejam capazes de respirar anaerobicamente, se esta situação metabólica persistir por algumas horas, poderá ocorrer distúrbios no metabolismo. Portanto, quando a pressão parcial de oxigênio diminui, vias metabólicas alternativas são ativadas, e conseqüentemente o crescimento da raiz é interrompido e morrem os ápices do sistema radicular que entram em regiões da rizosfera com baixa concentração de oxigênio.

Em contrapartida, Medri et al. (2011) verificaram que tecidos radiciais ou caulinares provenientes de plantas de *Aegiphila sellowiana* cultivadas em solo alagado têm menor densidade, o que é resultado de células maiores e mais vacuolizadas e de muitos espaços intercelulares, constituindo-se de uma adaptação das plantas a situações de alagamento. Para *Copernicia prunifera* a porosidade nas raízes aumentou com a inundação, apresentando valores muito acima daqueles considerados para plantas sensíveis ao alagamento, indicando que a formação do aerênquima é uma adaptação da espécie a esta condição, pois facilitou o transporte de oxigênio da parte aérea para as raízes e não apresentou redução no incremento em altura da parte aérea (ARRUDA; CALBO, 2004).

Outra adaptação pode estar relacionada com barreiras estruturais compostas de paredes celulares suberizadas e lignificadas que impedem a difusão do oxigênio em direção ao solo. Assim, este oxigênio retido supre o meristema apical e permite que o crescimento se estenda em direção ao solo anaeróbico (TAIZ; ZEIGER, 2013). Desta maneira, estas informações ressaltam a possibilidade de utilização da bracatinga em situações de saturação hídrica, pois

além do volume total de raízes não ter apresentado diferença significativa entre os tratamentos, para a massa seca e fresca do sistema radicular, também não houve diferença entre os dois níveis de saturação hídrica e o tratamento sem saturação.

A análise do padrão de qualidade das mudas é de extrema importância, já que está diretamente relacionada com a sobrevivência, estabelecimento e crescimento inicial das plantas. Dentre os parâmetros que determinam a qualidade das mudas, a relação da altura e diâmetro do colo expressa um equilíbrio de crescimento e é considerado um dos mais precisos por fornecer informações de quanto delgada a muda está (GOMES; PAIVA, 2013). Os resultados do presente estudo mostraram que não houve influência dos níveis de saturação hídrica nesta variável, ou seja, não houve diferença do tratamento controle para os dois níveis de saturação (1/3 e 2/3), indicando que a qualidade das mudas não foi prejudicada por essas condições.

A relação da massa seca da parte aérea e do sistema radicular demonstrou que a parte aérea das mudas apresentou maior desenvolvimento do que o sistema radicular, o que não foi verificado por Costa et al. (2006) em mudas de *Schizolobium parahyba*. No entanto, não houve diferença significativa para esta relação entre os tratamentos, não havendo influência dos níveis de saturação hídrica. De acordo com Gomes e Paiva (2013) a relação calculada entre o peso da matéria seca da parte aérea e do respectivo sistema radicular é considerada com índice eficiente e seguro para expressar a qualidade das mudas, sendo utilizado para medições de crescimento das plantas em estudos ecológicos e fisiológicos. Este resultado reforça novamente a hipótese de utilização da bracatinga em condições de excesso hídrico, já que o padrão de qualidade das mudas foi semelhante para todos os níveis de saturação testados.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um bom indicador da qualidade das mudas, pois leva em conta, para o seu cálculo, a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando vários parâmetros considerados importantes (GOMES; PAIVA, 2013). Os resultados obtidos para as mudas de bracinga não apresentaram diferença significativa entre o tratamento controle e os níveis de saturação, porém houve diferença entre os níveis de saturação testados. Neste sentido, o maior valor médio obtido foi de 4,08 no tratamento 1/3, apresentando redução para 2,15 em 2/3. Sendo que, com base em trabalhos de pesquisa, é recomendado o valor mínimo de 0,20 para este índice, como um bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziessi* e *Picea abies* (GOMES; PAIVA, 2013).

O quociente obtido pela divisão da altura da planta pela massa seca da parte aérea é de grande valia para predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo, sendo que quanto menor for esse índice, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser a sua capacidade de sobrevivência no campo (GOMES; PAIVA, 2013). Os resultados deste estudo apresentaram diferença significativa entre o tratamento controle e os dois níveis de saturação hídrica, bem como entre estes. As médias dos tratamentos sem saturação e 1/3 apresentaram resultados semelhantes (5,56 e 6,33, respectivamente), demonstrando que a saturação hídrica em 30% acima da capacidade de vaso apresentou resultados satisfatórios.

Os resultados deste estudo não demonstraram efeito severo da saturação hídrica sobre a sobrevivência das plantas, pois, em geral, houve apenas 5,83% de mortalidade. Estes mesmos resultados não foram verificados para *Aegiphila sellowiana* (MEDRI et al., 2012) e *Schizolobium parahyba* (COSTA et al., 2006), as quais apresentaram elevados níveis de mortalidade sob saturação hídrica (33,30 e 44,95%, respectivamente). De acordo com Costa et al. (2006) o alto

índice de mortalidade de plantas submetidas ao alagamento sugere que as mesmas apresentam dificuldade de tolerância à inundação, o que não foi verificado neste estudo, reforçando a hipótese de que a bracatinga é uma espécie promissora para utilização em áreas com excesso hídrico.

O alagamento do solo reduz a disponibilidade de oxigênio para as plantas. Porém, algumas espécies podem alterar sua morfoanatomia permitindo a difusão de oxigênio da parte aérea para as raízes, o que mantém a respiração aeróbia. Essas modificações incluem a formação de aerênquima, raízes adventícias, lenticelas, entre outras (LARCHER, 2000; GRISI et al., 2011), as quais são importantes para a sobrevivência das plantas em ambiente sujeito a inundação (MARQUES; JOLY, 2000). Além disso, em *Croton urucurana* foram observadas alterações anatômicas no lenho que indicam tolerância da espécie a esta condição, como por exemplo, aumento da frequência e do diâmetro dos vasos (LUCHI, 2004).

Desta maneira, há necessidade de estudar se as plantas de bracatinga apresentam estas alterações morfo-anatômicas, a fim de verificar se os resultados satisfatórios obtidos neste estudo estão relacionados a alterações morfológicas nas plantas. Além disso, a variável genética também deve ser levada em consideração em trabalhos futuros, já que a diversidade genética dentro da espécie pode influenciar a tolerância ao estresse provocado pela saturação hídrica.

Segundo Costa et al. (2006) a fase de estabelecimento das plantas é primordial e decisiva no seu desenvolvimento, pois quando ela consegue completar essa fase estará apta para competir com sucesso nas fases subsequentes. Desta maneira, os resultados obtidos no presente estudo sustentam a hipótese de que a bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) possui um

conjunto de características que permitem sua utilização na recomposição da vegetação em áreas ripárias, podendo gerar produtos e serviços florestais, além de otimizar o uso do solo nas propriedades rurais no sul do Brasil. Pois, o baixo desenvolvimento de algumas variáveis pode ser visto como uma forma de economia de energia e sobrevivência.

CONCLUSÃO

A bracatinga é uma espécie promissora para o cultivo em condições de saturação hídrica, pois verificou-se que em condições intermediárias de saturação (1/3 do vaso saturado) não houve declínio no desenvolvimento das mudas, enquanto que em situações de maior saturação (2/3 do vaso saturado) houve baixa interferência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, G. M. T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore). **Acta bot. bras.**, v. 18, n. 2, p. 219-224, 2004.

BASSACO, M. V. M. **Comportamento fenológico, germinação, produção de mudas e tolerância a saturação hídrica de *Sebastiania brasiliensis* (Spreng.)**. 2011. 112p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BRUNETTO, R. S. et al. Estrutura florística e fitossociológica de remanescentes da mata ciliar do lajeado São José – Chapecó (SC). **UNOPAR Cient., Ciênc., Biol. Saúde**, v. 5, n. 6, p. 69-76, 2004.

- CARPANEZZI, A. A. Aspectos técnicos da produção de bracatinga. In: OFICINA SOBRE BRACATINGA NO VALE DO RIBEIRA. Palestra. **Embrapa Florestas**, p. 41-46, 2006.
- CASEMIRO, E. L. N.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Efeitos da saturação hídrica, idade e volume radicular no crescimento inicial de quatro espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 15, n. 1, p. 13-19, 2008.
- COSTA, A. M. et al. O efeito da inundação so solo sobre o crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake, guapuruvu. **Natureza on line**, v.4, n. 1, p. 7-13, 2006.
- FABROWSKI, F. J. et al. Anatomia comparativa da madeira das variedades populares da bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 65-73, 2005.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV, 2013. 116p.
- GRISI, F. A. et al. Morfoanatomia foliar em mudas de *Schinus terebinthifolius* sob diferentes níveis de saturação hídrica. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 881-894, 2011.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, n. 1, p. 1-29, 1997.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 352p.
- LUCHI, A. E. Anatomia do lenho de *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae) de solos com diferentes níveis de umidade. **Revista Brasil. Bot.**, v. 27, n. 2, p. 271-280, 2004.

- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta bot bras.**, v. 14, n. 1, p. 113-120, 2000.
- MEDRI, C. et al. Morfoanatomia de órgãos vegetativos de plantas juvenis de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae) submetidas ao alagamento do substrato. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 2, p. 445-454, 2011.
- MEDRI, C. et al. O alagamento do solo afeta a sobrevivência, o crescimento e o metabolismo de *Aegiphila sellowiana* Cham. (Lamiaceae)? **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 123-134, 2012.
- MEDRI, M. E. et al. Estudos sobre tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (eds.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, 2002. p. 133-172.
- MIELKE, M. S. et al. Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence and growth responses of *Genipa americana* seedlings to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v. 50, p. 221-231, 2003.
- PARDOS, J. A. Respuestas de las plantas al anegamiento del suelo. **Invest. Agrar.: Sist. Recur. For.**, p. 101-107, 2004.
- PEZESHKI, S. R. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany**, v. 46, p. 299-312, 2001.
- ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS "BRACATINGA UMA ALTERNATIVA PARA REFLORESTAMENTO", 4., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981, p. 1-24.

SAUERESSIG, D. **Plantas do Brasil: árvores nativas**. 1. ed. Irati: Editora Plantas do Brasil, 2014. 432p.

SCHÖNGART, J. et al. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, p. 581-597, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas do substrato casca de pinus compostada, utilizado no experimento.

Table 1. Chemical and physical properties of the composted bark pine substrate, used in the experiment.

| Propriedades químicas | |
|--------------------------------------|--------|
| CE 1:5 (mS cm ⁻¹) | 0,51 |
| pH (H ₂ O) | 6,69 |
| Propriedades físicas | |
| Densidade seca (Kg m ⁻³) | 438,90 |
| Porosidade total (%) | 64,70 |
| Espaço de aeração (%) | 20,23 |
| Água facilmente disponível (%) | 10,31 |
| Água tamponante (%) | 1,66 |
| Água remanescente (%) | 32,50 |

Tabela 2. Análise de variância do crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes níveis de saturação hídrica no substrato, aos 173 dias após a instalação do experimento.

Table 2. Growth and initial development variance analysis of bracatinga seedlings (*Mimosa scabrella* Benth.) as a function of different levels of water saturation in the substrate, to 173 days after installation experiment.

| | Regime hídrico | Média geral | CV (%) | GL |
|-----------------------|-----------------------|-------------|--------|----|
| Altura (cm) | p=0,426 ^{ns} | 122,04 | 10,10 | 9 |
| Diâmetro do colo (mm) | p<0,01 | 9,02 | 6,08 | 9 |
| MFPA (g) | p<0,01 | 9,37 | 6,57 | 9 |
| MSPA (g) | p<0,01 | 21,53 | 15,39 | 9 |
| MFR (g) | p<0,01 | 172,73 | 18,83 | 9 |
| MSR (g) | p<0,01 | 21,38 | 19,19 | 9 |
| Volume de raiz (mL) | p=0,085 ^{ns} | 211,33 | 24,95 | 9 |
| Relação H/DC | p=0,348 ^{ns} | 13,65 | 11,85 | 9 |
| Relação H/MSPA | p<0,01 | 7,76 | 20,27 | 9 |
| Relação MSPA/MSR | p=0,523 ^{ns} | 1,26 | 34,20 | 9 |
| IQD | p=0,02 | 3,35 | 24,97 | 9 |

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade de erro; DC = diâmetro do colo; MFPA = massa fresca da parte aérea; MSPA = massa seca da parte aérea; MFR = massa fresca do sistema radicular; MSR = massa seca do sistema radicular; H/DC = relação altura e diâmetro do colo; H/MSPA = relação altura e massa seca da parte aérea; MSPA/MSR = relação massa seca da parte aérea e sistema radicular; IQD = Índice de Qualidade de Dickson; CV = coeficiente de variação; GL = grau de liberdade do erro.

Tabela 3. Análise de contrastes ortogonais do crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função de diferentes níveis de saturação hídrica no substrato, aos 173 dias após a instalação do experimento.

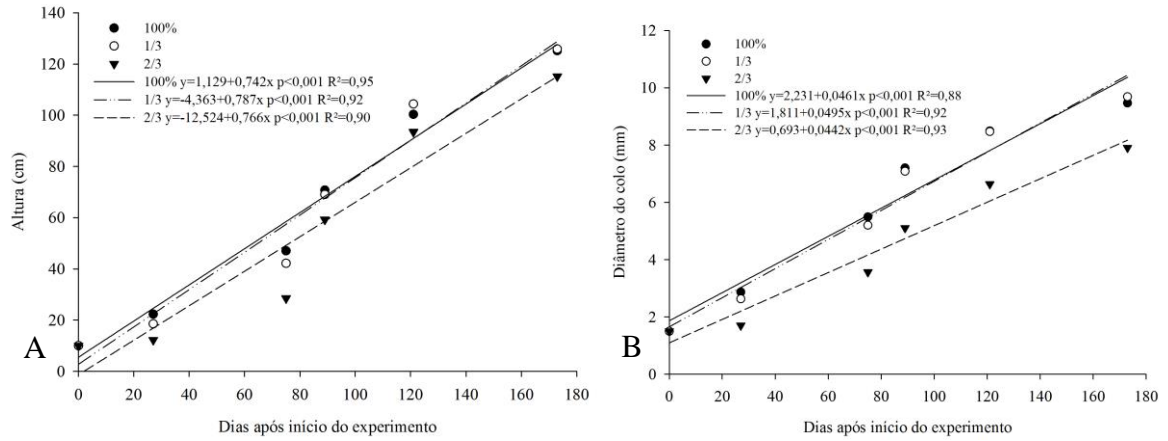
Table 3. Analysis of orthogonal contrasts the growth and initial development of bracatinga seedlings (*Mimosa scabrella* Benth.) as a function of different levels of water saturation in the substrate, to 173 days after installation experiment.

| | Médias | | | Contrastes ortogonais | |
|----------|---------------|--------|--------|-----------------------|--------|
| | Sem saturação | 1/3 | 2/3 | C1 | C2 |
| DC (mm) | 9,47 | 9,69 | 7,91 | p=0,077 ^{ns} | p<0,01 |
| MFPA (g) | 99,40 | 96,49 | 69,81 | p=0,050 | p<0,01 |
| MSPA (g) | 24,70 | 23,98 | 15,92 | p=0,044 | p<0,01 |
| MFR (g) | 188,99 | 212,80 | 116,38 | p=0,252 ^{ns} | p<0,01 |
| MSR (g) | 21,54 | 27,34 | 15,25 | p=0,926 ^{ns} | p<0,01 |
| H/MSPA | 5,56 | 6,33 | 11,40 | p<0,01 | p<0,01 |
| IQD | 3,81 | 4,08 | 2,15 | p=0,209 ^{ns} | p<0,01 |

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade de erro; C1 = contraste ortogonal entre o tratamento controle e os níveis de saturação hídrica; C2 = contraste ortogonal entre os dois níveis de saturação hídrica (1/3 e 2/3); DC = diâmetro do colo; MFPA = massa fresca da parte aérea; MSPA = massa seca da parte aérea; MFR = massa fresca do sistema radicular; MSR = massa seca do sistema radicular; H/MSPA = relação altura e massa seca da parte aérea; IQD = Índice de Qualidade de Dickson.

Figura 1. Altura (A) e diâmetro do colo (B) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento.

Figure 1. Height (A) and root-collar diameter (B) of bracatinga seedlings (*Mimosa scabrella* Benth.) during the time conducting the experiment.



7 CAPÍTULO 4

Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth.

(manuscrito formatado segundo normas da Revista Ceres)

Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth.**RESUMO**

Em condições naturais, as plantas estão sujeitas a estresses que limitam seu desenvolvimento e chances de sobrevivência, como é o caso da salinidade do solo. Assim, o objetivo foi avaliar os efeitos da salinidade por cloreto de sódio (NaCl) no desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga. Para tanto, sementes foram submetidas à quebra de dormência e colocadas para germinar em vasos de 1 L, com substrato casca de pinus compostada. Após 15 dias, foi acrescentado o fertilizante de liberação lenta (3 g por vaso), seguido das soluções de NaCl (0,0; -0,1; -0,2; -0,3 e -0,4 MPa). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 5 com três repetições de cinco plantas, em que o primeiro fator consistiu na presença ou ausência do fertilizante de liberação lenta, e o segundo aos potenciais osmóticos das soluções de NaCl. Os dados foram submetidos à ANOVA, regressão polinomial e contrastes ortogonais. Os resultados demonstraram que a presença do adubo promoveu desenvolvimento nas mudas e, que houve decréscimo na maioria das variáveis analisadas com o aumento dos níveis de salinidade. Na comparação de cada potencial osmótico em relação à presença de adubação, em geral observou-se que em menores níveis de salinidade (0,0; -0,1 e -0,2 MPa) as plantas adubadas apresentaram resultados superiores, e que em elevados níveis (-0,3 e -0,4 MPa) não houve influência da adubação. Para os níveis de salinidade nos tratamentos sem adubação, com exceção da sobrevivência das plantas, não houve diferença significativa para qualquer variável avaliada. Portanto, a bracatinga apresenta potencial para o cultivo em solo salino, pois o desenvolvimento inicial das mudas ocorreu de forma satisfatória em potenciais osmóticos que esses solos apresentam.

