



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**ÁCIDOS HÚMICOS COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Lucas Leal Machado
Orientador: Dr. Jader Galba Busato

Brasília – DF
Dezembro de 2016



LUCAS LEAL MACHADO

**ÁCIDOS HÚMICOS COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Agronomia, apresentado junto à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Jader Galba Busato

Brasília – DF
Dezembro de 2016

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

LM149? Leal Machado, Lucas
ÁCIDOS HÚMICOS COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO
NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO
(Phaseolus vulgaris L.) / Lucas Leal Machado;
orientador Jader Galba Busato. -- Brasília, 2016.
51 p.

Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade
de Brasília, 2016.

1. Déficit hídrico. 2. Potencial hídrico. 3. Efeito
fisiológico. I. Galba Busato, Jader, orient. II.
Título.

**ÁCIDOS HÚMICOS COMO ATENUADORES DO ESTRESSE SALINO NA
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)**

LUCAS LEAL MACHADO

COMISSÃO EXAMINADORA



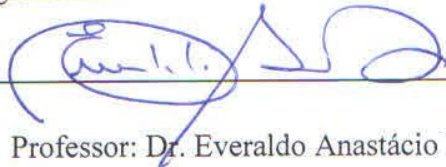
Orientador: Professor Dr. Jader Galba Busato

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília



Professor Dr. Cícero Célio de Figueiredo

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília



Professor: Dr. Everaldo Anastácio Pereira

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília

Brasília – DF

Dezembro de 2016

Agradecimentos

A Deus, por me possibilitar ter a capacidade de seguir sempre em frente.

Aos meus pais Euler Cardoso Machado e Maria Cristina Pereira Leal e aos meus irmãos Luiz Filipe Carneiro Machado e Gabriel Leal Machado por todo apoio, incentivo e alegrias sempre.

Ao meu orientador, professor Dr. Jader Galba Busato, por todos os conselhos, apoio, suporte e pela disponibilidade para ajudar no direcionamento de obtenção de conhecimento científico.

À minha namorada, Maria Clara Aguiar Silva, por todo o incentivo, dedicação, esforço, companheirismo e cumplicidade nesse momento tão decisivo.

Aos colegas e amigos Alan Mól, Caroline Moreira, Lucas Rodrigues, Luis Ferrari e Marcelo Rodrigues, por toda a ajuda e discussão.

Aos colegas e amigos do curso e a todos os professores deste percurso que tornaram todo essa caminhada e aprendizado possíveis.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Importância socioeconômica e utilização do feijão	3
2.2. Processos de salinização dos solos	4
2.2.1. Efeitos da salinização nos solos	5
2.3. Efeitos da salinização na planta	6
2.4. Potencial hídrico	7
2.4.1. Potencial osmótico	8
2.4.2 Polietilenoglicol (PEG)	9
2.5. Substâncias húmicas	10
2.5.1. Ácidos húmicos no tratamento de plantas.....	11
2.5.2. Teoria do crescimento ácido	11
2.5.3. Correlação entre teoria do crescimento ácido e atenuação de estresse por ácidos húmicos	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Caracterização do local de pesquisa e do experimento.....	16
3.2. Descrição do genótipo	16
3.3. Extração de ácidos húmicos.....	17
3.4. Elementos de estudo e delineamento	17
3.5. Montagem e condução do experimento	18
3.6.1. Porcentagem de germinação.....	23
3.6.2. Comprimento da raiz principal e do hipocótilo e número de raízes laterais	23
4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. Porcentagem de germinação	25
5.2. Comprimento da raiz principal	28
5.3. Número de raízes laterais.....	33

5.4. Comprimento do hipocótilo	37
6. CONCLUSÕES.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Concentração de PEG-6.000 para preparo de soluções com diferentes potenciais osmóticos à temperatura de 25 °C.....	18
--	----

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Representação do potencial hídrico e derivados desde o solo até a atmosfera. (TAIZ & ZEIGER, 2013) 8
- FIGURA 2 - Ativação da bomba de H^+ pelo estímulo da auxina, resultando em elevação do pH da parede celular, sendo esta expandida para facilitar a entrada de água na célula. 12
- FIGURA 3 - Fluxograma do projeto. Extração de AH (a); Preparo das soluções de PEG e AH (b); Preparo das sementes (c); Acondicionamento das sementes em gerbox (d); Vedação dos gerboxes (e); Acondicionamento dos gerboxes no BOD (f); Análise de resultados (g). 20
- FIGURA 4 - Sementes em diferentes potenciais osmóticos e sob diferentes doses de AH representadas aos 5 dias..... 21
- FIGURA 5 - Sementes em diferentes potenciais osmóticos e sob diferentes doses de AH representadas aos 9 dias..... 22
- FIGURA 6 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos na porcentagem de germinação em feijão cv. Madrepérola. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 27
- FIGURA 7 - Porcentagem de germinação entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Letras maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 28
- FIGURA 8 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos no comprimento da raiz principal em feijão cv. Madrepérola. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 31
- FIGURA 9 – Comprimento da raiz principal entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Letras

maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 32

FIGURA 10 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos no número de raízes laterais em feijão cv. Madrepérola. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 35

FIGURA 11 – Número de raízes laterais entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Letras maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 36

FIGURA 12 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos no número de raízes laterais em feijão cv. Madrepérola. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 38

FIGURA 13 – Número de raízes laterais entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Letras maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$)..... 39

RESUMO

Salinização do solo é um evento cada vez mais repercutido na área de cultivos principalmente irrigados. O objetivo deste trabalho é avaliar doses de ácidos húmicos (0, 10 e 20 mg L⁻¹ de AH) como alternativa para atenuar redução de potencial osmótico (0, -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8) induzido por polietilenoglicol 6.000 para as variáveis porcentagem de germinação, comprimento da raiz principal e do hipocótilo e número de raízes laterais aos cinco e nove dias em *Phaseolus vulgaris* cv. Madrepérola. Foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes e delineamento inteiramente casualizado. Foi possível observar a influência do potencial osmótico no desenvolvimento inicial da raiz, sendo este promotor no potencial de -0,2 MPa para comprimento da raiz principal e número de raízes laterais e atuando sempre como redutor para o crescimento do hipocótilo. A aplicação das doses de AH promoveu tolerância ao estresse hídrico, favorecendo o desenvolvimento e crescimento inicial. Estes resultados são devido a efeitos que alteram o metabolismo da planta devido ao estresse e simulação ou indução hormonal, como de auxinas pela presença de ácidos húmicos. É possível concluir que existe influência no metabolismo e desenvolvimento da planta em estudo tanto por meio do estresse quanto pelo uso dos AH.

Palavras-Chaves: Déficit hídrico, Potencial hídrico, Efeito fisiológico.

ABSTRACT

Soil salinization is an increasingly reverberated event in irrigated yield areas. The object of this work is to evaluate humic acid doses (0, 10 and 20 mg L⁻¹ of HA) as an alternative to attenuate the osmotic potential (0, -0,2, -0,4, -0,6 and -0,8 MPa) induced by polyethylene glycol 6.000 for the variables: germination rate, main root and hypocotyl length and number of lateral roots at five and nine days in *Phaseolus vulgaris* cv. Madrepérola. Four replicates with 50 beans each were used and completely randomized design. It was possible to observe the osmotic potential influence in the initial root development, acting as a promoter at the potential of -0,2 MPa for main root length and number of lateral roots and always acting as a reductant for hypocotyl growth. The application of the humic acid doses promoted hydric stress tolerance, favoring the development and initial growth. Those results are due to effects that alter the plants metabolism due to the stress and hormonal simulation or induction, as auxins by the presence of humic acids. It's possible to conclude the influence and attenuation of humic acids in the use in environments with water stress.

Key Words: Drought, Hydric potential, Physiological effects.

1. INTRODUÇÃO

Phaseolus vulgaris é uma planta de grande importância alimentícia, produzida principalmente na Índia, Mianmar e Brasil. Na sua importância está a quantidade de carboidratos, proteína e ferro que favorecem a base alimentícia em diversos países. (CHAVES & BASSINELLO, 2015; FAO, 2016). No Brasil a região com maior produção é a região Sul, com cerca de 960 mil toneladas para uma área plantada de aproximadamente 566 mil hectares e representando 31% do total da produção nacional, enquanto a região centro-oeste representa 23% da produção total com um total de aproximadamente 668 mil toneladas em 2015 (IBGE, 2016).

Mundialmente, cerca de 400 milhões de hectares destinados à agricultura são afetados por algum processo de salinização. Destes, cerca de 70 milhões estão presentes na América do Sul (FAO, 2015). Este processo se dá principalmente em climas áridos e semiáridos por meios naturais e antrópicos, deste segundo um dos principais fatores é a utilização de irrigação de forma irregular, sem as devidas condições de drenagem e uso de água sem os devidos tratamentos (BATISTA et al., 2002; WANDERLEY, 2009; GHEY et al., 2010; PEDROTTI et al., 2015)

A salinização altera a concentração nutricional do solo, acumulando cátions como sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e ânions cloro (Cl^-) e sulfato (SO_4^{2-}) (PISINARAS et al., 2010; PEDROTTI et al., 2015). Também, é possível que a salinização promova o selamento superficial do solo, aumentando a sua densidade do solo e reduzindo aeração (DALIAKOPOULOS et al., 2016).

Na planta, o efeito da salinização se dá por meio da alteração do potencial osmótico do solo, que dificulta a absorção de água e minerais pela raiz e pela possibilidade de fitotoxicidade causada pelo acúmulo de sais no solo (BATISTA et al., 2002; DEL AMOR &

CUADRA-CRESPO, 2012). Estes fatores produzem efeitos diretos ou indiretos na planta, como redução do vigor, alteração no metabolismo, redução na taxa fotossintética e ação enzimática (ASHRAF & FOOLAD, 2007). Algumas formas de redução do vigor da planta são como foi observado por GALVAN-AMPUDIA & TESTERINK (2011) e DUAN et al. (2015), com a presença maior de ácido abscísico (ABA) e como por LIN et al. (2012), através do indução de acúmulo de H_2O_2 em ambientes salinos.

Uma forma de tentar se atenuar os efeitos do estresse hídrico é o uso de ácidos húmicos (AH), um material obtido de fontes naturais e um dos derivados das substâncias húmicas, sendo estas melhoradoras de propriedades tanto para o solo quanto para a planta (PICCOLO, 1996; CANELLAS et al., 2010). Na planta, os AH produzem uma ação semelhante à da auxina, estimulando a ação da enzima H^+ -ATPase, favorecendo a expansão celular e assim o comprimento da raiz e absorção de água e nutrientes (SILVA et al., 2000; FAÇANHA et al., 2002; ROSA et al., 2009).

Diante do tema exposto, este estudo foi realizado com o intuito de apresentar a condição do AH como atenuador do processo de salinização do solo tão presente no Brasil e no mundo, através de análises de condições baseadas na fase inicial de desenvolvimento do feijão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância socioeconômica e utilização do feijão

O feijão é um produto amplamente produzido no mundo, sendo a Índia, Mianmar e Brasil os três principais produtores (FAO, 2016). Este é um produto alimentício datado com mais de 10.000 anos nas regiões andinas, sendo o Peru o centro de origem desta planta com dispersão para todos os continentes por ter sido um alimento essencial para alguns guerreiros e exploradores (GEPTS, 1998; BROUGHTON et al., 2003). O seu uso na alimentação está ligado principalmente à qualidade nutricional, servindo de importante fonte de proteína, ferro, carboidratos, cálcio e vitaminas (CHAVES & BASSINELLO, 2014).

No Brasil, o feijão possui grande importância socioeconômica, sendo uma das principais culturas de subsistência praticada em grande parte por pequenos produtores como fonte de alimento e troca. O Paraná é o maior produtor nacional, com cerca de 23% do total da produção nacional, seguido por Minas Gerais com aproximadamente 16%, tornando a região centro-sul a principal produtora do País. A região Centro-oeste tem uma produção de aproximadamente 700.000 toneladas, representando cerca de 22% de um total de 3.107.911 toneladas da produção nacional (IBGE, 2016). As safras mais produtivas são respectivamente 2ª (dezembro a março), ou safra da seca, seguido pela 3ª safra (abril a junho), ou safra irrigada e, por fim, a 1ª safra (agosto a dezembro), ou safra das águas. A segunda e a terceira safras usualmente apresentam custos mais elevados devido à necessidade de irrigação. Entretanto, a aplicação de água de baixa qualidade pode causar a salinização dos solos, processo que pode reduzir o desempenho da planta e conseqüentemente da produção.

2.2. Processos de salinização dos solos

Aproximadamente 300 milhões de hectares das áreas destinadas à agricultura estão produzindo sob métodos de irrigação, de acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (FAO, 2016). Somando-se as áreas não irrigadas, cerca de 400 milhões de hectares são afetados por algum processo de salinização dos solos, sendo a América do Sul responsável por cerca de 70 milhões de hectares (FAO, 2015).

Foram formados dois conceitos para os processos de salinização do solo. O processo primário se dá de forma natural, com decorrência da escassez de chuvas em regiões cujas rochas possuem grande quantidade de sais em sua estrutura. Assim, há acúmulo de sais solúveis no incipiente solo formado, com prejuízos às culturas caso haja implantação de sistemas de irrigação. O processo secundário se dá de forma antrópica, com manejo incorreto de fertilizantes salinos e de irrigação (FAO, 2015; FAO, 2015b; DALIAKOPOULOS et al., 2016).

O processo de salinização primário ocorre a partir de elevações dos lençóis freáticos, baixa capacidade de lixiviação e da degradação de rochas primárias onde os sais presentes nas rochas se integram ao solo, aumentando principalmente as concentrações de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (GRATTAN & GRIEVE, 1992; PEDROTTI et al., 2015). Uma das ordens de solos naturalmente afetados por excesso de sais (solos halomórficos) são os Gleissolos Sálícos, que podem ser subdivididos em: Sódicos, normalmente relacionados com elevado teor de enxofre, sendo estes solos normalmente impróprios para a agricultura; Órticos, com um teor tolerável de sódio para algumas culturas e solos muito duros quando secos. Outra ordem é a dos Organossolos Tiomórficos, que possuem como quarto nível categórico os subgrupos: Salinos, com presença de sais prejudiciais a uma ampla variedade

de plantas; Solódico, com diferenciado teor de sódio, mas em quantidades toleradas por grande número de plantas (SANTOS et al., 2013).

