

Efeito da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de *Mimosa scabrella* Benth¹

Eduarda Demari Avrella², Aquelis Armiliato Emer², Luciana Pinto Paim²,
Claudimar Sídney Fior² & Gilmar Schafer²

¹ Parte da dissertação de mestrado da primeira autora no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. dudademari@hotmail.com, aquelis_emer@hotmail.com, lucianappaim@bol.com.br, csfior@ufrgs.br, schaffer@ufrgs.br

Recebido em 10. X. 2016

Aceito em 18. IV. 2019

DOI 10.21826/2446-82312019v74e2019004

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. Objetivou-se avaliar os efeitos da salinidade no desenvolvimento inicial de mudas de bracinga. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 (0 e 3 g/L de fertilizante de liberação lenta) x 5 (soluções de NaCl em potenciais osmóticos de 0,0; -0,1; -0,2; -0,3 e -0,4 MPa), com três repetições. Nos menores níveis de salinidade (0,0; -0,1 e -0,2 MPa) as plantas adubadas apresentaram resultados superiores para altura, diâmetro do colo, volume de raiz, massa seca de raiz e parte aérea, e sobrevivência; e em elevados níveis (-0,3 e -0,4 MPa) não houve influência da adubação. Portanto, a espécie apresenta potencial para o cultivo em solo salino, pois o desenvolvimento inicial das mudas ocorreu satisfatoriamente em condições análogas a essas.

Palavras-chave: bracinga, estresse, espécie nativa, substrato

ABSTRACT - Salinity effect on the initial development of *Mimosa scabrella* Benth seedlings. Under natural conditions, plants are subject to stresses that limit their development and chances of survival, as is the case of soil salinity. The aim of this study was to evaluate the effects of salinity in the early development stages of bracinga seedlings. A completely randomized design was used in factorial 2 (0 and 3 g/L slow-release fertilizer) x 5 (NaCl solutions in osmotic potentials of 0.0; -0.1; -0.2; -0.3 and -0.4 MPa) with three replicates. At lower levels of salinity (0.0; -0.1 and -0.2 MPa), the fertilized plants showed superior results for height, root collar diameter, root volume, dry mass of root and aerial part, and survival. At higher levels (-0.3 and -0.4 MPa) there was no influence of fertilization. Thus, bracinga presents potential for cultivation on saline soil, because the initial development of the seedlings occurred satisfactorily under conditions similar to those.

Keywords: bracinga, stress, native species, substrate

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).

Em condições naturais, as plantas estão sujeitas a estresses que limitam o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência, entre estes, destaca-se a alta concentração de sais, pois ocorre atividade osmótica com retenção de 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

a 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).

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 espécie pode constituir-se de uma importante alternativa 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.

Ainda são escassas as informações referentes à tolerância de plantas de bracatinga à salinidade do solo. Conforme um estudo sobre o efeito do estresse hídrico na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas chegou-se a conclusão de que a bracatinga pode ser uma espécie promissora para o cultivo em solos salinos (Avrella *et al.* 2017), 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 1 L),

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% e água remanescente de 32,50%.

A adubação foi realizada em dose única, através da incorporação de aproximadamente 3 g L⁻¹ de fertilizante de liberação lenta (Basacote Plus 9M – 16-8-12 + 2 Mg + 5 S + 0,4 Fe + 0,02 B + 0,02 Zn + 0,05 Cu + 0,06 Mn + 0,015 Mo), 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, 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. Sendo os valores de referência de condutividade elétrica de 0,111; 3,034; 5,356; 7,478 e 9,526 mS cm⁻¹, para os potenciais osmóticos de 0,0; -0,1; -0,2; -0,3 e -0,4 MPa, respectivamente.

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 da planta e diâmetro do colo. A altura da planta 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, 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).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo *software* Costat 6.4, contrastes ortogonais (Tab. 1) 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 $Asen\sqrt{x}/100$.

Tabela 1. Estrutura da análise de contrastes ortogonais 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).