Palavras-chave: bracatinga; estresse hídrico; substrato para plantas; florestal nativa.

ABSTRACT

Salinity effect on the initial development of *Mimosa scabrella* Benth seedlings

Under natural conditions, plants are exposed to stressing factors that may limit their development and survival chances, such as soil salinity. The aim was to evaluate the effects of sodium chloride (NaCl) in the early development stages of bracatinga seedlings. Therefore, seeds were subjected to dormancy breaking and germinated in pots of 1 L with pine bark composted substrate. After 15 days, it was added the slow-release fertilizer (3 g per pot) followed by NaCl solutions (0.0; -0.1; -0.2; -0.3 and -0.4 MPa). It was performed a completely randomized design in factorial 2 x 5 with three replicates of five plants, in which the first factor consists of presence or absence of slow-release fertilizer and the second the osmotic potential of NaCl solution. The data were subjected to ANOVA, polynomial regression and orthogonal contrasts. The results showed that the presence of fertilizer promoted a satisfactory development of the seedlings and there was a decrease in most variables with increasing salinity levels. In comparison of each osmotic potential in relation to the presence of fertilizing, in general it is observed that at lower levels of salinity (0.0; -0.1 and -0.2 MPa) the fertilized plants showed superior results, and at higher levels (-0.3 and -0.4 MPa) there was no influence of fertilization. For salinity levels in treatments without fertilization, except for the survival of plants, there was no significant difference for any variable evaluated. Thus, it was observed that the bracatinga has the capability for growing in saline soil, in that the early development stages of the seedlings occurred satisfactorily in osmotic potential these soils present.

Key words: bracatinga; water stress; plant substrate; native species.

INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento econômico e social brasileiro, é de extrema importância a valorização e a apropriação do patrimônio genético silvestre. O domínio sobre as

preferências ambientais e o conhecimento do potencial das espécies nativas contribui para o desenvolvimento de sistemas de uso sustentável de plantas, inclusive para a contenção do iminente processo de extinção de germoplasma (Fior *et al.*, 2004).

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) é uma espécie florestal pioneira, de ciclo curto e rápido crescimento (Mazuchowski *et al.*, 2014). Sua distribuição geográfica concentra-se em regiões frias que vão desde o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro até o norte do Rio Grande do Sul (Lorenzi, 2002). A principal utilização de sua madeira é para energia, devido ao alto poder calorífico. No entanto, também pode ser empregada na construção civil, em obras internas, como vigamentos, escoras e assoalhos, na marcenaria, caixotaria e laminação. Ainda, possui potencial ornamental, forrageiro, melífero, medicinal e na recuperação de áreas degradadas, devido à alta incorporação de nitrogênio e fósforo no solo (Saueressig, 2014). Portanto, a bracatinga pode constituir-se de uma importante alternativa de espécie para a região sul do Brasil, pois apresenta características relevantes para a exploração de múltiplos produtos, além da grande importância ambiental por ser uma espécie facilitadora em processos de regeneração da vegetação em áreas degradadas.

Em condições naturais, as plantas estão sujeitas a estresses que limitam o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência. A alta concentração de sais é um fator de estresse para as plantas, pois apresenta atividade osmótica retendo a água em uma solução salina, de forma que o aumento da concentração de sais torna a água cada vez menos disponível (Larcher, 2000). Desta maneira, a capacidade de tolerância de algumas espécies torna-se fundamental para a ocupação de ambientes diferentes do seu habitat natural (Calbo & Moraes, 2000), e para fins de recomendações para plantios visando produtos ou serviços ambientais (Rego *et al.*, 2011).

Os processos de crescimento das plantas são afetados pela presença de sais, podendo ocorrer modificações anatômicas e fisiológicas, como inibição da síntese de proteínas, desequilíbrio entre cátions, diminuição das taxas de fotossíntese e de respiração

(Bissani *et al.*, 2008). Desta forma, as plantas que crescem em solos salinos não podem escapar totalmente dos efeitos da salinidade e, por isso, desenvolvem algum grau de resistência. Esta resistência consiste tanto em evitar, por meio de uma regulação salina que quantidades excessivas de sal alcancem o protoplasma, como tolerar seus efeitos (Larcher, 2000).

O estudo da tolerância à salinidade em plantas é de fundamental importância, já que a salinidade do solo é um fator limitante para o cultivo de muitas espécies, o que resulta em uma diminuição na absorção de nutrientes e no crescimento (Harter *et al.*, 2014). Além disso, devido à difícil execução e elevado investimento em técnicas de correção de solos afetados por sais, o uso de culturas tolerantes é uma alternativa que tem se mostrado viável, podendo, com o desenvolvimento de novas pesquisas, tornar-se uma forma efetiva de exploração sustentável desses solos (Ribeiro *et al.*, 2003).

Ainda são escassas as informações referentes à tolerância de plantas de bracatinga à salinidade do solo. Conforme um estudo prévio sobre o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas, chegou-se à hipótese de que a bracatinga pode ser uma espécie promissora para o cultivo em solos salinos (dados não publicados), sendo necessárias investigações sobre o crescimento e desenvolvimento dessas plantas em condições de estresse hídrico, provocados pela alta concentração de sais, a fim de comprovar esta hipótese.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade provocada por diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Porto

Alegre, RS entre os meses de abril e agosto de 2015 (temperatura média de 18°C e 82,5% de umidade relativa do ar). As sementes foram coletadas de oito matrizes no município de Santo Antônio do Palma, RS (exsicata registrada no herbário da UFRGS, ICN 184890), e armazenadas em refrigerador a 5°C até a realização do experimento.

As sementes foram submetidas à quebra de dormência pelo método de imersão em água quente (90°C) até atingir temperatura ambiente, o qual foi determinado em estudo piloto como sendo o mais prático e rápido para a quebra de dormência das sementes de bracatinga. Posteriormente, foram estabelecidas três sementes por vaso (volume de 1L), contendo casca de pinus compostada como substrato. Após 15 dias, quando as plântulas atingiram aproximadamente 5 cm de altura, realizou-se o raleio mantendo somente uma planta por vaso, adotando-se como critério de seleção o vigor das plantas.

A análise química e física do substrato demonstrou CE 1:5 (mS cm⁻¹) de 0,51; pH (H₂O) de 6,69; densidade seca de 438 Kg m⁻³; porosidade total de 64,70%; espaço de aeração de 20,23%; água facilmente disponível de 10,31%; água tamponante de 1,66%; água remanescente de 32,50%.

A adubação foi realizada em dose única, através da incorporação de aproximadamente 3 g/L de fertilizante de liberação lenta (Basacote Plus 9M – 16-8-12 + 2Mg + 5S + 0,4Fe + 0,02B + 0,02Zn + 0,05Cu + 0,06Mn + 0,015Mo), consistindo o fator presença ou ausência do fertilizante. O segundo fator constituiu-se de soluções salinas calculadas pela equação de Van'tHoff (Betoni *et al.*, 2011), de forma a alcançar os níveis de potenciais osmóticos: 0,0 (controle); -0,1; -0,2; -0,3 e -0,4 MPa, pela adição de NaCl (P.A.). As soluções foram aplicadas manualmente de forma a manter o substrato sempre hidratado, atendendo à demanda das plantas, a qual foi verificada quando o substrato na superfície do vaso encontrava-se com aspecto seco. A cada nova irrigação, permitia-se um excedente drenado de 10 a 15% do aplicado.

A fim de evitar a salinização do substrato e alteração no potencial hídrico, semanalmente, foi realizado o monitoramento da condutividade elétrica (CE) e do potencial hidrogeniônico (pH) pelo método Pour Thru (Cavins *et al.*, 2000), de três unidades experimentais selecionadas aleatoriamente por tratamento. Quando verificado CE no substrato com variação superior à referencial para cada tratamento (Tabela 1), foi realizada a lavagem do substrato de forma idêntica para todos os tratamentos, adicionando-se 1 L de água em cada unidade experimental, com imediata irrigação com as soluções salinas.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em arranjo fatorial 2 x 5, com três repetições de cinco plantas por tratamento. O primeiro fator consistiu na presença ou ausência do fertilizante de liberação lenta, e o segundo fator nos potenciais osmóticos das soluções de NaCl (0,0; -0,1; -0,2; -0,3 e -0,4 MPa).

As avaliações foram realizadas a cada 15 dias para as variáveis altura e diâmetro do colo. A altura foi obtida por meio de uma régua milimetrada, medida do coleto da planta até a gema apical, e o diâmetro do colo com um paquímetro digital. Além dessas variáveis, após 106 dias de condução do experimento, foram avaliadas sobrevivência das plantas, índice de clorofila das folhas, massa seca da parte aérea e do sistema radicular, e volume total de raízes. Com base nestes dados, também foi realizada a avaliação da qualidade das mudas através do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e da relação altura e diâmetro do colo (H/DC) (Gomes & Paiva, 2013).