O processo de salinização, segundo SILVA et al. (2008) e PISINARAS et al. (2010), se dá pelo excesso de sais na água utilizada para irrigação nas áreas de agricultura e a falta de preocupação com a drenagem destes solos. Este processo pode levar à sodificação do solo, com o acúmulo do íon Na^+ e ao processo de erosão devido à dispersão das partículas do solo. Além disto, outro processo é o uso excessivo de fertilizante, que favorece o acúmulo de sais no perfil do solo e prejudica o desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2008).

2.2.1. Efeitos da salinização nos solos

A salinização dos solos, além do acúmulo de cátions, como Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , aumenta também a concentração dos ânions Cl^- e SO_4^{2-} e provoca alteração do pH (PISINARAS et al., 2010). Essa alteração na concentração de sais modifica as relações de íons no solo, como a relação Na^+/K^+ , $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ e de cátions totais, causando reflexos diretos e indiretos na planta, que devido à dificuldade de absorção de nutrientes resulta em maiores gastos energéticos pela planta (GRATTAN & GRIEVE, 1992; BACILIO et al., 2016; DALIAKOPOULOS et al., 2016).

Alguns efeitos como a dissociação dos argilominerais, a alteração do pH devido ao excesso de Cl^- , o selamento superficial devido à agregação de argilas, aumento da densidade do solo, redução de aeração e a formação de estruturas sódicas na camada sub-superficial também afetam toda a estrutura do solo e irão interferir no processo de desenvolvimento das plantas (DALIAKOPOULOS et al., 2016).

Em nível microbiológico, DARDANELLI et al. (2008) observaram que o aumento da salinidade do solo diminui a atuação de algumas bactérias, sendo observado em seu

trabalho a diminuição de nodulação por bactérias, especialmente as do gênero *Rhizobium* inoculadas em *Phaseolus vulgaris* cv. Negro Jamapa.

2.3. Efeitos da salinização na planta

Segundo GRATTAN & GRIEVE (1992), o crescimento absoluto da planta é menor do que o recomendado quando a concentração de nutrientes no meio está abaixo ou acima de um determinado intervalo, podendo variar de acordo com o meio em que a cultura esteja inserida.

Redução do potencial osmótico da solução do solo pode causar efeitos nos processos de germinação das sementes, como também a redução no vigor da planta, alteração de ações enzimáticas, redução do processo de fotossíntese, alterações no metabolismo e no desenvolvimento final da planta (XIONG et al, 2006; ASHRAF & FOOLAD, 2007; MACAR et al., 2009; FORTI et al., 2009; SOLEIMANI et al., 2011).

De um ponto de vista fisiológico, alguns fatores podem ser responsáveis pela redução do crescimento absoluto da planta. Alguns destes expostos por YEO et al. (1985), GRATTAN & GRIEVE (1999) e comprovados por DEL AMOR & CUADRA-CRESPO (2012) são: deficiência hídrica, gerada pelo potencial osmótico produzido pelos sais; toxidez ou desbalanço iônico, causado pela elevada concentração de sais; desbalanço nutricional; interferência na folha, como desbalanço de Cl^- e K^+ ; alteração na fotossíntese, causada pelo excesso de íons na folha.

Alguns trabalhos anteriormente citados buscam a relação entre bactérias promotoras de crescimento e a produção ou desenvolvimento em ambientes salinos. Segundo PAUL & LADE (2014), a produção principalmente de leguminosas, em

ambientes salinos, além de causar redução no crescimento da planta, também produz redução na nodulação das raízes.

2.4. Potencial hídrico

O conceito de potencial hídrico está relacionado à energia livre associada às moléculas de água na solução, sendo assim, comumente expresso em J mol^{-1} . Tem-se como base o potencial hídrico da água pura (valor de 0 J mol^{-1} ou 0 MPa), sendo este utilizado para cálculos e como conceito para comparação entre outros valores de potencial hídrico (CORREIA, 2014). O potencial tem como função determinar a direção de deslocamento da solução, sendo estes feitos da região com maior quantidade de energia livre (maior potencial hídrico) para a região com menos quantidade de energia livre (OR et al., 2003).

O potencial hídrico é representado pela somatória de outros três potenciais: potencial hídrico; pressão hidrostática ou potencial de pressão; potencial gravitacional. O último potencial normalmente é desprezado para medidas de nível celular, uma vez que este tem o valor bem menor do que os representados pelos potenciais osmóticos e de pressão. Ainda sobre o potencial gravitacional, os valores utilizados para sua medição são o da altura manométrica e da densidade da solução e da aceleração da gravidade, sendo estes usualmente ou controlados pela planta ou definidos pelo ambiente (OR et al., 2003). O potencial de pressão no solo implica na maior retenção de água em ambientes com baixo acúmulo e muita perda de água, em plantas é utilizado para exercer a movimentação de fluídos, como é o exemplo do xilema, que movimenta a seiva bruta por processo de capilaridade, que nada mais é do que a utilização de potencial de pressão pela planta (DAY et al., 1967; OR et al., 2011).

2.4.1. Potencial osmótico

O potencial osmótico por sua vez representa a ação dos solutos na energia livre do fluido, modificando os valores desta para valores inferiores ao da solução original (o aumento na concentração de solutos reduz a energia livre e modifica o potencial osmótico). Este potencial depende de variáveis como a temperatura e a concentração de solutos na solução, sendo então independente do tipo de soluto utilizado. Além disso, o valor de potenciais diferentes do da água pura são sempre valores negativos, devido à interferência do soluto na ordenação do sistema (CHOWDHURY et al., 2011; SETIA & MARSCHNER, 2013).

Assim como em outros ambientes, na planta os potenciais hídrico e osmótico tendem sempre da região de maior potencial para as regiões de menor potencial (COSTA, 2014). A FIGURA 1 ilustra diferentes potenciais hídricos em cada estrutura da planta:

Location	Water potential and its components (in MPa)				
	Water potential (Ψ_w)	Pressure (Ψ_p)	Osmotic potential (Ψ_s)	Gravity (Ψ_g)	Water potential in gas phase ($\frac{RT}{V_w} \ln [RH]$)
Outside air (relative humidity = 50%)	-95.2				-95.2
Leaf internal air space	-0.8				-0.8
Cell wall of mesophyll (at 10 m)	-0.8	-0.7	-0.2	0.1	
Vacuole of mesophyll (at 10 m)	-0.8	0.2	-1.1	0.1	
Leaf xylem (at 10 m)	-0.8	-0.8	-0.1	0.1	
Root xylem (near surface)	-0.6	-0.5	-0.1	0.0	
Root cell vacuole (near surface)	-0.6	0.5	-1.1	0.0	
Soil adjacent to root	-0.5	-0.4	-0.1	0.0	
Soil 10 mm from root	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	

FIGURA 1 – Representação do potencial hídrico e derivados desde o solo até a atmosfera. Fonte: TAIZ & ZEIGER (2013)

O potencial osmótico da raiz deve ser menor que o da rizosfera para a absorção de água por processo de difusão. Esta diferença se dá pela relação da concentração de solutos na solução do solo e o potencial exercido pela raiz através de processos presentes na planta, como aumento na concentração de sais nas folhas (SILVA et al., 2010; YAN et al., 2015) ou simples processo de redução de potencial da raiz por processos osmóticos. O potencial do solo pode ser responsável pelo processo denominado de Ponto de Murcha Permanente, quando a capacidade de retenção do solo está maior que a de absorção da planta, reduzindo a taxa de absorção de água pela planta (NOBEL, 2009; COSTA, 2014).

A redução do potencial hídrico do solo pode ser causada por diversos fatores, como excesso na concentração de solutos, redução da disponibilidade de água, desestruturação do solo e outros fatores. Formas experimentais para se testar características das plantas nestes ambientes é a indução de diferentes potenciais osmóticos e através da adição de compostos, como Polietilenoglicol (PEG), Manitol, Cloreto de Cálcio (CaCl_2), Cloreto de Potássio (KCl) e Cloreto de Sódio (NaCl) (BRAGA et al., 1999; FORTI et al., 2009; BARBERO et al., 2011; PELEGRINI et al., 2013).

2.4.2 Polietilenoglicol (PEG)

O PEG é um polímero não iônico, inerte e que não penetra o tecido da planta devido ao seu grande peso molecular e ao tamanho da cadeia (CARPITA et al., 1979; NEPOMUCENO et al., 1998; MARTINS et al., 2014). Segundo NEPOMUCENO et al. (1998), o PEG não possui caráter tóxico quando utilizado durante o período de escuro (noite), mas pode possuir durante o período de claro (dia). A toxidez do PEG depende do potencial osmótico que será induzido a cada espécie de planta, podendo causar problemas no índice de germinação, de velocidade de germinação e protrusão radicular (LIPTAY & ZARIFFA, 1993; SILVA et al., 2005; BRAGA, 2010; PEREIRA et al., 2014).

Por outro lado, alguns autores encontraram resultados favoráveis quanto ao uso de solução com adição de PEG. PILL et al. (1991) observaram a superioridade na porcentagem final de germinação em tomate e aspargo para soluções com PEG. Em outro experimento realizado por KHALIL et al. (1997), com *Pinus brutia*, revelou um aumento na velocidade de germinação, crescimento da raiz e peso de matéria seca, como também foi provado por HUR (1991) em um experimento com sorgo e azevém.

2.5. Substâncias húmicas

Substâncias húmicas (SH) são compostos formados por transformações químicas e biológicas de matéria orgânica sob influência microbiana (PICCOLO, 1996; CANELLAS et al., 2015). A composição dessas substâncias deriva do seu material de formação, tendo diferentes valores quando advindo de fontes distintas, meio de formação, temperatura e o tempo de produção (GARCIA et al., 2014).

Alguns benefícios da utilização de SH na agricultura são o aumento na produção e rendimento de lavouras, melhorias nas propriedades do solo e da planta (GARCIA et al., 2014; CHANEY & SWIFT, 1986; PICCOLO, 1996). CHANEY & SWIFT (1984) confirmaram por avaliação de vários tipos de solo a correlação existente entre material húmico no solo e a estabilidade dos agregados (CHANEY & SWIFT, 1986).

As SH podem ser divididas nas seguintes frações, de acordo com a sua solubilidade em diferentes valores de pH: ácidos húmicos (AH), ácidos fúvicos (AF) e huminas. Usualmente a fração huminas é obtida por precipitação em meio alcalino. Os AF são solúveis tanto em meio ácido quanto em meio alcalino enquanto os AH sofrem precipitação quando em meio ácido. A separação de cada fração se dá primeiramente pela retirada da parte insolúvel quando em solução, sendo está as huminas, em seguida é feita a

acidificação do meio para a separação das frações de AH e AF, ficando os AH precipitado e os AF em solução com o meio (HAYES, 2006; MARINHO, 2014).

2.5.1. Ácidos húmicos no tratamento de plantas

Os AH podem atuar na regulação do crescimento da planta, na disponibilidade de nutriente na rizosfera, na regulação nas características de frutificação e floração e tolerância ao estresse (ARANCON et al., 2006; GARCIA et al., 2014; CANELLAS et al., 2015). FAÇANHA et al. (2002) relacionaram a presença de AH ao aumento no transporte do íon H^+ e da interação com receptores da enzima H^+ -ATPase (importante enzima na teoria do crescimento ácido). Neste mesmo trabalho, evidenciou-se uma relação entre os AH e o maior desenvolvimento do sistema radicular, com o aumento da plasticidade da parede celular.

O uso de AH possui grande potencial de uso na agronomia, sendo uma forma de se obter melhor desenvolvimento de planta. Além de ser um composto que promove o melhor desenvolvimento de várias estruturas da planta e do solo, este é um composto abundante no planeta, pois é produzido a partir da decomposição de fontes naturais, como resíduos orgânicos (FAÇANHA et al., 2002; FAN et al., 2014; CANELLAS et al., 2015).

2.5.2. Teoria do crescimento ácido

Em 1970 Hager Achim propôs a teoria do crescimento ácido, que veio a ser publicada em 1971. Baseado em experimentos com aveia e girassol ele percebeu que o alongamento do caule acontecia em ambientes ácidos mesmo sem a adição de auxina (hormônio do crescimento). A explicação para este evento é que a redução do pH da parede celular é um importante efeito para a ação da auxina na planta e que esta redução do pH se dá através da transferência de íons H^+ do citoplasma para a parede celular. Este feito

confirmou a hipótese quimiosmótica proposta por Peter Mitchell, que lhe concedeu o Premio Nobel da Química em 1978 (MITCHELL, 1966; HAGER et al., 1971; HAGER, 1984). Evento exemplificado na FIGURA 2.

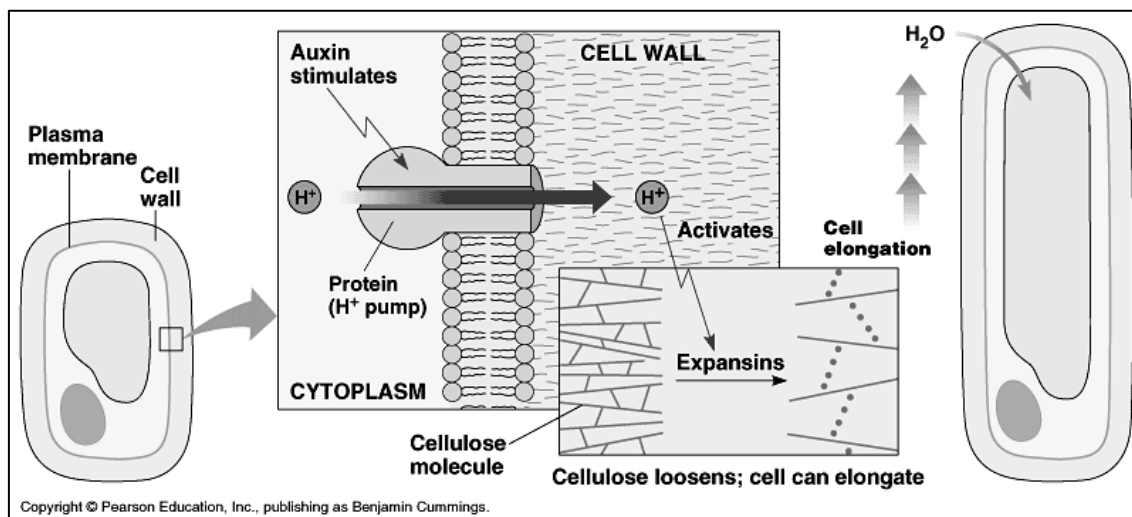


FIGURA 2 - Ativação da bomba de H^+ pelo estímulo da auxina, resultando em elevação do pH da parede celular, sendo esta expandida para facilitar a entrada de água na célula.

