



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO –
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
CURSO DE AGRONOMIA**

**EFEITO DE ESTRESSES COMBINADOS SALINO E ALTAS EM
Vigna unguiculata (L.) Walp: ABORDAGENS FISIOLÓGICAS E
ANATÔMICAS**

MICHELLE MAYLLA VIANA DE ALMEIDA

Garanhuns - Pernambuco

Julho – 2018

MICHELLE MAYLLA VIANA DE ALMEIDA

**EFEITO DE ESTRESSES COMBINADOS SALINO E TÉRMICO
EM *Vigna unguiculata* (L.) Walp: ABORDAGENS FISIOLÓGICAS E
ANATÔMICAS**

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia da Universidade Federal Rural
de Pernambuco, como parte das exigências
da Disciplina de Estágio Supervisionado
Obrigatório.

APROVADA em 25 de julho de 2018.

Dr^a Edilma Pereira Gonçalves
(UFRPE-UAG)

Dr^a Josabete Salgueiro B. Carvalho
(UFRPE-UAG)

Dr^a Luciana Maia Moser
(UFRPE-UAG)

GARANHUNS
PERNAMBUCO – BRASIL - 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE

Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns-PE, Brasil

A447e Almeida, Michelle Maylla Viana de
Efeito de estresses combinados salino e de altas temperaturas em
Vigna unguiculata (L.) Walp: abordagens fisiológicas e anatômicas
/ Michelle Maylla Viana de Almeida. – 2018.

46 f.

Orientadora: Luciana Maia Moser.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Agronomia) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Agronomia, Garanhuns, BR - PE, 2018.

Inclui referências

1. Feijão-de-corda - sementes
2. Sementes – fisiologia
3. Solos – salinidade I. Moser, Luciana Maia, orient. III. Título

CDD 635.652

DEDICATÓRIA

Aos meus pais **Manoel** e **Maria** e aos meus irmãos **Marcelo** e **Mirelle** pelo carinho, apoio e amor incondicional.

A **Doralice**, minha avó e companheira, ser humano incrível, pelos exemplos e contraexemplos de vida.

A minha tão amada **Yasmin**, por ter feito de mim uma pessoa melhor...

A **Deus**, que nos criou e foi criativo nessa tarefa. Seu fôlego de vida em mim me foi sustento e me deu coragem para questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

AGRADECIMENTOS

A **Natureza** pela a sua capacidade de ciclar, reciclar e gerar vida.

A Profa. Dr^a. **Luciana Maia Moser**, pela minha introdução no mundo da Fisiologia e Bioquímica de plantas, pela orientação, amizade, incentivo e confiança na realização deste trabalho.

As professoras **Edilma Pereira Gonçalves** e **Josabete Salgueiro Carvalho**, pela disponibilidade e interesse em participar da avaliação deste trabalho.

Aos **professores** do Curso de Agronomia pela valorosa formação adquirida durante a realização do curso, na contribuição ao meu crescimento acadêmico e profissional ao longo desses quase cinco anos;

A **UFRPE-UAG**, pela oportunidade e condições oferecidas durante a realização do curso.

Ao **Instituto Agronômico de Pesquisa- IPA** pela parceria e disponibilidade de sementes.

A Clínica de Bovinos Garanhuns-UFRPE na pessoa da Dr^a **Carla Lopes Mendonça** pela colaboração na realização deste trabalho.

A Técnica de Laboratório **Wikillane**, pela colaboração.

A colega de Laboratório **Sabrina** que contribuiu na realização desse trabalho.

Aos amigos de graduação, em especial à **Raquel, Rita de Cássia, Danielle e Caio César**, pela amizade e convivência durante esse percurso!

A amiga **Eliane** e ao amigo **Valdeci** pelas palavras de incentivo.

A meus pais **Manoel** e **Maria**, por me darem vida.

Aos meus Irmãos pelo incentivo.

A minha filha **Yasmin**, pelas ausências.