O índice de clorofila das folhas foi avaliado utilizando-se um medidor eletrônico de clorofila (clorofiLOG), modelo CFL1030 da Falker®. De acordo com o fabricante (Falker Automação Agrícola Ltda.) este aparelho utiliza como unidade de medida o Índice de Clorofila Falker (ICF), o qual é um índice adimensional, que apresenta grande correlação com medições de laboratório obtidas pelo método tradicional de extração por acetona.

Foram escolhidas três folhas por planta, ao acaso, determinando-se os valores de clorofila *a*, *b* e total.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo *software* Costat 6.4, contrastes ortogonais (Tabela 2) pelo SAS 9.4 e regressão polinomial e exponencial pelo SigmaPlot 11.0. Além disso, foi realizada correlação de Pearson entre as variáveis sobrevivência e massa seca do sistema radicular. Os dados de sobrevivência não atenderam aos pressupostos da ANOVA e por isso, foram transformados para $Asen\sqrt{x/100}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou que não houve interação entre a adubação e os níveis de salinidade para altura, relação altura e diâmetro do colo e índice de clorofila *a*, *b* e total (Tabela 3). Com exceção do índice de clorofila *a* e sobrevivência, o efeito da adubação de liberação lenta foi significativo para todas as variáveis analisadas, ou seja, as plantas que receberam o adubo apresentaram média geral superior em relação àquelas que não foram adubadas.

Os resultados mostrando o maior desenvolvimento inicial das mudas de bracatinga nos tratamentos com a utilização do fertilizante de liberação lenta, estão de acordo com os encontrados em trabalho com *Anadenanthera colubrina* (Brondani *et al.*, 2008), *Carica papaya* (Serrano *et al.*, 2010), *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana* (Rossa *et al.*, 2013), *Bauhinia forficata* (Behling *et al.*, 2013), entre outros. Ainda, em mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora*), verificou-se maior incremento em todas as variáveis avaliadas, com a mesma dose utilizada neste experimento. Os autores acrescentam que fertilizantes de liberação lenta são interessantes por permitirem que os nutrientes sejam disponibilizados continuamente, evitando a deficiência nutricional (Elli *et al.*, 2013).

A análise dos contrastes ortogonais mostrou que, para os níveis de salinidade nos tratamentos que não receberam adubação, com exceção da sobrevivência das plantas, não

houve diferença significativa para qualquer variável avaliada. Ou seja, a salinidade do substrato não apresentou efeito prejudicial no crescimento e desenvolvimento das plantas quando na ausência do adubo. No entanto, com exceção da variável relação H/DC e sobrevivência, os potenciais osmóticos associados à adubação influenciaram no desenvolvimento inicial das mudas. Isso mostra que, na presença do fertilizante de liberação lenta, os níveis de salinidade influenciaram o desenvolvimento das mudas, apresentando resultados superiores nos menores níveis de salinidade testados (potenciais osmóticos de 0,0; -0,1 e -0,2 MPa).

Quando o efeito osmótico excede o nível de tolerância das plantas, podem ocorrer distúrbios funcionais e injúrias, o que pode ser observado na limitação da fotossíntese e na respiração. Não obstante, o elevado conteúdo de NaCl provoca redução na absorção de elementos minerais essenciais para o desenvolvimento das plantas, além de causar redução do acúmulo de fitomassa (Schossler *et al.*, 2012), o que está de acordo com os resultados obtidos neste experimento, pois o menor desenvolvimento das mudas foi observado nos níveis mais elevados de salinidade (potenciais osmóticos de -0,3 e -0,4 MPa).

A sobrevivência das plantas apresentou decréscimo exponencial e quadrático ao longo do tempo de condução do experimento, para os tratamentos com e sem adubação, respectivamente (Figura 1A). No entanto, para os tratamentos correspondentes aos potenciais osmóticos de 0,0 e -0,1 MPa, com e sem a presença do adubo, não foi realizada a análise de regressão devido à baixa mortalidade (em média 6,67%).

Para a sobrevivência das plantas, não houve efeito significativo da adubação, apresentando interação entre os fatores e efeito para os níveis de salinidade. Com isso, verificou-se que a sobrevivência das plantas diminuiu à medida que o potencial osmótico se tornou mais negativo (Figura 1B), ou seja, quanto mais elevados os níveis de salinidade do substrato menor a sobrevivência, chegando a aproximadamente 75% de mortalidade em potencial osmótico de -0,4 MPa. Além disso, houve correlação positiva entre a massa seca

do sistema radicular e a sobrevivência ($p < 0,01$ $r = 0,98$), indicando que quanto maior o desenvolvimento radicular das plantas, maior será a sua capacidade de sobreviver em ambiente salino.

O desenvolvimento das mudas em altura e diâmetro do colo aumentou ao longo do tempo. Em relação à altura, houve acréscimo quadrático e exponencial (Figura 2A) enquanto para o diâmetro do colo esse acréscimo apresentou somente tendência quadrática em função do tempo de condução do experimento (Figura 2B). Ainda, observou-se que para as duas variáveis em questão, os tratamentos que apresentaram resultados superiores foram os com menores níveis de salinidade associados à adubação (potenciais osmóticos de 0,0; -0,1 e -0,2 MPa).

Os níveis de NaCl influenciaram de forma proporcional o desenvolvimento inicial das mudas de bracatinga, ou seja, com a redução do potencial osmótico, pelo aumento dos níveis de salinidade, reduziu-se o crescimento das plantas. Para altura das plantas e diâmetro do colo, esse decréscimo teve tendência quadrática, inversamente proporcional ao aumento das concentrações de NaCl. Quando se compara o efeito de cada potencial osmótico, com e sem presença de adubação, observa-se que nos menores níveis de salinidade (potenciais osmóticos de 0,0; -0,1 e -0,2 MPa) as plantas adubadas apresentaram resultados superiores, e que em elevados níveis de salinidade (-0,3 e -0,4 MPa) a influência da adubação foi bem inferior (Figura 2C e D).

A maior média de altura das mudas foi observada no tratamento com adubação e sem adição de NaCl (48,85 cm), ocorrendo uma redução de aproximadamente 45% para o potencial osmótico mais negativo (-0,4 MPa), sendo que até -0,2 MPa a redução foi de apenas 20% (Figura 2C). Os dados de diâmetro do colo apresentaram comportamento semelhante, porém com redução de 40% da menor para a maior concentração de NaCl, e de 13% para -0,2 MPa (Figura 2D).

Este baixo desenvolvimento das mudas em potenciais osmóticos mais negativos, pode ser explicado pela excessiva absorção de Na^+ e Cl^- , causando toxicidade e desequilíbrio nutricional, diminuindo a migração de macromoléculas e dinâmica da membrana plasmática, alterando a absorção e distribuição dos nutrientes (Yahya, 1998). No entanto, embora tenha ocorrido um elevado crescimento das plantas nas concentrações mais baixas de sais associados à adubação, em concentrações mais elevadas (-0,3 e -0,4 MPa), o crescimento não apresentou diferença significativa de acordo com a análise de contrastes ortogonais (valores $p > 0,09$), em relação às plantas sem adubação. Isto indica que a presença de sal apenas impediu a absorção de alguns nutrientes disponibilizados pela adubação, mas não alterou substancialmente o crescimento, em comparação às plantas não adubadas.

O principal efeito do estresse salino nas plantas é a diminuição no seu crescimento devido à redução da expansão celular (Tobe *et al.*, 2000). Em estudo sobre o efeito da salinidade no crescimento inicial de plântulas de flamboyant (*Delonix regia*), verificou-se decréscimo na altura à medida que se aumentavam os níveis de salinidade, sendo observado efeito significativo em potencial osmótico de -0,1 MPa (Nogueira *et al.*, 2012). Resultados semelhantes foram observados em plântulas de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*) (Freitas *et al.*, 2010) e em gliricídia (*Gliricidia sepium*) (Farias *et al.*, 2009). No entanto, para plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas*) não houve efeito da salinidade para altura e diâmetro caulinar das mudas (Veras *et al.*, 2011).

Os resultados de massa seca da parte aérea (Figura 3A) e volume de raiz (Figura 3C) também apresentaram tendência quadrática decrescente com o aumento da concentração de NaCl nas soluções de irrigação. Além disso, estas variáveis também foram influenciadas pela adição de adubo em potenciais osmóticos de 0,0; -0,1 e -0,2 MPa, e não apresentaram diferença significativa nos potenciais mais negativos (-0,3 e -0,4 MPa).

Em estudo avaliando o efeito da salinidade sobre mudas de *Vigna unguiculata*, observou-se decréscimo na massa seca da parte aérea com o aumento da salinidade, tanto nos tratamentos com e sem biofertilizante. Além disso, os autores concluem que o aumento dos níveis de salinidade inibiu o crescimento inicial da planta, sendo menos afetado na presença do biofertilizante (Silva *et al.*, 2011). Outro estudo, com gliricídia (*Gliricidia sepium*), verificou-se que com o aumento das concentrações de NaCl houve resposta quadrática decrescente para matéria seca de folhas, caule e raiz. Os autores também observaram redução dos teores N, P, K, Ca, Mg e S nas raízes e folhas em função das concentrações crescentes de NaCl (Farias *et al.*, 2009).