A teoria de Hager demonstra que através da hidrólise do ATP por estímulos de auxinas, a enzima H^+ -ATPase extrusa um íon H^+ do citoplasma para o apoplasto. A redução do pH no apoplasto devido ao excesso de íons H^+ ativa uma enzima sensível ao pH, que realiza a afrouxamento e expansão da parede celular, que produz o alongamento da célula e que juntamente com a diferença de potencial hídrico formada na célula, permite a entrada de água e solutos na célula. Este processo favorece o turgor da planta (HAGER et al., 1971, 1984, 2003; MORSOMME & BOUTRY, 2000; CANELLAS et al., 2015).

2.5.3. Correlação entre teoria do crescimento ácido e atenuação de estresse por ácidos húmicos

A redução do potencial hídrico do solo interfere na capacidade de absorção de nutrientes pela planta devido à maior retenção destes no complexo do solo e ao aumento na

disponibilidade de íons com caráter tóxicos para a planta (DALIAKOPOULOS et al., 2016). Devido ao estresse gerado pela redução do potencial osmótico do meio, a planta utiliza do método anteriormente tratado, denominado teoria do crescimento ácido. (HAGER, 2003)

Para a redução do prejuízo causado pelo estresse hídrico, a planta ativa a enzima H^+ -ATPase, que através de diferenciação do gradiente e da geração de uma força motriz de prótons (transporte em cadeia de H^+ para o apoplasto) possibilita a entrada de íons NO_3^- na membrana plasmática juntamente com dois íons de H^+ , processo denominado simporte ou cotransporte (RUIZ-CRISTIN & BRISKIN, 1991; JANNIN et al., 2012; NARDI et al., 2000; TAVARES et al., 2016). Este processo não ocorre apenas para a absorção de NO_3^- , sendo também fundamental para a absorção de nutrientes de baixa mobilidade, como o fósforo e o zinco (TAVARES et al., 2016).

Devido à função como produtor enzimático, o nitrato possui grande importância para o desenvolvimento da planta (PONTALTI, 2011; CANELLAS et al., 2015). Segundo TAVARES et al. (2016), o acúmulo de nitrato na raiz é influenciado pela aplicação de AH, nos quais também estão presentes importantes estruturas similares a hormônios, como as auxinas (DOBBSS et al., 2010)

As auxinas exercem função vital para a adaptação e sobrevivência das plantas sob condições de estresse hídrico, uma forma de promover o melhor desempenho das enzimas H^+ -ATPase, sem o uso excessivo de auxinas, é com a aplicação de AH, ácidos estes que promovem a degradação dos ATP e atuam juntamente com tais hormônio na acidificação do apoplasto, (CANELLAS, 2012). A ação dos AH se dá também pela presença de moléculas bioativas semelhantes ao ácido indol acético (AIA), sendo este ácido uma das formas da auxina, importante na ativação da enzima H^+ -ATPase e possuindo função

pleiotrópica, sendo responsável por várias funções estruturais na planta (CANELLAS et al., 2002, 2015; ZANDONADI et al., 2010).

Para reduzir os danos causados pelo óxidos reativos formados em sistema de defesa devido à salinização do meio, as plantas utilizam enzimas antioxidantes, como superóxido desmutase, catalase e glutaciona peroxidase, para reduzir os acúmulos (CIA et al., 2012). A produção destas enzimas é diretamente influenciada pela presença de AH, favorecendo a degradação de óxidos como o H_2O_2 (AGUIAR et al., 2016).

Desta forma, a aplicação de AH influencia positivamente na obtenção de água e nutrientes para manutenção da planta, devido à função semelhante à da auxina (CANELLAS et al., 2012, 2015; TAVARES et al., 2016), tem função anti-tóxica, atuando na degradação de óxidos (AGUIAR et al., 2015), atua como agente indutor do alongamento da raiz (ZANDONADI et al., 2010; JINDO et al., 2012; CANELLAS et al., 2015; DOBBSS et al., 2016) e redução do potencial osmótico das folhas para regulação do transporte nutricional no interior da planta (AGUIAR et al., 2016), todas estas funções que agem como atenuadoras do estresse hídrico.

Hipótese

Baseado no exposto, a hipótese presente neste trabalho é que as alterações fisiológicas e morfológicas em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. BRSMG Madrepérola) devido à presença de soluções contendo AH atenuam os efeitos negativos do estresse observado em plantas crescidas em solos sob diferentes potenciais osmóticos.

Objetivo Geral

Determinar uma dose de AH capaz de incentivar o desenvolvimento inicial de feijão, atenuando os efeitos negativos do estresse hídrico promovido por diferentes potenciais.

Objetivos Específicos

Avaliar os efeitos da aplicação de AH sob o efeito causado por diferentes potenciais osmóticos;

Verificar o efeito dos AH no desenvolvimento inicial do feijão;

Determinar a dose ideal e de máxima eficiência para diferentes valores de potencial osmótico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do local de pesquisa e do experimento

O trabalho foi realizado no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo (LQFS), lotado na Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV) da Universidade de Brasília (UnB). O experimento iniciado em 25 de agosto de 2016 avaliou a fase de germinação *in vitro* de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L), cultivar BRSMG Madrepérola sob aplicação de doses diferentes de AH em potenciais osmóticos induzidos por Polietilínoglicol (PEG 6.000).

3.2. Descrição do genótipo

A cultivar BRSMG Madrepérola é um exemplar produzida pela Embrapa Arroz e Feijão obtido por hibridização pelo cruzamento entre as linhagens de feijão AN 512666-0 e AN 730031. Esta cultivar pertence ao grupo comercial Carioca, com hábito de crescimento indeterminado, porte prostrado, tipo III, com ciclo semi-precoce de aproximado 85 dias. Possui flor branca e vagem verde-amarelada na maturação fisiológica e amarela clara na maturação para colheita. As sementes apresentam venação de cor bege acinzentada, com tegumento de cor bege com estrias ou pontos marrom claro. A produtividade média de grãos é de 2.300 kg ha⁻¹. O tempo de cocção menor que o das cultivares Pérola e Talismã e o escurecimento tardio são dados importantes para a comercialização desta (ABREU et al., 2011).

3.3. Extração de ácidos húmicos

Os AH foram extraídos de vermicomposto produzido utilizando-se esterco bovino e restos de frutas e minhocas da espécie *Eisenia foetida*. Após a estabilização do resíduo, o material foi coletado para a extração das SH. Amostras do resíduo foram agitadas com NaOH 0,1 mol L⁻¹, na proporção 1:20, por 12 horas. Em seguida, a solução de sobrenadante foi separada da fração residual (huminas) por centrifugação (3000 g, 20 min.). O resíduo insolúvel foi ressuspenso em igual proporção de NaOH 0,1 mol L⁻¹, com nova agitação durante 4 h. A solução foi centrifugada e o sobrenadante adicionado ao anteriormente recolhido. O procedimento foi repetido até obtenção de solução límpida. A solução foi então acidificada a pH 1,0-1,5 com H₂SO₄ concentrado e os AH (fração precipitada) foram separados dos AF após centrifugação. Os AH extraídos foram tratados com 100 mL de uma solução de HF - HCl (5 mL de HF e 5 mL de HCl) concentrados, com volume da solução completado para 1 L com água destilada com finalidade de se obter a remoção de impurezas minerais seguido novamente de centrifugação. Os AH foram então repetidamente lavados com água destilada até teste negativo com AgNO₃, dialisados em membrana contra água destilada (12 a 14-kDa de exclusão) e secos por liofilização visando posteriores análises.

3.4. Elementos de estudo e delineamento

Foram estudados diferentes potenciais osmóticos e doses de AH. Para as doses de AH foram estipuladas concentrações de 0, 10 e 20 mg L⁻¹ de AH. O potencial osmótico foi dividido preparado em cinco diferentes potenciais (0, -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 MPa) produzido pela dissolução de PEG 6.000. O preparo das soluções de AH se deu pela sua diluição em

KOH 0,05 mol L⁻¹, completando-se o volume com água destilada. O preparo de cada solução (S) foi baseado no trabalho de VILLELA et al. (1991) para a temperatura de 25 °C, como segue na TABELA 1.

TABELA 1- Concentração de PEG-6.000 para preparo de soluções com diferentes potenciais osmóticos à temperatura de 25 °C.

Solução (S)	Concentração (g PEG / kg água)	Potencial Osmótico (MPa)
S1	0,0	0,0
S2	119,571	-0,2
S3	178,343	-0,4
S4	223,664	-0,6
S5	261,948	-0,8

Para os dois elementos o pH foi ajustado para uma faixa entre 5,5 e 6.

Contabilizando cada uma das três doses de AH e dos seis potenciais osmóticos realizadas, foi utilizado um total de 18 tratamentos com quatro repetições e 50 sementes para cada um e utilização de delineamento experimental inteiramente casualizado.

3.5. Montagem e condução do experimento

Para a condução do experimento de germinação e crescimento inicial, foram selecionadas 3.000 sementes, distribuídas em três lotes de 1.000 sementes, cada um destes lotes será dividido em 200 sementes que representarão cada potencial osmótico. As sementes passaram por processo de limpeza com solução 1% de hipoclorito comercial (água sanitária) por 15 minutos, com posterior lavagem das mesmas com água destilada. Cada lote contendo 1.000 sementes ficou embebida nas doses de AH correspondentes até

sua parcial submersão durante um período de 16 horas. Em seguida as sementes foram divididas em lotes de 50 sementes e alocadas em caixas plásticas gerbox (11x11x3,5cm) sob duas folhas de papel de germinação autoclavadas e cobertas por mais uma folha de papel, seguido da aplicação de um volume igual à 2,5 vezes a massa dos papéis de soluções com diferentes potenciais osmóticos (BRASIL, 2009). As caixas foram então acondicionadas em câmara de crescimento de plantas do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) ajustadas para 12 horas de escuro e temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5$.

Aos cinco e nove dias de experimento, foram avaliados o número de sementes germinadas, o comprimento da raiz principal, o comprimento do hipocótilo (somente aos nove dias) e número de raízes laterais. Aos cinco dias ainda foi feita a aplicação de solução correspondente ao volume evaporado. A FIGURA 3 ilustra a implantação e condução do experimento, a FIGURA 6 e a FIGURA 7 representam as sementes em diferentes potenciais osmóticos e sob diferentes doses de AH aos cinco e nove dias respectivamente.

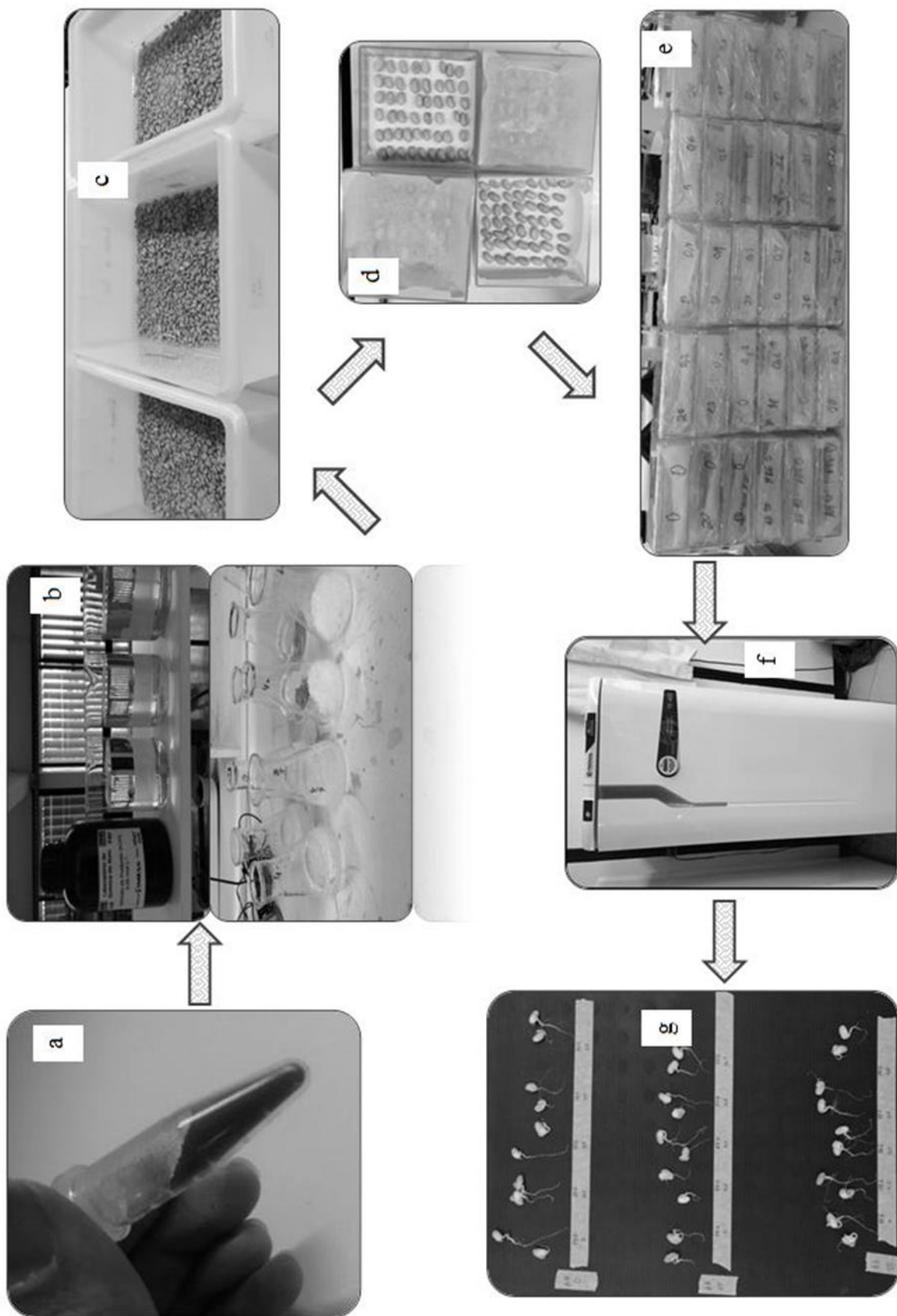


FIGURA 3 - Fluxograma do projeto. Extração de AH (a); Preparo das soluções de PEG e AH (b); Preparo das sementes (c); Acondicionamento das sementes em gerbox (d); Vedação dos gerboxes (e); Acondicionamento dos gerboxes no BOD (f); Análise de resultados (g).