Na verdade, torna-se difícil mencionar e agradecer a todas as pessoas que, de uma forma direta ou indiretamente, participaram, já que são tantas e tão diversas as maneiras de colaboração. Meu muito obrigada a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Salinidade nos solos e estresse salino em plantas: aspectos gerais.....	13
2.2 Efeito da salinidade no metabolismo vegetal.....	15
2.3 Altas temperaturas e seus efeitos em plantas.....	16
2.4 Aclimação e adaptação das plantas ao estresse salino.....	17
2.5 Feijão caupi: estresse salino x mecanismos de adaptação.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Material Vegetal e Condições de Semeadura e crescimento.....	21
4.2 Parâmetros de Germinação.....	22
4.2.1 Teste de germinação.....	22
4.2.2 Índice de velocidade de germinação (IVG).....	22
4.3 Parâmetros de crescimento	23
4.3.1 Comprimento e massa seca de plântulas.....	23
4.4 Anatomia de cortes histológicos de hipocótilos.....	23
4.5 Procedimento estatístico.....	23
5. RESULTADOS.....	24
6. DISCUSSÃO.....	30
7. CONCLUSÃO.....	34
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais fatores limitantes para a produtividade agrícola e as respostas das plantas aos estresses podem ser tanto em nível celular como no organismo de maneira geral. Fonte BUCHANAN, 2000. 18

Figura 2. Metodologia de semeadura de sementes utilizada nos experimentos. 1 – sanitização de sementes; 2 - lavagem de sementes em água destilada; 3 – semeadura em papel *germitest*; 4 – sementes acondicionadas em papel na forma de rolos e envolvidos em sacos plásticos; 5 – rolos acondicionados em recipientes para serem levados a B.O.D. 24

Figura 3. Aspectos visuais de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0Mm NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C. A - 0 NaCl + 30°C; B - 100Mm NaCl + 30°C; C - 0 NaCl + 35°C; D - 100Mm NaCl + 35°C ; E - 0 NaCl + 40°C (6d); F - 100Mm NaCl + 40°C (6d); G - 0 NaCl + 40°C (7d); H - 100Mm NaCl + 40°C (7d). 28

Figura 4. Porcentagem de germinação de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0Mm NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C. Tratamentos C= Controle (sem estresse salino) e E= Estresse salino. 29

Figura 5. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0Mm NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C. 29

Figura 6. Porcentagem de plântulas normais e anormais de *V. unguiculata* submetidas aos tratamentos: Sem estresse salino – 0mM NaCl + 30°C e 0mM NaCl + 35°C; Estresse salino - 100mM NaCl + 30°C e 100mM NaCl + 35°C. 30

Figura 7. Porcentagem de plântulas normais e anormais de *V. unguiculata* submetidas aos seguintes tratamentos: sem estresse salino - 0mM NaCl + 30°C; Estresse salino - 100mM NaCl + 30°C (4A); sem estresse salino - 0mM NaCl + 35°C; Estresse salino - 100mM NaCl + 35°C (4B). 30

Figura 8. Conteúdo de massa seca (g) de raiz e parte aérea (P.A) de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0Mm NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C. 31

Figura 9. Secções transversais de hipocótilos de *V. unguiculata* em crescimento primário, Após exposição à estresse salino na temperatura de 30°C. A, C - controle; B,D – estresse salino (100mM NaCl). Em destaque células do córtex e epiderme (A, B) e feixes vasculares (C,D). Setas indicam córtex (CTX), Epiderme (EP), Xilema (XL) e Floema (FL). As fotografias correspondem a um aumento de 100x. 32

Figura 10. Secções transversais de hipocótilos de *V. unguiculata* em crescimento primário, Após exposição à estresse salino na temperatura de 35°C. A, C - controle; B,D – estresse salino (100mM NaCl+ 35°C). Em destaque células do córtex e epiderme (A, B) e feixes vasculares (C,D). Setas indicam córtex (CTX), Epiderme (EP), Xilema (XL) e Floema (FL). As fotografias correspondem a um aumento de 100x. 32

RESUMO

ALMEIDA, M.M.V. **Efeito de estresses combinados salino e térmico em *Vigna unguiculata* L. (Walp): Abordagens fisiológica e anatômica.** 46 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns, Pernambuco, Brasil.

