



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS II AREIA-PB

**ECOFISIOLOGIA DE *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze SOB SALINIDADE
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO SALICÍLICO**

JACKSON SILVA NÓBREGA

AREIA-PB

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CAMPUS II AREIA-PB

JACKSON SILVA NÓBREGA

ECOFISIOLOGIA DE *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze SOB SALINIDADE
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO SALICÍLICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Campus II Areia, PB, como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno

AREIA-PB

2019

Catálogo na publicação Seção de

N754e Nóbrega, Jackson Silva.

ECOFISIOLOGIA DE *Mesosphaerum suaveolens* (L.)
Kuntze SOB SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E
ÁCIDO SALICÍLICO
/ Jackson Silva Nobrega. - Areia, 2019.
70 f.

Orientação: Riselane de Lucena Alcântara Bruno.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Espécie medicinal; fitormônio; salinidade. I.
Riselane de Lucena Alcântara Bruno. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

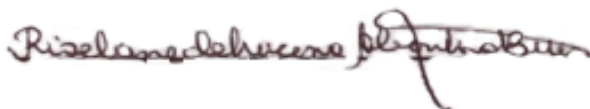
Catálogo e Classificação

JACKSON SILVA NÓBREGA

**ECOFISIOLOGIA DE *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze SOB SALINIDADE
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO E ÁCIDO SALICÍLICO**

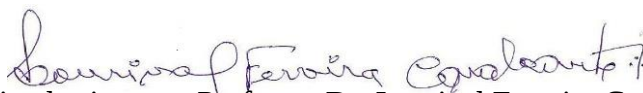
APROVADA EM: 22/02/2019.

Banca Examinadora



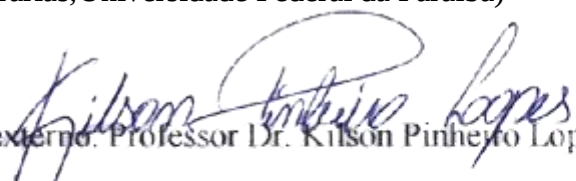
Orientadora: Professora Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno

(Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Paraíba)



Examinador interno: Professor Dr. Lourival Ferreira Cavalcante

(Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências
Agrárias, Universidade Federal da Paraíba)



Examinador externo: Professor Dr. Nilson Pinheiro Lopes

(Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande)

AREIA-PB

2019

DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista a meus pais Edimar e Maria (*in memoriam*) que sempre fizeram de tudo para ver meu crescimento pessoal e profissional. E acima de tudo pelo amor, carinho e confiança depositada em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente pelo dom da vida e força para enfrentar os vários obstáculos para chegar até o fim.

A meus pais Edimar e Maria (*in memoriam*) por cada gota de suor e lágrima derramada para ver meu crescimento como pessoa e profissional. A vocês devo tudo que conquistei em minha vida.

A meus irmãos José e Jackeline pelo companheirismo, amizade e pelas boas risadas que compartilhamos.

Meus avós Chico Pereira e Luzia por todo amor e carinho que dedicam e seus preciosos ensinamentos.

A minha amada companheira Emilly Nóbrega por estar ao meu lado sempre que preciso e apesar das dificuldades sempre me faz rir e sentir feliz.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo consentimento da bolsa de estudos durante o curso de mestrado.

A minha orientadora a professora Dra. Riselane Bruno pelos ensinamentos e apoio no meu desenvolvimento profissional.

A todos os professores, funcionários e técnicos que fazem o Programa de Pós-Graduação em Agronomia e que foram importantes durante o mestrado.

A meus amigos Romário e Toshik que foram fundamentais para a realização deste trabalho, serei eternamente grato.

Aos amigos Fátima, Jean, Reynaldo, Rodrigo e Ronimeire que me ajudaram em atividades durante a realização dessa pesquisa.

Aos demais amigos que me deram apoio, força e que me ajudaram nos momentos difíceis (Não citarei nomes, pois são muitos e não serei justo ao esquecer algum).

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIACÕES	ix
LISTA DE FÍGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO GERAL.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	5
CAPÍTULO I: ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO SOBRE A GERMINAÇÃO E O CRESCIMENTO INICIAL DE <i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	
RESUMO.....	10
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO II: CRESCIMENTO DE <i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze SUBMETIDA À DOSES DE ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO	
RESUMO.....	23
ABSTRACT:.....	24
INTRODUÇÃO.....	24
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO III: FISILOGIA DE <i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO	
RESUMO.....	42
ABSTRACT.....	42
INTRODUÇÃO.....	43

MATERIAL E MÉTODOS	44
RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	54

LISTA DE ABREVIACÕES

A: taxa de assimilação de CO₂

AF: área foliar

AS: ácido salicílico

CEai: condutividade elétrica da água de irrigação

Cloa: clorofila a; **Clob:** clorofila b; **Clot:** clorofila total

CP: comprimento de plântula

CTC: capacidade de troca de cátions

DBC: delineamento de blocos casualizados

DIC: delineamento inteiramente casualizado

E: transpiração

EiC: eficiência intrínseca de carboxilação

EiUA: eficiência intrínseca no uso da água

EUA: uso eficiente da água

F0: fluorescência inicial; **Fv:** fluorescência variável; **Fm:** fluorescência máxima

Fv/Fm: rendimento quântico do fotossistema II

GER: germinação

gs: condutância estomática

ICF: índice de clorofila Falker

IQD: Índice de qualidade de Dickson

IVG: índice de velocidade de germinação

LAS: Laboratório de Análise de Sementes

M.O: matéria orgânica

MSP: massa seca de plântula

PCG: primeira contagem de germinação

SB: saturação por bases

TCAap: taxa de crescimento absoluto para a altura de plantas; **TCAD:** taxa de crescimento absoluto para o diâmetro do caule.

TCRap: taxa de crescimento relativo para a altura de plantas; **TCRD:** taxa de crescimento relativo para o diâmetro do caule

TF: temperatura foliar

TMG: tempo médio de germinação

LISTA DE FÍGURAS

Capítulo I - Ácido salicílico como atenuante do estresse salino sobre a germinação e vigor de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze

Figura 1. Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e tempo médio de germinação de sementes de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes doses de ácido salicílico..... 15

Figura 2. Comprimento de plântulas submetidas a diferentes doses de ácido salicílico (A) e porcentagem de plântulas anormais (B) de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, em função da salinidade da água de irrigação..... 17

Figura 3. Comprimento da radícula (A) e da parte aérea (B) de plântulas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes doses de ácido salicílico e de salinidade da água de irrigação..... 19

Capítulo II - Crescimento de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze submetida a doses de ácido salicílico como atenuante do estresse salino

Figura 1. Altura de planta (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C), comprimento de raiz (D), taxa de crescimento relativo para a altura (E), taxa de crescimento absoluto para altura (F) relação entre a altura/diâmetro (G) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes condutividades elétricas da água de irrigação..... 30

Figura 2. Taxa de crescimento relativo para a altura (A), taxa de crescimento absoluto para altura (B), taxa de crescimento relativo para o diâmetro do caule (C) e taxa de crescimento absoluto para o diâmetro do caule (D) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes condutividades elétricas da água de irrigação..... 32

Figura 3. Massa seca da raiz (A), massa seca das folhas (B), massa seca do caule (C), massa seca da parte aérea (D) e massa seca total (E) de plantas de

Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze, submetidas a diferentes condutividades elétricas da água de irrigação..... 33

Figura 4. Altura de plantas (A), número de folhas (B), comprimento de raiz (C), relação entre a altura/diâmetro (D), taxa de crescimento relativo para a altura (E) e taxa e crescimento absoluto para altura (F) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento da semente com ácido salicílico..... 35

Figura 5. Número de folhas (A), área foliar (B), taxa de crescimento absoluto para o diâmetro do caule (C) e taxa de crescimento relativo para o diâmetro do caule (D) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento da semente com ácido salicílico e diferentes condutividades elétricas da água de irrigação..... 37

Capítulo III - Fisiologia de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze submetidas à aplicação de ácido salicílico como atenuante do estresse salino

Figura 1. Condutância estomática – g_s (A), taxa de assimilação de CO_2 – A (B), concentração interna de CO_2 – C_i (C) e transpiração – E (D) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação..... 46

Figura 2. Eficiência intrínseca de carboxilação - E_iC (A), eficiência no uso da água - EUA (B) e temperatura foliar - TF (C) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação..... 47

Figura 3. Fluorescência variável - F_v (A), fluorescência máxima - F_m (B), razão entre a fluorescência máxima e inicial - F_v/F_0 (C) e rendimento quântico do fotossistema II - F_v/F_m (D) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação..... 49

Figura 4. Teores de clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e razão entre a clorofila a e b (D) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação..... 51

LISTA DE TABELAS

Capítulo I - Ácido salicílico como atenuante do estresse salino sobre a germinação e vigor de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze

Tabela 1. Valores médios para germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento de plântula (CP) e massa seca de plântula (MSP) de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze em função de diferentes salinidades da água de irrigação..... 15

Capítulo II - Crescimento de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze submetida a doses de ácido salicílico como atenuante do estresse salino

Tabela 1. Caracterização química do substrato utilizado no experimento..... 27

Capítulo III - Fisiologia de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze submetidas à aplicação de ácido salicílico como atenuante do estresse salino

Tabela 1. Caracterização química do substrato utilizado no experimento..... 43

Tabela 2. Taxa de assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), temperatura foliar (TF), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA), eficiência no uso da água (EUA), eficiência intrínseca de carboxilação (EiC) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento de sementes com ácido salicílico..... 51

Tabela 3. Fluorescência inicial (F₀) fluorescência variável (F_v), fluorescência máxima (F_m), razão entre a fluorescência máxima e inicial (F_v/F₀) e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m), clorofila a (C_{loa}), clorofila b (C_{lob}), clorofila total (C_{lot}) e razão entre a clorofila a e b (C_{loa}/b) em plantas *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento de sementes com ácido salicílico..... 53

NÓBREGA, J. S. **Ecofisiologia de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze submetida ao tratamento das sementes com ácido salicílico como atenuante do estresse salino.** 70p. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba. 70p.

RESUMO GERAL

A *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze é espécie com grande potencial de exploração devido ao seu potencial terapêutico e aromático, apresentando grande capacidade de adaptação às condições da região Nordeste. Porém, sua exploração pode ser afetada pelo excesso de sais contidos no solo e na água utilizada na irrigação, sendo necessária a adoção de medidas que atenuem o efeito do estresse salino. Dentre estas medidas surge o uso de fitohormônio como o ácido salicílico que atua na regulação dos mecanismos de defesa vegetal. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do tratamento de sementes com ácido salicílico como atenuante do estresse salino sobre a qualidade fisiológica das sementes, o crescimento e a fisiologia de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. Para tanto, três experimentos foram realizados: No primeiro avaliou-se a germinação e o vigor das sementes no Laboratório de Análise de Sementes; enquanto no segundo avaliou-se o crescimento e o terceiro as trocas gasosas, fluorescências e índices de clorofilas de plantas conduzidos em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB. O experimento 1 foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso e o 2 e 3 em blocos casualizados, sendo os três em esquema fatorial incompleto 5 x 5, com cinco níveis condutividades elétricas da água de irrigação (CEa= 0,00; 1,45; 5,00; 8,55 e 10,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (AS= 0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM L⁻¹), com quatro repetições, totalizando em 9 combinações geradas através da matriz Composto Central de Box. De acordo com os resultados, o ácido salicílico mostra ser uma alternativa promissora como estimulante da qualidade fisiológica das sementes e no crescimento das plantas em condições de estresse salino. O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduz significativamente o crescimento e as trocas gasosas, fluorescências e os índices de clorofila nas plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga; espécie medicinal; regulador de crescimento; salinidade

NÓBREGA, J. S. **Ecophysiology of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze submitted to treatment of seeds with salicylic acid as an attenuator of saline stress.** 2019. 70p. Dissertation (Master's degree in agronomy) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba. 70p.

ABSTRACT

Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze is a species with great exploitation potential due to its therapeutic and aromatic potential, presenting great capacity to adapt to the conditions of the Northeast region. However, its exploitation can be affected by the excess of salts contained in the soil and water used for irrigation, and it is necessary to adopt measures that attenuate the effect of saline stress. Among these measures comes the use of phytohormone as the salicylic acid that acts in the regulation of the mechanisms of vegetal defense. The objective of this study was to evaluate the effect of salicylic acid treatment of seeds as a saline stress attenuator on the germination, growth and physiology of plants of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. For that, three experiments were carried out: In the first one the germination and the vigor of the seeds in the Laboratory of Seeds Analysis were evaluated; while in the second the growth was evaluated and the third the gas exchanges, fluorescences and indexes of chlorophylls of plants conducted in greenhouse of the Center of Agrarian Sciences, Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB. Experiment 1 was conducted in a completely randomized design and 2 and 3 randomized blocks, the three in an incomplete factorial scheme 5 x 5, with five levels of electrical conductivity of irrigation water ($EC_w = 0.00, 1.45; 5.00, 8.55$ and 10.0 dS m^{-1}) and five doses of salicylic acid ($SA = 0.0, 0.29, 1.0, 1.71$ and 2.0 mM L^{-1}), with four replicates, totaling in 9 combinations generated through the Central Compound matrix of Box. According to the results, the salicylic acid shows to be a promising alternative as a stimulant of the physiological quality of the seeds and in the growth of the plants under conditions of saline stress. Increasing the electrical conductivity of irrigation water significantly reduces the growth and gas exchange, fluorescence and chlorophyll indices in the plants of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

Keywords: Caatinga; medicinal species; growth regulator; salinity

INTRODUÇÃO GERAL

A *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze é uma espécie pertencente à família Lamiaceae e vulgarmente conhecida como alfazema brava, bamburral, erva de canudo e tapera velha. É uma espécie que se apresenta difundida em diversas partes do mundo, sendo encontrada na América Tropical, África Ocidental, Norte da Nigéria e Filipinas, apresentando uma série de finalidades de uso, especialmente sua na medicina tradicional (BEZERRA et al., 2017).

Distribuída em regiões de clima tropical e subtropical, a alfazema é encontrada na região Nordeste do Brasil e facilmente observada em áreas com solos degradados pela ação antrópica e adaptada às condições de semiárido (BARBOSA et al., 2015). De porte subarborescente, é uma espécie que apresenta elevado potencial fitoterápico e aromático, com folhas revestidas por pelos e glândulas, flores sessais e pequenas situadas nas axilas das folhas e ramos terminais da planta (SABÓIA et al., 2018).

Sua principal finalidade é a produção de óleo essencial que contém grande quantidade de compostos secundários, tais como alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas e terpenos, os quais são utilizados para na indústria farmacêutica e de cosméticos (ALVES et al., 2017).

Por ser considerada uma espécie com grande variabilidade de propriedades biológicas são relatadas na literatura diversas características aplicadas a seu uso, como a ação antifúngica, inseticida, anti-inflamatória, antibacteriana, anticancerígena, antisséptica, nematocida e larvicida (MOREIRA et al., 2010; ALVES et al., 2017; SILVA et al., 2017; ARRUDA et al., 2018; FIGUEIRÊDO et al., 2018).

Na indústria, sua utilização está associada à extração de óleo essencial e no aproveitamento das propriedades contidas na mucilagem que recobre suas sementes. Sua mucilagem é rica em polímeros naturais, os quais são usados como aditivos em formulações farmacêuticas, incluindo características desejáveis dos polímeros naturais, como a baixa toxicidade, fácil biodegradabilidade, biocompatibilidade, baixo custo e fácil obtenção e suscetibilidade para produtos químicos ou modificações enzimáticas (RODRIGUEZ et al., 2018).

Diversos relatos de uso dessas propriedades contidas na mucilagem envolta às sementes é encontrada na literatura, além de sua utilização na obtenção de produtos farmacêuticos, também é utilizado na formulação de aglutinantes e desintegrantes em formas, estabilizantes e espessantes em líquidos e em suspensões, agentes gelatificantes

e no preparo de microcápsulas (BASU; BANDYOPADHYAY, 2010; AVACHAT et al., 2011; ARCHANA et al., 2013; PANDA; GREGORY, 2015).

Apesar de ser considerada uma espécie que apresenta elevado potencial de exploração para a região Nordeste, sua produção pode ser afetada por condições de estresse abiótico oriundo do ambiente. A região do semiárido nordestino é caracterizada por apresentar recursos hídricos escassos e má distribuição ao longo do tempo (LIMA et al., 2014). Atrelado à qualidade da água utilizada na irrigação, o elevado teor de sais contido em sua constituição acima do tolerado pelas culturas pode comprometer o sucesso da produção agrícola (NÓBREGA et al., 2018a).

De acordo com Pedrotti et al. (2015) as regiões áridas e semiáridas apresentam condições propícias para a elevação da quantidade de sais no solo e na água utilizada na irrigação, em virtude das baixas precipitações pluviométricas, menor grau de intemperização, drenagem insuficiente e a utilização de água de má qualidade induzem ao aumento da concentração de sais prejudiciais ao crescimento e desenvolvimento das culturas.

A salinidade promove danos em uma série de processos do metabolismo da planta, promovendo alterações em diversos processos fisiológicos, bioquímicos, morfológicos e moleculares (SILVA et al., 2016). O excesso de sais promove danos e perdas em todas as fases de crescimento, isto em função do potencial osmótico e pelo efeito tóxico de alguns íons específicos, em particular o Na^+ e Cl^- , reduzindo a capacidade de absorção de água e nutrientes, resultando em alterações no metabolismo e na fisiologia que comprometem o crescimento e desenvolvimento da planta (HARTER et al. 2014).

A germinação e o crescimento inicial das culturas é uma fase altamente afetada pelo estresse salino, uma vez que a capacidade de absorção de água pela semente é limitada pela redução da disponibilidade hídrica, promovendo alterações na cinética de absorção e permitindo maior facilidade para a entrada de íons em níveis elevados e capazes de promover toxicidade, resultando em perdas de germinação e vigor da semente (LARRÉ et al., 2014).

A elevada concentração de sais na solução do solo e na água utilizada na irrigação promove, além da redução do potencial hídrico, a inibição e desuniformidade do crescimento da planta, resultando em perdas de produção, em virtude dos efeitos diretos sobre o potencial osmótico, desbalanceamento nutricional e dos efeitos tóxicos

de alguns íons específicos, especialmente o Na^+ e Cl^- (NOBRE et al., 2014; LOFTI et al., 2018).

Diversos autores relatam o efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das culturas, como no crescimento e acúmulo de biomassa de hortelã-pimenta – *Mentha piperita* L. (KHANAM; MOHAMMAD, 2018) e em malvariço - *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng (MESQUITA et al., 2017). A emergência, o crescimento inicial e acúmulo de biomassa em plantas de arroz (*Oriza sativa* L.) foram comprometidos com a irrigação de água salina acima de $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ (FREIRE et al., 2018).