	Tratamentos									
	0,0 S	-0,1 S	-0,2 S	-0,3 S	-0,4 S	0,0 C	-0,1 C	-0,2 C	-0,3 C	-0,4 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos dados mostrou que não houve interação entre a adubação e os níveis de salinidade para altura e relação altura e diâmetro do colo (Tab. 2). Com exceção da 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 bracinga nos tratamentos com a utilização do fertilizante de liberação lenta, estão de acordo com os encontrados em trabalho com *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Brondani *et al.* 2008), *Carica papaya* L. (Serrano *et al.* 2010), *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. & Downs (Rossa *et al.* 2013), *Bauhinia forficata* Link (Behling *et al.* 2013), entre outros. Ainda, em mudas de pitangueira

(*Eugenia uniflora* L.), 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 para as plantas (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 (Tab. 3). 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 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,

Tabela 2. 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	0,073ns	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	0,433ns	0,808ns	7,73	19,15	20
IQD	0,036	<0,001	<0,001	0,38	47,18	20
Sobrevivência (%)	0,568ns	<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; CV = coeficiente de variação; GL = grau de liberdade do erro.

Tabela 3. 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), aos 106 dias após a instalação do experimento.

Contrastes ortogonais	Altura (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MSR (g)	Volume de raiz (mL)	Relação H/DC	IQD	Sobrev. (%)
c1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,015	0,036	0,383 ^{ns}
c2	0,611 ^{ns}	0,666 ^{ns}	0,340 ^{ns}	0,127 ^{ns}	0,438 ^{ns}	0,415 ^{ns}	0,303 ^{ns}	<0,01
c3	0,020	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	0,266 ^{ns}	<0,01	<0,01
c4	<0,01	<0,01	<0,01	0,102 ^{ns}	0,017	0,034	<0,01	0,731 ^{ns}
c5	<0,01	<0,01	<0,01	0,123 ^{ns}	0,029	0,061 ^{ns}	<0,01	0,017
c6	0,022	<0,01	<0,01	0,114 ^{ns}	0,014	0,393 ^{ns}	0,858 ^{ns}	0,596 ^{ns}
c7	0,547 ^{ns}	0,426 ^{ns}	0,809 ^{ns}	0,424 ^{ns}	0,649 ^{ns}	0,764 ^{ns}	0,015	0,102 ^{ns}
c8	0,174 ^{ns}	0,225 ^{ns}	0,093 ^{ns}	0,338 ^{ns}	0,490 ^{ns}	0,184 ^{ns}	0,687 ^{ns}	0,731 ^{ns}
c9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,182 ^{ns}	0,060 ^{ns}	0,209 ^{ns}

^{ns} não significativo a 5% de probabilidade; c = contraste; 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; Sobrev. = sobrevivência.

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 (Fig. 1). Houve sobrevivência de 100 % para as plantas que não foram submetidas à salinização do substrato, e de 87 % para as que foram mantidas em potencial osmótico de -0,1 MPa. Ainda, não houve efeito significativo da adubação, apresentando interação entre os fatores e efeito para os níveis de salinidade. Com isso, verificou-se que tanto na presença quanto na ausência do fertilizante de liberação lenta, a sobrevivência das plantas diminuiu à medida que o potencial osmótico se tornou mais negativo (Fig. 2), ou seja, quanto mais elevados os níveis de salinidade 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 (Fig. 3) enquanto para o diâmetro do colo esse acréscimo apresentou somente

tendência quadrática em função do tempo de condução do experimento (Fig. 4). 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 (Fig. 5A e B).

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 5A). 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 (Fig. 5B).