A salinidade e altas temperaturas são fatores abióticos que afetam negativamente a produção de espécies vegetais de importância socioeconômica nas regiões áridas e semiáridas. Atualmente um dos grandes desafios dos cientistas de plantas é compreender e tentar manter a produtividade de plantas sob condições ambientais desafiadoras. O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) é uma das mais importantes culturas da região Nordeste do Brasil, principalmente pela importância socioeconômica. Além disso, é considerada uma planta moderadamente resistente à seca e estresse salino, principais estresses que limitam a produtividade dessa cultura. O presente trabalho teve como objetivo estudar as respostas fisiológicas e anatômicas do feijão-de-corda sob efeito dos estresses salino e de altas temperaturas. Os experimentos foram conduzidos na UFRPE-UAG/CENLAG. Sementes de feijão caupi cultivar IPA 206 foram semeadas em papel de filtro umedecidos em água destilada (condição controle) ou solução de NaCl 100mM (condição de estresse salino) e colocadas em câmara de germinação com fotoperíodo de 12 horas às temperaturas de 30, 35 e 40°C por 7 dias. As diferentes partes das plântulas foram cortadas e seu comprimento foi mensurado, logo em seguida foram colocadas para secar em estufa e a massa seca foi mensurada em balança analítica. Para a caracterização fisiológica, as sementes foram submetidas aos testes de germinação, IVG, análise do comprimento e massa seca da raiz e da parte aérea e análise anatômica a partir de cortes histológicos de hipocótilos. Os resultados mostraram que a interação entre salinidade e altas temperaturas diminuíram o potencial de germinação de sementes de *V. unguiculata* cv IPA 206, essa diminuição foi mais acentuada em plântulas expostas a estresse salino na temperatura de 40°C. O estresse salino (NaCl 100mM) associado ao estresse térmico (40°C) inibiu o IVG, o crescimento e a massa seca de plântulas de *V. unguiculata*. O estresse salino associado à altas temperaturas causaram desarranjo na disposição dos feixes de xilema e floema em plântulas de feijão caupi. Assim, os estresses combinados potencializaram os efeitos do estresse salino e térmico isoladamente.

Palavras-Chave: anatomia, estresse ambiental, temperatura, *Vigna unguiculata*.

ABSTRACT

ALMEIDA, M.M.V. **Effect of combined saline and thermal stresses on *Vigna unguiculata* L. (Walp): Physiological and anatomical approaches.** 46 p. Monograph (Graduation in Agronomy) - Universidade Federal Rural de Pernambuco-Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns, Pernambuco, Brazil.

Salinity and high temperatures are factors that negatively affect the production of plant species of socioeconomic importance in arid and semi-arid waters. At present, major reactions from plant technicians are covered and information on environmental conditions is included. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is one of the most important crops of the region. In addition, it is a moderately resistant strategy to drought and salt stress, stressing principles that limit the productivity of this crop. The present work had as physiological and anatomical objective of the rope bean on the effect of saline stresses and high temperatures. The experiments were conducted at UFRPE-UAG / CENLAG. Seeds of cowpea cultivar IPA 206 were seeded on filter paper moistened in distilled water or 100 mM NaCl solution (saline stress condition) and placed in a germination chamber with 12-hour photoperiod at temperatures of 30, 35 and 40°C for 7 days. The measures of the flexible ones were cut and their length was measured in relation to the analytical balance. For a physiological characterization, as were submitted to germination tests, IVG, analysis of root and shoot root length and dry mass, and anatomical analysis from histological sections of hypocotyls. The results were: the interaction between salinity and high temperatures decreased the seed germination potential of *V. unguiculata* and the sampling rate was 40°C. Saline stress (100 mM NaCl) in the hot, diseased air (40°C) inhibited the growth, growth and dry mass of *V. unguiculata* seedlings. Saline stress associated with high temperatures caused disarrangement in the arrangement of xylem and phloem bundles in cowpea seedlings. Thus, the combined stresses potentiate the effects of saline and thermal stress alone.

Key words: anatomy, stress enviromental, temperature, *Vigna unguiculat*

1. INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma das leguminosas mais consumidas no Norte e Nordeste do Brasil, representando importante fonte de proteína, energia, fibras e minerais, além de gerar emprego e renda. Popularmente conhecido como feijão de corda, macassar e caupi, é originário do continente africano. (COELHO, 2016). No estado de Pernambuco, na safra 2016- 2017, a produtividade média foi de 311 kg ha⁻¹, com uma estimativa de apenas 342 kg ha⁻¹ para a safra 2017-2018. Apesar de ser uma cultura bastante comum na região Nordeste é nesta área, que são registrados os menores rendimentos da cultura (CONAB, 2017). Essas reduções de produtividade podem estar associados entre outros fatores a estresses abióticos como salinidade e altas temperaturas.