A fisiologia de plantas também é severamente afetada pela salinidade, conforme constatado por Tatagiba et al. (2014) que tiveram as trocas gasosas e fluorescências severamente reduzidas em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). De modo semelhante a Souza et al. (2018) em plantas de soja (*Glycine max* L.) sob estresse salino e Neves et al. (2017) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.).

Assim como o crescimento, a fisiologia da planta também é afetada pela salinidade, destacando-se, dentre os processos fisiológicos afetados, as trocas gasosas, as quais são reguladas pela abertura e fechamento dos estômatos, transpiração, fotossíntese, podendo reduzir o uso da água e as taxas de assimilação de CO_2 , resultando em redução no acúmulo de biomassa pela planta (LEITE et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017).

Diante dos efeitos promovidos pela salinidade nas plantas, se torna necessária a busca de medidas que visem atenuar os danos pelo estresse salino. A utilização de fitohormônios reguladores do crescimento é uma alternativa promissora e dentre eles destaca-se a aplicação de ácido salicílico, em virtude do mesmo ser um composto fenólico envolvido na regulação de diversos processos fisiológicos, atuando como uma molécula sinalizadora que age nos mecanismos de defesa da planta em condições de estresse (MIURA; TADA, 2014; SILVA et al., 2018).

Dentre os mecanismos ativados pelo ácido salicílico é relatada sua eficiência na modulação de enzimas que exercem funções vitais nos processos fisiológicos e bioquímicos, a exemplo da germinação, fotossíntese e glicólise (NAZAR et al., 2015). Em condições de estresse salino e hídrico, o ácido salicílico atua protegendo a integridade das membranas de DNA e RNA, a partir da sinalização e regulação de genes associados à defesa vegetal (FEITOSA et al., 2016).

Além disso, o ácido salicílico atua promovendo a regulação da absorção e translocação de íons das raízes para a parte aérea, podendo promover o alto ou baixo acúmulo de Na^+ nas raízes e impedindo que estes sejam direcionados para a parte aérea (METHENNI et al., 2018). Assim como nas mudanças na expressão gênica e de proteínas envolvidas na homeostase de plantas sob estresse salino (CSISZÁR et al., 2018).

A ação do ácido salicílico em plantas sob condições de estresse é relatada por diversos autores, como Anaya et al. (2018) ao constatarem que a aplicação de 0,5 mM de AS promoveu a germinação de feijão-fava (*Vicia faba* L.) sob condições de estresse salino. Ahmad et al. (2017) observaram que a aplicação de 1,0 mM de AS promoveu um aumento de 26,4% na germinação e de 53,3% no crescimento de plantas de ervilha (*Pisum sativum* L.) submetidas ao estresse salino.

No crescimento inicial de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) Silva et al. (2018) registraram que a aplicação de 1,71 mM L⁻¹ atenuou o efeito da salinidade até o nível de 5 dS m⁻¹. Nóbrega et al. (2018b) observaram que a aplicação de 1,0 mM L⁻¹ de AS estimulou o crescimento e a produção de biomassa de plântulas de melão (*Cucumis melo* cv. Eldorado 300) sob o nível salino de 12 dS m⁻¹.

O efeito da aplicação do AS sobre a fisiologia de plantas também é encontrado na literatura, a exemplo de Fariduddin et al. (2017) referente a aplicação de AS em plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) que promoveu aumentos de 45% na fotossíntese líquida, 29% na condutância estomática, 39% na concentração interna de CO₂ e 42% na transpiração sob estresse salino. Khan et al. (2014) obtiveram incremento na ordem de 17,9; 19,2 e 23,5% com a aplicação de 0,5 mM de ácido salicílico na assimilação de CO₂, condutância estomática e concentração interna de CO₂ em plantas de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) sob estresse salino.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, F.; SINGH, A.; KAMAL, A. Ameliorative effect of salicylic acid in salinity stressed *Pisum sativum* by improving growth parameters, activating photosynthesis and enhancing antioxidant defense system. **Bioscience Biotechnology Research Communications**, v. 10, n. 3, p. 481-489, 2017.
- ALVES, J. J. L.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; BRANQUINHO, N. A. A. Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.19, n.2, p.168-176, 2017.
- ANAYA, F.; FGHIRE, R.; WAHBI, D.; LOUTFI, K. Influence of salicylic acid on seed germination of *Vicia faba* L. under salt stress. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2018.
- ARCHANA, G.; SABINA, K.; BABUSKIN, S.; RADHAKRISHNAN, K.; FAYIDH, M. A.; BABU, P. A. S.; SIVARAJAN, M.; SUKUMAR, M. Preparation and characterization of mucilage polysaccharide for biomedical applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 1, p. 89–94, 2013.
- ARRUDA, M. V. M.; OLIVEIRA, F. F. M.; SAMPAIO, M. V.; FERNANDES, M. D. S. S.; DIAS, N. S.; ALBUQUERQUE, C. C.; FERNANDES, C. S. Influence of nutrition and water stress in *Hyptis suaveolens*. **Industrial Crops and Products**, v. 125, n. 1, p. 511-519, 2018.
- AVACHAT, A. M.; DASH, R. R.; SHROTRIYA, S. N. Recent investigations of plant based natural gums, mucilages and resins in novel drug delivery systems. **Indian Journal Pharmaceutical Education Research**, v. 44, n. 1, p. 86–99, 2011.
- BARBOSA, E. C.; CARRIM, A. J. I.; OLIVEIRA, B. F. R.; RIBERO, I. D. A.; VIEIRA, J. D. G. Isolamento, identificação e avaliação das atividades enzimática e antibacteriana de micro-organismos endofíticos de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 3036-3055, 2015.
- BASU, S.; BANDYOPADHYAY, A. K. Characterization of mucoadhesive nasal gels containing midazolam hydrochloride prepared from *Linum usitatissimum* L. mucilage. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 47, n. 4, p. 817–23, 2011.
- BEZERRA, J. W. A.; COSTA, A. R.; SILVA, M. A. P.; ROCHA, M. I.; BOLIGON, A. A.; ROCHA, J. B. T.; BARROS, L. M.; KAMDEM, J. P. Chemical composition and toxicological evaluation of *Hyptis suaveolens* (L.) Poiteau (LAMIACEAE)

in *Drosophila melanogaster* and *Artemia salina*. **South African Journal of Botany**, v. 113, p. 437-442, 2017.

CSISZÁR, J.; BRUNNER, S.; HORVÁTH, E.; BELA, K.; KÖDMÖN, P.; RIYAZUDDIN, R. GALLÉ, A.; HURTON, A.; PAPDI, C.; SZABADDOS, L.; TARI, I. Exogenously applied salicylic acid maintains redox homeostasis in salt-stressed *Arabidopsis* gr1 mutants expressing cytosolic roGFP1. **Plant Growth Regulation**, p. 1-14, 2018.

FARIDUDDIN, Q.; KHAN, T. A.; YUSUF, M.; AAFAQEE, S. T.; KHALIL, R. R. A. E. Ameliorative role of salicylic acid and spermidine in the presence of excess salt in *Lycopersicon esculentum*. **Photosynthetica**, v. 55, n. 3, p. 750-762, 2017.

FEITOSA, S. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, W. E.; BRITO NETO, J. F. Fisiologia do *Sesamum indicum* L. sob estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 711-723, 2016.

FIGUEIRÊDO, F. R. S. D. N.; BITU PRIMO, A. J.; MONTEIRO, A. B.; TINTINO, S. R.; DELMONDES, G. A.; SALES, V. S.; RODRIGUES, C. K. S.; FELIPE, C. F. B.; COUTINHO, H. D. M.; KERNTOPF, M. R. Avaliação da atividade moduladora e citotóxica do óleo essencial das folhas de *Hyptis martiusii* Benth. **Revista Ciencias de la Salud**, v. 16, n. 1, 49-58, 2018.

FREIRE, M. H. C.; SOUSA, G. G.; SOUZA, V. P.; CEITA, E. D. R.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N. Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 471-475, 2018.

HARTER, L. S. H.; HARTE, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G.E.; VILLELA F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 80-85, 2014.

KHAN, M. I. R.; ASGHER, M.; KHAN, N. A. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, p. 67-74, 2014.

KHANAM, D.; MOHAMMAD, F. Plant growth regulators ameliorate the ill effect of salt stress through improved growth, photosynthesis, antioxidant system, yield and quality attributes in *Mentha piperita* L. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 40, n. 11, p. 188, 2018.

LARRÉ, C. F.; MARINI, P.; MORAES, C. L.; AMARANTE, L. DO; MORAES, D. M. Influência do 24-epibrassinolídeo na tolerância ao estresse salino em plântulas de arroz. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 67-76, 2014.

LEITE, J. V. Q.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.

LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 5, p. 854-866, 2014.

LOFTI, R.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; NAJAFI, N. Grain filling and yield of mung bean affected by salicylic acid and silicon under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 14, p. 1778-1785, 2018.

MESQUITA, S. B. S.; COSTA, R. S.; AMORIM, A. V.; LACERDA, C. V.; FONSECA, A. M. Crescimento e composição do óleo essencial de malvariço cultivado sob salinidade e doses de biofertilizante. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 11, n. 4, p. 315-322, 2017.

MOREIRA, A. C. P.; LIMA, E. O.; WANDERLEY, P. A.; CARMO, E. S. SOUZA, E. L. Chemical composition and antifungal activity of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit leaves essential oil against *Aspergillus* species. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, n. 1, p. 28-33, 2010.

METHENNI, K.; ABDALLAH, M. B.; NOUAIRI, I.; SMAOUI, A.; AMMAR, W. B.; ZARROUK, M.; YOUSSEF, N. B. Salicylic acid and calcium pretreatments alleviate the toxic effect of salinity in the Oueslati olive variety. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 349-358, 2018.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 4, 2014.

NAZAR, R.; UMAR, S.; KHAN, N. A.; SAREER, O. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. **South African Journal of Botany**, v. 98, p. 84-94, 2015.

NEVES, A. L. R.; LACERDA, C. F.; ALVES, M. P.; SOUSA, C. H. C.; GOMES FILHO, E. Leaf gas exchange and nutrients accumulation in cowpea plants under

different management strategies with brackish water. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 129-139, 2017.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 2, p. 148-158, 2014.

NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; NASCIMENTO, R. G. S.; BRUNO, R. L. A.; ALVES, E. U.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade fisiológica de sementes de melão pepino sob salinidade crescente da água de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias** (Lisboa), v. 41, n. 4, p. 1011-1018, 2018a.

NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SOUSA, L. V.; RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, T. I.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B.; BRUNO, R. L. A. Effect of salicylic acid on the physiological quality of salt-stressed *Cucumis melo* seeds. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-10, 2018b.

OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, M. A. T.; LIMA, L. A.; ALVES, R. C.; RÉGIS, L. R. L.; SANTOS, S. T. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 314-329, 2017.

PANDA, P. B.; GREGORY, J. Extraction and performance evaluation of *Salvia hispanica* mucilage as natural disintegrants for optimization of pyrilamine maleate fast dissolving tablets. **Natural Products Journal**, v. 5, n. 4, p. 288-98, 2015.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A.T.; SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

RODRIGUEZ, A. A.; ALFARO, J.; VARGAS, R.; PACHECO, J.; ARAYA, J. J. Evaluation of mucilages isolated from seeds of *Hyptis suaveolens*, *Salvia hispanica* and *Linum usitatissimum* as pharmaceutical excipients in solid dose and liquid formulations. **Journal of Excipients and Food Chemicals**, v. 9, n. 3, p. 67-9, 2018.

SABÓIA, C. M.; BARBOSA, T. S.; PARENTE, K. M. S.; PARENTE FILHO, E. G. Efeito alelopático de extratos de folhas frescas de bamburral (*Hyptis suaveolens* L.) sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Fitos**, v. 12, n. 1, p. 18-26, 2018.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens

de coqueiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.

SILVA, T. I.; ALVES, A. C. L.; AZEVEDO, F. R.; MARCO, C. M.; SANTOS, H. R.; AZEVEDO, R. Larvicide activity of essential oils on *Aedes aegypti* L. (Díptera: Culicidae). **Idesia**, v. 35, n. 2, p. 63-70, 2017.

SOUSA, G. G.; RODRIGUES, V. S.; SOARES, S. C.; DAMASCENO, I. N.; FIUSA, J. N.; SARAIVA, S. E. L. Irrigation with saline water in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in a soil with bovine biofertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 604-609, 2018.

TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 2, p. 138-149, 2014.

CAPÍTULO I

ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO SOBRE A GERMINAÇÃO E VIGOR DE *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze

RESUMO: A salinidade é um dos fatores que promove maiores perdas no crescimento e produtividade vegetal, sendo necessário mecanismos que mitiguem o efeito do estresse salino. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes doses de ácido salicílico na germinação e vigor de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze submetidas à salinidade. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial incompleto 5 x 5, com cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEas= 0,00; 1,45; 5,00; 8,55 e 10,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (AS= 0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM L⁻¹), com quatro repetições de 50 sementes, totalizando em 9 combinações geradas através da matriz Composto Central de Box. As variáveis avaliadas foram: Porcentagem de germinação, de primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação, porcentagem de plântulas anormais, comprimento da parte aérea, radícula e plântula e massa seca de plântulas. O ácido salicílico atenua o efeito do estresse salino sobre o crescimento inicial, mitigando os danos sobre o comprimento de radícula e da parte aérea. A dose de 2,0 mM L⁻¹ de ácido salicílico estimula a germinação e o vigor das sementes, caracterizado pela primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e comprimento de plântulas. A *Mesosphaerum suaveolens* (L.) se mostra resistente ao efeito da salinidade durante a fase de germinação e crescimento inicial de plântulas.

PALAVRAS-CHAVE: Espécie medicinal; mitigação; qualidade fisiológica; salinidade; vigor

SALICYLIC ACID AS ATENANT OF SALINE STRESS ON GERMINATION AND INITIAL GROWTH OF *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze

ABSTRACT: Salinity is one of the factors that promotes greater losses in plant growth and productivity, and mechanisms are needed to mitigate the effect of saline stress. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of different doses of salicylic acid on the germination and initial growth of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze

submitted to salinity. The experiment was conducted in a completely randomized design, with five levels of electrical conductivity of the irrigation water ($EC_w = 0.00, 1.45, 5.00, 8.55$ and 10.0 dS m^{-1}) and five doses of salicylic acid ($SA = 0.0, 0.29, 1.0, 1.71$ and 2.0 mM L^{-1}), with four replicates of 50 seeds, totaling in 9 combinations generated through the Central Composite Box matrix. The evaluated variables were: Percentage of germination, first germination count, germination speed index, mean germination time, percentage of abnormal seedlings, shoot length, radicle and seedling, and seedlings dry mass. The interaction between the factors promoted an effect on radicular and shoot length. The dose of 2.0 mM L^{-1} of salicylic acid stimulated seed germination and vigor, characterized by the first germination count, germination speed index, mean germination time and seedling length. Salinity influences the percentage of abnormal seedlings, stimulating the production of vigorous seedlings at the highest saline level.

KEY WORDS: Medicinal species; mitigation; physiological quality; salinity; vigor

INTRODUÇÃO

A alfazema brava (*Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze), pertencente à família Lamiaceae, é encontrada na América Tropical, África Ocidental, Norte da Nigéria e Filipinas, apresentando uma serie de aplicação de todas as partes da planta na medicina tradicional (BEZERRA et al., 2017). É uma espécie de porte subarbustivo encontrada em todos os estados do Nordeste, apresentando folhas com potencial aromático, revestidas por pelos e glândulas, flores sésseis e pequenas situadas nas axilas das folhas e ramos terminais da planta (SABÓIA et al., 2018).

Suas folhas apresentam grande quantidade de compostos secundários, como alcaloides, flavonoides, taninos, saponinas e terpenos, os quais são utilizados na indústria farmacêutica e de cosméticos, além de sua utilização na medicina popular para o tratamento de doenças de pele, bronquite, ação antifúngica e bactericida (ALVES et al., 2017).

A salinidade é um dos principais problemas encontrados na região Nordeste do Brasil que afetam o crescimento e desenvolvimento vegetal, em todas as fases, por meio do estresse osmótico e toxicidade de íons, especialmente o Na^+ e Cl^- , diminuindo a absorção de água e nutrientes e o crescimento, conseqüentemente, promovendo alterações metabólicas e fisiológicas na planta (HARTER et al., 2014).

Dentre as fases de desenvolvimento vegetal, a germinação, emergência e o crescimento inicial de plântulas são as mais sensíveis ao estresse salino (ARAÚJO et al., 2016). O elevado teor de sais afeta a germinação e o vigor das sementes, alterando a cinética de absorção de água e facilitando a entrada de íons em níveis tóxicos durante a embebição das sementes (LARRÉ et al., 2014).

Atualmente buscam-se mecanismos para mitigar os efeitos do estresse salino em plantas, dentre eles a aplicação exógena de ácido salicílico (AS) vem ganhado destaque. O AS é um composto fenólico que atua na regulação do crescimento, e na defesa vegetal contra estresses abióticos (TONEL et al., 2013; MIURA; TADA, 2014; SILVA et al., 2018).

O ácido salicílico atua como ativador e sinalizador da expressão de genes que participa nos mecanismos de defesa da planta, no processo fotossintético e de genes que promovem a acumulação de espécie reativas de oxigênio no apoplasto, mitigando os efeitos promovidos pelo estresse salino (MAZARO et al., 2015; SHARMA et al., 2017).

Diante desse contexto e das poucas informações sobre as características agronômicas da espécie estudada, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do ácido salicílico como atenuador do estresse salino na germinação e no vigor de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), Campus II, Areia-PB.

As sementes de alfazema foram colhidas de plantas oriundas de área de vegetação nativa, situada no assentamento Novo Horizonte pertencente ao município de Várzea-PB. Após serem colhidas as sementes foram beneficiadas e acondicionadas em recipientes plásticos.

O experimento foi conduzido em delineamento estatístico inteiramente casualizado (DIC), com cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEas= 0,00; 1,45; 5,00; 8,55 e 10,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (AS= 0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM L⁻¹), com quatro repetições de 50 sementes, totalizando em 9 combinações geradas através da matriz Composto Central de Box (CCB).

As soluções salinas foram preparadas utilizando-se cloreto de sódio (NaCl), diluídos em água destilada nas proporções requeridas, sendo os valores mensurados com o auxílio de condutivímetro portátil modelo CD-860.

Já as doses de ácido salicílico foram preparadas diluindo-se as mesmas em 200 mL de água destilada e colocando as sementes para embeber durante o período de 8 horas em recipientes plásticos. Posterior ao período de embebição, as sementes foram lavadas com água destilada para retirada do excesso do ácido. Em seguida realizou-se a montagem dos testes de germinação e vigor das sementes.

Preliminarmente realizou-se a determinação do teor de água das sementes, pelo método da estufa de circulação de ar a 105 ± 3 °C, durante 24 horas, com quatro repetições de cinco gramas de sementes (BRASIL, 2009).