A massa seca do sistema radicular apresentou decréscimo exponencial com o aumento da concentração de NaCl (Figura 3B). Ao contrário dos resultados obtidos nas avaliações da parte aérea, a massa seca do sistema radicular não foi influenciada pelos níveis de salinidade em relação à adubação, pois só houve diferença significativa com a adição do fertilizante de liberação lenta no tratamento controle (0,0 MPa).

O efeito da salinidade sobre o sistema radicular se deve ao fato das raízes ficarem em contato direto com os sais do meio (Guimarães *et al.*, 2013), provocando redução na taxa de transpiração e crescimento (Pereira *et al.*, 2012). Aliado a isto, as condições salinas provocam desbalanço nutricional pela diminuição da absorção ou translocação interna de nutrientes minerais, principalmente Ca^+ (Agostinetto & Fleck, 2001). Isso explica os resultados obtidos neste estudo, onde não se observou influência da adubação no desenvolvimento radicular de plantas submetidas ao estresse salino.

Em plântulas de flamboyant, verificou-se redução significativa no desenvolvimento radicular, somente acima do potencial osmótico -0,22 MPa (Nogueira *et al.*, 2012). Em plântulas de *Albizia lebbek*, também foi constatada redução à medida que os níveis de salinidade da água de irrigação aumentaram, nas massas secas das raízes e da parte aérea, observando redução de 87% na massa seca total em -0,02 MPa para -0,16 MPa (Lima *et*

al., 2015). Outro resultado semelhante foi observado por Oliveira *et al.* (2009), os quais verificaram que uma das características mais influenciadas pela salinidade, em plantas de *Moringa oleifera*, foi a massa seca total.

O padrão de qualidade das mudas está diretamente relacionado com a sobrevivência, estabelecimento e o crescimento inicial das plantas. O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) é um bom indicador da qualidade das mudas, pois leva em conta a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando vários parâmetros considerados importantes. Além disso, outro importante parâmetro para a avaliação da qualidade das mudas é a relação da altura com o diâmetro do colo (H/DC), o qual expressa um equilíbrio de crescimento, onde quanto menor for seu valor, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem na área de plantio definitivo (Gomes & Paiva, 2013).

Os resultados de IQD demonstraram redução exponencial com o aumento dos níveis de salinidade, para os tratamentos que receberam adubação (Figura 3D). Neste sentido, o maior valor médio obtido foi de 0,65 no tratamento controle, com redução para 0,21 em potencial osmótico de -0,4 MPa. É recomendado com base em trabalhos de pesquisa, o valor mínimo de 0,20 como um bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziesii* e *Picea abies* (Gomes & Paiva, 2013). A relação altura e diâmetro do colo apresentou diferença significativa ($p=0,0154$) em relação à adição do adubo de liberação lenta, onde em média os tratamentos com adubação foram aproximadamente 17% superiores àqueles que não receberam o adubo.

Não houve interação entre a adubação e os níveis de salinidade para os índices de clorofila *a*, *b* e total. Sendo observada diferença significativa somente para a adubação nos índices de clorofila *b* e total. Em média, os índices de clorofila *b* e total para os tratamentos com adubação foram de 7,34 e 42,79 ICF, respectivamente. Isto demonstra uma superioridade de 36,64 e 16,56% em relação aos tratamentos sem adubação. Jaquetti

(2012) também verificou melhores resultados de índices de clorofila *b* e total em plantas de *Inga edulis* e *Dipteryx odorata* quando foram submetidas tanto à adubação verde quanto química. No entanto, para plantas de *Vigna unguiculada* não foi observado efeito de adubação nitrogenada para estas variáveis (Furtado *et al.*, 2014).

A salinidade de um solo é expressa pela condutividade elétrica, a qual considera solo salino aquele que apresentar valor maior ou igual a 4 e menor que 7 dS m⁻¹ (Embrapa, 1999), sendo que estas condutividades elétricas representam valores de potencial osmótico de -0,14 e -0,25 MPa (Gheyi *et al.*, 2010). Além disso, há uma variação na necessidade de sais para o crescimento ideal das culturas, onde as espécies que mantêm seu desenvolvimento sob condutividades elétricas de 2,6 a 4,6 dS m⁻¹, como é o caso do crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*), são capazes de suportar elevados níveis de salinidade (Cavins *et al.*, 2000). Comparando essa informação com os resultados obtidos no presente estudo, pode-se confirmar a hipótese de que a bracatinga é uma espécie promissora para cultivo em solos salinos, pois o desenvolvimento inicial das mudas ocorreu de forma satisfatória em condições análogas a essas.

Contudo, há necessidade de estudar o desenvolvimento de plantas de bracatinga em condições simbióticas, a fim de verificar a possibilidade de se ter maior desenvolvimento das plantas com menor suprimento de adubação e maior economia, visto que já foram verificadas bactérias dos gêneros *Burkholderia*, *Pantoea*, *Pseudomonas* e *Rhizobium* em nódulos da bracatinga (Brocardo, 2013). Ao que tudo indica a salinidade não será obstáculo para essa simbiose, pois, em estudos com duas espécies leguminosas (*Cicer arietinum* e *Glycine max*) em condições de elevada salinidade, verificou-se que cultivares mais tolerantes ao estresse salino são eficientes na nodulação e mantêm maiores taxas de fixação simbiótica de nitrogênio, quando comparado com cultivares que não suportam essa condição (Elsheikh & Wood, 1995; Garg & Singla, 2004). Além disso, em estudo sobre o comportamento de bactérias fixadoras de nitrogênio à salinidade, verificou-se que o nível

de tolerância das diferentes estirpes testadas chega a 60 g L^{-1} de NaCl, o que corresponde a potencial osmótico de $-4,52 \text{ MPa}$ (Medeiros *et al.*, 2007).

Diante do exposto, salienta-se a importância ambiental da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), já que os resultados obtidos neste trabalho apresentam o eminente potencial dessa espécie nativa para ocupação de áreas degradadas e/ou ociosas, podendo gerar produtos e serviços florestais, além de otimizar o uso do solo nas propriedades rurais no sul do Brasil.

CONCLUSÕES

A bracatinga é uma espécie promissora para o cultivo em solos salinos, pois o desenvolvimento inicial das mudas ocorreu de forma satisfatória em potenciais osmóticos que esses solos apresentam.

Em níveis de salinidade superiores a $-0,3 \text{ MPa}$, a adubação não apresentou influência sobre o desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga.

REFERÊNCIAS

- Agostinetto D & Fleck NG (2001) Estresse salino: efeitos e mecanismos de resposta em plantas. Agropec. Clima Temperado, 4:451-464.
- Behling A, Perrando ER, Bamberg R, Sanquetta CR & Nakajima NY (2013) Efeito da nutrição no crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. Interciência, 38:139-144.
- Betoni R, Scalon SDPQ & Mussury RM (2011) Salinity and temperature in the germination and vigor of *Guazuma ulmifolia* LAM. (Sterculiaceae) seeds. Revista Árvore, 35:605-616.
- Bissani CA, Gianello C, Camargo FAO & Tedesco MJ (2008) Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. 2º ed. Porto Alegre, Metrópole. 344p.

- Brocardo NCME (2013) Caracterização e avaliação da eficiência simbiótica de diazotróficos isolados de bracinga. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages. 66p.
- Brondani GE, Silva AJC, Rego SS, Grisi FA, Nogueira AC, Wendling I & Araujo MAD (2008) Fertilização de liberação controlada no crescimento inicial de angico-branco. *Scientia Agrária*, 9:167-176.
- Calbo MER & Moraes JAPVDE (2000) Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleraceae* (açai). *Brazilian Journal of Botany*, 23:225-230.
- Cavins TJ, Whipker BE, Fonteno WC, Harden B, McAll I & Gibson JL (2000) Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. *Horticulture Information Leaflet*, 7:1-17.
- Elli EF, Cantarelli EB, Caron BO, Monteiro GC, Pavan MA, Pedrassani M & Eloy E (2013) Osmocote no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira. *Comunicata Scientiae*, 4:377-384.
- Elsheikh EAE & Wood M (1995) Nodulation and N₂ fixation by soybean inoculated with salt-tolerance Rhizobia or salt-sensitive Bradyrhizobia in saline soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 27:657-661.
- Embrapa (1999) Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos.
- Farias SGG, Santos DR, Freire ALO & Silva RB (2009) Growth and mineral nutrition of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) seedlings in nutrient solution under saline stress. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1499-1505.
- Fior CS, Calil AC & Leonhardt C (2004) *Siphocampylus betulaefolius* (Cham.) G. Don: propagação e o potencial ornamental. *Iheringia Sér. Bot.*, 59:207-210.

Freitas RO, Nogueira NW, Oliveira FN, Costa EM & Ribeiro MCC (2010) Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. *Revista Caatinga*, 23:54-58.

Furtado GDF, Sousa Junior JR, Xavier DA, Andrade EMG & Sousa JRM (2014) Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculata* L. Walp sob salinidade e adubação nitrogenada. *Revista Verde*, 9:291-299.

Garg N & Singla R (2004) Growth, photosynthesis, nodule nitrogen and carbon fixation in the chickpea cultivars under salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16:137-146.

Gheyi HR, Dias NS & Lacerda CF (2010) Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal. 472p.