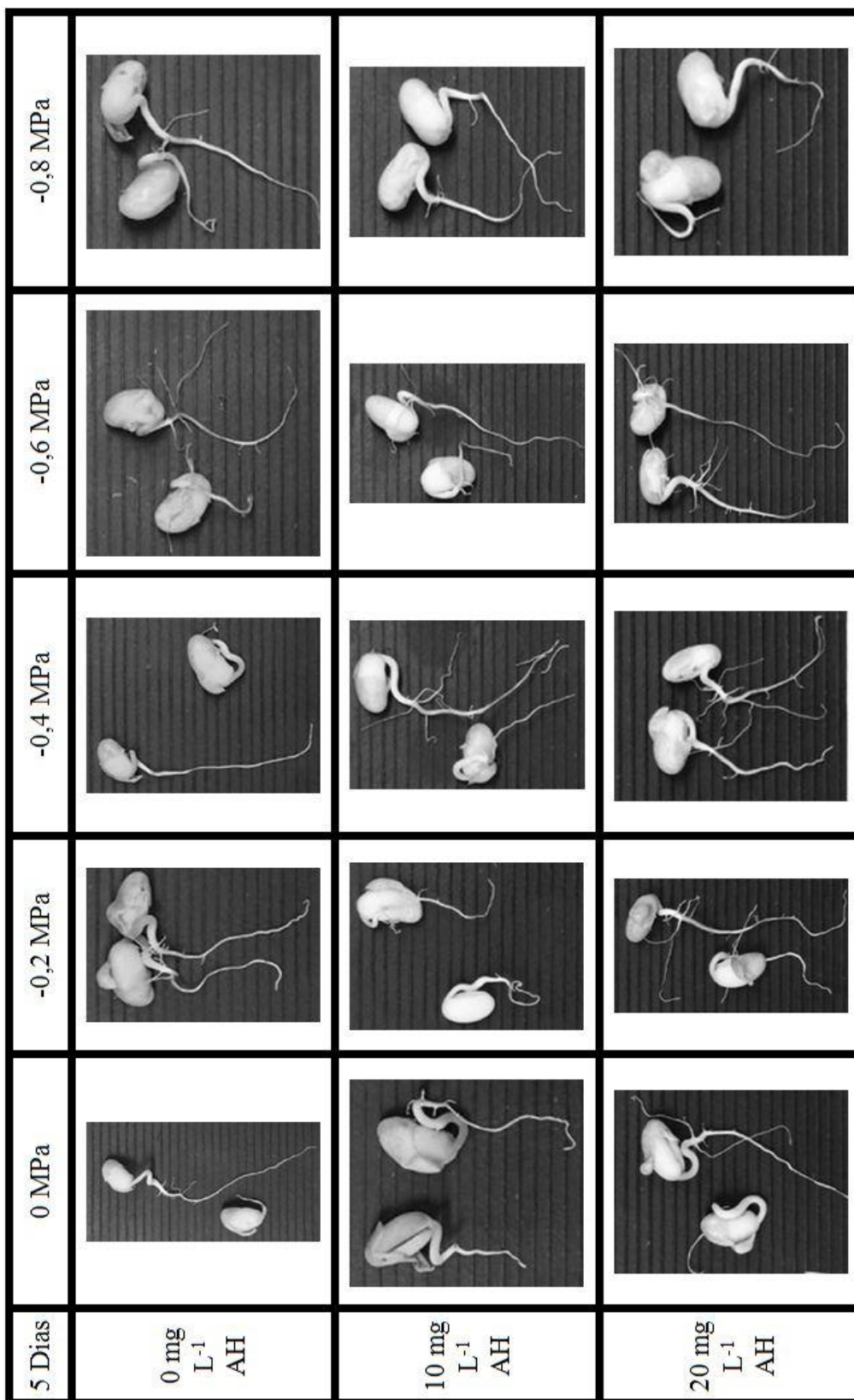


FIGURA 4 - Sementes em diferentes potenciais osmóticos e sob diferentes doses de AH representadas aos 5 dias.

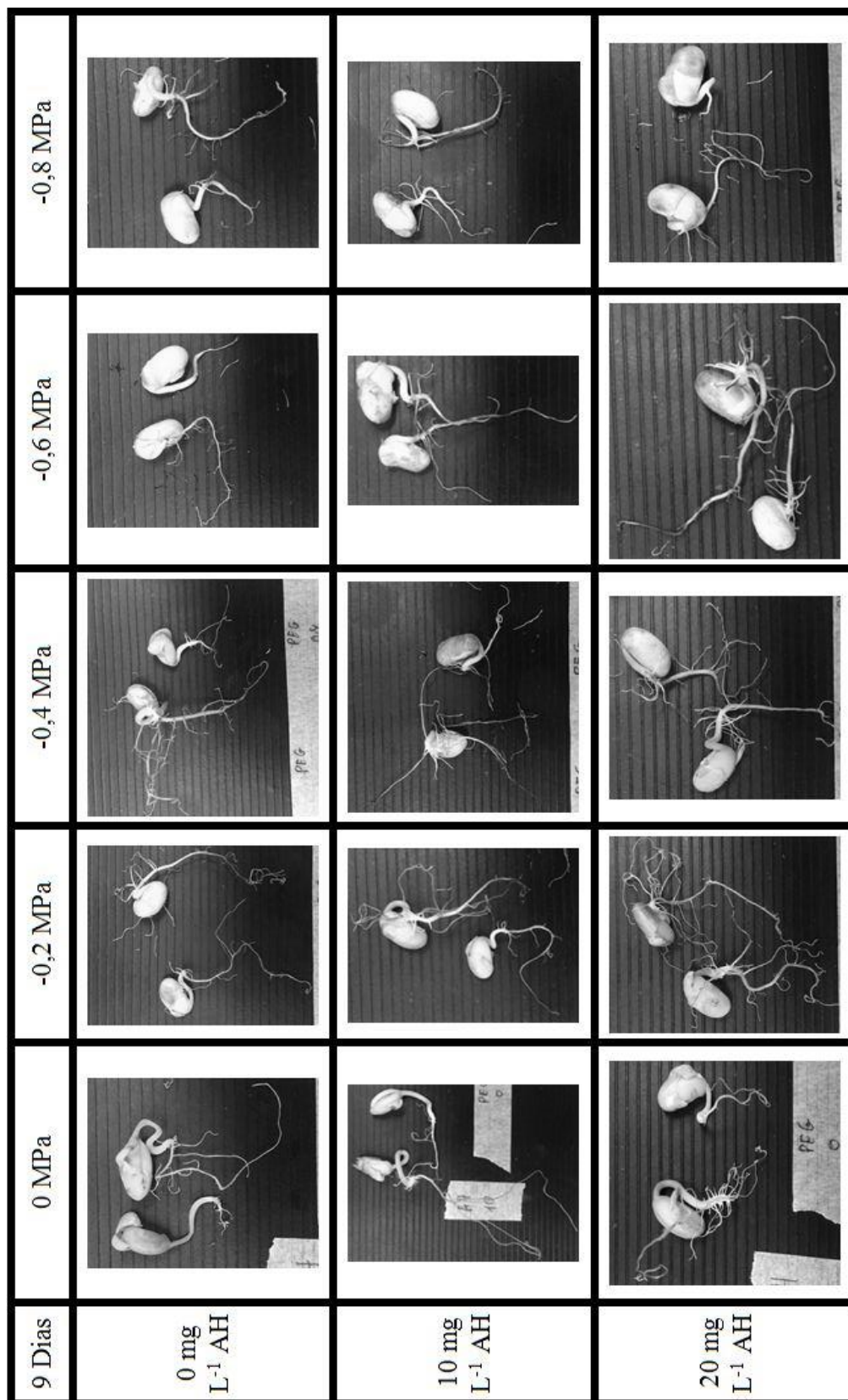


FIGURA 5 - Sementes em diferentes potenciais osmóticos e sob diferentes doses de AH representadas aos 9 dias.

3.6. Variáveis analisadas

3.6.1. Porcentagem de germinação

A porcentagem de germinação (PG) foi obtida através da contagem de sementes germinadas (SG) em relação ao total de sementes colocadas para germinar (N).

$$PG = \frac{\sum SG}{N} * 100$$

3.6.2. Comprimento da raiz principal e do hipocótilo e número de raízes laterais

A medida do comprimento do hipocótilo não foi realizada aos cinco dias devido à indeterminação da estrutura, sendo esta variável obtida somente nove dias após o início do experimento. Este foi determinado utilizando-se régua graduada, medindo-se desde a base da semente até a inserção da raiz. A medida do comprimento da raiz aos cinco dias foi realizada da base das sementes até a extremidade da raiz principal e aos nove dias desde o hipocótilo até a extremidade da raiz. A contagem do número de raízes laterais foi realizada aos cinco e nove dias com o auxílio de uma pinça.

4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de porcentagem de germinação, tamanho da raiz principal, número de raízes laterais e tamanho do hipocótilo foram analisados em um esquema fatorial 3x5, sendo: 3 doses de AH (0, 10 e 20) e 5 potenciais osmóticos (0, -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 MPa). Os dados foram obtidos em quatro repetições (quatro gerboxes) e dentro de cada repetição foram utilizadas três sementes aleatórias para realizar as devidas medições e contagens. Os dados foram submetidos à análise de variância (com F até 5% de probabilidade) e a comparação das médias foi feita pelo teste Tukey ($p < 0,05$) utilizando o software gratuito SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Porcentagem de germinação

Os resultados apresentados nas FIGURA 6 e FIGURA 7 são referentes à germinação das sementes de feijão em função dos diferentes potenciais osmóticos, com adição das soluções de AH. A FIGURA 6a representa a influência do potencial osmótico na porcentagem de germinação do feijão aos cinco dias, sendo possível observar a influência positiva de todos os valores de potencial osmótico utilizados, sendo a maior média representada pelo potencial -0,2 MPa (10% a mais que a testemunha). Aos nove dias, a influência do potencial osmótico (FIGURA 6b) não surtiu efeito na porcentagem de germinação das sementes, devido à germinação total de todos os tratamentos. Aos 5 dias de avaliação, a adição de soluções de AH resultou em maior porcentagem de germinação em todos os potenciais osmóticos (FIGURA 7a). Os potenciais de -0,2, -0,4 e -0,6 representaram um valor de germinação 11% maior que a testemunha. No potencial de 0 MPa, a aplicação de 20 mg L⁻¹ de AH resultou na maior porcentagem de germinação. Para o potencial de -0,6 MPa, as doses de 10 e 20 mg L⁻¹ de AH resultaram em maior porcentagem de germinação, sem diferir entre si. Já nos potenciais de -0,2, -0,4 e -0,8 MPa, a dose de 10 mg L⁻¹ de AH foi responsável pelas maiores porcentagens, sendo o -0,2 o mais expressivo (100%). Na avaliação realizada aos 9 dias após a instalação do experimento, todos os tratamentos apresentaram 100% de germinação (FIGURA 7b).

A porcentagem final de germinação independe da adição de AH, o experimento demonstrou que o potencial osmótico interferiu na germinação inicial da semente, mas não foi diferencial a longo prazo. A maior germinação observada devido à presença de AH aos 5 dias pode estar relacionada à ação da enzima auxina. Esta enzima tem sua função

favorecida em razão da presença de AH, que se expressa através da expansão da parede celular, favorecendo o processo de embebição da semente (BEWLEY & BLACK, 1994; NETO, 2006; GALVAN-AMPUDIA & TESTERINK, 2011; CANELLAS et al., 2015). Resultados semelhantes foram observados por DALBERTO (2012), em experimento com *Ochroma pyramidale*, onde após 30 dias não houve diferença estatística para o potencial de até -0,4 MPa de PEG na porcentagem de germinação e em trabalho de FANTI & PEREZ (2004), não houve diferença estatística até o potencial de -0,4 MPa no tratamento de sementes de paineira.

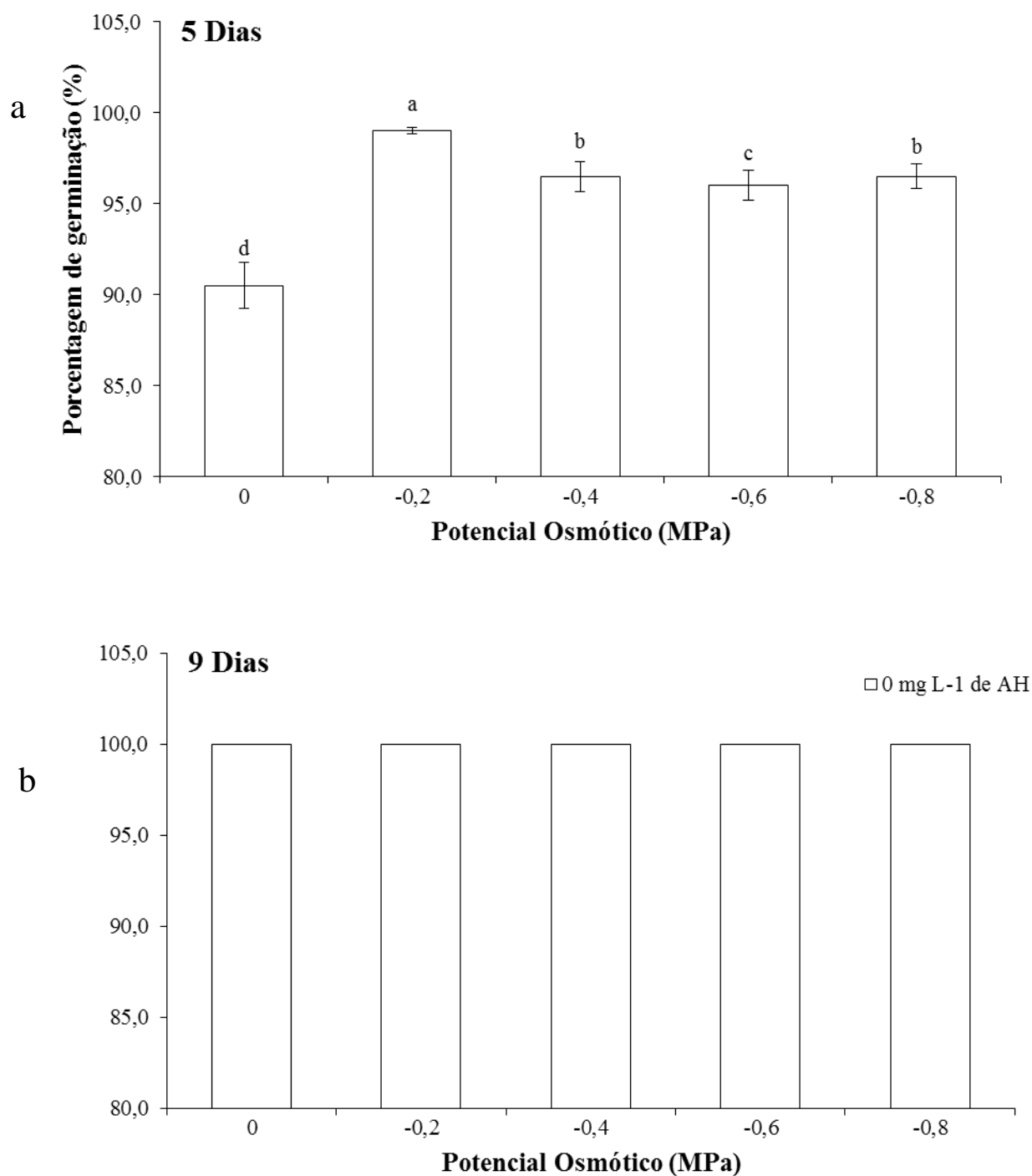


FIGURA 6 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos na porcentagem de germinação em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