A germinação foi realizada em câmara de germinação do tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) regulada à temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo de 8 horas, utilizando como substrato folhas de papel Germitest® umedecidas com 2,5 vezes o peso do papel seco com as soluções salinas. Avaliou-se a germinação do 4º ao 15º dia após a instalação do teste, considerando germinadas as plântulas oriundas de sementes com protrusão radicular e os primórdios foliares, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

A primeira contagem de germinação foi obtida a partir da contagem do número de sementes germinadas no 4º dia do teste germinação, com os resultados expressos em porcentagem de sementes germinadas.

O índice de velocidade de germinação foi determinado por meio de contagens diárias do número de sementes germinadas, calculando-se os resultados conforme a fórmula proposta por Maguire (1962).

O tempo médio de germinação foi estabelecido a partir de contagens diárias do número de sementes germinadas, com resultados determinados conforme a fórmula proposta por Labouriau (1983).

As plântulas anormais foram registradas a partir da contagem no 15º dia do teste de germinação, com os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

Aos 15 dias após a instalação do teste de germinação avaliou-se o comprimento de radícula, parte aérea e plântulas realizado com o auxílio de régua graduada, sendo os resultados expressos em cm. Ao final do experimento foi quantificada a massa seca de plântulas, sendo as mesmas acondicionadas em sacos de papel Kraft e postas para de secar em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C até atingirem o peso constante.

Posteriormente, realizou-se a pesagem das plântulas em balança analítica de precisão de 0,0001g, sendo os resultados expressos em g planta⁻¹.

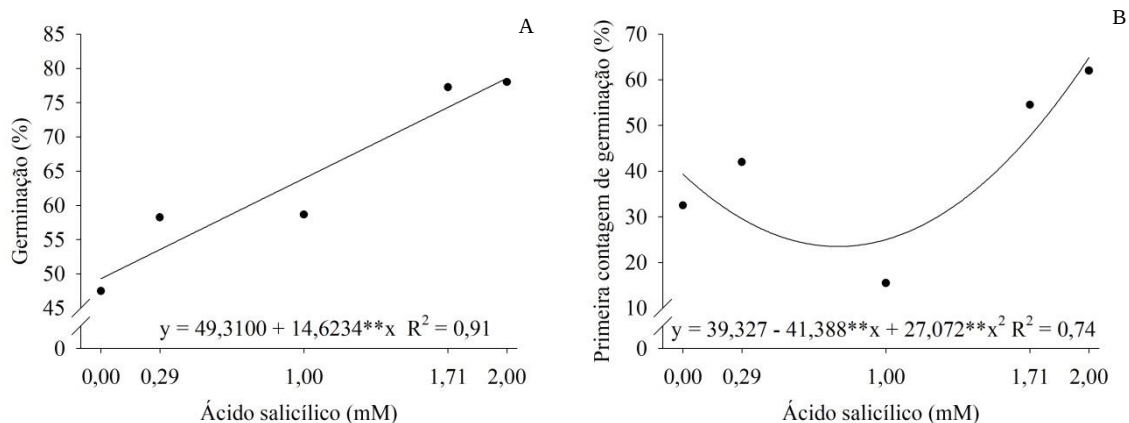
Os dados foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve efeito significativo dos tratamentos, aplicou-se a análise de regressão polinomial, utilizando-se o programa SAS University (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor inicial de água das sementes de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, apresentou o valor médio de 9,7%, valor este considerado dentro do limite tolerável para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes, conforme Oliveira et al. (2015) este limite deve ser igual ou inferior a 12%.

O ácido salicílico (AS) promoveu efeito isolado para as variáveis de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e comprimento de plântulas. Na Figura 1A, pode-se observar que os valores obtidos para a germinação, em função das doses de AS, se ajustaram ao efeito linear crescente, onde a maior porcentagem de sementes germinadas foi obtida na dose de 2,0 mM L⁻¹ de ácido com 79%, apresentando uma superioridade de 29% em relação às sementes que não receberam o tratamento com AS.

Este efeito pode ser oriundo do estímulo promovido pelo AS na expressão de genes envolvidos na germinação, resultando no aumento da qualidade das plântulas. A aplicação exógena de AS em sementes promove a expressão e sinalização de genes que atuam sobre as propriedades da membrana celular, resultando na maior produção de compostos fenólicos que podem manter as sementes com maior capacidade de germinação (TONEL et al., 2013; SILVA et al., 2018).



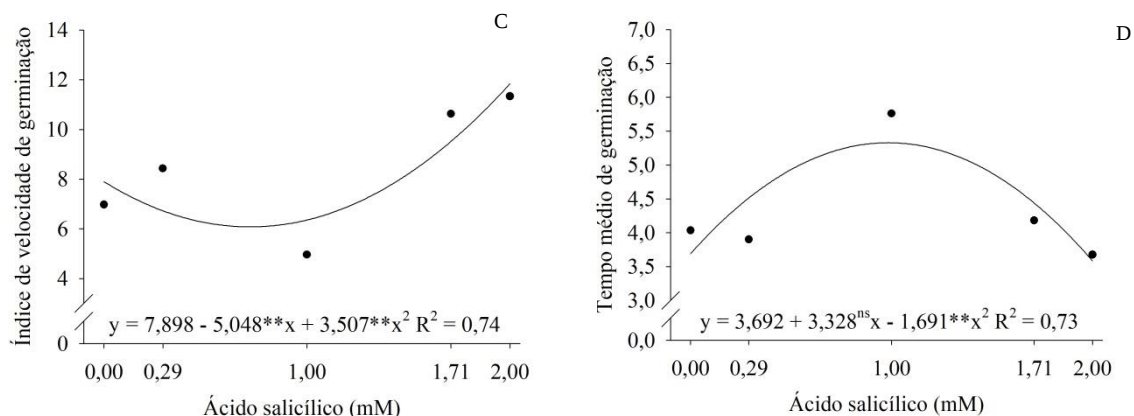


Figura 1. Germinação (A), primeira contagem de germinação (B), índice de velocidade de germinação (C) e tempo médio de germinação de sementes de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes doses de ácido salicílico

Quanto ao vigor das sementes representado pela primeira contagem de germinação, os valores também se ajustaram ao modelo quadrático e com a maior porcentagem de sementes germinadas na dose de 2,0 mM L⁻¹ de AS com 65% (Figura 1B). A influência do AS aplicado no vigor das sementes fica evidente na primeira contagem de germinação, com as sementes submetidas à dose máxima testada (2,0 mM L⁻¹) com uma superioridade de aproximadamente 26% ao comparar com o tratamento controle, como constatado na germinação de manjerição que foi estimulada pela aplicação de 1,0 mM L⁻¹ de AS (SILVA et al., 2018).

O índice de velocidade de germinação de maneira semelhante à primeira contagem de germinação, teve os valores se adequando ao efeito quadrático com os maiores índices oriundos das sementes submetidas à dose de 2,0 mM L⁻¹ de AS (Figura 1C). Por ser considerado um regulador de crescimento, o AS pode estimular o processo germinativo e a expressão do vigor das sementes, resultando em uma maior velocidade durante o processo. O ácido salicílico age regulando o crescimento vegetal, atuando nos processos fisiológicos associados à germinação e ao crescimento, reduzindo efeitos nocivos promovidos pelos estresses abióticos, como também nos mecanismos de defesa da planta (ARAÚJO et al., 2018).

Quanto ao tempo médio de germinação, os valores se ajustaram quadraticamente alcançando o máximo nas sementes tratadas com a dose de 1,0 mM L⁻¹ de AS com 5,33 (Figura 1D). Já as sementes que necessitaram de menos tempo para germinar foram aquelas submetidas à dose de 2,0 mM L⁻¹ de AS com 3,58. Assim, a dose de 1,0 mM L⁻¹

de AS promoveu o retardamento do processo germinativo, podendo ter ocasionado alterações bioquímicas na semente, resultando no prolongamento do tempo para germinação. O AS pode atuar propiciando efeito inibidor sobre a germinação, estimulando o surgimento de alterações bioquímicas na atividade das enzimas fosfatase ácida e α -amilase e no conteúdo de reservas da semente (SILVEIRA et al. 2000; SILVA et al., 2014).

O ácido salicílico estimulou a obtenção de plântulas mais vigorosas, com os valores obtidos para comprimento de plântula ajustando-se ao modelo linear crescente, com o incremento máximo de 6,23 cm na dose de 2,0 mM L⁻¹, um aumento de 1,05 cm em relação a menor dose (Figura 2A). A ocorrência deste efeito evidencia o papel do AS na regulação do crescimento vegetal, isto em função de sua ação nas diferentes fases de crescimento, promovendo a expansão e divisão celular (NÓBREGA et al., 2018).

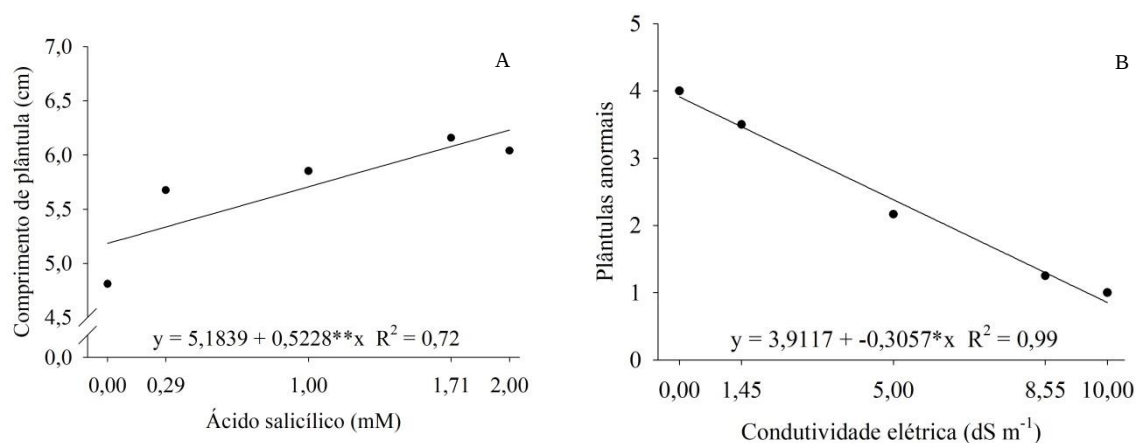


Figura 2. Comprimento de plântulas submetidas a diferentes doses de ácido salicílico (A) e porcentagem de plântulas anormais (B) de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, em função da salinidade da água de irrigação

A porcentagem de plântulas anormais foi influenciada pela salinidade, sendo os valores ajustados ao modelo linear decrescente, ou seja, à medida que aumentou a salinidade reduziu a ocorrência de plântulas anormais (Figura 2B). Esse efeito pode ser uma resposta biológica ao estresse salino, estimulando a obtenção de plântulas normais, como também pela rusticidade da espécie, conseguindo suportar condições de elevado estresse. Espécies com elevada rusticidade tendem a apresentar maior capacidade de suportar os efeitos proporcionados por condições de estresse, isto em função de sua elevada variabilidade genética, possibilitando que a planta se ajuste osmoticamente e consiga sobreviver e produzir sob condições de estresse salino (DOLFERUS, 2014).

A salinidade não exerceu efeito significativo sobre as variáveis supracitadas, contudo, seus valores médios são mostrados na Tabela 1. Para a germinação (GER) e primeira contagem de germinação (PCG) as maiores porcentagens foram obtidas nas sementes submetidas à CEa de 8,55 dS m⁻¹, com 75 e 54% uma superioridade de 6 e 38,75% em relação a menor salinidade, respectivamente. Comportamento semelhante foi obtido para o índice de velocidade de germinação (IVG) com as maiores médias obtidas na CEa de 8,55 dS m⁻¹, com 10,74.

Esse efeito apresentado para as variáveis relacionadas à germinação demonstra que a espécie possui elevada capacidade de resistir aos efeitos nocivos causados pelo estresse salino, especialmente na fase de germinação e crescimento inicial. A salinidade é prejudicial em todas as fases, porém, existem espécies que possuem maior sensibilidade e outras com menor tolerância durante a germinação (DIAS et al., 2016).

Tabela 1. Valores médios para germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento de plântula (CP) e massa seca de plântula (MSP) de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze em função de diferentes salinidades da água de irrigação

CE dS m ⁻¹	GER %	PCG %	IVG	TMG	CP Cm	MSP Mg
0,00	49,50	15,50	5,03	5,41	5,56	2,59
1,45	66,00	47,25	9,12	4,01	6,13	1,69
5,00	59,50	36,17	7,82	4,44	5,78	1,69
8,55	74,50	54,25	10,34	3,88	5,71	1,46
10,00	49,50	8,00	4,20	6,55	5,52	2,88

O tempo médio (TMG) para germinação das sementes de modo semelhante ao IVG, apresentando menor tempo para germinar na CEa de 8,55 dS m⁻¹, com 3,88. No entanto, ao elevar a salinidade ocorre o retardamento do processo germinativo das sementes. Do mesmo modo ocorre para o comprimento de plântula, onde os menores valores foram obtidos nas plântulas submetidas à CEa mais elevada de 10,0 dS m⁻¹.

Este comportamento demonstra os efeitos deletérios ocasionados pelo elevado teor de sais, proporcionando a germinação mais lenta e o menor crescimento da plântula. Possivelmente em função da redução do potencial osmótico e hídrico do substrato, diminuindo a absorção de água pela semente e pela toxicidade de íons,

especialmente o Na^+ e Cl^- , (COELHO et al., 2014; ARAÚJO et al., 2016; FREIRE et al., 2018).

Já a massa seca de plântulas (MSP), foi estimulada pelo aumento da salinidade, sendo obtida a maior média na CEa mais elevada de $10,0 \text{ dS m}^{-1}$, com $2,88 \text{ g planta}^{-1}$. Esse efeito pode ser considerado um mecanismo de sobrevivência da plântula ao estresse salino, promovendo um maior acúmulo de massa seca para suportar os efeitos causados pelo estresse, como comprovado por Secco et al. (2010) em plântulas de melão (*Cucumis melo* L.) e Harter et al. (2014) em abóbora mogango (*Curcubita pepo* L.).

Para as variáveis de comprimento de radícula e comprimento da parte aérea foi observada a ocorrência de interação entre a salinidade e dose de ácido salicílico (Figura 3). Para o comprimento de radícula constata-se que os maiores valores foram obtidos nas plântulas submetidas à CEa de $9,96 \text{ dS m}^{-1}$ e na dose de $1,97 \text{ mM L}^{-1}$ de AS com $4,59 \text{ cm}$ (Figura 3A). Assim, a dose de $1,97 \text{ mM L}^{-1}$ de AS mitigou os efeitos do estresse salino, estimulando o crescimento máximo da radícula até a CEa de $9,96 \text{ dS m}^{-1}$, seguida de redução com o aumento da salinidade. O AS regula o crescimento vegetal, agindo na sinalização e nos mecanismos de defesa contra as condições de estresse, induzindo a planta a ter maior tolerância ao estresse salino (MIURA; TADA, 2014). Esse comportamento pode ocorrer em função de mudanças mediadas pelo AS na expressão gênica e nas proteínas envolvidas na homeostase de plantas sob estresse salino (CSISZÁR et al., 2018).

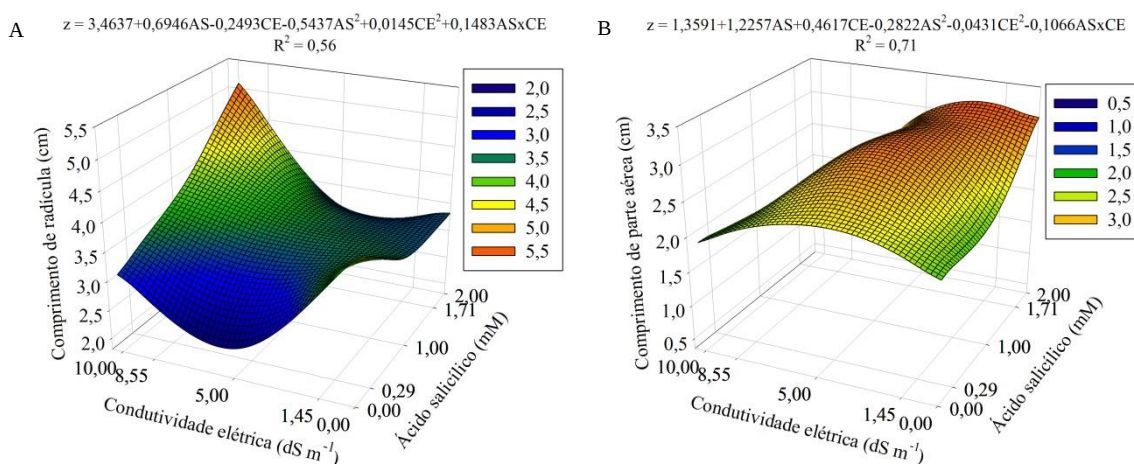


Figura 3. Comprimento da radícula (A) e da parte aérea (B) de plântulas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes doses de ácido salicílico e de salinidade da água de irrigação

Para o comprimento da parte aérea os maiores valores obtidos foram na CEa de 3,48 dS m⁻¹ e na dose de 1,51 mM L⁻¹ de ácido salicílico com 3,1 cm (Figura 3B). A aplicação exógena de AS mitigou os efeitos deletérios dos íons tóxicos as plantas até a CEa de 5 dS m⁻¹ possibilitando um maior crescimento da parte aérea. O AS pode agir regulando a absorção e translocação de íons da raiz para parte aérea, podendo promover o baixo ou alto acúmulo de Na⁺ nas raízes e impedindo que o mesmo seja transportado para parte aérea (METHENNI et al., 2018).

CONCLUSÕES

A interação entre os fatores - níveis de CEa e doses de ácido salicílico afeta o vigor de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, sendo o ácido salicílico um atenuante da salinidade sobre o comprimento da radícula e da parte aérea.

A dose de 2,0 mM L⁻¹ de ácido salicílico estimula a germinação e o vigor das sementes, caracterizado pelas variáveis de primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e comprimento de plântula de *M. suaveolens*.

A *M. suaveolens* (L.) se mostra resistente ao efeito da salinidade durante a fase de germinação e crescimento inicial de plântulas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. J. L.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; BRANQUINHO, N. A. A. Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 2, p. 168-176, 2017.
- ARAÚJO, E. B. G.; SÁ, F. V. S.; OLIVEIRA, F. A.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; SILVA, M. K. N.; MESQUITA, E. F.; BRITO, M. E. B. Crescimento inicial e tolerância de cultivares de meloeiro à salinidade da água. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 2, p. 462-471, 2016.

ARAÚJO, E. D.; MELO, A. S.; ROCHA, M. S.; CARNEIRO, R. F.; ROCHA, M. M. Germination and initial growth of cowpea cultivars under osmotic stress and salicylic acid. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 80-89, 2018.

BEZERRA, J. W. A.; COSTA, A. R.; SILVA, M. A. P.; ROCHA, M. I.; BOLIGON, A. A.; ROCHA, J. B. T.; BARROS, L. M.; KAMDEM, J. P. Chemical composition and toxicological evaluation of *Hyptis suaveolens* (L.) Poiteau (LAMIACEAE) in *Drosophila melanogaster* and *Artemia salina*. **South African Journal of Botany**, v. 113, p. 437-442, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p. 2009.