Estresses ambientais conferem graves desafios às plantas, podendo causar prejuízos no crescimento e desenvolvimento, e conseqüentemente, podem afetar o rendimento das culturas de interesse econômico em todo o mundo (NEGRÃO et al., 2017). Salinidade induzida por ação humana afeta cerca de 760.000 quilômetros quadrados de terras em todo o mundo. No Brasil, a região mais afetada pela salinidade é a Nordeste, que parece ser provocada dentre outros fatores, pelo processo de irrigação em áreas impróprias (FAO, 2015). Em regiões áridas e semiáridas, a salinidade está associada à elevadas taxas de evapotranspiração e baixa precipitação promovendo a ascensão de sais para a superfície do solo (MEDEIROS et al., 2010). O impacto dos sais sobre o potencial osmótico dos solos reduz a absorção de água pelas raízes e altera, subsequentemente, o balanço hídrico das plantas (SCHOSSLER et al., 2012).

A absorção excessiva de íons (principalmente Na⁺ e Cl⁻) pode causar distúrbios fisiológicos e nutricionais dentro da planta (ZHU, 2001). Para as espécies resistirem às condições de estresse salino é necessário que ocorra a ativação de mecanismos que proporcionem alterações no metabolismo celular. Entre os mecanismos mais eficientes destaca-se a capacidade das células em acumular íons nos vacúolos, ou ainda solutos orgânicos de baixo peso molecular capazes de manter a absorção de água e a turgescência celular (MUNNS; TESTER, 2008). Além dos mecanismos citados para neutralizar os efeitos negativos da exposição às condições de salinidade, as plantas ainda podem apresentar mudanças anatômicas, diferenças na estrutura da planta, como por

exemplo, em células epidérmicas, podendo contribuir para resistência a fatores adversos, bióticos ou abióticos. Essas características podem ser usadas em melhoramento genético para desenvolvimento de cultivares resistentes ou tolerantes a condições ambientais adversas (STENGLEIN et al. 2005).

Plantas diferem em suas estratégias e no grau de tolerância para sobreviver e se desenvolver em condições de salinidade, sobretudo em processos iniciais de desenvolvimento, como a emergência e a germinação. Em função da resistência intrínseca da cultura e aos estudos de melhoramento genético, estudos têm sido realizados para selecionar variedades de feijão caupi *V. unguiculata*, com grau moderado de tolerância à salinidade, contribuindo desta forma para minimizar os problemas decorrentes da salinização (LIMA et al., 2007).

Estresses abióticos têm sido alvo de estudos em todo o mundo, porém o conhecimento dos mecanismos fisiológicos e anatômicos que governam as respostas de plantas aos estresses combinados (salino e altas temperaturas) na germinação, no crescimento e no desenvolvimento de feijão caupi ainda não estão totalmente elucidados e poucos trabalhos abordam os efeitos desses estresses de forma combinada. A partir do presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino associado ao estresse térmico (altas temperaturas), na germinação e crescimento, bem como no estudo da anatomia de plântulas de *V. unguiculata*.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Salinidade nos solos e estresse salino em plantas: Aspectos gerais

A salinidade do solo é um dos fatores que mais causam preocupação na agricultura moderna, e o manejo inadequado da irrigação é um dos principais responsáveis pelo aumento da quantidade de solos degradados (EPSTEIN; BLOOM, 2006; OLIVEIRA et al., 2010). O princípio dos problemas de salinidade se confunde com a própria formação dos solos, que é produto da intemperização das rochas, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, a partir da ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo (PEDROTTI et al., 2015).

Os solos salinos e sódicos podem ser definidos como aqueles que apresentam sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes ou camadas próximas à superfície e que são desenvolvidos em condições imperfeitas de drenagem (PEDROTTI et al., 2015). De modo geral, os solos salinos apresentam CE_{ES} (condutividade elétrica do extrato de saturação) superior a $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$ e sua recuperação pode ser feita através da lixiviação dos sais. Por outro lado, os solos sódicos apresentam percentagem de sódio trocável (PST) superior a 15% e sua melhoria poderá ocorrer com a aplicação de condicionadores (BERNARDO, 1995), ou através da subsolagem (HOLANDA, 2000). Portanto os solos são definidos como salinos quando oferecem condições adversas para o crescimento da maioria das espécies por causa da presença de sais solúveis e, ou, sódio trocável na zona radicular (SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 2008). Dessa forma, o excesso de sais é fator limitante na produção agrícola principalmente nas regiões áridas e semiáridas devido à baixa precipitação pluvial e alta taxa de evaporação, onde cerca de 25% da área irrigada encontra-se salinizada (FAO, 2015).