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

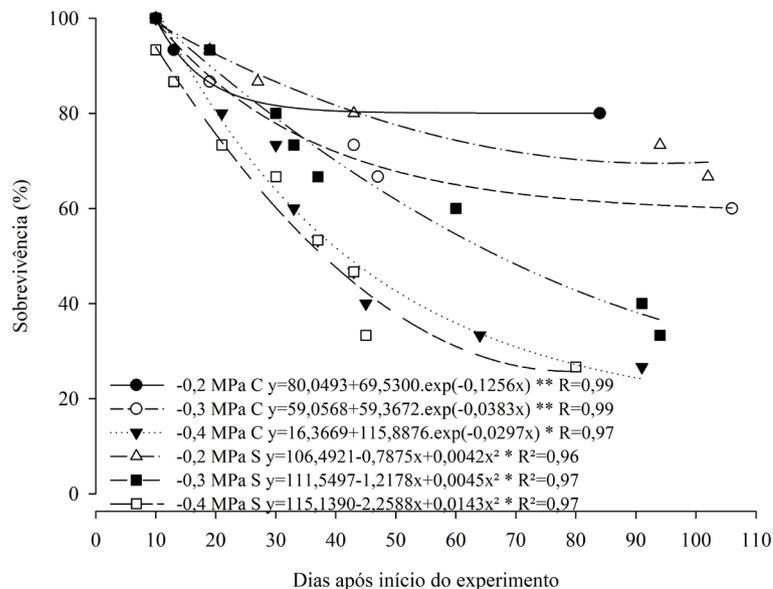


Fig. 1. Sobrevivência de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento, em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato. * e ** correspondem a regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade de erro,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

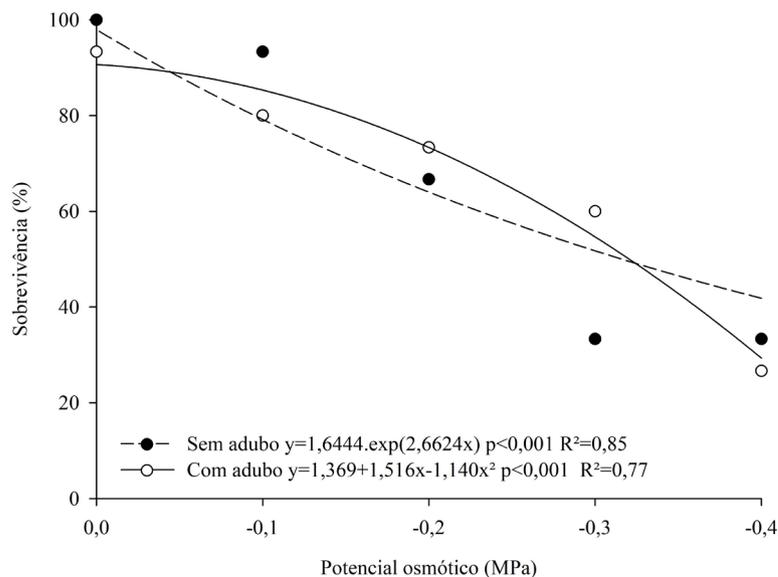


Fig. 2. Sobrevivência de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato.

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, como por exemplo, o Ca, Mg, K e P, 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 & Omasa, 2000). Em estudo sobre o efeito da salinidade no crescimento inicial de plântulas de flamboyant (*Delonix regia* (Bojer) Raf.), 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* Mart. ex Tul.) (Freitas *et*

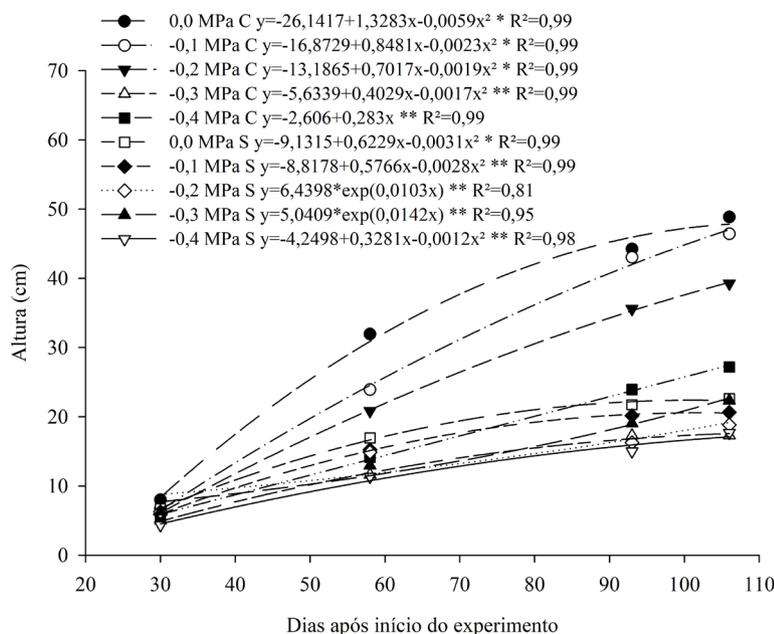


Fig. 3. Altura de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento, em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato. * e ** correspondem a regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. S = sem adubação e C = com adubação.