CODY, R. **An Introduction to SAS University Edition**. SAS Institute; 2015.

CSISZÁR, J.; BRUNNER, S.; HORVÁTH, E.; BELA, K.; KÖDMÖN, P.; RIYAZUDDIN, R. GALLÉ, A.; HURTON, A.; PAPDI, C.; SZABADDOS, L.; TARI, I. Exogenously applied salicylic acid maintains redox homeostasis in salt-stressed *Arabidopsis* gr1 mutants expressing cytosolic roGFP1. **Plant Growth Regulation**, p. 1-14, 2018.

COELHO, D. S.; SIMÕES, W. L.; MENDES, A. M. S.; DANTAS, B. F.; RODRIGUES, J. A. S.; SOUSA, M. A. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 25-30, 2014.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. F.S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I. S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal. p. 149-162, 2016.

DOLFERUS, R. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. **Plant Science**, v. 229, p. 247-261, 2014.

FREIRE, M. H. C.; SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; CEITA, E. D. R.; FIUSA, J. M.; LEITE, K. N. Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 7, p. 471-475, 2018.

HARTER, L. S. H.; HARTER, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G.E.; VILLELA F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 80-85, 2014.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria da OEA, 1983.

LARRÉ, C. F.; MARINI, P.; MORAES, C. L.; AMARANTE, L.; MORAES, D. M. Influência do 24-epibrassinolídeo na tolerância ao estresse salino em plântulas de arroz. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 67-76, 2014.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MAZARO, S. M.; BORSATTI, F. C.; DALACOSTA, N. L.; LEWANDOWSKI, A.; DANNER, M. A.; BUSO, C.; WAGNER JÚNIOR, A. Qualidade pós-colheita de acerolas tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p. 512-517, 2015.

METHENNI, K.; ABDALLAH, M. B.; NOUAIRI, I.; SMAOUI, A.; AMMAR, W. B.; ZARROUK, M.; YOUSSEF, N. B. Salicylic acid and calcium pretreatments alleviate the toxic effect of salinity in the Oueslati olive variety. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 349-358, 2018.

MIURA, K.; TADA, Y. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 4, 2014.

NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SOUSA, L. V.; RIBEIRO, J. E. S.; SILVA, T. I.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B.; BRUNO, R. L. A. Effect of salicylic acid on the physiological quality of salt-stressed *Cucumis melo* seeds. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-10, 2018.

OLIVEIRA, L. M.; SCHUCH, L. O. B.; BRUNO, R. L. A.; PESKE, S. T. Qualidade de sementes de feijão-caupi tratadas com produtos químicos e armazenadas em condições controladas e não controladas de temperatura e umidade. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1263-1276, 2015.

SABÓIA, C. M.; BARBOSA, T. S.; PARENTE, K. M. S.; PARENTE FILHO, E. G. Efeito alelopático de extratos de folhas frescas de bamburral (*Hyptis suaveolens* L.) sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.). **Revista Fitos**, v. 12, n. 1, p. 18-26, 2018.

SHARMA, M.; GUPTA, S. K.; MAJUMDER, B.; MAURYA, V. K.; DEEBA, F.; ALAM, A.; PANDEY, V. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic

responses in two wheat varieties under drought stress. **Journal of Proteomics**, v. 163, p. 28-51, 2017.

SECCO, L. B.; QUEIROZ, S. O.; DANTAS, B. F.; SOUZA, Y. A. Qualidade de sementes de acessos de melão (*Cucumis melo*) em condições de estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 2, p. 01-11, 2010.

SILVA, T. C. F. S.; SILVA R. C. B.; SILVA, J. E. S. B.; SANTOS, R. S.; ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. **Scientia Plena**, v. 10, n. 3, p. 1-15, 2014.

SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SOUSA, L. V.; RIBEIRO, J. E. S.; BRUNO, R. L. A.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B. *Ocimum basilicum* L. seeds quality as submitted to saline stress and salicylic acid. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 159-166, 2018.

SILVEIRA, M. A. M.; MORAES, D. M.; LOPES, N. F. Germinação e alterações bioquímicas em sementes de arroz tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 2, p. 200-205, 2000.

TONEL, F. R.; MARINI, P.; BANDEIRA, J. M.; MORAIS D. M.; AMARANTE L. Salicylic acid: physiological and biochemical changes in seeds and maize seedlings subjected to salt stress. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 4, p. 457-465, 2013.

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO DE *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze SUBMETIDA À DOSES DE ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO

RESUMO: A *Mesosphaerum suaveolens* é uma espécie que apresenta elevado potencial fitoterápico e aromático e bastante difundida no Nordeste brasileiro. Porém, a escassez de água de boa qualidade e o elevado teor de sais contidos no solo e na água de irrigação da região semiárida podem comprometer o crescimento e produtividade da cultura. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tratamento de sementes com ácido salicílico como atenuante do estresse salino sob o crescimento de plantas de *M. suaveolens*. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial incompleto 5 x 5, com cinco níveis condutividades elétricas da água de irrigação (CEa= 0,00; 1,45; 5,00; 8,55 e 10,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (AS= 0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM L⁻¹), com quatro repetições de duas plantas por parcela, totalizando 9 combinações geradas através da matriz Composto Central de Box. Foram avaliadas as variáveis de altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar, comprimento de raiz, taxas de crescimento absoluto e relativo para a altura e diâmetro do caule, massa seca de raiz, caule, folha, parte aérea e total, relação altura/diâmetro do caule, relação massa seca da parte aérea/raiz e índice de qualidade de Dickson. A salinidade promove severas reduções no crescimento e acúmulo de biomassa das plantas. A aplicação exógena de 2,0 mM L⁻¹ de ácido salicílico atenua o efeito do estresse salino sobre as taxas de crescimento absoluto e relativo para o diâmetro do caule e área foliar. A aplicação de 0,9 mM L⁻¹ estimula a altura, o número de folhas e crescimento da raiz de plantas de *M. suaveolens*.

PALAVRAS-CHAVE: Espécie medicinal; regulador de crescimento; salinidade; tratamento de sementes

GROWTH OF *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze SUBMITTED TO DOSES OF SALICYLIC ACID AS ATENUANT TO SALT STRESS

ABSTRACT: *Mesosphaerum suaveolens* is a species that presents high phytotherapeutic and aromatic potential and enough widespread in Northeast Brazil. However, the scarcity of good quality water and the high content of salts contained in the soil and irrigation water of the semi-arid region can compromise crop growth and productivity. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of seed treatment with salicylic acid with a salt stress attenuator under the growth of *M. suaveolens*. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 5 x 5 incomplete factorial design, with five electrical conductivities of the irrigation water ($EC_w = 0.00, 1.45, 5.00, 8.55$ and 10.0 dS m^{-1}) and five doses of salicylic acid ($SA = 0.0, 0.29, 1.0, 1.71$ and 2.0 mM L^{-1}), with four replicates of two plants per plot, totaling in 9 combinations generated through the matrix Box Central Compound. The were evaluated variables of plant height, leaf number, stem diameter, leaf area, root length, absolute and relative growth rates for stem height and diameter, dry root mass, stem, leaf, shoot and total, stem height / diameter ratio, dry shoot / root dry matter ratio, and Dickson quality index. Salinity promotes severe reductions in plant growth and biomass accumulation. The exogenous application of 2.0 mM L^{-1} of salicylic acid attenuates the effect of salt stress on absolute and relative growth rates for stem diameter and leaf area. The application of 0.9 mM L^{-1} stimulates the height, number of leaves and root growth of plants *M. suaveolens*.

KEY WORDS: Medicinal species; growth regulator; salinity; seed treatment

INTRODUÇÃO

A *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze é uma espécie pertencente à família Lamiaceae e que apresenta propriedades fitoterápicas e aromáticas muito utilizadas na medicina tradicional. É considerada uma espécie que apresenta múltiplas propriedades biológicas, tais como ação antifúngica, inseticida e anti-inflamatória (FIGUEIRÊDO et al., 2018). Sua principal finalidade é a produção de óleo essencial rico em compostos fitoterápicos, porém, o crescimento e a produção de biomassa e óleo variam de acordo com as condições de cultivo (ARRUDA et al., 2018).

A região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada por conter elevados teores de sais no solo e nas águas utilizadas na irrigação que comprometem a capacidade produtiva das culturas em função das alterações promovidas no crescimento

e na fisiologia da planta pelo estresse decorrente do elevado teor de sais (NÓBREGA et al., 2018).

De acordo com Silva et al. (2013) a salinidade pode afetar as plantas de duas formas: Por meio da elevação do potencial osmótico do solo, assim quanto maior for o conteúdo de sais no solo, maior será o gasto de energia pela planta para absorver água e os nutrientes; e pela fitotoxidez de íons como o sódio, boro, bicarbonatos e cloros que em elevadas concentrações causa uma série de distúrbios nos processos bioquímicos e fisiológicos.

Assim é crescente a busca por medidas que visem atenuar ou reduzir os danos promovidos pelo estresse salino sobre o crescimento das plantas. Dentre elas, destaca-se o uso de fitohormônios que atuam na regulação do crescimento vegetal, a exemplo do ácido salicílico, um composto fenólico que atua regulando diversos processos fisiológicos, sendo considerada uma molécula sinalizadora que age nos mecanismos de defesa da planta a condições de estresse (SILVA et al., 2018).

O ácido salicílico media a ação de proteínas e enzimas envolvidas no crescimento celular, fotossíntese e respiração de plantas, expressão de genes que promovem o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) no apoplasto, em plantas submetidas a condições de estresse salino (SHARMA et al., 2017; HERNÁNDEZ-RUIZ; ARNAO, 2018).

Diante desse contexto, objetivou-se avaliar o tratamento de sementes com ácido salicílico e sua relação sobre o crescimento de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), Campus II Areia, Paraíba.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial incompleto 5 x 5, referindo-se a cinco níveis de condutividades elétricas da água de irrigação (CEa: 0,5; 1,45; 5,0; 8,55 e 10,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM L⁻¹), com quatro repetições constituídas por duas plantas, geradas a partir da matriz experimental Composto Central de Box (MATEUS et al., 2001).

As diferentes condutividades elétricas foram obtidas adicionando-se o cloreto de sódio (NaCl) a água do sistema de abastecimento ($CEa = 0,5 \text{ dS m}^{-1}$) nas proporções requeridas, sendo os valores aferidos com o auxílio de condutivímetro portátil modelo microprocessado Instrutherm® (modelo CD-860). As irrigações foram feitas diariamente, a partir de 15 dias após a semeadura, sendo a quantidade de água aplicada estabelecida por meio da lisimetria de pesagem (ALVES et al., 2017).

As sementes foram tratadas com o ácido salicílico diluindo-se as doses em 200 mL de água destilada e colocando-se as sementes para embeber por um período de 8 horas em recipientes plásticos, mantidos a temperatura e umidade relativa ambiente. Posteriormente ao período de embebição, as sementes foram lavadas com água destilada para retirada do excesso do ácido.

As sementes utilizadas foram obtidas de plantas nativas situadas no assentamento Novo Horizonte, município de Várzea - PB. O experimento foi conduzido em sacos de polietileno com capacidade de $1,2 \text{ dm}^3$, onde foram semeadas 10 sementes por saco, realizando-se o desbaste após o estabelecimento da emergência, em torno de 10 dias após a semeadura, deixando-se apenas uma planta por recipiente.

Os recipientes foram preenchidos com substrato formulado a partir da mistura de solo do tipo Latossolo, areia lavada e esterco bovino curtido na proporção de 3:1:1 (EMBRAPA, 2011), possuindo a constituição química apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do substrato utilizado no experimento

pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	M.O
	-- mg kg ⁻³ --			cmol _c dm ⁻³					g kg ⁻¹	
7,8	85,5	693,6	0,23	0,0	0,0	2,9	1,59	6,5	6,5	22,2

SB= saturação por bases; CTC= capacidade de troca de cátions; M.O= matéria orgânica

As avaliações de crescimento iniciaram aos 45 dias após a aplicação das águas salinas, sendo avaliadas as seguintes variáveis:

- Altura de plantas: estabelecida medindo-se do colo da planta até seu ápice caulinar, utilizando-se régua milimetrada. Os resultados foram expressos em m;
- Número de folhas: obtido por meio da contagem do número de folhas completamente formadas;
- Diâmetro do caule: mensurado com o auxílio de paquímetro digital, sendo os resultados expressos em mm;

- Comprimento de raiz: mediu-se com o auxílio de régua milimetrada do colo ao ápice radicular. Os resultados foram expressos em cm;
- Área foliar: obtida medindo-se a largura e o comprimento do limbo foliar, sendo em seguida calculada a estimativa de área foliar por meio da equação 1.

$$AF = 0,67871 \times (C \times L) \quad (1)$$

Em que: AF= área foliar; C= comprimento; L= largura

- Taxa de crescimento absoluto e relativo para altura e diâmetro do caule: estabelecida seguindo a metodologia descrita por Benincasa (2003), conforme as equações 2 e 3:

$$TCAap = \frac{(Ap2 - Ap1)}{(t2 - t1)} \quad TCAD = \frac{(D2 - D1)}{(t2 - t1)} \quad (2)$$

Em que: TCAap= taxa de crescimento absoluto para a altura de plantas; TCAD= taxa de crescimento absoluto para o diâmetro do caule; Ap1 e D1= valor da avaliação 15 dias após a aplicação das águas salinas; Ap2 e D2 = valor da altura da avaliação 45 dias após a aplicação das águas salinas; t1= número de dias da 1ª avaliação (15 dias); t2= número de dias da 2ª avaliação (45 dias).

$$TCRap = \frac{(\ln Ap2 - \ln Ap1)}{(t2 - t1)} \quad TCRD = \frac{(\ln D2 - \ln D1)}{(t2 - t1)} \quad (3)$$

Em que: TCRap= taxa de crescimento relativo para a altura de plantas; TCRD= taxa de crescimento relativo para o diâmetro do caule; lnAp1 e lnD1= logaritmo natural do valor da avaliação 15 dias após a aplicação das águas salinas; lnAp2 e lnD2 = logaritmo natural do valor da avaliação 45 dias após a aplicação das águas salinas; t1= número de dias da 1ª avaliação (15 dias); t2= número de dias da 2ª avaliação (45 dias).

- Massa seca de raiz, caule e folhas: obtido separando-se as partes e acondicionando-as em sacos de papel do tipo Kraft. Em seguida, as amostras foram postas para secar em estufa de circulação de ar forçada a 65°C até atingiram o peso constante. Posteriormente, realizou-se a pesagem em balança analítica de precisão de 0,001g. A massa seca da parte aérea foi estabelecida somando-se os valores da massa seca de caule e folhas. A massa seca total foi obtida pelo somatório da massa seca de raízes e da parte aérea. Os resultados foram expressos em g planta⁻¹;
- Relação altura/diâmetro: estabelecido dividindo-se os valores obtidos para altura pelo diâmetro do caule;
- Relação massa seca parte aérea/raiz: obtida dividindo-se os valores obtidos para massa seca da parte aérea pela raiz;

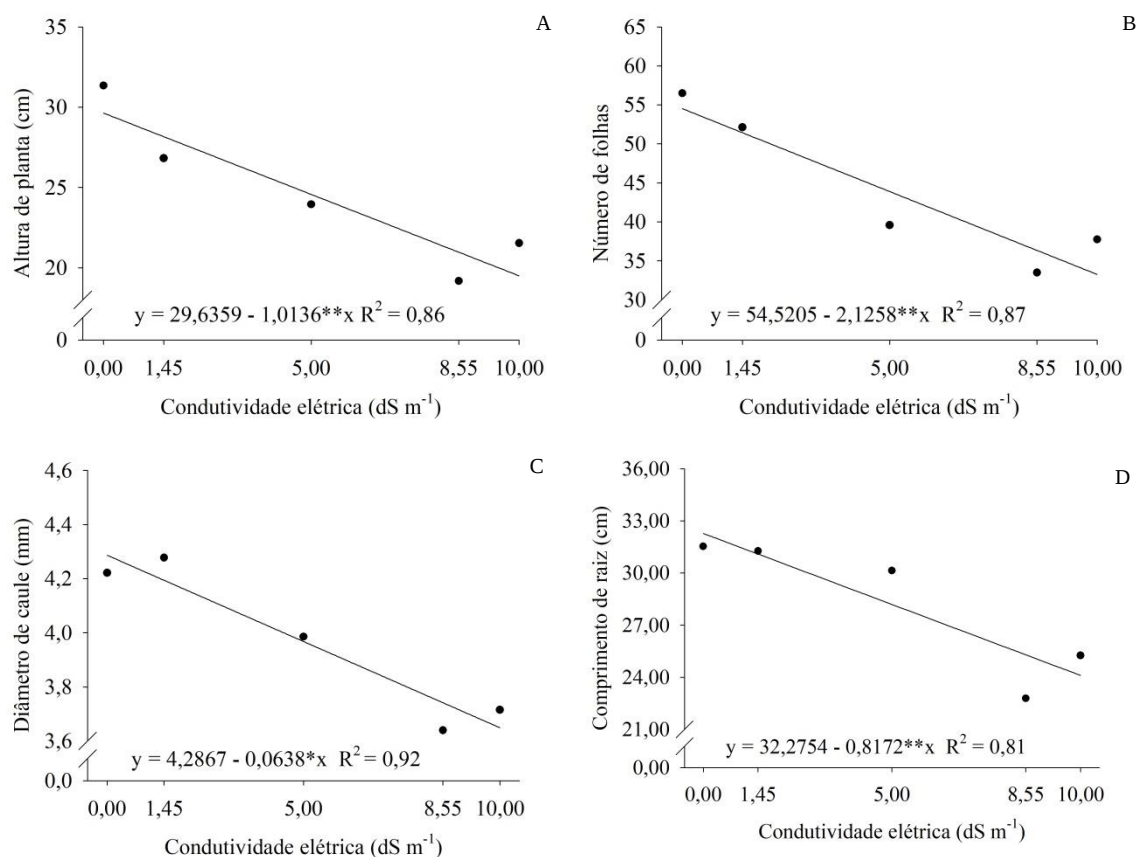
- Índice de qualidade de Dickson: determinado em função da altura da planta (ALT), diâmetro do colo (DC), massa seca da parte aérea e massa seca da raiz, conforme a equação 4 (DICKSON et al., 1960).

$$IQD = MST / (ALT/DC) / (MSPA/MSR) \quad (4)$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e nos casos em que houve significância aplicou-se a análise de regressão polinomial. O programa estatístico utilizado foi o SAS University (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise dos resultados obtidos, constatou-se que as variáveis de relação massa seca parte aérea/raiz e o índice de qualidade de Dickson não sofreram influência dos tratamentos aplicados. A salinidade promoveu efeito significativo sobre a altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule, comprimento de raiz e relação entre a altura/diâmetro, com os valores se ajustando ao modelo linear decrescente à medida que se eleva a CEa (Figura 1).