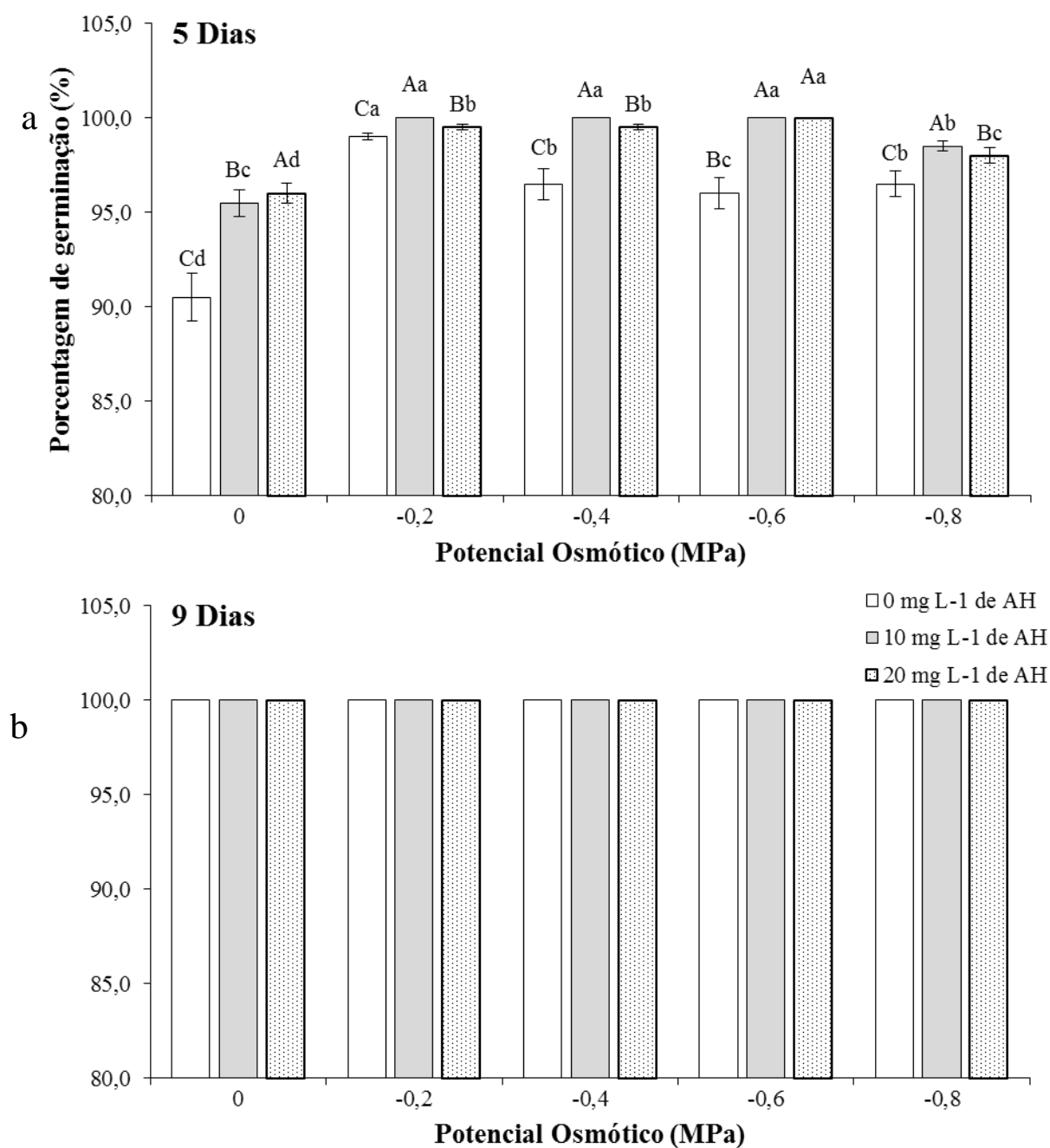


FIGURA 7 - Porcentagem de germinação entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Letras maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

5.2. Comprimento da raiz principal

Os resultados do comprimento da raiz principal estão dispostos nas FIGURA 8 e FIGURA 9. Aos cinco dias de experimento é possível observar a influência do potencial osmótico no comprimento da raiz principal (FIGURA 8a), exercendo influência positiva nos potenciais de -0,2, -0,4 e -0,6 MPa, o maior valor para cinco dias foi representado pelo potencial -0,4 MPa (42% maior que a testemunha), enquanto aos nove dias (FIGURA 8b) a influência foi positiva apenas no potencial de -0,2 MPa (39% maior que a testemunha), sendo negativa para todos os outros potenciais. A FIGURA 9 apresenta a influência do AH no comprimento da raiz principal, aos cinco dias (FIGURA 9a), o potencial de -0,4 MPa com aplicação de 20 mg L⁻¹ de AH representou um valor 57% maior do que a testemunha. É possível observar o menor crescimento da raiz na ausência de AH nos potenciais de 0, -0,4 e -0,6 MPa, sendo nos potenciais de -0,2 e -0,8 MPa a presença dose de AH a que representou menor comprimento na raiz principal. Nas doses que houveram menor crescimento na ausência de AH, os maiores valores foram encontrados para as doses de 20 mg L⁻¹ de AH, enquanto nas demais as doses de 10 mg L⁻¹ de AH se sobressaíram.

Na FIGURA 9b estão apresentados os resultados com nove dias de experimento, sendo o mais efetivo a aplicação de 10 mg L⁻¹ de AH no potencial de -0,6 MPa (53%). Assim como observado aos cinco dias, as doses de 0, -0,4 e -0,6 MPa foram as que apresentaram menor valor de comprimento da raiz sem adição de AH, enquanto para a dose de -0,2 MPa os valores referente às doses sem AH e de 20 mg L⁻¹ de AH superaram a dose de 10 mg L⁻¹ de AH e a dose de 20 mg L⁻¹ permaneceu como dose menos efetiva para o potencial de -0,8 MPa. Os maiores valores quando considerada a dose de 20 mg L⁻¹ foram obtidos nos potenciais de -0,2 e -0,4 MPa, sendo todos os outros (0, -0,6 e -0,8 MPa) melhores representados pela dose de 10 mg L⁻¹ de AH.

Assim como foi observado no presente trabalho, o potencial osmótico causado pela salinidade do meio interfere no crescimento da raiz (JIANG et al., 2016; DUAN et al., 2015; GALVAN-AMPUDIA & TESTERINK, 2011). DUAN (2015) e GALVAN-AMPUDIA & TESTERINK (2011) observaram a presença do ABA em ambiente mais salino, o que favoreceu até certo ponto o crescimento de hidrotropismo da raiz de *Arabidopsis thaliana*. Segundo JIANG et al. (2016) elevados níveis de salinidade podem acarretar na diminuição do número de células da membrana plasmática, afetando assim o seu alongamento. Em trabalho de JINDO et al. (2012), foi demonstrado o estímulo no crescimento da raiz principal pela presença de AH de diversas fontes em milho. A presença de AH interfere de forma positiva no comprimento da raiz, devido ao alongamento favorecido pela maior influência da auxina (CANELLAS et al., 2015).

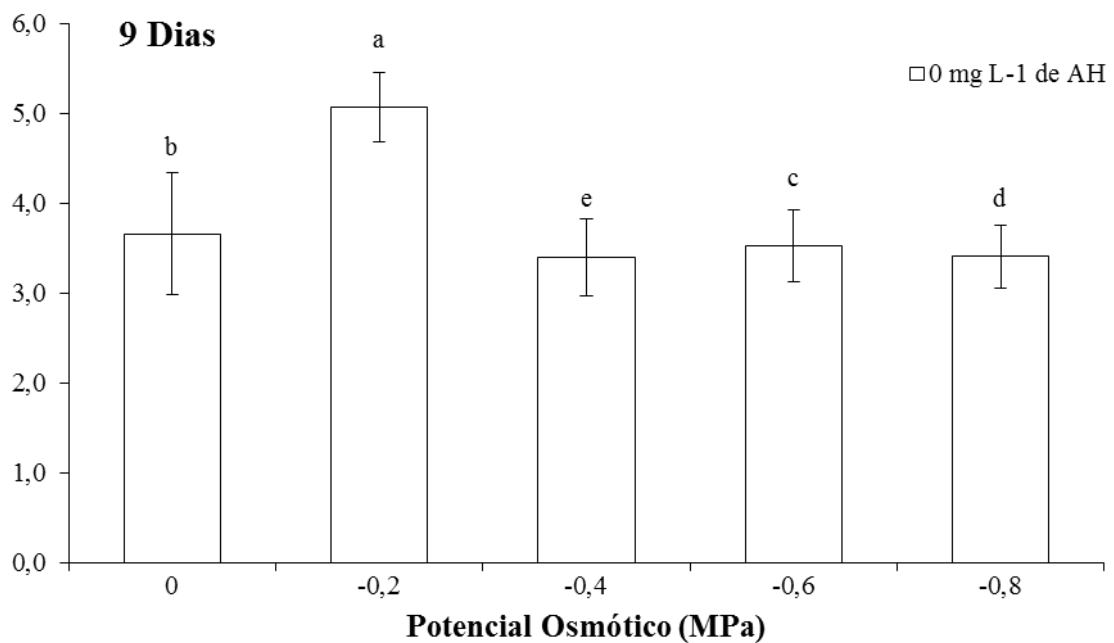
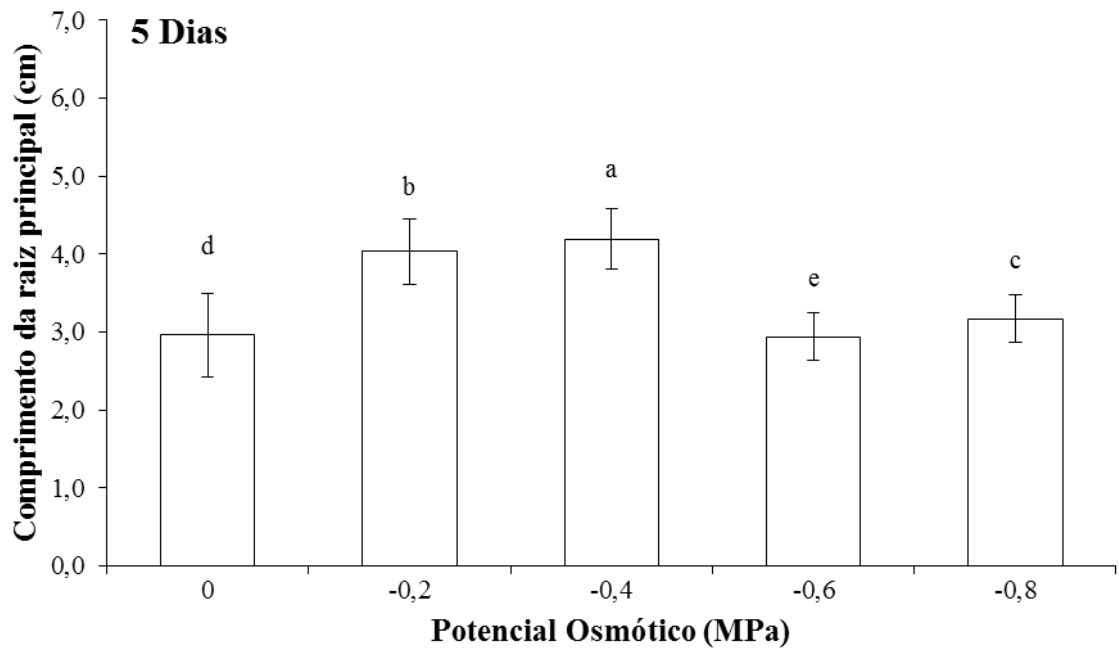


FIGURA 8 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos no comprimento da raiz principal em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

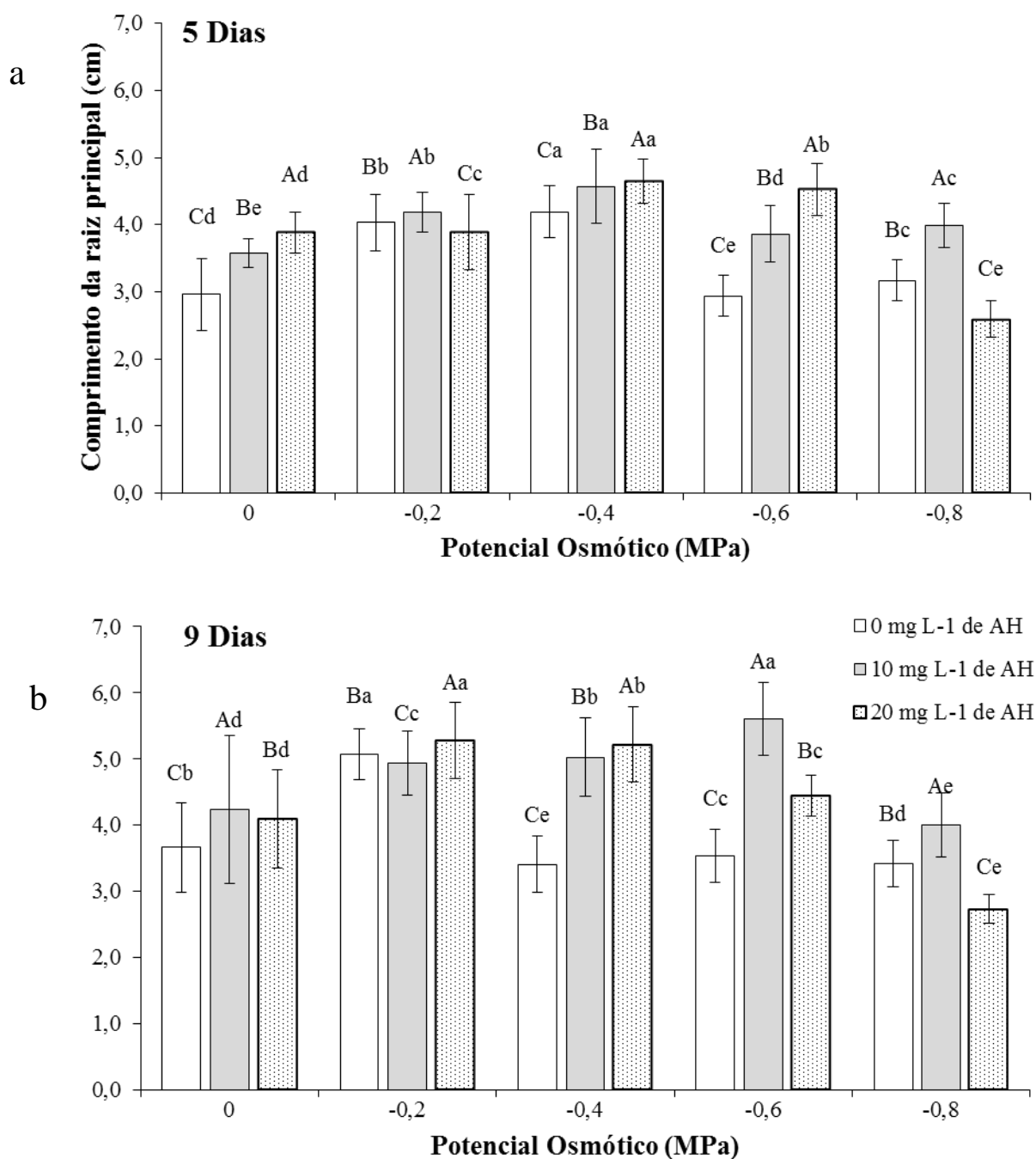


FIGURA 9 – Comprimento da raiz principal entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Letras maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq$