Os efeitos deletérios do excesso de sais no crescimento das plantas estão associados com a diminuição do potencial osmótico da solução do solo (estresse hídrico), distúrbios nutricionais, efeitos específicos de alguns íons (estresse iônico) ou uma combinação desses fatores (ASHRAF, 1994). Em geral, a salinidade pode afetar as plantas de duas formas principais: ocasionando rápida reação à diminuição do potencial osmótico, com consequente redução da condutividade hidráulica do sistema solo-planta (efeito osmótico) (MUNNS; TESTER, 2008) e por uma resposta mais lenta ao acúmulo de sais (efeito iônico ou tóxico) (TAIZ, et al. 2017). Contudo, o acúmulo excessivo de sais pode levar à morte dos tecidos, órgãos e mesmo da planta inteira. Isso ocorre, em

grande parte, devido aos distúrbios provocados pelos efeitos do excesso de íons Na^+ e Cl^- acumulados nas células, os quais ocasionam danos em vários processos metabólicos (MUNNS, 2002). Posteriormente aos dois efeitos principais da salinidade no metabolismo vegetal, Silveira et al. (2010) cita como estresses secundários decorrentes da salinidade o estresse oxidativo, especialmente nas folhas, decorrente do descontrole metabólico envolvendo processos fundamentais como a fotossíntese, a respiração, a fotorespiração e o metabolismo celular em geral. Apesar das plantas contarem com diversos mecanismos de proteção e reparação celular, o crescimento e a sobrevivência nessas condições irá depender de mecanismos complexos envolvendo a base genética (genótipo) e o ambiente.

Segundo Taiz et al. (2017), o ambiente salino possui grande quantidade de água disponível a um potencial hídrico baixo e constante. Por esse ambiente possuir potencial hídrico muito baixo, exige-se que a planta reduza o seu potencial hídrico para que ocorra a translocação de solutos das raízes para as folhas. Dessa forma, plantas que crescem sob salinidade, e que são moderadamente tolerantes, ajustam-se osmoticamente, evitando a perda do turgor e, por consequência, o retardamento do crescimento. Plantas sensíveis à salinidade manifestam sintomas, quando altas concentrações de íons de Na^+ , Cl^- ou SO_4^{2-} acumulam-se nas células, de forma que estes inibam a ação de outros íons, como o de K^+ que, por sua vez, quebra o balanço iônico nas raízes, pois o Na^+ além de competir com o K^+ na absorção pelas raízes inativam enzimas e inibem a síntese protéica.

O incremento de concentrações de Na^+ também reduz teores de Ca^{2+} que, por sua vez, altera a permeabilidade da membrana plasmática, evitando a passagem de nutrientes (QUEIROGA, 2006). Entretanto, as espécies variam quanto à resistência à salinidade de modo que essa resistência está associada, principalmente, com a capacidade de compartimentação dos íons no vacúolo e com o balanço de K^+/Na^+ no citosol (DELBONE et al. 2009; OLIVEIRA et al. 2015).

No nível bioquímico, Silveira et al. (2010) afirmam que não há modelos teóricos capazes de explicar a ação dos sais sob o desenvolvimento das plantas, porém, há sinalizações moleculares agindo juntamente com alguns genes e hormônios que são capazes de influenciar no desenvolvimento, quando as plantas são submetidas à salinidade moderada, podendo, no primeiro momento de estresse, não apresentar sintomas de toxidez ou injúria, dependendo da espécie e da concentração de sais. Outros efeitos surgem como resultado da grande quantidade de Na^+ no solo, como a deficiência

de outros nutrientes (TESTER; DAVENPORT, 2014; OLIVEIRA, 2007), ou de interações com outros fatores ambientais tais como seca, e altas temperaturas, que pode potencializar os problemas da toxicidade do Na^+ .

2.2 Efeito da salinidade no metabolismo vegetal

O estresse salino está entre os principais fatores responsáveis pela diminuição da produtividade de diferentes culturas agrônômicas, como mostrado na figura 1 (MUNNS, 2002).