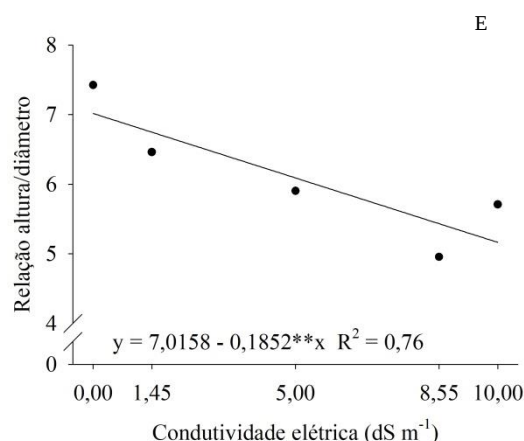


Figura 1. Altura de planta (A), número de folhas (B), diâmetro do caule (C), comprimento de raiz (D) e relação entre a altura/diâmetro (E) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes condutividades elétricas da água de irrigação

Para a altura de plantas constatou-se que à medida que se elevou a CEa foi obtido decréscimos que atingiram 33%, representando cerca de 10 cm ao comparar-se as plantas submetidas a maior e menor salinidade (Figura 1A). Esse efeito ocorre em função da redução da disponibilidade hídrica causado pelo aumento do estresse osmótico do solo e da fitotoxidez de íons, resultando em alterações nos processos fisiológicos e bioquímicos, comprometendo o crescimento das plantas (BEZERRA et al., 2018).

O número de folhas também foi reduzido linearmente com o aumento da CEa, ocorrendo a maior emissão de folhas nas plantas irrigadas com a água de 0,5 dS m⁻¹ com 53 folhas por planta (Figura 1B). À medida que a CEa foi elevada ocorreu severa redução na emissão de folhas, atingindo perdas de 38% equivalente a 20 folhas por planta. Este efeito pode ser atribuído como um mecanismo de resistência ao estresse salino. As estratégias que as plantas utilizam para se adaptar as condições salinas requer uma série de mecanismos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos, dentre eles a perda de folhas faz com que a planta consiga manter a viabilidade protoplasmática à medida que os íons salinos se acumulam no interior dos tecidos (GARCÍA-CAPARRÓS et al., 2016).

O diâmetro do caule também foi reduzido com o aumento da CEa com os maiores valores na salinidade de 0,5 dS m⁻¹ com 4,25 mm, seguidos de decréscimos que atingiram perdas de 14% ao comparar com a maior CEa (Figura 1C). Esse efeito

indica que a salinidade promoveu sérios danos à expansão e alongamento celular, diminuindo o diâmetro caulinar, assim como constatado por Oliveira et al. (2015) em pinhão manso, onde verificaram que a CEa de 5 dS m⁻¹ promoveu redução de 49% no diâmetro do caule.

O comprimento da raiz apresentou valores máximos de 31,8 cm na CEa de 0,5 dS m⁻¹, comparado a maior salinidade (24,1 cm), a redução no crescimento radicular foi equivalente a 7,9 cm ou 24% (Figura 1D). Este efeito pode ser atribuído a elevada concentração de sais na solução do solo, promovendo maiores barreiras para absorção de água e nutrientes pela planta e aumentando o gasto energético para a absorção, afetando o crescimento radicular como comprovado por Santos et al. (2016) na cultura da beterraba.

De modo semelhante se mostrou a relação entre a altura e o diâmetro do caule, com os melhores resultados obtidos nas plantas submetidas à CEa de 0,5 dS m⁻¹ com 6,93, seguido por decréscimos que atingiram 33,6% na maior salinidade (Figura 1E). Esse efeito é induzido pelos danos promovidos pelo estresse salino, reduzindo a expansão e alongação celular, assim como a relação entre a altura/diâmetro do caule. Dessa forma, a planta reduz o seu desenvolvimento vegetativo como mecanismo adaptativo ao estresse salino, visando manter condições mínimas para a execução de seus processos vitais (LIMA et al., 2018).

Esta redução no crescimento foi observada em outras espécies pertencente a família Lamiacea, conforme pesquisa desenvolvidas por Mesquita et al. (2014) em malvariço (*Plectranthus amboinicus* (Lour) Spreng), Bione et al. (2014) em manjerição (*Ocimum basilicum* L.), El-Esawi et al. (2017) em plantas de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e Veras et al. (2017) em hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.).

Para as taxas de crescimento relativo e absoluto para a altura e plantas e diâmetro do caule foram reduzidas em função da salinidade crescente da água de irrigação, com os valores se ajustando ao modelo linear decrescente (Figura 2). As taxas de crescimento relativo e absoluto para a altura de plantas também se com os maiores incrementos nas plantas submetidas a menor CEa (0,5 dS m⁻¹), seguido de severas reduções com aumento da salinidade, chegando a atingir decréscimos de 21 e 52%, respectivamente (Figura 1E e 1F). Este efeito está associado aos danos causados pelo estresse salino sobre a pressão de turgescência celular, em virtude da redução do teor de água nos tecidos, resultando no declínio da expansão celular e no crescimento da planta (FREIRE et al., 2010).

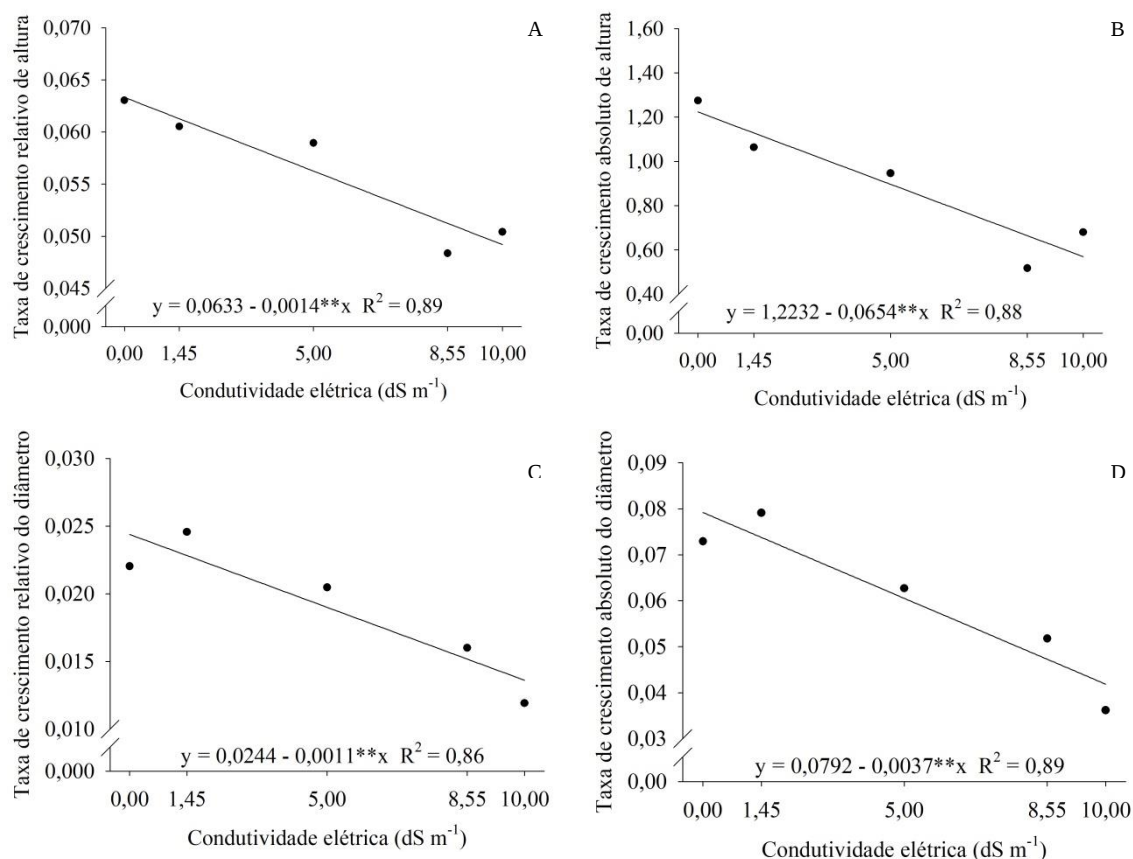


Figura 2. Taxa de crescimento relativo para a altura (A), taxa de crescimento absoluto para altura (B), taxa de crescimento relativo para o diâmetro do caule (C) e taxa de crescimento absoluto para o diâmetro do caule (D) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes condutividades elétricas da água de irrigação

As taxas de crescimento relativo e absoluto para o diâmetro se assemelham aos resultados obtidos para as taxas da altura de plantas, com os incrementos máximos na CEa de 0,5 dS m⁻¹ com 0,023 e 0,077, seguido de redução nos valores atingindo perdas de 44 e 45% (Figura 2C e 2D). Essas alterações nas taxas de crescimento estão ligadas aos danos promovidos pelo estresse salino, principalmente, em virtude da absorção de íons tóxicos como o Na⁺ e Cl⁻ que limita a atividade fotossintética e o acúmulo de biomassa na parte aérea, comprometendo tanto o crescimento em altura como o diâmetro do caule (SCHOSSLER et al., 2012).

A produção de biomassa das plantas de alfazema valores semelhantes às variáveis de crescimento, ocorrendo severas reduções à medida que se elevou a CEa. Para a massa seca das raízes, constatou-se que a salinidade mais elevada (10 dS m⁻¹)

reduziu significativamente a quantidade de raízes, ocorrendo perdas de 56% na quantidade de biomassa ao comparar com as plantas submetidas a menor salinidade (Figura 3A). Isso se deve ao efeito hiperosmótico causado pelo NaCl, promovendo desequilíbrio hídrico entre o apoplasto e simplasto, causando redução na capacidade das raízes absorverem água e nutrientes, e com isto, causando prejuízos ao crescimento e no acúmulo de biomassa radicular (KHANAM; MOHAMMAD, 2018).

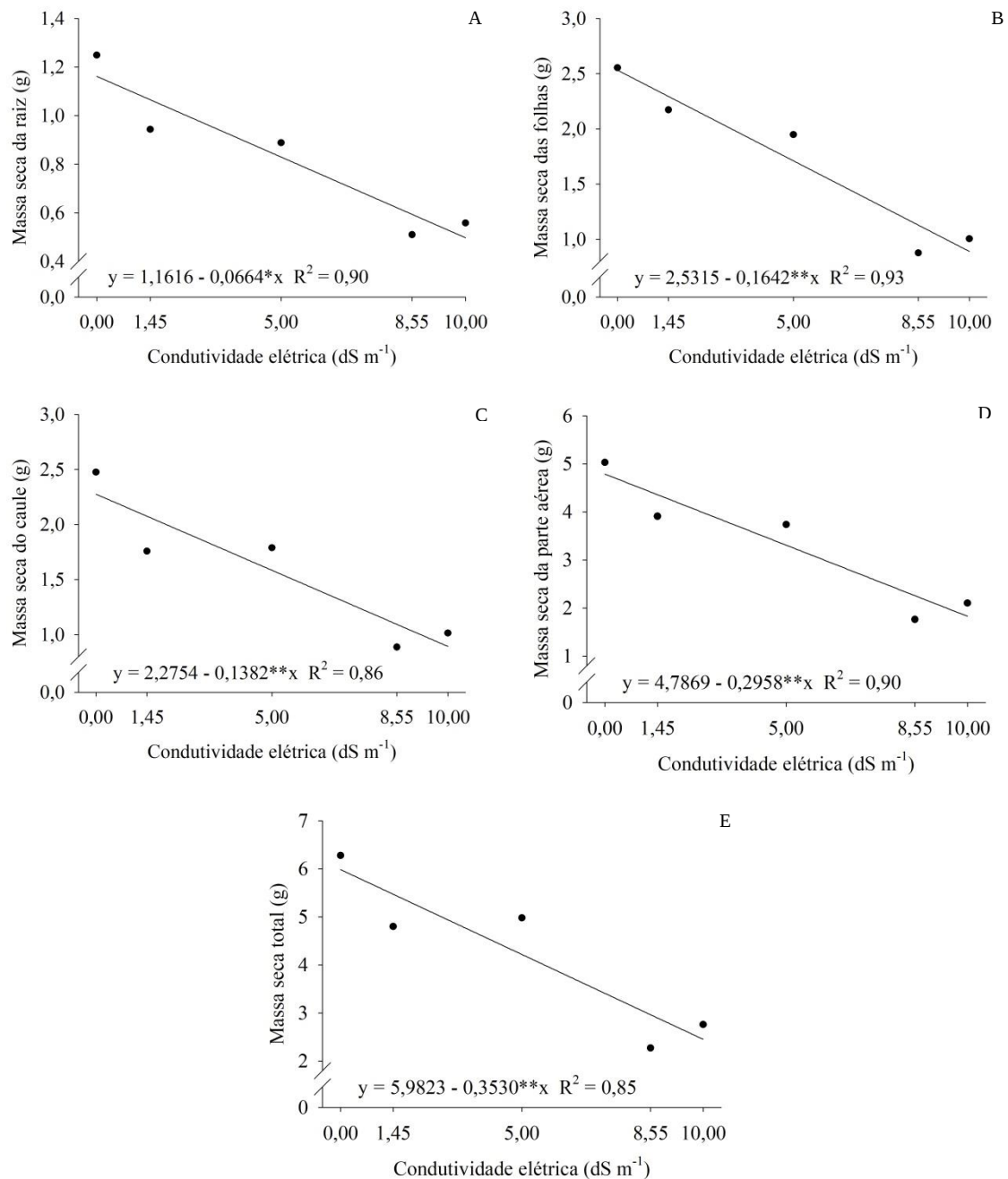


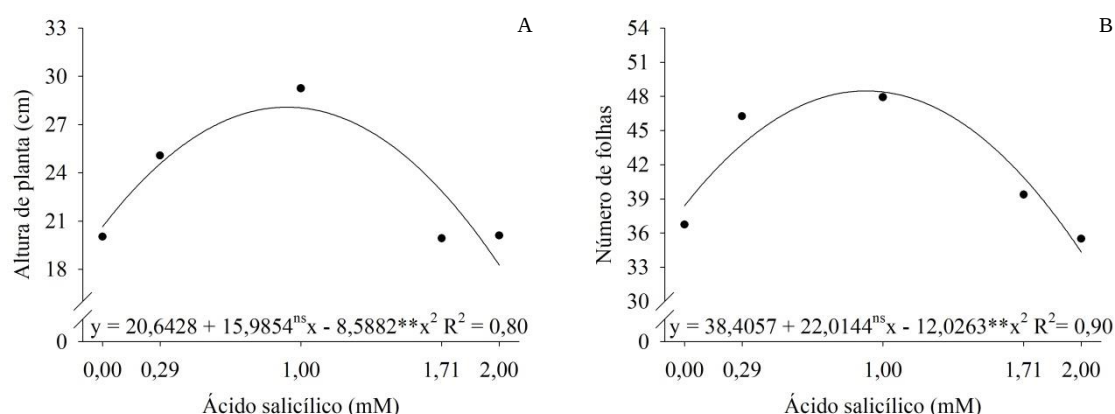
Figura 3. Massa seca da raiz (A), massa seca das folhas (B), massa seca do caule (C), massa seca da parte aérea (D) e massa seca total (E) de plantas de

Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze, submetidas a diferentes condutividades elétricas da água de irrigação

Já para as variáveis de massa seca das folhas, do caule e parte aérea o efeito do estresse salino sobre a produção de fitomassa foi ainda maior, ocorrendo decréscimos que atingiram 64, 60 e 61%, respectivamente (Figura 3B, 3C e 3D). Esta redução está relacionada aos danos promovidos pelo estresse salino, resultando na toxicidade de íons e na deficiência na absorção de nutrientes, resultando no desequilíbrio nutricional e consequentemente no crescimento e na capacidade de acúmulo de biomassa pela planta (TAIZ et al., 2017).

A massa seca total apresentou valores semelhantes as demais fitomassas, ocorrendo grandes perdas no acúmulo de biomassa com aumento da CEa, atingindo perdas de 57,8% nas plantas irrigadas com CEa mais elevada em comparação as plantas submetidas a menor CEa (Figura 3E). Esta redução foi constatada por outros autores em espécies medicinais, como Bione et al. (2014) em manjerição (*Ocimum basilicum* L.), Chrysargyris et al. (2016) em lavanda (*Lavandula angustifolia* L.), Khanam e Mohammad (2018) em hortelã-pimenta.

A aplicação de ácido salicílico (AS) promoveu efeito significativo isolado para as variáveis de altura de plantas, número de folhas, comprimento de raiz, relação entre a altura/diâmetro do caule e taxa de crescimento absoluto para a altura com os valores melhor se ajustando ao modelo quadrático (Figura 4).