Gomes JM & Paiva HN (2013) Viveiros florestais: propagação sexuada. 1º ed. Viçosa, UFV. 116p.

Guimarães IP, Oliveira FN, Vieira FER & Torres SB (2013) Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8:137-142.

Harter LSH, Harter FS, Deuner C, Meneghello GE & Villela FA (2014) Effect of salinity on physiological performance of mogango seeds and seedlings. *Horticultura Brasileira*, 32:80-85.

Jaquetti RK (2012) Crescimento inicial e respostas fotossintéticas de três espécies leguminosas arbóreas submetidas à adubação verde e química em um plantio florestal na Amazônia. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 92p.

Larcher W (2000) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos, RiMa. 531p.

- Lima MFP, Porto MAF, Torres SB, Freitas RMO, Nogueira NW & Carvalho DR (2015) Emergência e crescimento inicial de plântulas de albizia submetidas à irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19:106-112.
- Lorenzi H (2002) *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 4º ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 352p.
- Mazuchowski JZ, Rech TD & Toresan L (2014) Bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham): cultivo, manejo e usos da espécie. Florianópolis, Epagri. 365p.
- Medeiros EV, Silva KJP, Martins CM & Borges WL (2007) Tolerância de bactérias fixadoras de nitrogênio provenientes de municípios do Rio Grande do Norte à temperatura e salinidade. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 7:160-168.
- Nogueira NW, Lima JSS, Freitas RMO, Ribeiro MCC, Leal CCP & Pinto JRS (2012) Efeito da salinidade na emergência e crescimento inicial de plântulas de flamboyant. *Revista Brasileira de Sementes*, 34:466-472.
- Oliveira FRA, Oliveira FD, Guimarães IP, Medeiros JF, Oliveira MKT, Freitas AVL & Medeiros MA (2009) Emergency of seedlings of *Moringa oleifera* Lam irrigated with water of different levels of salinity. *Bioscience Journal*, 25:66-74.
- Pereira AM, Queiroga RCF, Silva GD, Nascimento MGR & Andrade SEO (2012) Germinação e crescimento inicial de meloeiro submetido ao osmocondicionamento da semente com NaCl e níveis de salinidade da água. *Revista Verde*, 7:205-211.
- Rego SS, Ferreira MM, Nogueira AC, Grossi F, Sousa RK, Brondani GE, Araujo MA & Silva ALL (2011) Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2:37-42.
- Ribeiro MR, Freire FJ & Montenegro AAA (2003) Solos halomórficos do Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi N, Marques JJ, Guilherme LRG, Lima JM, Lopes AS & Alvarez VH (Eds.) *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p.165-208.

- Rossa UB, Angelo AC, Nogueira AC, Westphalen DJ, Bassaco MVM, Milani JEF & Bianchin JE (2013) Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. Floresta, 43:93-104.
- Saueressig D (2014) Plantas do Brasil: árvores nativas. 1º ed. Irati, Editora Plantas do Brasil. 432p.
- Schossler TR, Machado DM, Zuffo AM, Andrade FR & Piauilino AC (2012) Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. Enciclopédia Biosfera, 8(15):1563-1578.
- Serrano LAL, Cattaneo LF & Ferregueti GA (2010) Adubo de liberação lenta na produção de mudas de mamoeiro. Revista Brasileira de Fruticultura, 32:874-883.
- Silva FLB, Lacerda CF, Sousa GG, Neves ALR, Silva GL & Sousa CHC (2011) Interaction between water salinity and bovine biofertilizer on the cowpea plants. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15:383-389.
- Tobe K, Li XM & Omasa K (2000) Seed germination and radicle growth of a halophyte *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). Annals of Botany, 85:391-396.
- Veras RP, Laime EMO, Fernandes PD, Soares FAL & Freire ED (2011) Plant height, stem diameter and production of jatropha irrigated under different salinity levels. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 15:582-587.
- Yahya A (1998) Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. Journal of Plant Nutrition, 21:1439-1451.

Tabela 1. Valores de referência de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) das soluções de NaCl para cada nível de potencial osmótico, obtidas a partir do método Pour Thru (Cavins *et al.*, 2000).

| Potencial osmótico (MPa) | Condutividade elétrica (mS cm^{-1}) |
|--------------------------|--|
| 0,0 | 0,111 |
| -0,1 | 3,034 |
| -0,2 | 5,356 |
| -0,3 | 7,478 |
| -0,4 | 9,526 |

Tabela 2 – Estrutura da análise de contrastes ortogonais do desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da presença de adubação, e do potencial osmótico da água de irrigação (diferentes níveis de cloreto de sódio).

| Contrastes ortogonais | Tratamentos | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| | 0,0 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,4 | 0,0 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,4 |
| | S | S | S | S | S | C | C | C | C | C |
| c1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| c2 | -4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| c3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| c4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| c5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 |
| c6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 |
| c7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 |
| c8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 |
| c9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

S = sem adubação; C = com adubação; c = contraste.

Tabela 3 - Análise de variância do desenvolvimento inicial de mudas de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da presença de adubação, e do potencial osmótico da água de irrigação (diferentes níveis de cloreto de sódio), aos 106 dias após a instalação do experimento.

| | Adubação | Potencial osmótico | Interação | Média geral | CV (%) | GL |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|--------|----|
| Altura (cm) | <0,001 | 0,039 | 0,073 ^{ns} | 27,81 | 36,21 | 20 |
| DC (mm) | <0,001 | 0,043 | 0,038 | 3,41 | 25,14 | 20 |
| MSPA (g) | <0,001 | <0,001 | 0,001 | 2,08 | 44,60 | 20 |
| MSR (g) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 1,66 | 48,94 | 20 |
| Volume de raiz (mL) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 21,97 | 36,15 | 19 |
| Relação H/DC | 0,015 | 0,433 ^{ns} | 0,808 ^{ns} | 7,73 | 19,15 | 20 |
| IQD | 0,036 | <0,001 | <0,001 | 0,38 | 47,18 | 20 |
| Clorofila <i>a</i> (ICF) | 0,094 ^{ns} | 0,465 ^{ns} | 0,496 ^{ns} | 33,25 | 20,58 | 20 |
| Clorofila <i>b</i> (ICF) | <0,001 | 0,152 ^{ns} | 0,728 ^{ns} | 5,99 | 30,91 | 20 |
| Clorofila total (ICF) | 0,024 | 0,456 ^{ns} | 0,646 ^{ns} | 39,25 | 20,20 | 20 |
| Sobrevivência (%) | 0,568 ^{ns} | <0,001 | 0,050 | 66,00 | 16,12 | 20 |

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade; DC = diâmetro do colo; MSPA = massa seca da parte aérea; MSR = massa seca do sistema radicular; H/DC = relação altura e diâmetro do colo; IQD = Índice de Qualidade de Dickson; ICF = índice de clorofila Falker; CV = coeficiente de variação; GL = grau de liberdade do erro.

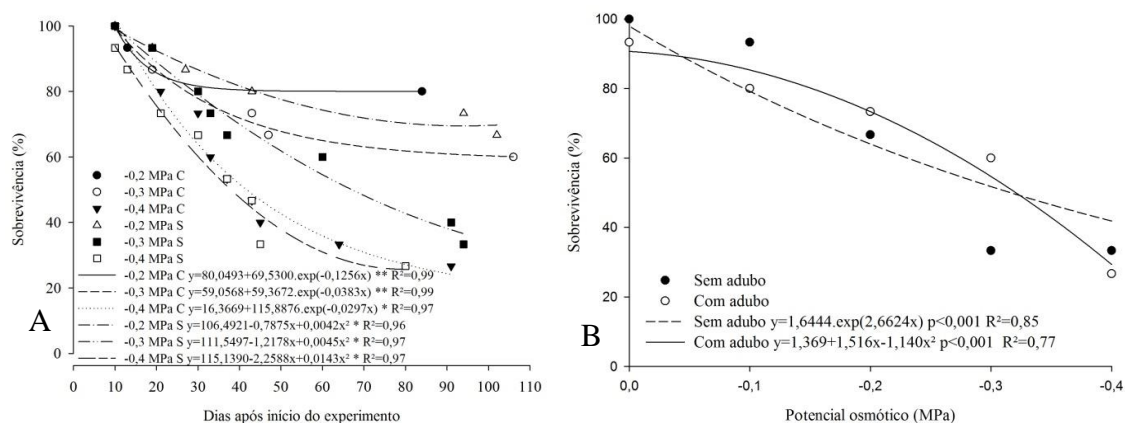


Figura 1. Sobrevivência de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento (A) e em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato (B). * e ** correspondem a regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. C = com adubação e S = sem adubação.