5.3. Número de raízes laterais

Os resultados referentes ao número de raízes laterais estão representados pelas Figuras FIGURA 10 e FIGURA 11, em diferentes potenciais osmóticos e sob aplicação de diferentes doses de AH. A FIGURA 10 representa a influência do potencial na ausência de AH. Aos cinco e nove dias de experimento (FIGURA 10a e FIGURA 10b respectivamente) é possível observar a influência do potencial osmótico no número de raízes laterais. Aos cinco e nove dias os potenciais de -0,2 e -0,4 MPa foram os que mais expressaram o aumento no número de raízes laterais, sendo o maior o mais expressivo (400% e 91% a mais do que a testemunha, respectivamente). Aos cinco dias o potencial menos representativo foi o de 0 MPa, enquanto aos nove dias foram os de -0,8 e -0,6 MPa respectivamente.

A FIGURA 11a apresenta o número de raízes laterais aos 5, a dose que representou maior número de raízes laterais em todos os diferentes potenciais, exceto no de -0,8 MPa, foi a de 20 mg L⁻¹ de AH, sendo que no potencial de -0,8 MPa houve redução no número de raízes na presença de AH. A dose mais representativa foi em -0,4 MPa, com representação 700% maior que a testemunha. Em contrapartida a dose de 20 mg L⁻¹ de AH foi a que exerceu menor quantidade de raízes laterais no potencial de -0,8 MPa. Para os potenciais de -0,6, -0,4 e -0,2 o menor número se refere à dose sem AH, nesta última juntamente com a dose de 10 mg L⁻¹ de AH. Na FIGURA 11b, aos nove dias de experimento, a dose de 20 mg L⁻¹ de AH ainda foi a mais expressiva para os potenciais de 0, -0,2 e -0,6 MPa e a menos expressiva na dose de -0,8 MPa, sendo no potencial -0,2 MPa 127% maior o número em relação à testemunha. Nos potenciais -0,4 e -0,8 MPa a dose de 10 mg L⁻¹ obteve maior número de raízes laterais, enquanto nos potenciais de 0 e -0,2 MPa obteve menor número.

O estresse hídrico exerce uma função atenuadora no ácido abscísico (ABA) na produção de raízes laterais pela planta, a sua função se dá pelo fechamento dos estômatos e regulação de genes que atuam sob estresse hídrico (XIONG et al., 2006). Estes efeitos são inibitórios à produção de raiz lateral devido à adaptação da planta ao meio, em contrapartida, os AH possuem, como já foi dito neste trabalho, ação semelhante à da auxina que realiza indução da produção de raízes laterais e o alongamento destas e da raiz principal, este processo está relacionado com a capacidade de sobrevivência e adaptabilidade da planta a ambiente salino (DEAK & MALAMY, 2005; XIONG et al., 2006). YUAN et al. (2010) apresentaram resultados semelhante com *Suaeda physophora* aos obtidos neste experimento.

A aplicação de AH induz o aumento na emergência do número de raízes laterais e na divisão mitótica na raiz (CANELLAS et al., 2002), como foi confirmado em trabalho de BALDOTTO et al. (2011) com *Arabidopsis thaliana* e de DOBBSS et al. (2016) com *Rizophora mangle* e *Laguncularia racemosa*.

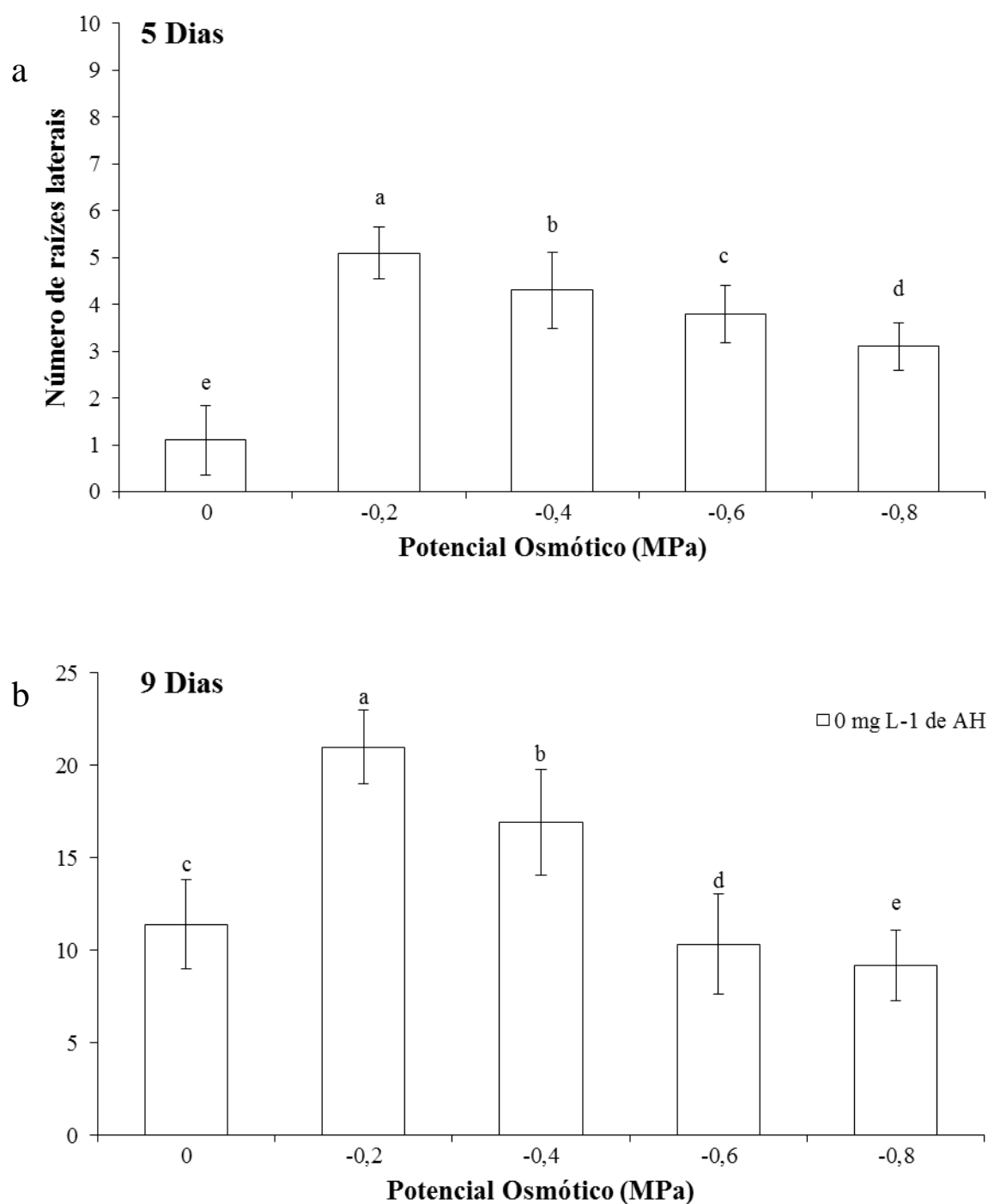


FIGURA 10 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos no número de raízes laterais em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey ($p \leq$

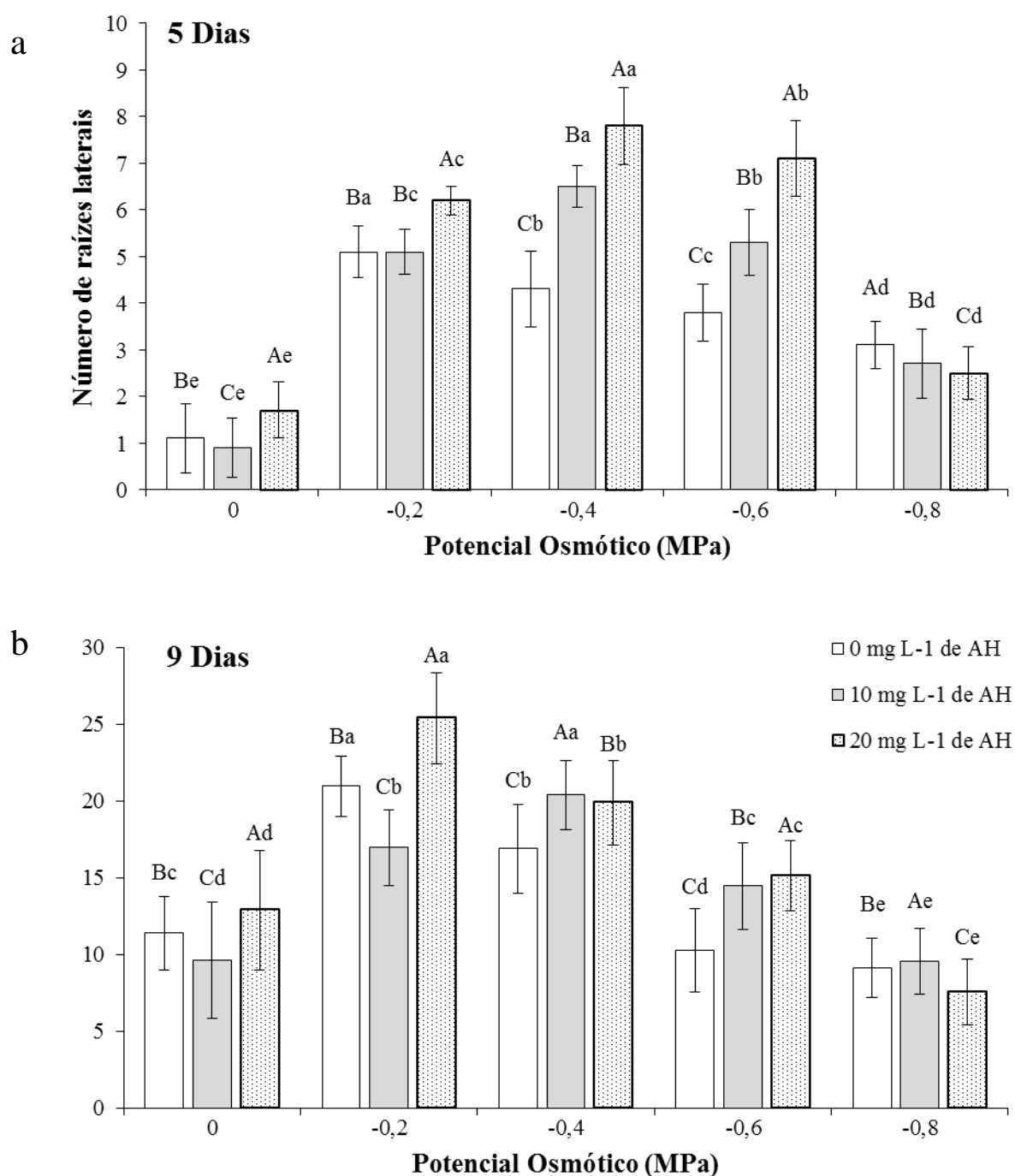


FIGURA 11 – Número de raízes laterais entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Letras maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

5.4. Comprimento do hipocótilo

As Figuras FIGURA 12 e FIGURA 13 representam o comprimento do hipocótilo aos nove dias. Na FIGURA 12 é possível observar a influência direta do potencial osmótico no desenvolvimento do hipocótilo, pois a projeção do tamanho do hipocótilo foi decrescente considerando a redução do potencial osmótico. A testemunha representou um valor 41% maior do que o do potencial osmótico de -0,2 MPa e 74% maior do que a solução com menor potencial.

A FIGURA 13 representa o efeito redutivo também com a aplicação de AH, este efeito pode ser observado pela prevalência do valor sem aplicação dos AH em comparação às medias onde foram aplicados os AH. No potencial osmótico de 0 MPa, o valor médio da dose sem AH foi 4% maior do que a de 10 mg L⁻¹ de AH e 28% maior do que a de 20 mg L⁻¹. Esta diferença se reduz nos outros potenciais osmóticos, mas é possível observar uma influência negativa na aplicação de AH para o crescimento do hipocótilo.

Estes dados podem ser explicados devido ao acúmulo de H₂O₂ no hipocótilo induzido pelo estresse salino, este acúmulo pode reduzir o efeito de auxinas no hipocótilo e reduzir assim o crescimento deste (LIN et al., 2012). Neste fator, a aplicação de AH não influencia de forma positiva, uma vez que este interfere na ação da enzima invertase, reduzindo assim o máximo potencial do crescimento do hipocótilo (MALCOLM & VAUGHAN, 1979; PEDREIRA et al., 2014). Resultados semelhantes foram encontrados por LIN et al. (2012), em que trabalhando com pepino, verificaram a redução do comprimento do hipocótilo em tratamento com NaCl assim como o acúmulo de H₂O₂.