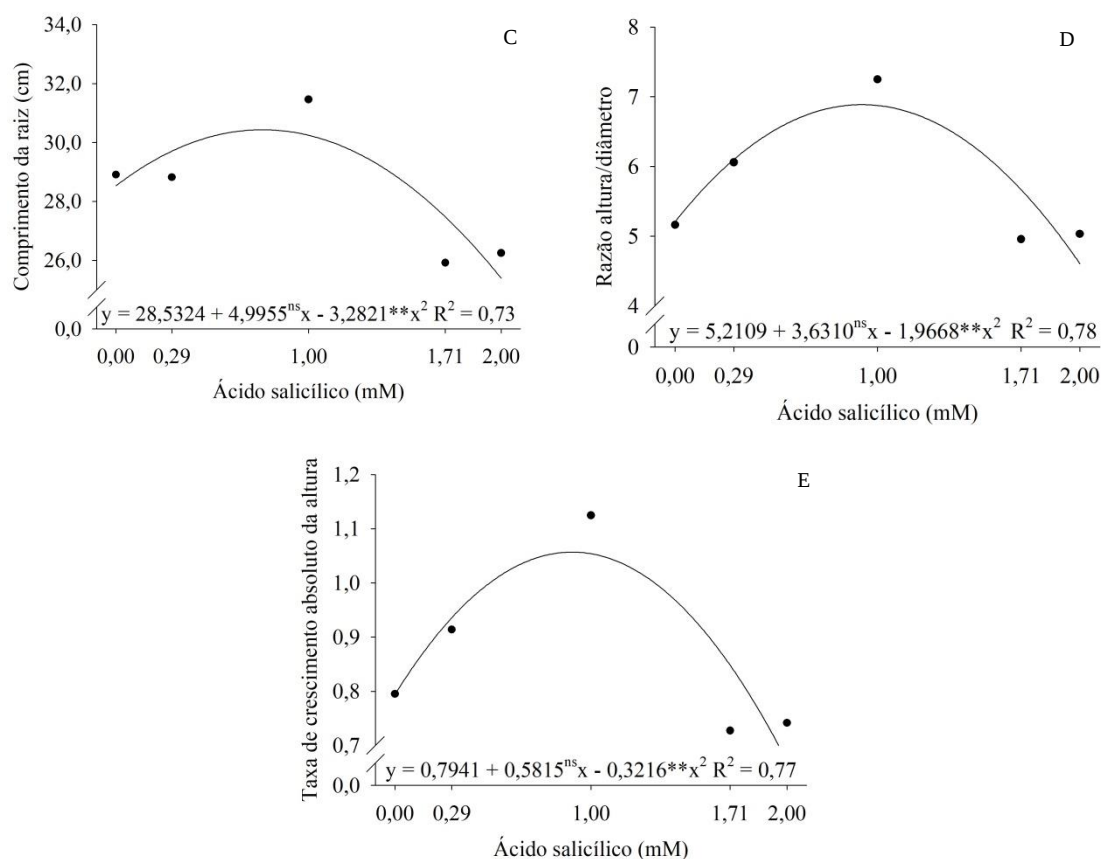


Figura 4. Altura de plantas (A), número de folhas (B), comprimento de raiz (C), relação entre a altura/diâmetro (D), taxa de crescimento relativo para a altura (E) e taxa e crescimento absoluto para altura (F) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento da semente com ácido salicílico

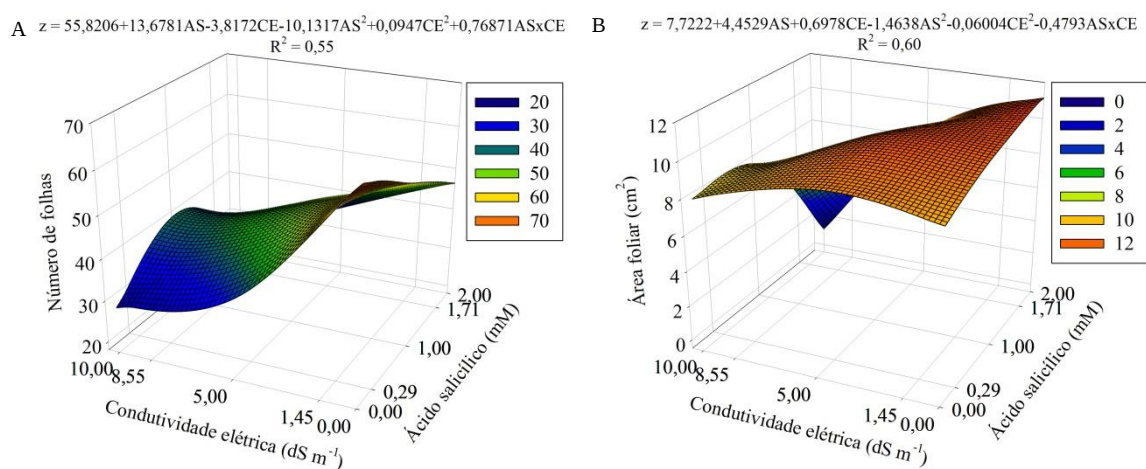
Para a altura de plantas constata-se que os melhores resultados foram na dose de 0,9 mM L⁻¹ com 28,1 cm, atingindo acréscimos de 36% ao comparar com as plantas o tratamento controle (Figura 4A). O número de folhas se mostrou semelhante à altura de plantas, ocorrendo o aumento na emissão de folhas nas plantas em que as sementes foram submetidas à dose de 0,9 mM L⁻¹ de AS com 48 folhas por planta (Figura 4B). Esse aumento ocorre em função do AS atuar na expansão e alongação celular, estando associado a regulação do ciclo celular e na composição da parede celular, promovendo alterações no crescimento vegetal (NAPOLEÃO et al., 2017).

O comprimento de raiz também foi estimulado pelo tratamento das sementes com o AS, ocorrendo o máximo incremento nas plantas submetidas à dose de 0,8 mM L⁻¹ com 30,4 cm, seguido por decréscimos à medida que se elevou a concentração de AS, com os menores valores na dose de 2,0 mM L⁻¹ com 25,3 cm, equivalente a 16%

(Figura 4C). Este efeito se deve ao fato do AS promover condições para que as raízes consigam absorver água e nutrientes mesmo em condições de estresse, possibilitando um maior crescimento radicular, como comprovado por Loria e Larqué-Saavedra (2012) em castanha-do-maí (*Brossimum alicastrum*) e por Silva et al. (2018) em manjeriço (*Ocimum basilicum* L.).

Assim como as variáveis anteriores, o modelo quadrático empregado na relação altura/diâmetro do caule e taxa de crescimento absoluto para a altura, mostra incremento máximo na dose de $0,9 \text{ mM L}^{-1}$ de AS com 6,88 e 1,05, respectivamente (Figura 4D e 4E). O AS atua regulando o ciclo celular e o metabolismo secundário vegetal, assim como o gasto de energia nas vias catalisadoras e nas taxas de assimilação dos compostos oriundos, acumulando-os principalmente na parte aérea da planta, possibilitando uma maior resistência a condições de estresses abióticos e favorecendo o crescimento (NAPOLEÃO et al., 2017).

A interação entre os fatores CEa e doses de ácido salicílico promoveu efeitos sobre o número de folhas, área foliar e nas taxas de crescimento relativo e absoluto para o diâmetro do caule das plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (Figura 5).



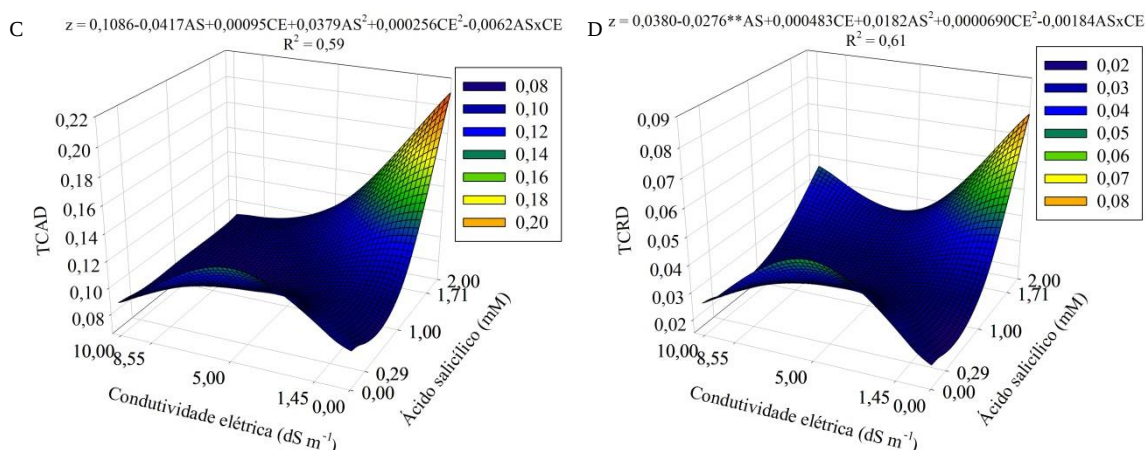


Figura 5. Número de folhas (A), área foliar (B), taxa de crescimento absoluto para o diâmetro do caule (C) e taxa de crescimento relativo para o diâmetro do caule (D) de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento da semente com ácido salicílico e diferentes condutividades elétricas da água de irrigação

O número de folhas se destacou nas plantas submetidas à dose de $0,67 \text{ mM L}^{-1}$ e irrigadas com a água de CE de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, com 60 folhas por planta (Figura 5A). Este aumento pode ser atribuído a ação do AS no aumento da produção e acúmulo nas folhas de solutos compatíveis, como carboidratos, compostos fenólicos e prolina e na redução de íons como o Na^+ e Cl^- (EL-ESAWI et al., 2017).

Para a área foliar foi observado o mesmo efeito obtido para a taxa de crescimento do caule, ocorrendo o máximo de incremento nas plantas em que as sementes foram tratadas com a dose de $2,0 \text{ mM L}^{-1}$ de AS e irrigadas com a água de CE de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, obtendo $14,77 \text{ cm}^2$ (Figura 5B). Este aumento na área foliar das plantas na dose máxima de AS testada, pode estar associada a sua capacidade de induzir a produção e o metabolismo de compostos orgânicos que atuam na defesa da planta, como a produção de carboidratos e prolina, prevenindo as perdas por estresse oxidativo e na manutenção do conteúdo de água nos tecidos da planta (MIMOUNI et al., 2016).

Para a taxa de crescimento absoluto do caule verificou-se que os maiores incrementos foram obtidos nas plantas submetidas ao tratamento das sementes na dose de $1,99 \text{ mM L}^{-1}$ de AS e irrigadas com a água de CE de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, com $0,18$, respectivamente (Figura 5C). Já a taxa de crescimento relativo os valores máximos foram obtidos na dose de $0,69 \text{ mM L}^{-1}$ e na salinidade de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ com $0,029$ (Figura 5D). Este comportamento indica a ação do AS no processo de divisão celular, possibilitando

maior crescimento da planta. Em condições de estresse o AS atua promovendo a proteção celular, favorecendo a proteção da integridade da membrana de DNA e RNA e atuando na sinalização contra condições de estresse, como o ajustamento osmótico e no controle da abertura estomática, permitindo que a planta consiga realizar seus processos vitais (FEITOSA et al., 2016).

O efeito da aplicação exógena de AS sobre o crescimento vegetal foi constatado por outros autores, como Fayez e Bazaid (2014) onde observaram que a aplicação de 50 μM de AS atenuou o efeito do estresse salino e promoveu aumento no crescimento de plantas de cevada (*Hordeum vulgare* L.). Nazar et al. (2015) constataram que a dose de 0,5 mM L^{-1} de AS mitigou o efeito do estresse salino, estimulando a fotossíntese, o crescimento e a produção de biomassa de plantas de mostarda (*Brassica juncea* L.). Sultan e Mohamed (2016) promoveram o aumento no crescimento de pepino (*Cucumis sativus* L.) tratando as sementes com 0,07 e 0,18 mM L^{-1} de AS. Já Silva et al. (2018) constataram que a aplicação de 1,0 mM L^{-1} de AS favoreceu o crescimento de plântulas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.).

CONCLUSÕES

A salinidade reduz consideravelmente o crescimento e a produção de biomassa de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze;

A aplicação de ácido salicílico estimula o número de folhas e o crescimento em altura e da raiz;

A dose de 0,9 mM de ácido salicílico atenua o efeito do estresse salino sobre as taxas de crescimento absoluto e relativo, número de folhas e área foliar de *M. suaveolens*.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.
- ARRUDA, M. V. M.; OLIVEIRA, F. F. M.; SAMPAIO, M. V.; FERNANDES, M. D. S. S.; DIAS, N. S.; ALBUQUERQUE, C. C.; FERNANDES, C. S. Influence of

nutrition and water stress in *Hyptis suaveolens*. **Industrial Crops and Products**, v. 125, n. 1, p. 511-519, 2018.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BEZERRA, I. L.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; BARBOSA, J. L. Physiological indices and growth of 'Paluma' guava under saline water irrigation and nitrogen fertigation. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 808-816, 2018.

BIONE, M. A. A.; PAZ, V. P. S.; SILVA, F.; RIBAS, R. F.; SOARES, T. M. Crescimento e produção de manjerição em sistema hidropônico NFT sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1228-1234, 2014.

CODY, R. **An Introduction to SAS University Edition**. SAS Institute, 2015.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

EL-ESAWI, M. A.; ELANSARY, H. O.; EL-SHANHOREY, N. A.; ABDEL-HAMID, A. M. E.; ALI, H. M.; ELSHIKH, M. S. Salicylic acid-regulated antioxidante mechanisms and gene expression enhance rosemary performance under saline conditions. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. 716, p. 1-14, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2011. (Documentos, 132).

FAYEZ, K. A.; BAZAID, S. A. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 1, p. 45-55, 2014.

FEITOSA, S. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, W. E.; BRITO NETO, J. F. Fisiologia do *Sesamum indicum* L. sob estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 711-723, 2016.

FIGUEIRÊDO, F. R. S. D. N.; BITU PRIMO, A. J.; MONTEIRO, A. B.; TINTINO, S. R.; DELMONDES, G. A.; SALES, V. S.; RODRIGUES, C. K. S.; FELIPE, C. F. B.; COUTINHO, H. D. M.; KERNTOPF, M. R. Avaliação da atividade moduladora e citotóxica do óleo essencial das folhas de *Hyptis martiusii* Benth. **Revista Ciencias de la Salud**, v. 16, n. 1, 49-58, 2018.

FREIRE, A. L. O.; SARAIRA, V. P.; MIRANDA, J. R. P.; BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 1133-1144, 2010. Suplemento 1.

GARCÍA-CAPARRÓS, P.; LLANDERLAL, A.; PESTNA, M.; CORREIA, P. J.; LAO, M. T. *Lavandula multifida* response to salinity: Growth, nutrient uptake, and physiological changes. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 180, n. 1, p. 96-104, 2017.

HERNÁNDEZ-RUIZ, J.; ARNAO, M. B. Relationship of melatonin and salicylic acid in biotic/abiotic plant stress responses. **Agronomy**, v. 8, n. 4, p. 33-49, 2018.

KHANAM, D.; MOHAMMAD, F. Plant growth regulators ameliorate the ill effect of salt stress through improved growth, photosynthesis, antioxidant system, yield and quality attributes in *Mentha piperita* L. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 40, n. 11, p. 188, 2018.

LIMA, A. D.; BEZERRA, F.M. S.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, C. H. C.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, A. M. E. Response of four woody species to salinity and water deficit in initial growth phase. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 11, p. 753-757, 2018.

LORÍA, L. G. R.; LARQUÉ-SAAVEDRA, A. The effect of salicylic acid on the growth of seedling roots of *Brosimum alicastrum*, a perennial tree from the Mexican tropics which produces recalcitrant seeds. **SYLWAN**, v. 158, n. 6, p. 338–346, 2012.

MATEUS, N. B.; BARBIN, D.; CONAGIN, A. Viabilidade de uso do delineamento composto central. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1537-1546, 2001.

MESQUITA, S. B. S.; SILVA, J. A.; COSTA, R. S.; SANTOS, M. W. N.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E. Gas exchange and growth of medicinal plant subjected to salinity and application of biofertilizers. **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 2520-2527, 2014.

MIMOUNI, H.; WASTI, S.; MANAA, A.; GHARBI, E.; CHALH, A.; VANDORNE, B.; LUTTS, S.; AHMED, H. B. Does salicylic acid (SA) improve tolerance to salt stress in plants? A study of SA effects on tomato plant growth, water dynamics, photosynthesis, and biochemical parameters. **OMICS: Journal of Integrative Biology**, v. 20, n. 3, 180-190, 2016.

NAPOLÃO, T. A.; SOARES, G.; VITAL, C. E.; BASTOS, C.; CASTRO, R.; LOUREIRO, M. E.; GIORDANO, A. Methyl jasmonate and salicylic acid are able to

modify cell wall but only salicylic acid alters biomass digestibility in the model grass *Brachypodium distachyon*. **Plant Science**, v. 263, p. 46-54, 2017.

NAZAR, R.; UMAR, S.; KHAM, N. A. Exogenous salicylic acid improves photosynthesis and growth through increase in ascorbateglutathione metabolism and S assimilation in mustard under salt stress. **Plant Signaling & Behavior**, v. 10, n. 3, e1003751, 2015.

NÓBREGA, J. S.; LOPES, K. P.; SANTOS, J. B.; PAIVA, F. J. S.; SILVA, J. G.; LIMA, G. S. Quality of sesame seeds produced under soil salinity levels. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 280-286, 2018.

OLIVEIRA, F. A.; GUEDES, R. A. A.; GOMES, L. P.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental e Agrícola**, v. 19, n. 3, p. 204-210, 2015.

SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S.; SILVA, P. F.; PINHEIRO, M. P. M. A.; SANTOS, J. C. Crescimento e fitomassa da beterraba sob irrigação suplementar com água de diferentes concentrações salinas. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 509-516, 2016.

SCHOSSLER, T. R.; MACHADO, D. M.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R. de; PIAUILINO, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1563- 1578, 2012.

SHARMA, M.; GUPTA, S. K.; MAJUMDER, B.; MAURYA, V. K.; DEEBA, F.; ALAM, A.; PANDEY, V. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. **Journal of Proteomics**, v. 163, p. 28-51, 2017.

SILVA, A. O.; KLAR, A. E.; SILVA, E. F. F.; TANAKA, A. A.; JUNIOR, J. F. S. Relações hídricas em cultivares de beterraba em diferentes níveis de salinidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1143-1151, 2013.

SILVA, T. I.; NÓBREGA, J. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; SOUSA, L. V.; RIBEIRO, J. E. S.; BRUNO, R. L. A.; DIAS, T. J.; ALBUQUERQUE, M. B. *Ocimum basilicum* L. seeds quality as submitted to saline stress and salicylic acid. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 159-166, 2018.

SULTAN, S. M. E.; MOHAMED, M. F. Growth and yield of cucumber plants derived from seeds pretreated with salicylic acid. **Journal Boil Chemistry Enviromental Sciences**, v. 11, n. 1, p. 541-561, 2016.

VERAS, M. L. M.; MELO FILHO, J. S.; ALVES, L. S.; SILVA, K. B.; MESQUITA, E. F.; ANDRADE, R.; BELARMINO, K. S.; SOUZA, M. A.; RIBEIRO, D. V.; GONÇALVES NETO, A. C.; SILVA, U. L.; SILVA, J. S.; LINHARES, S. F. Morphophysiology of peppermint irrigated with salt water and bovine biofertilizer. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 23, p. 1314-1323, 2017.

CAPÍTULO III

FISIOLOGIA DE *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE ÁCIDO SALICÍLICO COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO

RESUMO: A alfazema brava é uma espécie bastante difundida no Nordeste brasileiro, apresentando potencial fitoterápico e aromático. No entanto, a escassez hídrica e o elevado teor de sais contidos no solo e na água de irrigação da região semiárida podem promover sérios danos nos processos fisiológicos da planta. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do tratamento de sementes com ácido salicílico como atenuante do estresse salino sob a fisiologia de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial incompleto 5 x 5, com cinco condutividades elétricas da água de irrigação (CEa= 0,00; 1,45; 5,00; 8,55 e 10,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (AS= 0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM L⁻¹), com quatro repetições de duas plantas por parcela, totalizando em 9 combinações geradas através da matriz Composto Central de Box. Foram avaliadas as trocas gasosas, fluorescências e índices de clorofilas aos 45 dias após a irrigação com água salina. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão nos casos de significância. A aplicação do ácido salicílico não promoveu efeito atenuante sobre os danos promovidos pelo estresse salino. O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduz significativamente as trocas gasosas, fluorescências e os índices de clorofila nas plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

PALAVRAS-CHAVE: Espécie medicinal; salinidade; tratamento de sementes; trocas gasosas

PHYSIOLOGY OF *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze SUBMITTED TO THE APPLICATION OF SALICYLIC ACID AS ATENUANT TO SALT STRESS

ABSTRACT: Lavender brava is a fairly widespread species in the Brazilian Northeast, presenting phytotherapeutic and aromatic potential. However, the water scarcity and high content of salts contained in the soil and irrigation water of the semi-arid region can cause serious damage to the physiological processes of the plant. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of seed treatment with salicylic acid as an attenuator of saline stress under the physiology of plants *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. The experiment was conducted in a randomized complete block design

with 5 x 5 incomplete factorial design, with five electrical conductivities of the irrigation water ($EC_w = 0.00, 1.45, 5.00, 8.55$ and 10.0 dS m^{-1}) and five doses of salicylic acid ($SA = 0.0, 0.29, 1.0, 1.71$ and 2.0 mM L^{-1}), with four replicates of two plants per plot, totaling in 9 combinations generated through the matrix Box Central Compound. Were evaluated gas exchange, fluorescence and indices chlorophyll at 45 days after irrigation with saline water. Data were submitted to analysis of variance and regression in cases of significance. The application of salicylic acid did not promote an attenuating effect on the damages caused by saline stress. Increasing electrical conductivity of irrigation water significantly reduced gaseous exchange, fluorescence and chlorophyll indices in plants of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

KEY WORDS: Medicinal species; salinity; seed treatment; gas exchange

INTRODUÇÃO

Mesosphaerum suaveolens (L.) Kuntze é uma espécie pertencente à família Lamiaceae e vulgarmente conhecida como alfazema brava, bamburra, erva de canudo e tapera velha. Originária das Américas, distribuída em regiões de clima tropical e subtropical e encontrada facilmente em solos degradados pela ação antrópica e adaptada às condições de semiárido (BARBOSA et al., 2015).