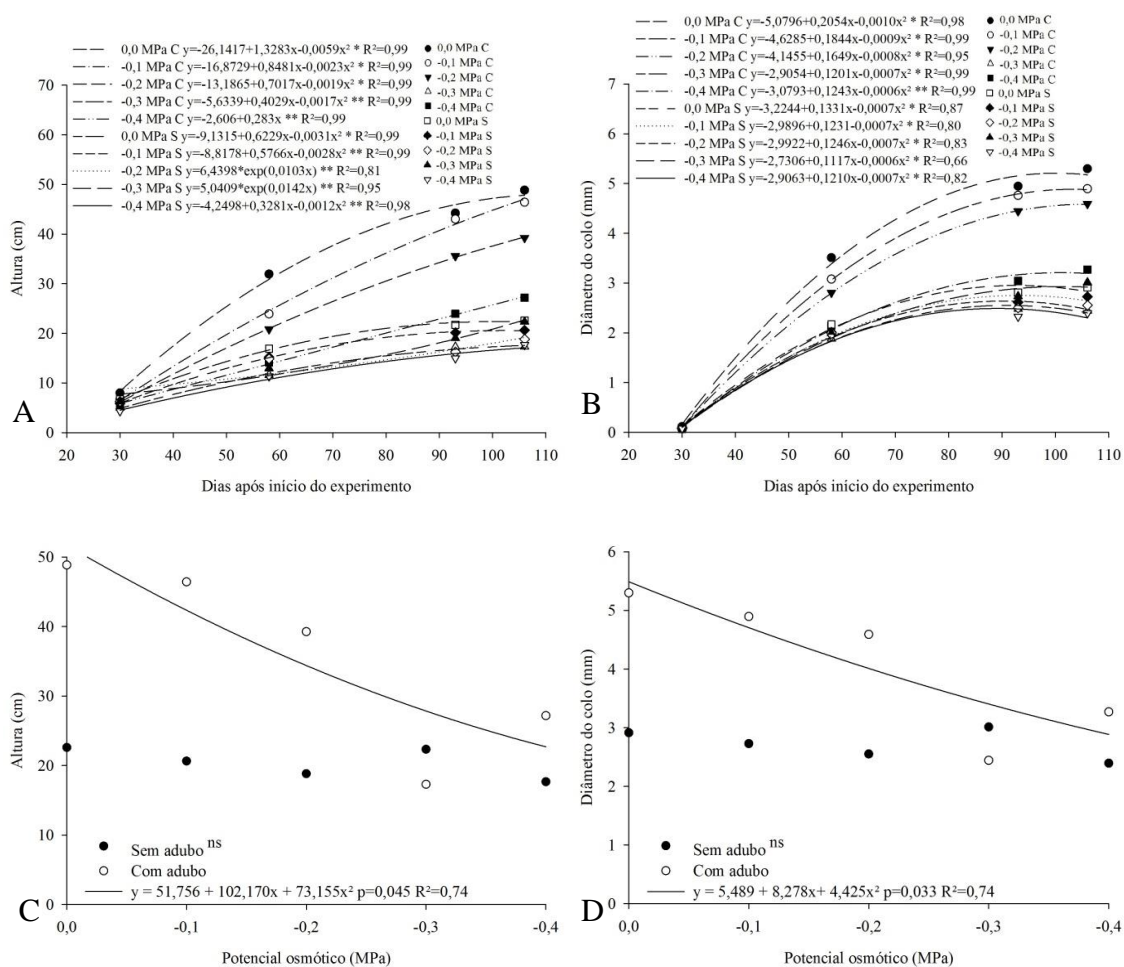


Figura 2. Altura (A) e diâmetro do colo (B) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento e em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato (C e D). * e ** correspondem a regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. ^{ns} Regressão não significativa para altura ($p=0,516$) e diâmetro do colo ($p=0,690$) nos tratamentos sem adubação. S = sem adubação e C = com adubação.

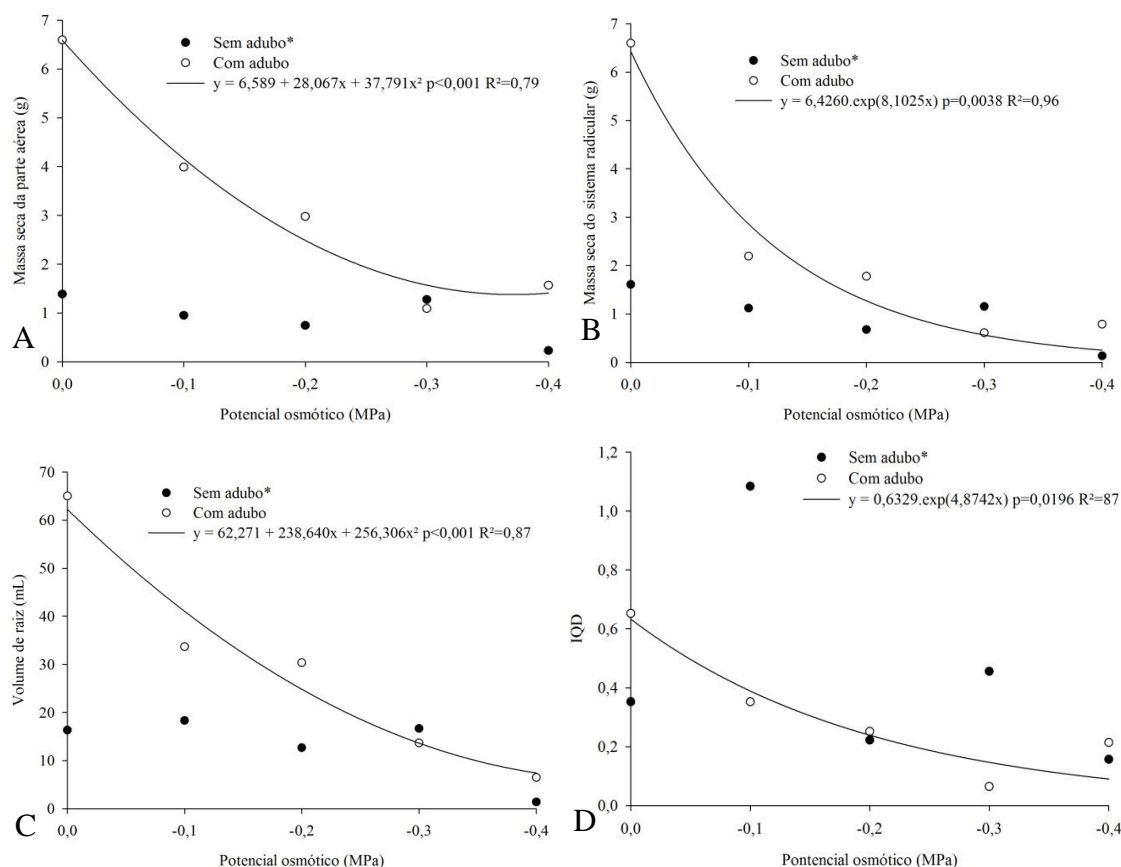


Figura 3. Massa seca da parte aérea (A) e do sistema radicular (B), volume de raiz (C) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (D) de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato. *Regressão não significativa para massa seca da parte aérea ($p=0,242$), massa seca do sistema radicular ($p=0,198$), volume de raiz ($p=0,102$) e IQD ($p=0,173$) nos tratamentos sem adubação.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo apresentam o eminente potencial da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), pois tanto a germinação como o crescimento e desenvolvimento inicial das mudas, apresentaram resultados que reforçam a hipótese de utilização desta espécie em ambientes com elevados níveis de salinidade, déficit e saturação hídrica. Além disso, a avaliação da qualidade das mudas também mostrou que a bracatinga apresenta capacidade de se estabelecer e sobreviver nestas condições.

Desta maneira, a bracatinga pode ser utilizada para o cultivo em florestas de usos múltiplos em locais com solo com elevada salinidade, déficit e saturação hídrica, e ocupação de áreas degradadas e/ou ociosas podendo gerar produtos e serviços florestais, além de otimizar o uso do solo nas propriedades rurais no sul do Brasil. E assim, tornar a espécie como uma alternativa viável para a redução da pressão exercida sobre as florestas nativas, diminuindo o risco de extinção de várias espécies de elevado valor.