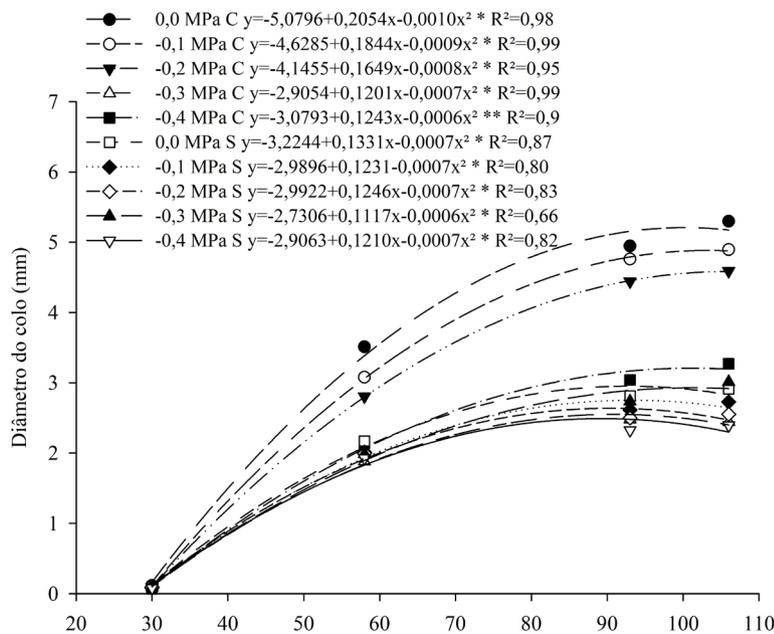


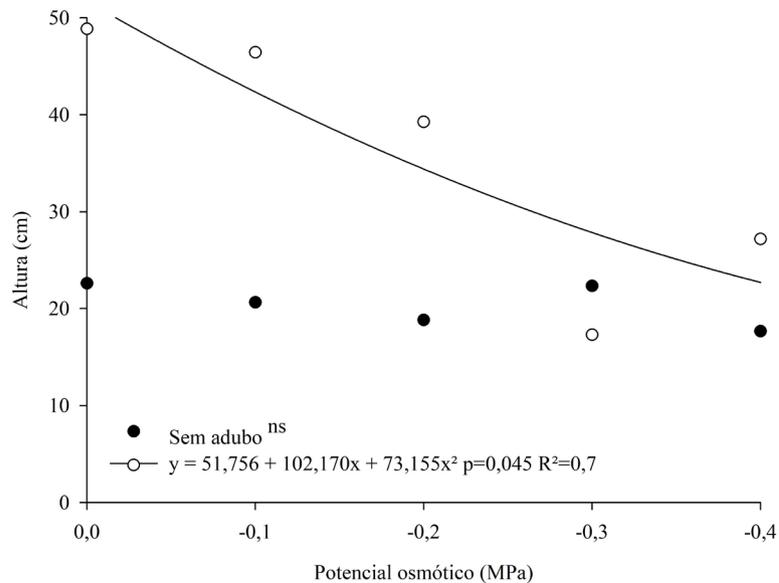
Fig. 4. Diâmetro do colo de mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) ao longo do tempo de condução do experimento, em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato. * e ** correspondem a regressões significativas a 1 e 5% de probabilidade de erro, respectivamente. S = sem adubação e C = com adubação.

al. 2010) e em gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth) (Farias *et al.* 2009). No entanto, para plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) não houve efeito da salinidade para altura e diâmetro caulinar das mudas (Veras *et al.* 2011).