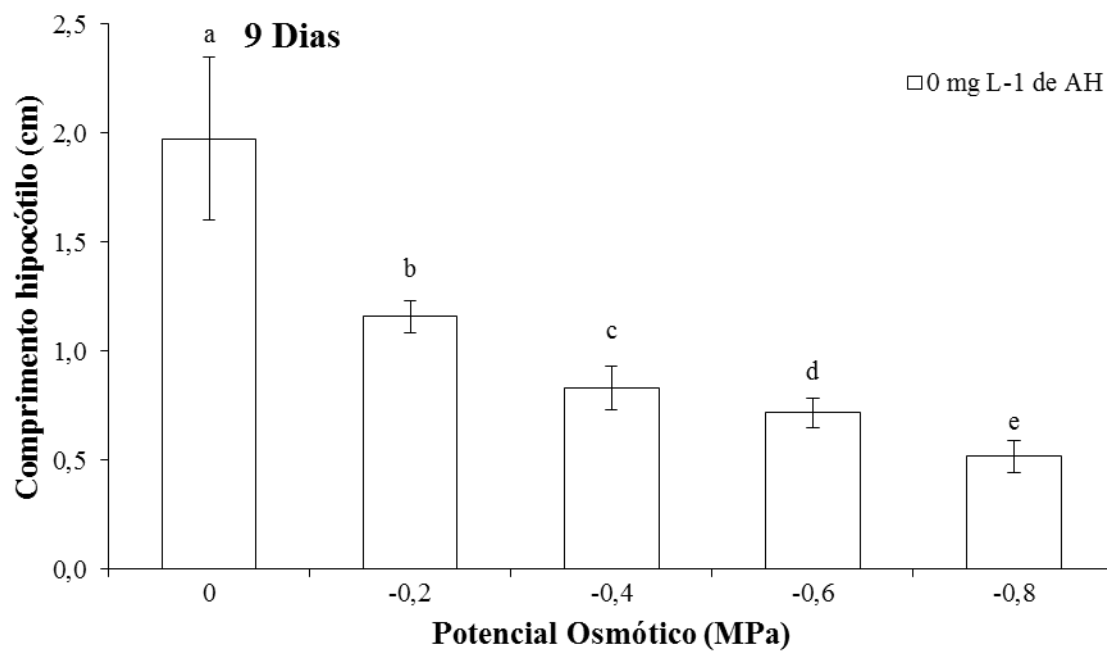


FIGURA 12 - Influência do potencial osmótico sob condições sem aplicação de ácidos húmicos no número de raízes laterais em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Para cada média de potencial osmótico, letras distintas representam valor estatisticamente diferente, segundo teste Tukey (p

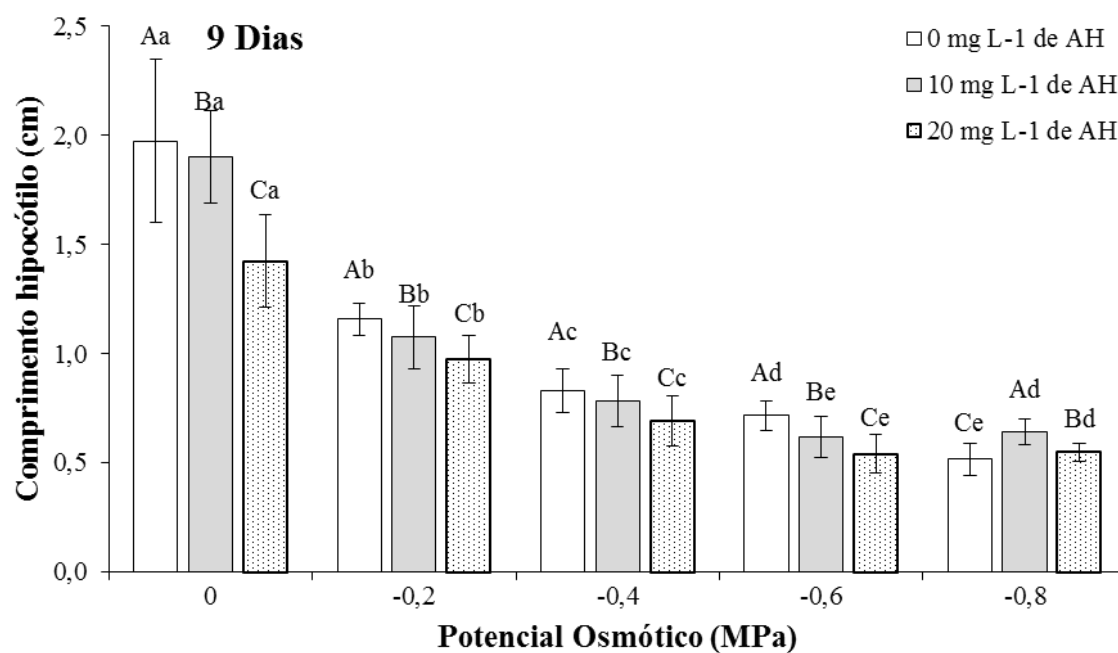


FIGURA 13 – Comprimento do hipocótilo entre doses de ácidos húmicos, no período de cinco dias, sob diferentes potenciais osmóticos em feijão cv. Madrepérola. Barras de erro representam o erro padrão médio. Letras maiúsculas comparam diferentes doses de AH dentro do mesmo potencial e letras minúsculas comparam potenciais diferentes dentro da mesma dose de AH, estatística pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

6. CONCLUSÕES

A porcentagem de germinação, o comprimento da raiz e o número de raízes laterais são favorecidos em condições de baixo potencial osmótico até o período de 5 dias.

AH não interferem na porcentagem de germinação aos 9 dias.

Para potenciais de -0,4 a -0,8 MPa a dose de 10 mg L⁻¹ de AH influencia o crescimento da raiz principal.

A dose de 20 mg L⁻¹ até o potencial de -0,6 MPa representa aumento expressivo no número de raízes laterais.

A presença de AH reduz o desenvolvimento do hipocótilo.

Os AH podem ser utilizados como atenuadores do estresse hídrico em feijão cv. Madrepérola.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. F.; CARNEIRO, J. E. S.; RAMALHO, M. A. P.; MELO, L. C.; JÚNIOR, J. J. P.; FILHO, I. A. P.; MARTINS, M.; PEREIRA, H. S.; CARNEIRO, P. C. S.; GIÚDICE, M. P. D.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; PELOSO, M. J. D.; FARIA, L. D.; SANTOS, J. B.; COSTA, J. G. C.; MOREIRA, J. A. A.; WENDLAND, A. **Comunicado Técnico, 200 - BRSMG Madrepérola: Cultivar de Feijão Tipo Carioca com Escurecimento Tardio dos Grãos. Embrapa Arroz e Feijão.** 1.ed. Santo Antônio de Goiás, GO, 2011. 4 p.

AGUIAR, N. O.; MEDICI, L. O.; OLIVARES, F. S.; DOBBSS, L. B.; TORRES-NETTO, A.; SILVA, S. F.; NOVOTNY, E. H.; CANELLAS, L. P. **Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria.** *Ann. Appl. Biol.*, 168(2): 203-213, 2016.

ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; LEE, S.; BYRNE, R. **Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth.** *Eur. J. Soil Biol.*, 42: 65-69, 2006.

ASHRAF M. & FOOLAD M. **Pre-Sowing Seed Treatment – A Shotgun Approach to Improve Germination, Plant Growth, and Crop Yield Under Saline and Non-Saline Conditions.** *Ad Agron.*, 88: 223-271, 2005.

ASHRAF, M. & FOOLAD, M. **Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance.** *Environ. Exp. Bot.*, 59: 206-216, 2007.

BACILIO, M.; MORENO, M.; BASHAN, Y. **Mitigation of negative effects of progressive soil salinity gradients by application of humic acids and inoculation with *Pseudomonas stutzeri* in a salt-tolerant and a salt-susceptible pepper.** *Appl. Soil Ecol.*, 107: 394-404, 2016.

BARBERO, A. P. P.; BARROS, F.; SILVA, E. A.; SUZUKI, R. M. **Influência do déficit hídrico na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de três espécies de Pleurothallidinae (Orchidaceae).** *Revista Brasil. Bot.*, 34(4): 593-601, 2011.

BARBOSA, L. **Feijão com arroz e arroz com feijão: o Brasil no prato dos brasileiros.** *Horizon. Antropol.*, 13(28): 87-116, 2007.

BATISTA, M. J.; NOVAES, F.; SANTOS, D. G.; SUGUINO, H. H. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. 1. ed. rev. e ampli. Brasília: CODEVASF, 2002. 216 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. Plenum Press, 1994. 451 p.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. ; GHEYI, H. J.; FERNANDES, P. D. **Growth and yield of corn irrigated with saline water**. *Sci. Agric.*, 65(6): 574-580, 2008.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; BRAGA, J. F.; SÁ, M. E. **Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na qualidade fisiológica de sementes de feijão**. *Re Bras. Sementes*, 21(2): 95-102, 1999.

BRAGA, N. S. **Avaliação Fisiológica de Sementes de Pinhão Manso**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009, 396 p.

BROUGHTON, W. J.; HERNÁNDEZ, H.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. **Beans (*Phaseolus spp.*) – model food legumes**. *Plant Soil*, 252: 55-128, 2003.

CANELLAS, L. P.; DOBBS, L. B.; OLIVEIRA, A. L.; CHAGAS, J. G.; AGUIAR, N. O.; RUMJANEK, M.; NOVOTNY, E. H.; OLIVARES, F. L.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A. **Chemical properties of humic matter as related to induction of plant lateral roots**. *Eur. J. Soil Biol*, 63: 315-324, 2012.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; JONES, D. L.; NEBBIOSO, A.; MAZZEI, P.; PICCOLO, A. **Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture**. *Sci. Horitc.*, 196: 15-27, 2015.

CANELLAS, L. P.; PICCOLO, A.; DOBBSS, L. B.; SPACCINNI, R.; OLIVARES, F. L.; ZANDONADI, D. B.; FAÇANHAM A. R. **Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicomposto humic acid**. *Chemosphere*, 78: 457-466, 2010.

CARPITA, N.; SABULARSE, D.; MONTEZINOS, D.; DELMER, D. P. **Determination of the Pore Size of Cell Walls of Living Plant Cells**. *Science* 205: 1144-1147, 1979.

CHAVES, M. O. & BASSINELLO, P. Z. O feijão na alimentação humana. In: GONZAGA, A. C. **Feijão o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed. Embrapa, 2014. p. 15-23.

CHANEY, K. & SWIFT, R. **Studies on aggregate stability. II. The effect of humic substances on the stability of re-formed soil aggregates**. J. Soil Sci., 37: 337-343, 1986.

CHANEY, K. & SWIFT, R. **The influences of organic matter on aggregate stability in some British soils**. J. Soil Sci., 35: 223-230, 1984.

CHOWDHURY, N.; MARSCHNER, P.; BURNS, R. G. **Soil microbial activity and community composition: Impact of changes in matric and osmotic potential**. Soil Biol. Biochem., 43: 1229-1236, 2011.

CIA, M. C.; GUIMARÃES, A. C. R.; MEDICI, L. O.; CHABREGAS, S. M.; AZEVEDO, R. A. **Antioxidant responses to water deficit by drought-tolerant and -sensitive sugarcane varieties**. Ann. Appl. Biol., 161: 313-324, 2012.

CORDEIRO, F. C.; FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. **Influência dos Ácidos Húmicos no Metabolismo Vegetal Pode ser Considerada Uma Resposta Auxínica?** Ver. De Ci. Vida, 30(2): 111-131, 2010.

CORREIA, S. **Potencial hídrico**. Ver. Ciê. Elemen., 2(1): 0032, 2014.

COSTA, A. R. **Nutrição mineral de plantas vasculares**. 2014. 147 f. Ficha Técnica. Escola de ciências e tecnologia da Universidade de Évora.

DALBERTO, D. S. **Estresse osmótico na germinação de sementes de *Ochroma pyramildae* (Ca Ex Lam.) Urb. (malvaceae)**. 2012. 47 f. Tese (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso.

DALIAKOPOULOS, I. N.; TSANIS, I. K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N. N.; VAROUCHAKIS, A. E.; KARATZAS, G. P.; RITSEMA, C. J. **The threat of soil salinity: A European Scale Review**. Sci. Total Environ., 573: 727-739, 2016.

DANTAS, C. S.; SILVA, I. B.; PEREIRA, G. M.; MAIA, J. M.; LIMA, J. P. M. S.; MACEDO, C. E. C. **Influência da salinidade e déficit hídrico na germinação de sementes de *Carthamus tinctorius* L.** Re Bras. Sementes, 33(3): 574-582, 2011.

DARDANELLI M. S.; CÓRDOBA, F. J. F.; ESPUNY, M. R.; CARVAJAL, M. A. R.; DÍAZ, M. E. R.; SERRANO, A. M. G.; OKON, Y.; MEGÍAS, M. **Effects of *Azospirillum***

brasiliense coinoculated with *Rhizobium* on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and Nod factor production under salt stress. *Soil Biol. Biochem.*, 40: 2713-2721, 2008.

DAY, P. R.; BOLT, G. H.; ANDERSON, D. M. NATURE OF SOIL WATER. IN: HAGAN, R. M.; HAISE, H. R.; EDMINSTER, T. W. **Ittigation of Agricultural Lands**. 4.ed. The American Society of Agronomy, 1967. cap. 12, p. 193-208.

DEAK, K. I. & MALANY, J. **Osmotic regulation of root system architecture**. *Plant Journal*, 43: 17-28, 2005.

DEL AMOR F. & CUADRA-CRESPO P. **Plant growth-promoting bacteria as a tool to improve salinity tolerance in sweet pepper**. *Funct. Plant Biol.*, 36: 82-90, 2012.

DOBBSS, L. B.; BARROSO, A. L. P.; RAMOS, A. C.; TORRICO, K. S. N.; ARÇARI, F. S. S.; ZANDONADI, D. B. **Bioactivity of mangrove humic material on *Rizophora mangle* and *Laguncularia racemosa* seedlings, Brazil**. *Afr. J. Biotechnol.*, 15(23): 1168-1176, 2016.

DOBBSS, L. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; AGUIAR, N. O.; PERES, L. E. P.; AZEVEDO, M.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A.; FAÇANHAR, A. R. **Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicomposto on plant root growth**. *J. Agric. Food Chem.*, 58: 3681-3688, 2010.

DUAN, L.; SEBASTIAN, J.; DINNENY, J. R. **Salt-stress regulation of root system growth and architecture in *Arabidopsis* seedling**. *Methods Mol. Biol.*, 1242: 105-122, 2015.

FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, M.; BRASIL, F.; SCHRIPSEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M. A.; CANELLAS, L. P. **Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática**. *Pesq. Agropec. Bras.*, 37(09): 1301-1310, 2002.