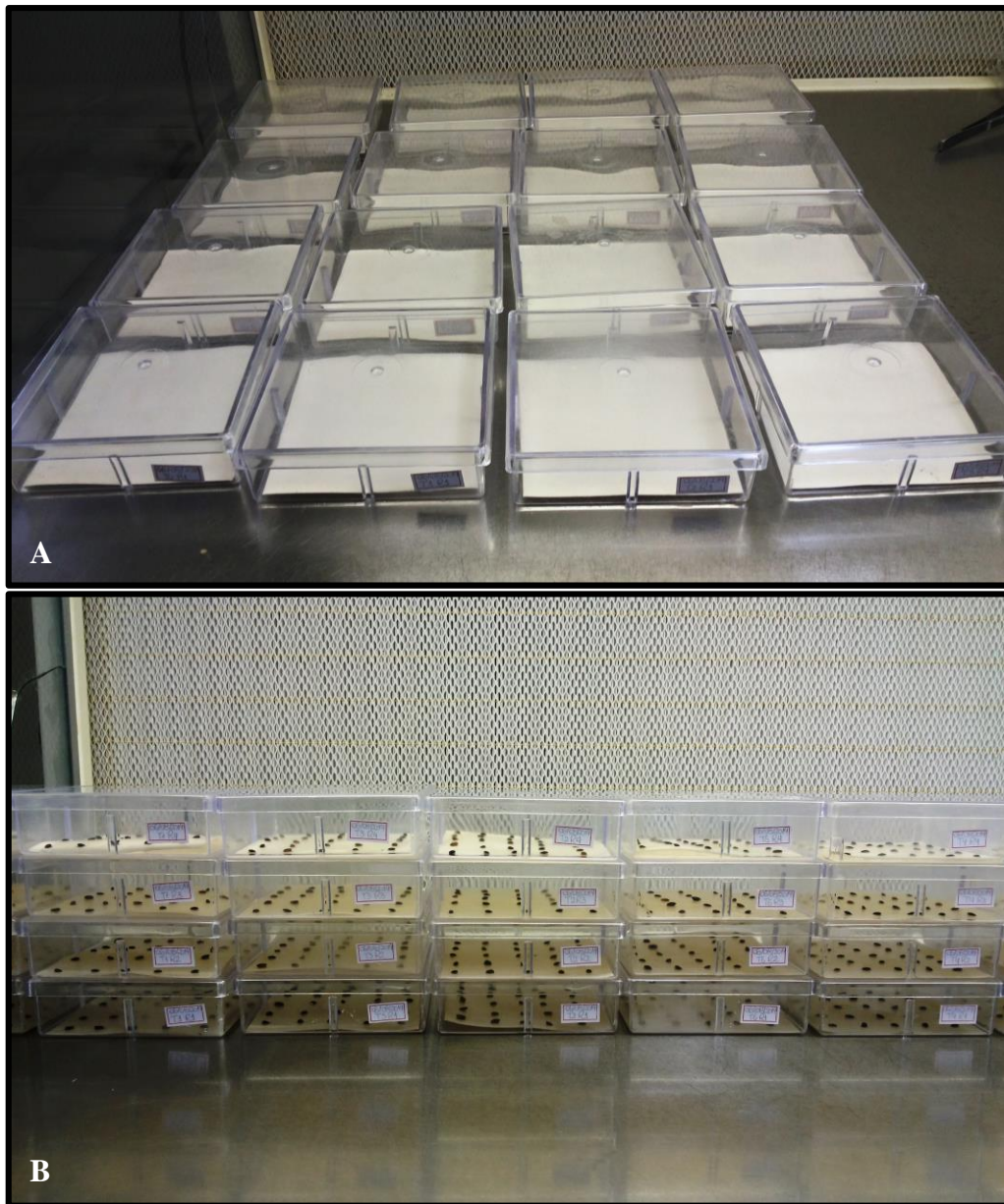
O crescimento e o desenvolvimento inicial das mudas ocorreram de forma satisfatória em condições de viveiro, mesmo quando submetidas ao estresse hídrico. Contudo, é necessário considerar estudos futuros verificando a possibilidade de utilização destas plantas em condições extremas de campo e em plantas adultas, já que existe uma alta demanda por conhecimento sobre espécies nativas, em função das suas potencialidades ambientais e econômicas.

Além disso, há necessidade de estudar a tolerância da bracatinga a estresse hídrico, em condições simbióticas, a fim de verificar a possibilidade de se ter maior

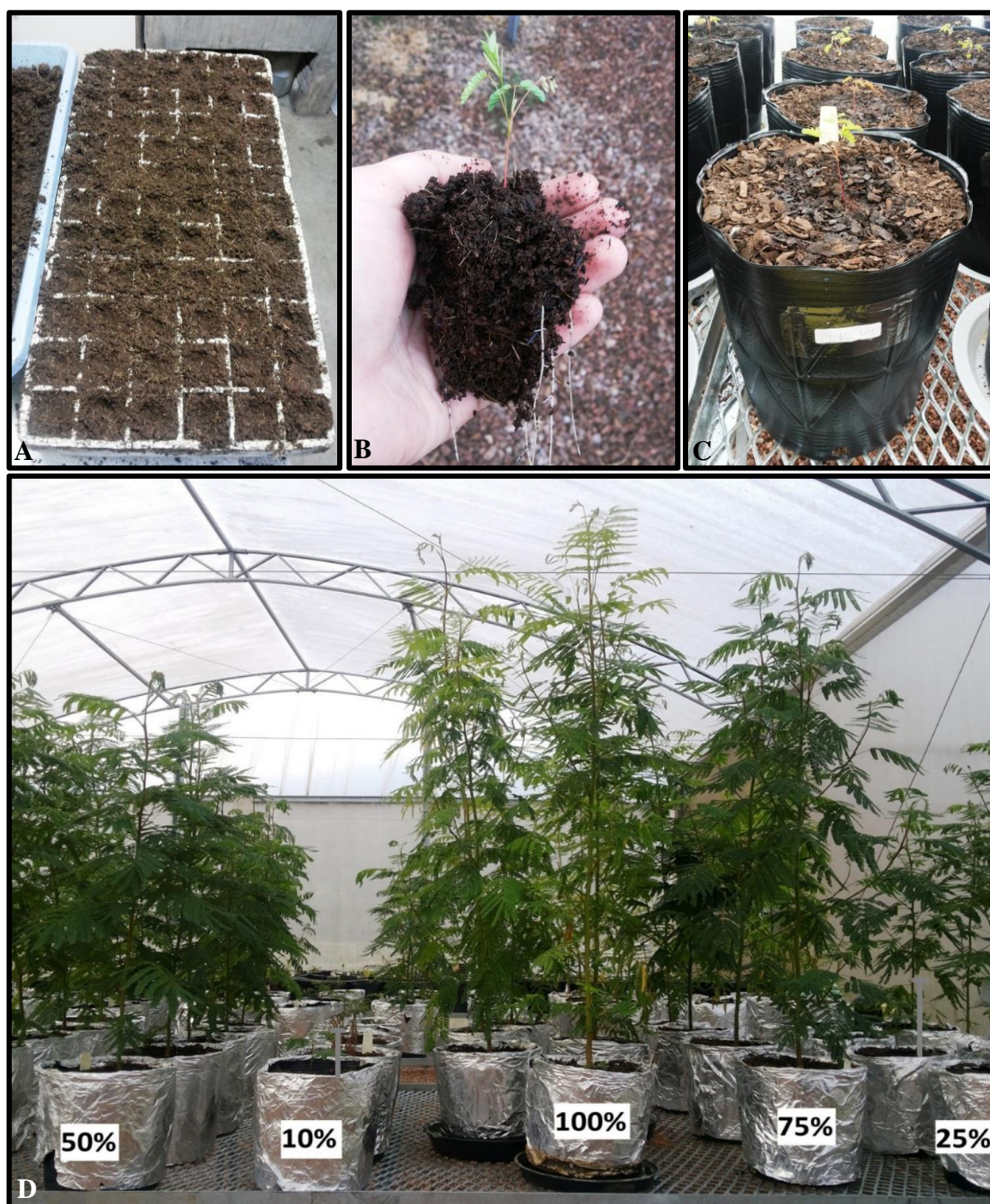
desenvolvimento das plantas com menor suprimento de adubação e maior economia, já que alguns estudos mostram que a salinidade e o déficit hídrico não afetam a nodulação e mantêm taxas adequadas de fixação simbiótica de nitrogênio em algumas espécies de leguminosas. Em trabalhos futuros devem também ser consideradas as possíveis alterações morfo-anatômicas quando as plantas são submetidas à saturação hídrica, pois isto pode estar relacionado com a maior difusão de oxigênio da parte aérea para a raiz.

Elevados níveis de salinidade provocaram uma alta mortalidade de mudas de bracatinga, no entanto, aquelas que sobreviveram apresentaram crescimento satisfatório. Este resultado pode estar vinculado à segregação genética, já que mudas oriundas de sementes apresentam elevada variabilidade, principalmente em se tratando de uma espécie alógama. Desta maneira, sugere-se que pesquisas futuras considerem a possibilidade de selecionar genótipos tolerantes à salinidade dos solos.

9 APÊNDICES



APÊNDICE 1. Experimento referente a germinação de sementes e formação de plântulas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em substrato hidratado com dois agentes osmóticos (NaCl e PEG 6000) em gradientes de concentrações. A = montagem de caixas gerbox com uma folha de papel germiteste como substrato. B = semeadura.



APÊNDICE 2. Experimento referente ao crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) submetidas a diferentes regimes hídricos, simulados através de cinco níveis de capacidade de vaso. A = bandeja de poliestireno expandido utilizada na sementeira. B = plântula com 43 dias utilizada no transplante para vasos. C = vasos com capacidade de 8 L. D = desenvolvimento das mudas de bracatinga após 98 dias da instalação do experimento.



APÊNDICE 3. Experimento referente ao desenvolvimento de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) submetidas a diferentes níveis de saturação hídrica do substrato. A = medição do diâmetro do colo das mudas com auxílio de um paquímetro digital. B = semeadura para obtenção das mudas. C = desenvolvimento das mudas de bracatinga após 78 dias da instalação do experimento.



APÊNDICE 4. Experimento referente ao desenvolvimento inicial de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da presença de adubação, e do potencial osmótico da água de irrigação (diferentes níveis de cloreto de sódio). A = desenvolvimento das mudas de bracatinga após 84 dias da instalação do experimento. B = medição dos índices de clorofila *a*, *b* e total. C = monitoramento do pH e condutividade elétrica, pelo método Pour Thru.