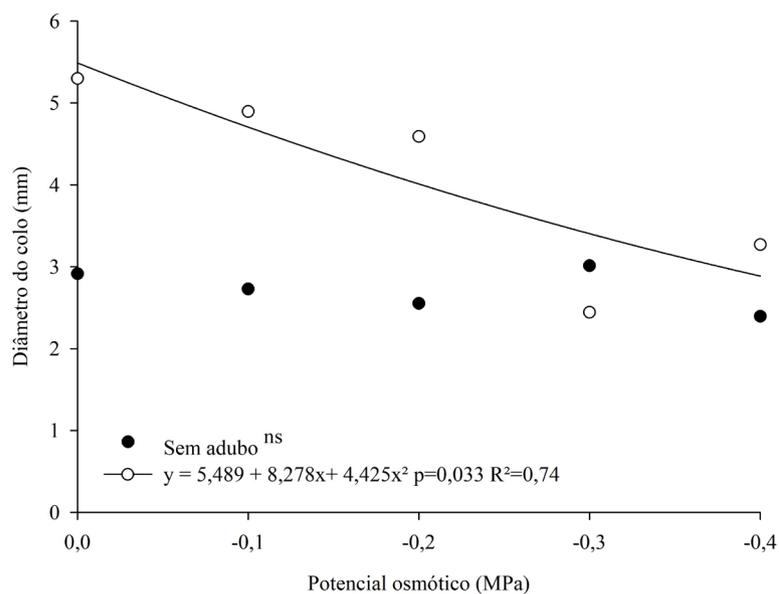
Os resultados de massa seca da parte aérea (Fig. 6A) e volume de raiz (Fig. 6C) também apresentaram tendência quadrática decrescente com o aumento da concentração de NaCl nas soluções de irrigação. Além disso, estas

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* (L.) Walp., observou-se decréscimo na massa seca da parte aérea com o aumento da salinidade, tanto nos tratamentos com e sem biofertilizante (Silva *et al.* 2011). Além disso, o aumento dos níveis de salinidade