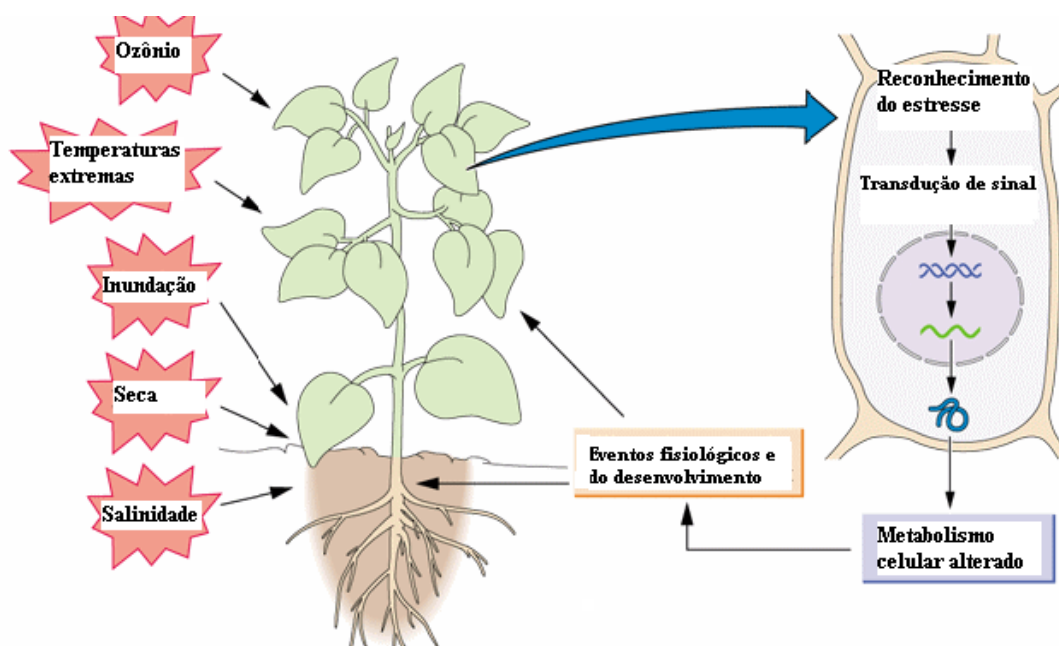


Figura 1. Principais fatores limitantes para a produtividade agrícola e as respostas das plantas aos estresses podem ser tanto em nível celular como no organismo de maneira geral. Fonte: BUCHANAN, 2000.

O estresse osmótico apresenta efeito imediato, uma vez que entra em contato contíguo com as raízes, nas taxas de crescimento de plantas em comparação com o estresse iônico, que ocorre de forma mais lenta e em consequência da acumulação de íons, principalmente Na^+ (MUNNS; TESTER; 2008). De maneira geral, o excesso de sais (NaCl) nas plantas pode acarretar vários eventos no metabolismo vegetal, tais como:

1- redução da produção de matéria seca em raízes, folhas e caule em plantas de goiaba, arroz e cajueiro anão (SILVA JÚNIOR et al. 2002);

- 2- comprometer a germinação e o vigor das sementes de *Urochloa decumbens*, *Urochloa ruziziensis* e feijão comum (PEREIRA et al. 2004; COKKIZGIN, 2012);
- 3- reduzir a altura e o número de folhas em plantas de amendoim e arroz (GRACIANO et al., 2011; LIMA et al. 2007);
- 4- reduzir da percentagem de emergência de sementes de feijão e de todas as variáveis de crescimento (CAMPOS et al. 2011).

Outro problema da toxicidade do Na^+ é causada principalmente pela similaridade nas propriedades físicoquímicas entre os íons Na^+ e K^+ pelo padrão de competição pelo melhor sítio de ligação para um processo metabólico chave no citoplasma, como reações enzimáticas, síntese de proteínas e funções do ribossomo levando a perda da homeostase celular (SHABALA; CUIN; 2007).

2.3 Altas temperaturas e metabolismo vegetal

O estresse por altas temperaturas prejudica o metabolismo vegetal devido ao seu efeito diferencial sobre a estabilidade protéica e a interferência nas reações enzimáticas, culminando no desacoplamento de diferentes reações e acumulação de intermediários tóxicos e ERO's. O estresse térmico aumenta a fluidez de membranas, provocando o desacoplamento de diferentes complexos multiprotéicos, perturbação do fluxo de elétrons e das reações energéticas, além de desarticulação da homeostase e da regulação iônica (TAIZ et al. 2017).