É uma espécie utilizada na medicina tradicional da região, apresentando propriedades medicinais e aromáticas, sendo o óleo essencial rico em substâncias que possuem atividade antifúngica, antibacteriana, anticancerígena, antisséptica, inseticida e parricida (MOREIRA et al., 2010; ALVES et al., 2017a; SILVA et al., 2017; ARRUDA et al., 2018).

Sua exploração pode ser afetada por condições do ambiente, como o estresse salino promovido pelos elevados teores de sais contidos no solo e na água utilizada na irrigação na região Nordeste. Plantas submetidas a tais condições tendem a sofrer modificações em diversos processos fisiológicos, bioquímicos, morfológicos e moleculares, promovendo alterações na biossíntese de pigmentos fotossintetizantes e no potencial hídrico foliar (SILVA et al., 2016).

Dentre os processos fisiológicos afetados pelo estresse salino, destaca-se o efeito sobre as trocas gasosas, as quais são reguladas pela abertura e fechamento dos

estômatos, podendo reduzir o uso da água e as taxas de assimilação de CO₂, resultando em reduções no acúmulo de biomassa pela planta (LEITE et al., 2017).

Assim, é necessária a adoção de medidas que mitiguem os danos promovidos pelo estresse salino, dentre essas medidas o uso de reguladores de crescimento vem ganhando destaque, tais com o ácido salicílico, um composto fenólico que atua na regulação de diversos processos, como na ativação e expressão de genes que atuam nos mecanismos de defesa do vegetal e no processo de fotossíntese e de genes e proteínas envolvidas na homeostase e no acúmulo de espécies reativas de oxigênio no apoplasto de plantas sob estresse salino, reduzindo o efeito promovido pelo excesso de sais (MAZARO et al., 2015; SHARMA et al., 2017; CSISZÁR et al., 2018).

Apesar de apresentar grande potencial de exploração pouco se sabe sobre o comportamento fisiológico desta espécie sob condições de estresse salino. Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito do tratamento de sementes com ácido salicílico como atenuante do estresse salino em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação pertencente ao departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), Campus II Areia, Paraíba.

As sementes de alfazema utilizadas foram obtidas de plantas nativas situadas na zona rural do assentamento Novo Horizonte, pertencente ao município de Várzea - PB. O experimento foi conduzido em sacos de polietileno com capacidade de 1,2 dm³, onde foram semeadas 10 sementes por saco, realizando-se o desbaste após o estabelecimento da emergência, em torno de 10 dias após a semeadura, deixando apenas uma planta por recipiente.

Os recipientes foram preenchidos com substrato formulado a partir da mistura de solo de barranco, areia lavada e esterco bovino curtido na proporção de 3:1:1, possuindo a constituição química apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do substrato utilizado no experimento

pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	M.O
	-- mg kg ⁻³ --			----- cmol _c dm ⁻³ -----						g kg ⁻¹

7,8	85,5	693,6	0,23	0,0	0,0	2,9	1,59	6,5	6,5	22,2
-----	------	-------	------	-----	-----	-----	------	-----	-----	------

SB= saturação por bases; CTC= capacidade de troca de cátions; M.O= matéria orgânica

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial incompleto 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividades elétricas da água de irrigação (CEa: 0,5; 1,45; 5,0; 8,55 e 10,0 dS m⁻¹) e cinco doses de ácido salicílico (0,0; 0,29; 1,0; 1,71 e 2,0 mM) com quatro repetições e duas plantas por parcela, geradas a partir da matriz experimental Composto Central de Box (MATEUS et al., 2001).

As soluções salinas foram preparadas adicionando-se o cloreto de sódio (NaCl) a água do sistema de abastecimento (CEa= 0,5 dS m⁻¹), nas proporções requeridas, sendo os valores mensurados com o auxílio de condutivímetro portátil modelo microprocessado Instrutherm[®] (modelo CD-860). Sendo a irrigação feita diariamente, com a quantidade de água aplicada por meio da lisimetria de pesagem (ALVES et al., 2017b). A aplicação das águas com as diferentes condutividades se deu aos 15 dias após a semeadura.

As doses de ácido salicílico foram preparadas diluindo-as em 200 mL de água destilada e as sementes foram colocadas para embeber por um período de 8 horas em recipientes plásticos, mantidos a temperatura e umidade relativa ambiente. Em seguida, as sementes foram lavadas com água destilada para retirada do excesso do ácido e realizado o semeio.

As avaliações foram realizadas aos 45 dias após o início da irrigação com águas salinas. A determinação das trocas gasosas foi realizada utilizando o analisador de gás no infravermelho - IRGA (modelo LI-6400xt, LI-COR[®], Nebraska, USA) com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹ e fonte de luz acoplada de 1000 µmol m⁻² s⁻¹, sendo as medições aferidas entre o período das 9:00 e 10:00 horas da manhã. Foram estimadas as variáveis de taxa de assimilação líquida do CO₂ (A - µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs - mol m⁻² s⁻¹), concentração de CO₂ nos espaços intercelulares (Ci - µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), transpiração (E - mmol H₂O m⁻² s⁻¹), eficiência no uso da água (EUA – A/E), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA = A/gs) eficiência intrínseca de carboxilação (EiC = A/Ci) e a temperatura foliar (TF).

A avaliação das variáveis de fluorescência da clorofila foi realizada com o auxílio de um fluorômetro modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson, USA). Foram colocadas pinças foliares durante 30 minutos antes das leituras para adaptação das folhas ao escuro, sendo mensuradas a fluorescência inicial (F₀), fluorescência

máxima (F_m), fluorescência variável ($F_v = F_m - F_0$), a razão F_v/F_0 e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m). Já a determinação dos índices de clorofila a, b e total foi realizada pelo método não destrutivo, utilizando-se clorofilômetro portátil (ClorofiLOG[®], modelo CFL 1030, Porto Alegre, RS), sendo os valores dimensionados em índice de clorofila Falker (ICF).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, aplicando-se a análise de regressão polinomial nos casos de significância. O programa estatístico utilizado para obtenção dos dados foi o SAS University (CODY, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados obtidos, constatou-se que não ocorreu efeito significativo para a interação entre as diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e as doses de ácido salicílico. A salinidade promoveu efeitos sobre todos os parâmetros fisiológicos avaliados, com exceção da fluorescência inicial (F_0). Com relação à condutância estomática houve comportamento linear decrescente, com os maiores resultados obtidos nas plantas produzidas na CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ com $0,1363 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, culminando com severa redução a partir do momento em que houve a elevação da salinidade da água, atingindo decréscimos de 83% ao comparar os valores da menor e maior CEa (Figura 1A).

A ocorrência desse efeito é comum em plantas submetidas a elevados níveis de estresse salino, em virtude do elevado teor de sais limitar a disponibilidade hídrica para a planta. Assim, o aumento da CEa tende a diminuir o potencial osmótico do solo e promover toxidez iônica nas raízes, resultando na redução da condutância estomática (LEITE et al., 2017).

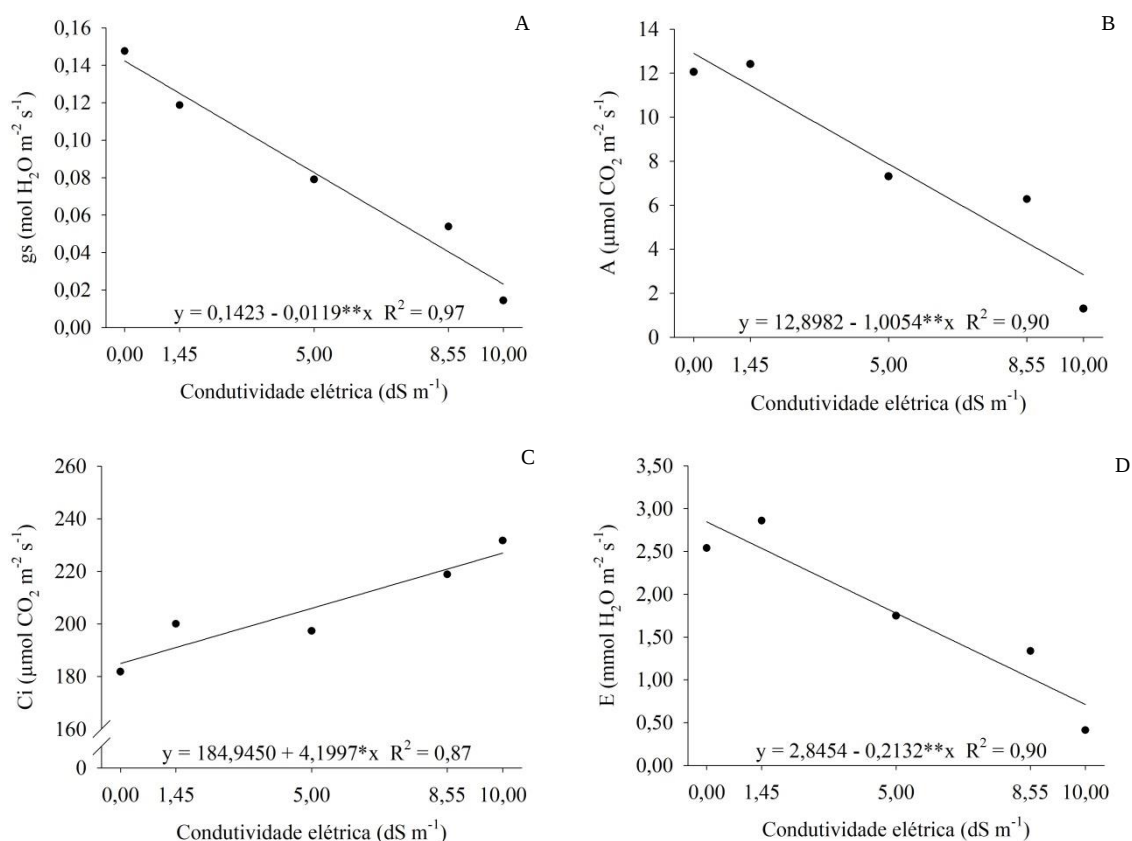


Figura 1. Condutância estomática – gs (A), taxa de assimilação de CO₂ – A (B), concentração interna de CO₂ – Ci (C) e transpiração – E (D) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação

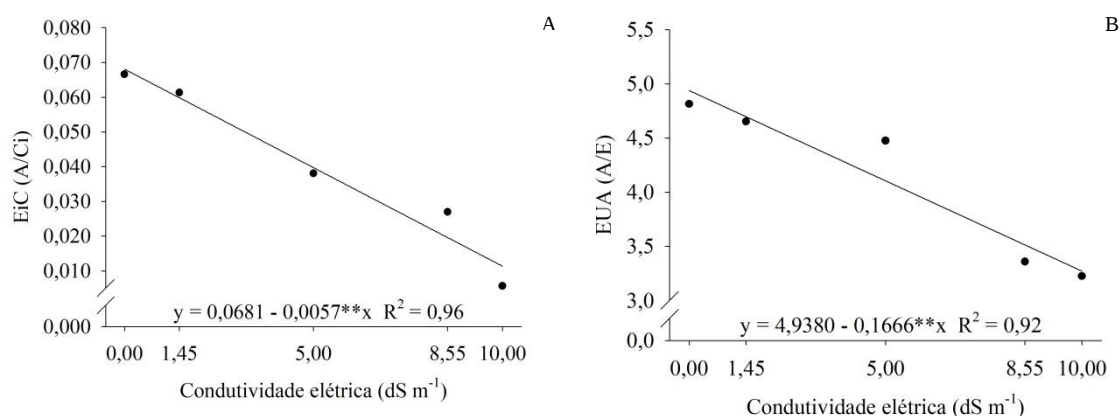
De maneira semelhante à taxa de assimilação de CO₂ comportou-se, com as maiores médias nas plantas submetidas à CEa de 0,5 dS m⁻¹ com 12,39 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, seguido por severas reduções (77%) com o aumento da CEa, ao comparar com os resultados das plantas submetidas a maior condutividade (Figura 1B). Essa redução pode estar associada à diminuição da condutância estomática, resultando em alterações no influxo de CO₂, e consequentemente reduzindo a taxa de assimilação de CO₂, como observado em tomate por Tatagiba et al. (2014), mamona por Lima et al. (2017) e em goiaba por Bezerra et al. (2018).

Já com a concentração interna de CO₂ verificou-se efeito inverso à condutância estomática e a taxa de assimilação de CO₂, com os valores se ajustando ao modelo linear crescente, com as maiores nas plantas submetidas à CEa máxima testada (10 dS

m^{-1}), com $226,94 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 1C). Este efeito pode ter ocorrido em função de danos no aparelho fotossintético, afetando a atividade da Rubisco e impedindo a síntese de CO_2 , reduzindo a carboxilação. Assim, o carbono encontra-se dentro da cavidade subestomática disponível para a fotossíntese, mas não consegue ser sintetizado durante a fase de carboxilação (MORAIS et al., 2018).

A transpiração foi outra variável severamente afetada pela CEa, onde as maiores taxas foram observadas na salinidade de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ com $2,74 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, atingindo uma superioridade de 74% ao ser comparada com as plantas submetidas a maior CEa (Figura 1D). Essa redução na transpiração é um mecanismo desenvolvido a partir do fechamento dos estômatos para evitar a excessiva perda de água, estimulado pela alta concentração de sais na zona radicular (SILVA et al., 2018).

A eficiência intrínseca de carboxilação (EiC), apresentou valores que se ajustaram ao modelo linear decrescente, com redução de 83% ao comparar as médias obtidas entre a maior CEa de 10 dS m^{-1} e menor de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Figura 2A). A ocorrência desse efeito está associada à eficiência do aparelho fotossintético, onde à medida que se elevou a CEa reduziu a condutância estomática, promovendo decréscimos nas taxas fotossintéticas. Com isso, a baixa atividade e o fornecimento de energia nas formas de ATP e NADPH para a Rubisco, associadas à baixa disponibilidade de CO_2 , resulta em baixa eficiência na carboxilação, e consequentemente, limita o processo fotossintético (SILVA et al., 2015).



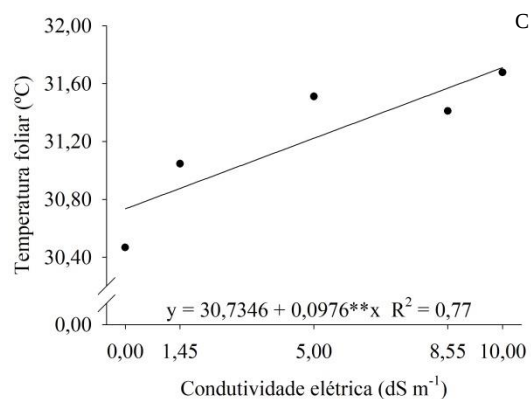


Figura 2. Eficiência intrínseca de carboxilação - EiC (A), eficiência no uso da água - EUA (B) e temperatura foliar - TF (C) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação

Os resultados referentes à eficiência do uso da água (EUA) apresentaram mesma tendência da EiC, com os maiores valores obtidos nas plantas submetidas a CEa de 0,5 dS m⁻¹, ocorrendo decréscimos à medida que elevou a salinidade, atingindo perdas na eficiência de 33% (Figura 2B). O baixo consumo de água apresentado pela redução na EUA pode ser um mecanismo desenvolvido pela planta para diminuir o efeito do estresse salino, uma vez que a redução no consumo implica em menor absorção de íons específicos, podendo relacionar-se a exclusão de íons tóxicos por meio das raízes (TAIZ et al., 2017).

Por outro lado, os dados da temperatura foliar apresentaram valores que melhor se ajustaram ao efeito quadrático, ocorrendo o máximo incremento na CEa de 10 dS m⁻¹ com 31,7°C (Figura 2C). Esse comportamento apresentado pode estar atrelado à redução na abertura estomática e na transpiração, onde a redução nas trocas de gases da planta com o ambiente pode aumentar a temperatura foliar. Tais características associadas à baixa disponibilidade hídrica em função da diminuição do potencial osmótico resultam no aumento da temperatura, como constatado por Silva et al., (2015) em plantas de berinjela sob condições de deficiência hídrica, constataram prejuízos na assimilação de CO₂, afetando a atividade da Rubisco, resultando em perdas nas taxas fotossintéticas promovidas estresse térmico.

As fluorescências variável e máxima se mostraram semelhantes, com os valores se ajustando ao efeito linear decrescente à medida que se elevou a CEa, com as maiores médias no nível salino de 0,5 dS m⁻¹, com 649,64 e 790,41 elétrons quantum⁻¹,

respectivamente (Figura 3A e 3B). O aumento da CEa promoveu severas reduções, atingindo 61% e 50% ao comparar os resultados da menor com a maior salinidade (10 dS m⁻¹). Esse efeito demonstra que o elevado conteúdo de sais causa danos severos no aparelho fotossintético, corroborando com a resposta da taxa de assimilação de CO₂. Estes resultados são indicativos de que as plantas promovem o desaceleramento do processo fotossintético, como um mecanismo para atenuar os efeitos tóxicos promovidos pelo estresse salino (SILVA et al., 2014).