A



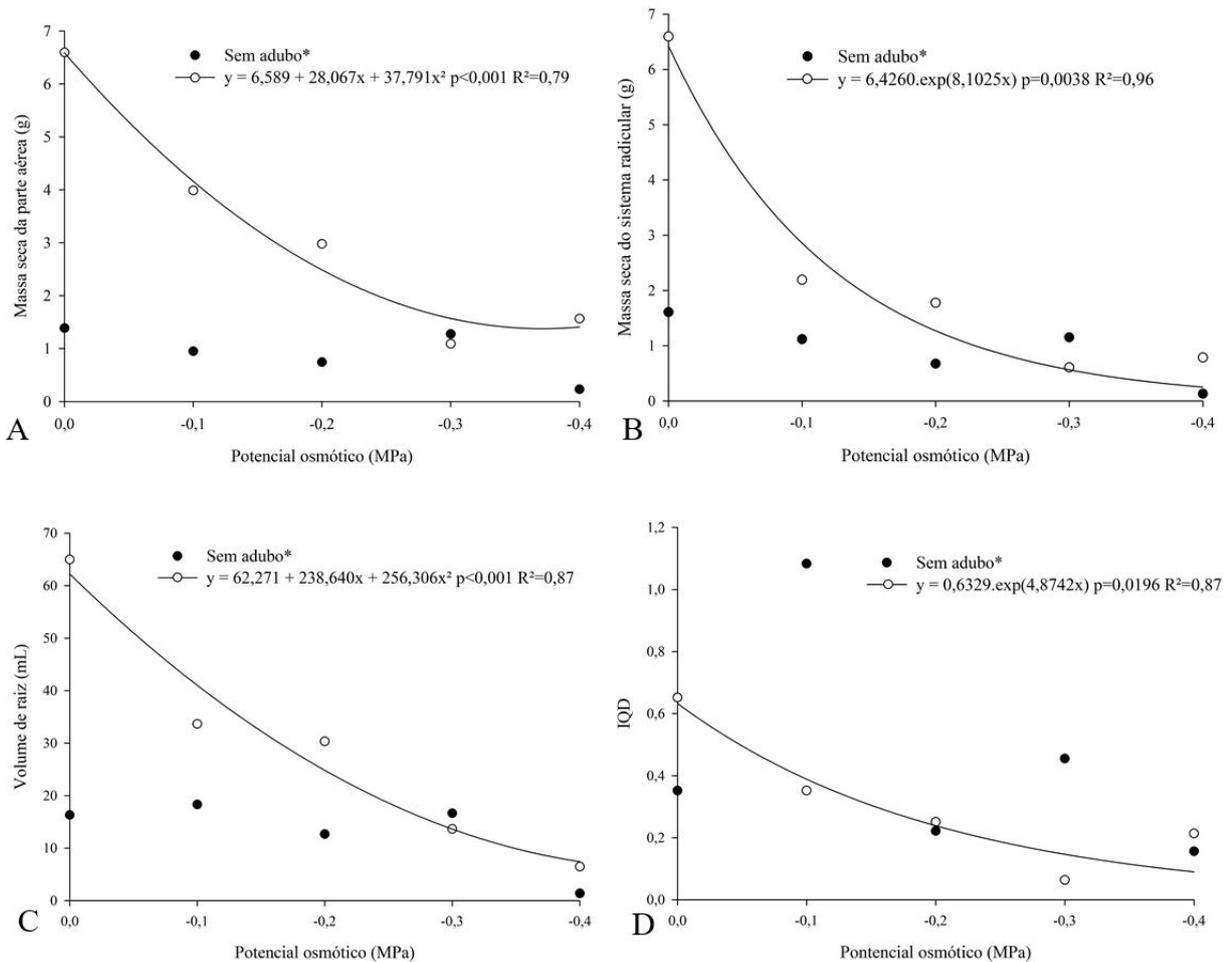
B

Figs. 5A, B. A. Altura; B. diâmetro do colo de mudas de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em função da adubação e de diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) na irrigação do substrato. ^{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.

inibiu o crescimento inicial da planta, sendo menos afetado na presença do biofertilizante (Silva *et al.* 2011). Outro estudo, com gliricídia, 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 (Fig. 6B). 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). Ou seja, os nutrientes disponibilizados pelo fertilizante proporcionaram acúmulo de biomassa no sistema radicular. Segundo Natale *et al.* (2018) o acúmulo de matéria seca em cada órgão vegetal está proporcionalmente relacionado ao acúmulo de nutrientes.



Figs. 6A, D. A. Massa seca da parte aérea; B. Massa seca do sistema radicular; C. Volume de raiz; D. Índice de Qualidade de Dickson (IQD) 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.

Cada elemento (macro ou micronutriente) essencial à nutrição das plantas tem função específica no metabolismo vegetal, os quais quando disponibilizados em dosagem adequada proporcionam superioridade no desenvolvimento das mudas (Navroski *et al.* 2018).

O efeito da salinidade sobre o sistema radicular se deve ao fato de as 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^{+} e K^{+} , por aumentar a relação Na^{+}/Ca^{+} e Na^{+}/K^{+} (Agostinetto & Fleck 2001, Verslues *et al.* 2006). Isso explica os resultados obtidos neste estudo, onde não se observou influência da adubação no desenvolvimento radicular de plantas submetidas ao estresse salino.

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 (Fig. 6D). 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* (Mirb.) Franco e *Picea abies* (L.) H. Karst. (Gomes & Paiva 2013). A relação altura e diâmetro do colo

apresentou diferença significativa ($P=0,0154$) em relação à adição do fertilizante, onde em média os tratamentos com adubação foram aproximadamente 17% superiores àqueles que não receberam o adubo. Isto se deve à nutrição representar um dos principais fatores responsáveis pela melhor qualidade das mudas, pois o crescimento e desenvolvimento de mudas de espécies arbóreas estão diretamente vinculados à presença de elementos químicos essenciais ao metabolismo vegetal (Navroski *et al.* 2018).