FANTI, S. & PEREZ, J. **Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino**. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39(9): 903-909, 2004.

FERREIRA, F. **SISVAR 5.6 [online]**, um programa para análises e ensino de estatística. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>. Acesso em 13 de outubro de 2016. *Ciênc. Agrotec.*, 35(6): 1039-1042, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS: FAO - **Status of the World's Soil Resources – Main Report**, 2015. ISBN 978-92-5-109004-6.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND INTERGOVERNMENTAL TECHNICAL PANEL ON SOILS: **FAO - Status of the World's Soil Resources – Technical Summary**, 2015. ISBN 978-92-5-108960-6.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION: **FAO – FAOSTAT: Statistics database** [online], 2016. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso em 30 de outubro de 2016.

FORTI, A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. **Efeitos de potenciais hídricos do substrato e teores de água das sementes na germinação de feijão**. Re Bras. Sementes, 31(2): 063-070, 2009.

GALVAN-AMPUDIA, C. S. & TESTERINK, C. **Salt stress signals shape the plant root**. Plant Biol., 14: 296-302, 2011.

GARCÍA, A. C.; IZQUIERDO, F. G.; BERBARA, R. L. L. Effects of Humic Materials on Plant Metabolism and Agricultural Productivity. In: AHMAD, P. & RASOOL, S. **Emerging technologies and management of crop stress tolerance**. 1.ed. Academic Press, 2014. cap. 18, p. 449- 466.

GHEIY, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1.ed. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.

GRATTAN, S. & GRIEVE, C. **Mineral elements acquisition and growth reponse of plants grown in saline environments**. Agric. Ecosystems Environ., 38: 275-300, 1992.

GRATTAN, S. & GRIEVE, C. **Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops**. Sci. Horitc., 78: 127-157, 1999.

GEPTS, P. **Origin and Evolution of Common Bean: Past Events and Recent Trends**. Hort. Science, 33: 1124-1130, 1998.

HAGER, A. **Role of the plasma membrane H⁺-ATPase in auxin-induced elongation growth: historical and new aspects**. J. Plant. Res., 116: 483-505, 2003.

HAGER, A.; MENZEL, H.; KRAUSS, A. **Versuche und Hypothese zur Primärwirkung des Auxins beim Streckungswachstum**. Planta, 100(1): 47-75, 1971.

HAGER, A. **Versuche und Hypothese zur Primärwirkung des Auxins beim Streckungswachstum. This Week's Citation Classic**. 10, n. 12, p. 1, 1984. Disponível em: <http://garfield.library.upenn.edu/classics.html>. Acesso em: 14 de outubro de 2016.

HAYES, M. H. B. **Solvent systems for the isolation of organic components from soils.** Soil Sci. Am. J., 70: 986-994, 2006.

HUR, S. N. **Effect of Osmoconditioning on the Productivity of Italian Ryegrass and Sorghum under Suboptimal Conditions.** Korean J. Anim. Science, 33(1): 101-105, 1991.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE:**

Estatísticas da produção agrícola, segundo o mês de outubro - [online], 2016

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>.

Acesso em 11 de novembro de 2016.

JANNIN, L.; ARKOUN, M.; OURRY, A.; LAÎNÉ, P.; GOUX, D.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; FRANCISCO, S. S.; BAIGORRI, R.; CRUZ, F.; HOUDUSSE, F.; GARCIA-MINA, J.; YVIN, C.; ETIENNE, P. **Microarray analysis of humic acid effects on *Brassica napus* growth: Involvement of N, C and S metabolisms.** Plant soil, 359(1):297-319, 2012.

JIANG, K.; MOE-LANGE, J.; HENNET, L. FELDMAN, L. J. **Salt stress affects the redox status of *Arabidopsis* root meristems.** Front. Plant. Sci. 7: 81, 2016.

JINDO, K.; MARTIM, S. A.; NAVARRO, E. C.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P. **Root growth promotion by humic acids from composted and non-composted urban organic waste.** Plant Soil, 353: 209-220, 2012.

JUN-FENG, Y.; GU, F.; HAI, YAN, M.; CHANG-YAN, T. **Effect of nitrate on root development and nitrogen uptake of *Suaeda physophora* under NaCl salinity.** Sci. Soc. China, 20(4): 536-544, 2010.

KHALIL, S. K.; MEXAL, J. G.; ORTIZ, M. **Osmotic priming hastens germination and improves seedling size of *Pinus brutia* var. *eldarica*.** The Planters Notes, 48(2): 24-27, 1997.

LIN, Y.; LIU, Z.; SHI, Q.; WANG, X.; WEI, M.; YANG, F. **Exogenous nitric oxide (NO) increased antioxidant capacity of cucumber hypocotyl and radicle under salt stress.** Sci. Horitc., 142: 118-127, 2012.

LIPTAY, A. & ZARIFFA, N. **Testing the morphological aspects of polyethylene glycol-primed tomato seeds with proportional odds analysis.** HortScience, 28(9): 881-883, 1993.

MACAR, T. K.; TURAN, Ö.; EKMEKÇİ, Y. **Effects of Water Deficit Induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars and Lines at Early Seedling Stages.** J. Sci., 22(1): 5-14, 2009

MALCOLM, R. & VAUGHAN, D. **Effects of humic acid fractions on invertase activities in plant tissues.** Soil Biol. Biochem., 11: 65-72, 1979.

MARINHO, E. B. **Reservatório de carbonos e ciclagem de nutrientes num latossolo sob diferentes sistemas de produção de café no cerrado brasileiro.** 2014. 36 f. Monografia (Título de Engenheiro Agrônomo) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M. T. G. **Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino.** Biosci. J., 30(1): 318-329, 2014.

MBAGWU, J. & PICCOLO, A. **Changes in soil aggregate stability induced by amendment with humic substances.** Soil Technol., 2: 49-57, 1989.

MITCHELL, P. **Chemiosmotic coupling in oxidative and photosynthetic phosphorylation.** Biol. Re. 41: 445-502, 1966.

MORSOMME, P. & BOUTRY, M. **The plant plasma membrane H⁺-ATPase: structure, function and regulation (Review).** Biochim. Biophys., 1465: 1-16, 2000.

MOTERLE, L. M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; RODOVALHO, M. A.; BARRETO, R. R. **Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca.** Ciênc. Agrotec., 32(6): 1810-1817, 2008.

MUSCOLO, A.; CUTRUPI, S.; NARDI, S. **IAA detection in humic substances.** Soil Biol. Biochem., 30(8/9): 1199-1201, 1998.

NARDI, S.; PIZZEGHELO, D.; RENIERO, F.; RASCIO, N. **Chemical and biochemical properties of humic substances isolated from forest soils and plant growth.** Soil Sci. Soc. Am. J., 64: 639-645, 2000.

NEPOMUCENO, A. L.; OOSTERHUIS, D. M.; STEWART, J. M. **Physiological responses of cotton leaves and roots to water deficit induced by polyethylene glycol.** Environ. Exp. Bot., 40: 29-41, 1998.

NETO, N. B. M.; CUSTÓDIO, C. C.; COSTA, P. R.; DONÁ, F. L. **Deficiência hídrica induzida por diferentes agentes osmóticos na germinação e vigor de sementes de feijão.** Re Bras. Sementes, 28(1): 142-148, 2006.

NOBEL, P. S. **Physiochemical and environmental plant physiology**. 4.ed. Amsterdam: Academic Press, 2009. 582 p.

OR, D.; TULLER, M.; WRAITH, J. M. Soil water potential. In: HUANG, P. M.; LI, Y.; SUMNER, M. E. **Handbook of Soil Science: Properties and processes**. 2.ed. CRC Press, Boca Raton, 2011. 1442 p.

PASTERNAK, D. **Salt tolerance and crop production – a comprehensive approach**. Ann. Re Phytopathol, 25:271-291, 1987.

PAUL, D. & LADE, H. **Plant growth-promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review**. Agron. Sustain. De, 34: 737-752, 2014.

PEDREIRA, J.; SANZ, N.; PEÑA, N. J.; SÁNCHEZ, M. QUEIJEIRO, E.; REVILLA, G.; ZARRA, I. **Role of apoplastic ascorbate and hydrogen peroxide in the control of cell growth in pine hypocotyls**. Plant. Cell. Psysiol. 45(5): 530-534, 2004.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T. D.; SANTOS, P. B. **Causas e consequências do processo de salinização dos solos**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 19(02): 1308-1324, 2015.

PELEGRINI, L. L.; BORCIONI, E.; NOGUEIRA, A. C.; KOEHLER, H. S.; QUOIRIN, M. G. G. **Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth.** Cienc. Florest., 23(02): 513-521, 2013.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; MARTINS, D.; SILVA, R. J. N. **Estresse hídrico induzido por soluções de PEG e de NaCl na germinação de sementes de nabiça e fedegoso**. Biosci. J., 30(03): 687-696, 2014.

PICCOLO, A. Humus and Soil Conservation. In: PICCOLO, A. **Humic substances in terrestrial ecosystems**. 1.ed. Elsevier Science, 1996. cap. 5, p. 225-264.

PILL, W. G.; FRETT, J. J.; MORNEAU, D. C. **Germination and seedling emergence of primed tomato and *Asparagus* seeds under adverse conditions**. HortScience, 26(09): 1160-1162, 1991.

PISINARAS, ; TSIHRINTZIS, A.; PETALAS, C.; OUZOUNIS, K. **Soil salinization in the agricultural lands of Rhodope District, northeastern Greece**. Environ. Monit. Assess 166: 79-94, 2010.

MARINHO, E. B. **Reservatório de carbonos e ciclagem de nutrientes num latossolo sob diferentes sistemas de produção de café no cerrado brasileiro**. 2014. 36 f. Monografia

(Título de Engenheiro Agrônomo) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.

PONTALTI, G. C. **Nitritos e nitratos: venenos ou nutrientes?** 2011. 8 f. Seminário (Disciplina Bioquímica do tecido animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

ROCHA, L. D. **Ácido húmico extraído do lodo de esgoto sanitário e seus efeitos em plantas.** 2014. 71 f. Dissertação (Título de Mestre em Biologia Vegetal) – Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

ROSA, C. M.; CASTILHO, R. M. ; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. A. **Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris*** L. R. Bras. Ci. Solo, 33: 959-967, 2009.

RUIZ-CRISTIN, J. & BRISKIN, D. P. **Characterization of a H^+/NO_3^- symport associated with plasma membrane vesicles of maize roots using ClO_3^- as a radiotracer analog.** Arch. Biochem. Biophys., 285(1): 75-82, 1991.

SANTOS, H. D.; ALMEIDA, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; LUMBRERAS, J. F.; ANJOS, L. H. C.; COELHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, A. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SETIA, R. & MARCHNER, P. **Impact of total water potential and varying contribution of matric and osmotic potential on carbon mineralization in saline soils.** Eur. J. Soil Biol., 56: 95-100, 2013.

SILVA, F. A. M.; MELLONI, R.; MIRANDA, J. R. P.; CARVALHO, J. G. **Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivados em solução nutritiva.** Cerne, 6(1): 52-59, 2010.

SILVA, L. M. M.; AGUIAR, I. B.; MORAIS, D. L.; VIÉGAS, R. A. **Estresse hídrico e condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de *Cnidioscolus juercifolius*.** Re Bras. Eng. Ambient., 9(01): 66-72, 2005.

SILVA, M. O.; FREIRE, M. B. G.; MENDES, A. M. S.; FREIRE, F. J.; SOUSA, C. E. S.; GÓES, G. B. **Crescimento de meloreito e acúmulo de nutrientes na planta sob irrigação com águas salinas.** Re Bras. Eng. Ambient., 12(06): 593-605, 2008.

SILVA, R. M.; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L.; JÚNIOR, P. S. **Desenvolvimento das raízes de milheto (*Pennisetum glaucum* L.) cultivado com adição de substâncias húmicas**. Re Bras. De Agrociência, 6(2): 152-156, 2000.

SOLEIMANI H.; RASHIDFAR, M.; MALEKIAN, A. **Effects of salinity and drought by using NaCl 99.99% and PEG 6000 on some growth factors on anabasis *Aphylla***. IPCBEE, 17: 168-172, 2011.

SOUSA, M. P.; BRAGA, L. F.; BRAGA, J. F.; DELACHIAVE, M. E. A. **Estresses hídricos e salinos no processo germinativo das sementes de *Plantago ovata* Forsk. (Plantaginaceae)**. R. Árvore, 32(1): 33-38, 2008.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TAVARES, O. C. H.; SANTOS, L. A.; FERREIRA, L. M.; SPERANDIO, M. V. L.; ROCHA, J. G.; GARCÍA, A. C.; DOBBSS, L. B.; BERBARA, R. L. L.; SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. **Humic acid differentially improves nitrate kinetics under low and high-affinity systems and alters the expression of plasma membrane H⁺-ATPases and nitrate transporters in rice**. Ann. Appl. Biol., 16 p. 2016.

VILLELA, F. A.; FILHO, L. D.; SEQUEIRA, E. L. **Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura**. Pesq. Agropec. Bras., 26(11/12): 1957-1968, 1991.

WANDERLEY, R. A. **Salinização de solos sob aplicação de rejeito de dessalinizadores com e sem adição de fertilizantes**. 2009. 43 f. Dissertação (Título de Mestre em Engenharia Agrícola) – Programa de pós-graduação em engenharia agrícola, Universidade de Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco.

XIONG, L.; WANG, R.; MAO, G.; KOCZAN, J. M. **Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of root response to drought stress and abscisic acid**. Plant Physiol., 142: 1065-1074, 2006.

YAN, N.; MARSCHNER, P.; CAO, W.; ZUO, C.; QIN, W. **Influence of salinity and water content on soil microorganisms**. International Soil and Water Conservation Research, 3: 316-323, 2015.

YEO, A. R.; CAPORN, S. J. M.; FLOWERS, T. J. **The effects of salinity upon photosynthesis in rice (*Oryza sativai* L.): gas exchange by individual leaves in relation to their salt content**. J. exp. Bot. 36(169): 1240-1248, 1985.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; DOBBSS, L. B.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P.; BINZEL, M. L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A. L.; FAÇANHA, A. R. **Nitric**

oxide mediates humic acid-induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation. *Planta*, 231: 1025-1036, 2010.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. **Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças.** *Hortic. Bras.*, 32: 14-20, 2014.

ZHANG, H.; IRVING, L. J.; MCGILL, C.; MATTHEW, C.; ZHOU, D.; KEMP, P. **The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator.** *Ann Bot.* 106(6): 1027-1035, 2010.