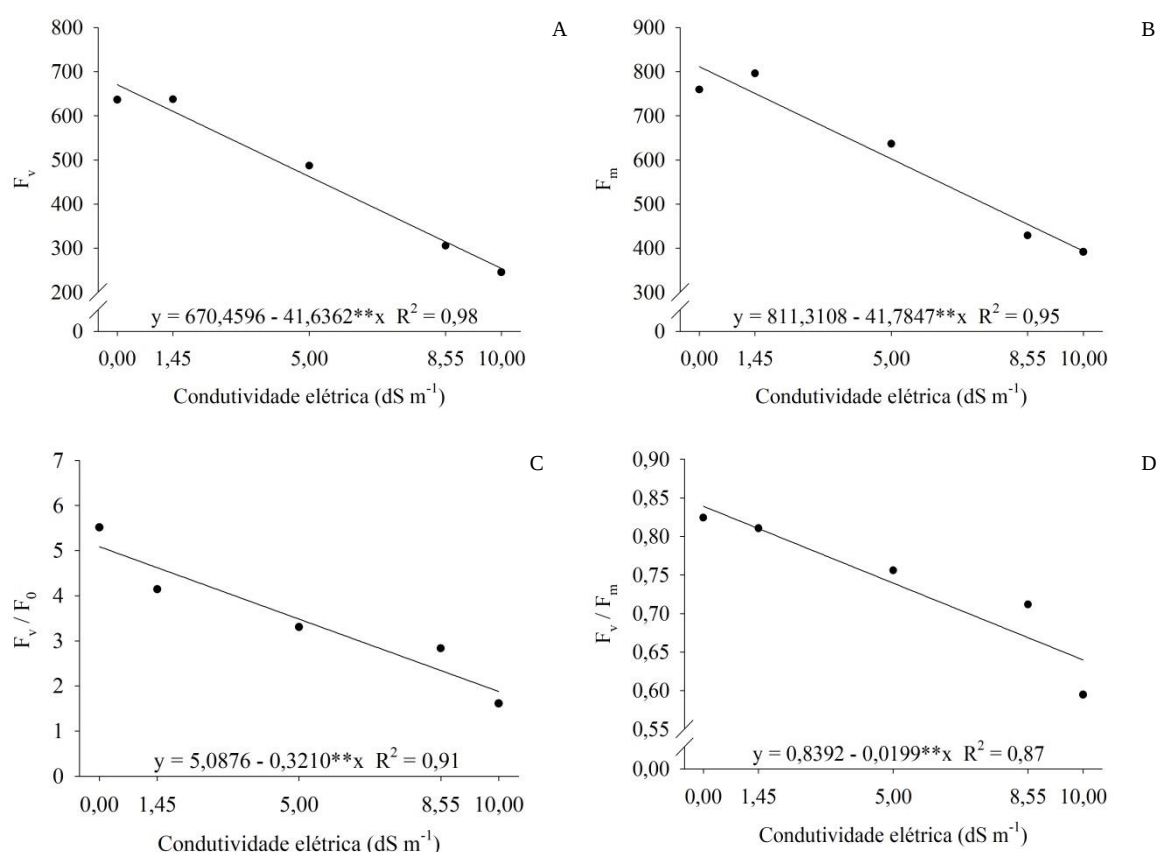


Figura 3. Fluorescência variável - F_v (A), fluorescência máxima - F_m (B), razão entre a fluorescência máxima e inicial - F_v/F_0 (C) e rendimento quântico do fotossistema II - F_v/F_m (D) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação

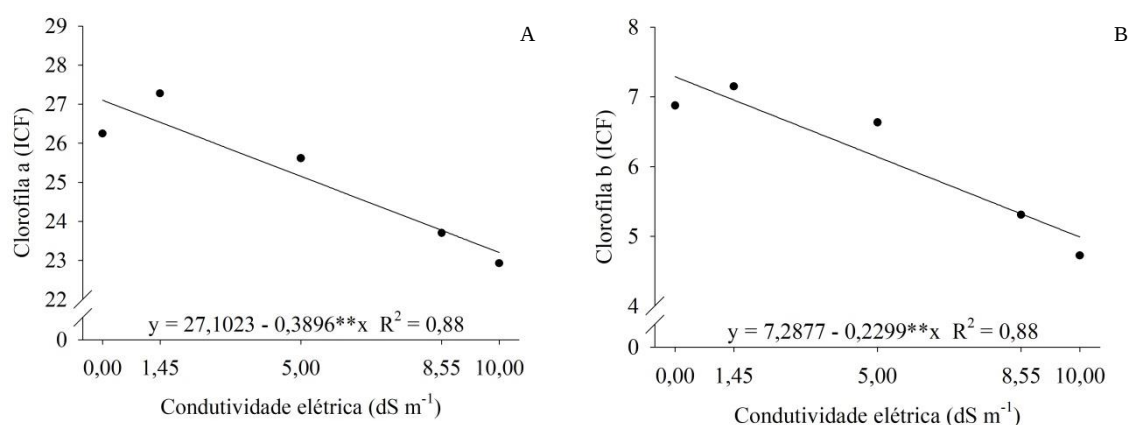
Igualmente a F_v e F_m se comportou a razão entre a fluorescência máxima e inicial (F_v/F_0), onde as plantas irrigadas com a água de CE de 0,5 dS m⁻¹ apresentaram os maiores valores (4,94 elétrons quantum⁻¹) seguido de elevados decréscimos com o aumento da CEa, chegando a serem observadas redução de 62% na salinidade de 10 dS m⁻¹ (Figura 3C). Esse decréscimo com a elevação da CEa indica que o estresse salino

promove grandes danos ao aparelho fotossintético e a eficiência de carboxilação de CO_2 . Associado ao efeito negativo promovido pelo excesso de sais à clorofila a e sobre a síntese de ATP e NADPH, resultam em baixo rendimento e eficiência fotossintética (DIAS et al., 2018).

O rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) de maneira semelhante apresentou resultados que se ajustaram ao modelo linear decrescente, com perdas que atingiram 23% ao comparar os valores das plantas submetidas a menor e maior CEa, evidenciando os danos promovidos pelo estresse salino (Figura 3D). Redução no rendimento quântico do fotossistema II é um indicativo de danos ao aparato fotossintético, onde a salinidade pode atuar inibindo a quebra de moléculas de água necessárias a fase química do processo, atuando diretamente sobre o fotossistema II (OLIVEIRA et al., 2018).

Na Figura 4 estão apresentados os teores de clorofila a, b e total, onde se observa que as variáveis se mostraram semelhantes, com grandes decréscimos nos teores. Para a clorofila a, constatou-se que a CEa de 10 dS m^{-1} reduziu os teores em 14% ao comparar com CEa de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 4A). Este efeito foi ainda mais severo nos teores de clorofila b, onde ao se comparar os valores da maior e menor CEa, obteve-se decréscimos de 30% (Figura 4B). Do mesmo modo o teor de clorofila total, com a CEa de 10 dS m^{-1} promovendo redução de 24% (Figura 4C).

Essa severa redução nos teores clorofila nas plantas está associada ao elevado conteúdo de sais, os quais ao se acumularem no tecido foliar em concentrações acima do tolerado pela planta, estimula a atividade da enzima clorofilase, promovendo a degradação das clorofilas e cloroplastos, resultando em perdas na atividade fotossintética da planta e de proteínas de pigmentação (MUNNS; TESTER, 2008).



C

D

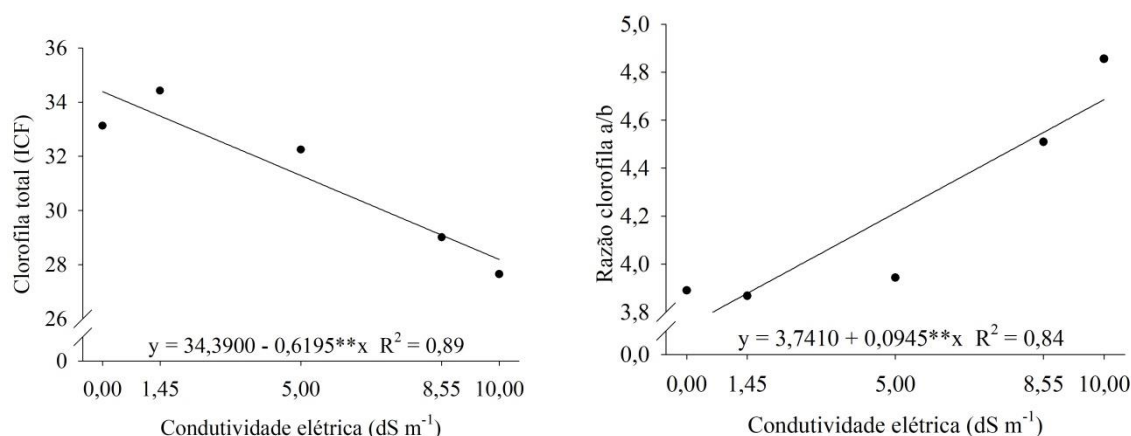


Figura 4. Teores de clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e razão entre a clorofila a e b (D) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas a diferentes salinidades da água de irrigação

A razão entre a clorofila a/b apresentou crescimento linear e, portanto, contrário aos teores de clorofila, com o máximo incremento nas plantas sob a CEa de 10 dS m⁻¹, atingindo um aumento na razão de 27% ao comparar os valores da maior e menor CEa (Figura 4D). Este resultado mostra que as plantas submetidas a elevadas concentrações de sais tende a reduzir a atividade da clorofila b, promovendo uma maior captação de energia pela clorofila a. Segundo García-Valenzuela et al. (2005) este efeito pode estar associado a um mecanismo de defesa desenvolvido pela planta para suportar os efeitos do estresse salino, a partir do aumento do número e no desenvolvimento dos cloroplastos e no número de tilacóides, culminando na ativação de um mecanismo de proteção ao sistema fotossintético da planta.

O ácido salicílico não exerceu influencia significativa sobre as trocas gasosas, contudo, seus valores médios são mostrados na Tabela 2. Para a taxa de assimilação de CO₂ (A), as maiores médias foram registradas nas plantas submetidas à dose de 1,71 mM L⁻¹. Já as variáveis de condutância estomática (gs), concentração interna de CO₂ (Ci) e transpiração (E) apresentaram valores superiores na dose de 0,29 mM L⁻¹. Enquanto que a temperatura foliar (TF) se mostrou superior na dose de 1,0 mM L⁻¹.

Tabela 2. Taxa de assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), temperatura foliar (TF), eficiência intrínseca no uso da água (EiUA), eficiência no uso da água (EUA), eficiência intrínseca de carboxilação (EiC) em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento de sementes com ácido salicílico.

AS	A	gs	Ci	E	TF	EiUA	EUA	EiC
0,00	8,384	0,102	191,192	2,080	31,416	109,211	4,463	0,041
0,29	8,567	0,106	223,126	2,166	30,725	88,918	3,917	0,039
1,00	6,601	0,069	204,855	1,553	31,489	103,023	4,055	0,035
1,71	10,121	0,096	197,743	2,031	30,953	103,801	4,494	0,049
2,00	7,102	0,062	169,756	1,460	31,472	124,687	4,837	0,040

Para as variáveis de eficiência intrínseca no uso da água (EiUA), eficiência no uso da água (EUA) as maiores médias foram obtidas nas plantas submetidas a dose de máxima de AS testada (2,0 mM L⁻¹). Já para a eficiência no uso da água (EUA) foram obtidas maiores médias na dose de 1,71 mM L⁻¹.

Para a fluorescência inicial (F₀) foi observado que as maiores médias ocorreram nas plantas que não receberam a aplicação de AS. Já os valores para a fluorescência variável (F_v), fluorescência máxima (F_m) e o rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m) foram obtidos os maiores incrementos nas plantas submetidas a dose de 1,71 mM L⁻¹. Enquanto que para a razão entre a fluorescência máxima e inicial (F_v/F₀) apresentou os maiores valores foram no tratamento de 0,29 mM de AS (Tabela 3).

Tabela 3. Fluorescência inicial (F₀) fluorescência variável (F_v), fluorescência máxima (F_m), razão entre a fluorescência máxima e inicial (F_v/F₀) e rendimento quântico do fotossistema II (F_v/F_m), clorofila a (C_{loa}), clorofila b (C_{lob}), clorofila total (C_{lot}) e razão entre a clorofila a e b (C_{loa}/b) em plantas *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze, submetidas ao tratamento de sementes com ácido salicílico.

AS	F ₀	F _m	F _v	F _v /F _m	F _v /F ₀	C _{loa}	C _{lob}	C _{lot}	C _{loa} /b
0,00	154,750	622,000	467,250	0,737	2,946	26,900	7,425	34,325	3,696
0,29	136,500	583,250	446,750	0,767	3,384	25,963	6,225	32,188	4,212
1,00	141,667	607,167	465,500	0,730	3,531	24,400	5,925	30,325	4,213
1,71	145,208	641,269	496,060	0,756	3,594	25,017	6,233	31,250	4,165
2,00	138,750	617,250	478,500	0,762	3,509	25,925	6,300	32,225	4,241

Para os teores de clorofila a (c_{loa}), clorofila b (C_{lob}) e clorofila total (C_{lot}) os maiores valores foram obtidos nas plantas que não receberam a aplicação de ácido salicílico. Já a razão entre a clorofila a e b (C_{loa}/b) apresentou maiores médias nas plantas em que foi aplicado a dose de 2,0 mM de AS.

A não ocorrência de efeito significativo sobre a fisiologia de alfazema brava pode estar associada a fatores genéticos da espécie, o que pode ser observado em outros trabalhos. Conforme os resultados obtidos por Feitosa et al. (2016), em plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob estresse hídrico não observaram efeito sobre a assimilação de CO₂, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e transpiração. Do mesmo modo que Martel e Qaderi et al. (2016) em plantas de ervilha (*Pisum sativum* L.) que também não observaram efeito da aplicação de AS sobre as trocas gasosas e fluorescência em plantas sob condições de estresse.

Já Khan et al. (2014) constataram em plantas de feijão-mungo (*Vigna radiata* L.) sob estresse salino que a assimilação de CO₂, condutância estomática e concentração interna de CO₂ tiveram aumento com aplicação de 17,9; 19,2 e 23,5% ao usarem 0,5 mM L⁻¹ de ácido salicílico. Enquanto Fariduddin et al. (2017) observaram que a aplicação de AS em plantas de tomate (*Lycopersicum esculentum* L.) promoveu aumentos de 45% na fotossíntese, 29% na condutância estomática, 39% na concentração interna de CO₂ e 42% na transpiração sob estresse salino.

CONCLUSÕES

A aplicação de ácido salicílico não promove efeitos sobre a fisiologia de plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

As crescentes condutividades elétricas da água de irrigação afetam severamente as trocas gasosas, fluorescências e os índices de clorofila das plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. J. L.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; BRANQUINHO, N. A. A. Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 19, n. 2, p. 168-176, 2017a.
- ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017b.

ARRUDA, M. V. M.; OLIVEIRA, F. F. M.; SAMPAIO, M. V.; FERNANDES, M. D. S. S.; DIAS, N. S.; ALBUQUERQUE, C. C.; FERNANDES, C. S. Influence of nutrition and water stress in *Hyptis suaveolens*. **Industrial Crops and Products**, v. 125, n. 1, p. 511-519, 2018.

BARBOSA, E. C.; CARRIM, A. J. I.; OLIVEIRA, B. F. R.; RIBERO, I. D. A.; VIEIRA, J. D. G. Isolamento, identificação e avaliação das atividades enzimática e antibacteriana de micro-organismos endofíticos de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 3036-3055, 2015.

BEZERRA, I. L.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; SANTOS, J. B.; FERNANDES, P. D. Interaction between soil salinity and nitrogen on growth and gaseous exchanges in guava. **Ambiente & Água**, v. 13, n. 3, p. 1-12, 2018.

CODY, R. **An Introduction to SAS University Edition**. SAS Institute, 2015.

CSISZÁR, J.; BRUNNER, S.; HORVÁTH, E.; BELA, K.; KÖDMÖN, P.; RIYAZUDDIN, R. GALLÉ, A.; HURTON, A.; PAPDI, C.; SZABADDOS, L.; TARI, I. Exogenously applied salicylic acid maintains redox homeostasis in salt-stressed *Arabidopsis* gr1 mutants expressing cytosolic roGFP1. **Plant Growth Regulation**, p. 1-14, 2018.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 9, p. 628-633, 2018.

FARIDUDDIN, Q.; KHAN, T. A.; YUSUF, M.; AAFAQEE, S. T.; KHALIL, R. R. A. E. Ameliorative role of salicylic acid and spermidine in the presence of excess salt in *Lycopersicon esculentum*. **Photosynthetica**, v. 55, n. 3, p. 750-762, 2017.

FEITOSA, S. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; OLIVEIRA, A. P.; PEREIRA, W. E.; BRITO NETO, J. F. Fisiologia do *Sesamum indicum* L. sob estresse hídrico e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 711-723, 2016.

GARCÍA-VALENZUELA, X.; GARCÍA-MOYA, E.; RASCÓN-CRUZ, Q.; HERRERA-ESTRELLA, L.; AGUARDO-SANTACRUZ, G. A. Chlorophyll accumulation is enhanced by osmotic stress in graminaceous chlorophyll cells. **Journal of Plant Physiology**, v. 162, n. 6, p. 650-656, 2005.

KHAN, M. I. R.; ASGHER, M.; KHAN, N. A. Alleviation of salt-induced photosynthesis and growth inhibition by salicylic acid involves glycinebetaine and

ethylene in mungbean (*Vigna radiata* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 80, p. 67-74, 2014.

LEITE, J. V. Q.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, D. P.; SANTOS, C. S. Efeito do estresse salino e da composição iônica da água de irrigação sobre variáveis morfofisiológicas do feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 6, p. 1825-1833, 2017.

LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; FURTADO, G. F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 757-574, 2017.

MATEUS, N. B.; BARBIN, D.; CONAGIN, A. Viabilidade de uso do delineamento composto central. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1537-1546, 2001.

MARTEL, A. B.; QADERI, M. M. Does salicylic acid mitigate the adverse effects of temperature and ultraviolet-B radiation on pea (*Pisum sativum*) plants?. **Environmental and Experimental Botany**, v. 122, p. 39-48, 2016.

MAZARO, S. M.; BORSATTI, F. C.; DALACOSTA, N. L.; LEWANDOWSKI, A.; DANNER, M. A.; BUSO, C.; WAGNER JÚNIOR, A. Qualidade pós-colheita de acerolas tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, p. 512-517, 2015.

MORAIS, P. L. D.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, A. M.; SOUSA NETO, O. N.; SARMENTO, J. D. A.; GONZAGA, M. I. S. Effects of nutrient solution salinity on the physiological performance of melon cultivated in coconut fiber. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 713-718, 2018.

MOREIRA, A. C. P.; LIMA, E. O.; WANDERLEY, P. A.; CARMO, E. S. SOUZA, E. L. Chemical composition and antifungal activity of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit leaves essential oil against *Aspergillus* species. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, n. 1, p. 28-33, 2010.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, H. R. B.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, H. H. F.; MELO, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 3, p. 2592 - 2603, 2018.

SHARMA, M.; GUPTA, S. K.; MAJUMDER, B.; MAURYA, V. K.; DEEBA, F.; ALAM, A.; PANDEY, V. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress. **Journal of Proteomics**, v. 163, p. 28-51, 2017.

SILVA, L. A.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; MOREIRA, R. C. L.; SOARES FILHO, W. S.; FERNANDES, P. D. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, suplemento, p. s1-s7, 2014.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2016.

SILVA, T. I.; ALVES, A. C. L.; AZEVEDO, F. R.; MARCO, C. M.; SANTOS, H. R.; AZEVEDO, R. Larvicide activity of essential oils on *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Idesia**, v. 35, n. 2, p. 63-70, 2017.

SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. S.; SOUZA, L. P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 11, p. 776-781, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 2, p. 138-149, 2014.