Com base nos resultados obtidos neste estudo, verificou-se que na presença do fertilizante de liberação lenta os níveis de salinidade influenciaram no crescimento e desenvolvimento das mudas de bracatinga, apresentando resultados superiores nos menores níveis de salinidade testados (potenciais osmóticos de 0,0; -0,1 e -0,2 MPa). Estes resultados devem-se, principalmente, ao fato de que em baixos níveis de salinidade as plantas mantiveram a capacidade de absorção dos nutrientes disponibilizados pelo adubo de liberação lenta. Pois, a salinidade frequentemente perturba o equilíbrio nutricional das plantas por um ou mais mecanismos, incluindo efeitos osmóticos de sais, interações competitivas entre os íons no substrato e efeitos na seletividade da membrana (Kozłowski, 1997).

Estudos tem demonstrado que elevados níveis de salinidade provocam menor crescimento das plantas devido à redução na absorção de alguns dos principais nutrientes, como cálcio, potássio, fósforo (Fernandes *et al.* 2002), nitrogênio, magnésio e enxofre (Farias *et al.* 2009). Isto explica o menor crescimento de plantas de bracatinga nos maiores níveis de salinidade (-0,3 e -0,4 MPa), mesmo com a presença do fertilizante de liberação lenta. Além disso, o fato de não ter ocorrido efeito significativo para a adubação nos potenciais osmóticos mais negativos, em algumas variáveis avaliadas, confirma que em elevados níveis de salinidade ocorre distúrbios na absorção de nutrientes, impedindo que as plantas consigam absorvê-los.

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* (Ramat.) Kitam.), 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* L. e *Glycine max* (L.) Merr.) 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 MPa (Medeiros *et al.* 2007).

Diante do exposto, verifica-se que 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. Além disso, a utilização de fertilizante de liberação controlada promove maior crescimento e qualidade das mudas. Portanto, 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.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Agostinetto, D. & Fleck, N.G. 2001. Estresse salino: efeitos e mecanismos de resposta em plantas. *Agropecuária Clima Temperado* 4:451-464.
- Avrella, E.D., Baratto, B., Lucchese, J.R., Navroski, M.C. & Fior, C.S. 2017. Estresse hídrico e salinidade na germinação de sementes de *Mimosa scabrella* Benth. *Revista Espacios* 38(47):24-34.
- Behling, A., Perrando, E.R., Bamberg, R., Sanquetta, C.R. & Nakajima, N.Y. 2013. Efeito da nutrição no crescimento de mudas de *Bauhinia forficata* Link. *Interciência* 38:139-144.
- Betoni, R., Scalon, S.D.P.Q. & Mussury, R.M. 2011. Salinity and temperature in the germination and vigor of *Guazuma ulmifolia* LAM. (Sterculiaceae) seeds. *Revista Árvore* 35:605-616.
- Bissani, C.A., Gianello, C., Camargo, F.A.O. & Tedesco, M.J. 2008. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. *Metrópole*, Porto Alegre. 344 p.
- Brocardo, N.C.M.E. 2013. Caracterização e avaliação da eficiência simbiótica de diazotróficos isolados de bracatinga. *Dissertação* 66 f. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- Brondani, G.E., Silva, A.J.C., Rego, S.S., Grisi, F.A., Nogueira, A.C., Wendling, I. & Araujo, M.A.D. 2008. Fertilização de liberação

- controlada no crescimento inicial de angico-branco. *Scientia Agrária* 9:167-176.
- Calbo, M.E.R. & Moraes, J.A.P.V.D.E. 2000. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleraceae* (açai). *Brazilian Journal of Botany* 23:225-230.
- Cavins, T.J., Whipker, B.E., Fonteno, W.C., Harden, B., McAll, I. & Gibson, J.L. 2000. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. *Horticulture Information Leaflet* 7:1-17.
- Elli, E.F., Cantarelli, E.B., Caron, B.O., Monteiro, G.C., Pavan, M.A., Pedrassani, M. & Eloy, E. 2013. Osmocote no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira. *Comunicata Scientiae* 4:377-384.
- Elsheikh, E.A.E. & 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.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro. 412 p.
- Farias, S.G.G., Santos, D.R., Freire, A.L.O. & Silva, R.B. 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.
- Fernandes, A.R., Carvalho, J.G., Curi, N., Pinto, J.E.B.P. & Guimarães, P.T.G. 2002. Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37(11):1613-1619.
- Fior, C.S., Calil, A.C. & Leonhardt, C. 2004. *Siphocampylus betulafolius* (Cham.) G. Don: propagação e o potencial ornamental. *Iheringia. Série Botânica* 59:207-210.
- Freitas, R.O., Nogueira, N.W., Oliveira, F.N., Costa, E.M. & Ribeiro, M.C.C. 2010. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. *Revista Caatinga* 23:54-58.
- 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, H.R., Dias, N.S. & Lacerda, C.F. 2010. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, Fortaleza. 472 p.
- Gomes, J.M. & Paiva, H.N. 2013. Viveiros florestais: propagação sexuada. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 116 p.
- Guimarães, I.P., Oliveira, F.N., Vieira, F.E.R. & Torres, S.B. 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, L.S.H., Harter, F.S., Deuner, C., Meneghello, G.E. & Villela, F.A. 2014. Effect of salinity on physiological performance of mogango seeds and seedlings. *Horticultura Brasileira* 32:80-85.
- Kozlowski T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph* 1:1-29.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. RiMa, São Carlos. 531 p.
- Lorenzi, H. 2002. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Instituto Plantarum, Nova Odessa. 352 p.
- Mazuchowski, J.Z., Rech, T.D. & Toresan, L. 2014. *Bracatinga (Mimosa scabrella Bentham): cultivo, manejo e usos da espécie*. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Florianópolis. 365 p.
- Medeiros, E.V., Silva, K.J.P., Martins, C.M. & Borges, W.L. 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.
- Natale, W., Lima Neto, A.J., Rozane, D.E., Parent, L.E. & Corrêa, M.C.M. 2018. Mineral nutrition evolution in the formation of fruit tree rootstocks and seedlings. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40(6):e-133.
- Navroski, M.C., Berghetti, A.L.P., Fenilli, T.A.B., Buss, R., Pereira, M.O. & Turchetto, F. 2018. Adubação de mudas em viveiros florestais. *In* Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura (M.M. Araújo, M.C. Navroski & L.A. Schorn, eds.) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 237-257.
- Nogueira, N.W., Lima, J.S.S., Freitas, R.M.O., Ribeiro, M.C.C., Leal, C.C.P. & Pinto, J.R.S. 2012. Efeito da salinidade na emergência e crescimento inicial de plântulas de flamboyant. *Revista Brasileira de Sementes* 34:466-472.
- Pereira, A.M., Queiroga, R.C.F., Silva, G.D., Nascimento, M.G.R. & Andrade, S.E.O. 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, S.S., Ferreira, M.M., Nogueira, A.C., Grossi, F., Sousa, R.K., Brondani, G.E., Araújo, M.A. & Silva, A.L.L. 2011. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan. *Journal of Biotechnology and Biodiversity* 2:37-42.
- Ribeiro, M.R., Freire, F.J. & Montenegro, A.A.A. 2003. Solos halomórficos do Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. *In* Tópicos em ciência do solo (Curi, N., Marques, J.J., Guilherme, L.R.G., Lima, J.M., Lopes, A.S. & V.H. Alvarez, eds.) Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p. 165-208.
- Rossa, U.B., Angelo, A.C., Nogueira, A.C., Westphalen, D.J., Bassaco, M.V.M., Milani, J.E.F. & Bianchin, J.E. 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*. Editora Plantas do Brasil, Irati. 432 p.
- Schossler, T.R., Machado, D.M., Zuffo, A.M., Andrade, F.R. & Piauilino, A.C. 2012. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. *Enciclopédia Biosfera* 8(15):1563-1578.
- Serrano, L.A.L., Cattaneo, L.F. & Ferregueti, G.A. 2010. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de meloeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura* 32:874-883.
- Silva, F.L.B., Lacerda, C.F., Sousa, G.G., Neves, A.L.R., Silva, G.L. & Sousa, C.H.C. 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, X. & Omasa, K. 2000. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). *Annals of Botany* 85:391-396.
- Veras, R.P., Laime, E.M.O., Fernandes, P.D., Soares, F.A.L. & Freire, E.D. 2011. Plant height, stem diameter and production of jatropa irrigated under different salinity levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15:582-587.
- Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. & Zhu, J.-K. 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.
- 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.