Plantas expostas a elevadas temperaturas podem também desestabilizar e desintegrar ou superestabilizar e fortalecer estruturas secundária de DNA e RNA, respectivamente, causando a ruptura da transcrição, tradução ou processamento e reciclagem de RNA. Além disso, o estresse térmico pode bloquear a degradação de proteínas, causando o fortalecimento de agregados protéicos, que transformam as funções celulares normais por interferência no funcionamento do citoesqueleto e de organelas associadas (TAIZ et al. 2017).

Os efeitos iniciais do estresse térmico compreendem alterações estruturais nos complexos de proteínas do cloroplasto e redução da atividade de enzimas (AHMAD et al. 2010). Desse modo, Wahid et. al (2007) destacam que altas temperaturas podem afetar diferentes processos vitais nas plantas, como: fotossíntese, respiração, relações hídricas, fluidez e estabilidade dos sistemas de membranas, além de modular os níveis de hormônios e de metabólicos primário e secundário. Os efeitos observados dependem

de espécies e genótipos, com abundantes variações inter e intraespecíficas (BITA; GERATS, 2013).

2.4 Aclimação e adaptação das plantas ao estresse salino

A adaptação e a aclimação das plantas aos estresses abióticos decorrem de eventos agregados em todos os níveis organizacionais, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular (IYENGAR; REDDY, 1996). As rotas bioquímicas que aumentam a tolerância à salinidade parecem agir aditivamente e sinergisticamente (OLIVEIRA, 2010)

A tolerância à salinidade está associado à resistência do genótipo aos fatores abióticos relacionados. De acordo com essa tolerância ao estresse salino, o vegetal pode ser agrupado em duas categorias gerais: halófitas, plantas que são nativas de solos salinos e completam seus ciclos de vida nesses ambientes, ou glicófitas, plantas incapazes de resistir aos sais no mesmo teor que as halófitas. (TAIZ et al. 2017). Várias halófitas apresentam mecanismos de exclusão de Na^+ e Cl^- em estruturas diversificadas, entre elas, glândulas secretoras e pêlos vesiculares. (FERNANDES et al. 2010).

Apesar dos mecanismos desenvolvidos pelas plantas, quanto à resistência à salinidade, alguns autores consideram que as espécies glicófitas podem se aclimatar quando desenvolvidas neste meio (QUEIROGA et al. 2006). Assim, a capacidade germinativa, bem como, o desenvolvimento da plântula, em meio salino, torna-se um fator importante, podendo contribuir para sobrevivência de espécies em meio salino.

Segundo Roy et al. (2014), os mecanismos de tolerância de plantas à salinidade incluem três principais categorias:

- (1) tolerância osmótica, que é regulado por sinais de longa distância que reduzem disparos no crescimento e é ativado antes do acúmulo de Na^+ ;
- (2) exclusão de íons, diferentes processos em raízes reduzem o acúmulo de concentrações tóxicas de Na^+ e Cl^- ;
- (3) tolerância do tecido foliar, onde altas concentrações de sal são encontradas, mas são compartimentalizadas no nível intracelular (especialmente no vacúolo).

O ajuste osmótico é uma resposta fundamental da célula ao estresse salino, uma vez que as células vegetais podem ajustar-se ao estresse osmótico através da pressão osmótica interna, um processo que é mediado pelo acúmulo de solutos no vacúolo. Acredita-se que os sais responsáveis pela manutenção da osmolaridade na célula são

sequestrados para o vacúolo e o balanço da pressão osmótica do citoplasma com a do vacúolo é compensado pelo acúmulo de solutos orgânicos, como betaína e prolina no citoplasma (LONE et al. 1987; BINZEL et al. 1987), açúcares simples (principalmente glucose e frutose), açúcares álcoois (glicerol e inositois metilados), açúcares complexos (trelose, rafinose e frutanas) (BOHNERT; JENSEN, 1996), polióis cíclicos (MERCHANT; ADAMS, 2005), aminoácidos, aminas terciárias e compostos sulfonados (ASHRAF; HARRIS, 2004).

Os solutos compatíveis, apesar de se acumularem em elevadas concentrações no citosol, auxiliando na manutenção do equilíbrio osmótico com os vacúolos, quando estes compartimentalizam íons em excesso, não interferem com as reações bioquímicas normais (BRAY et al. 2000; HASEGAWA et al. 2000). O incremento na osmolaridade celular, causado pelo acúmulo de solutos compatíveis, é acompanhado pelo incremento no influxo de água ou, pelo menos, redução no seu efluxo, promovendo, assim, a turgescência necessária para a expansão celular (HARE et al., 1998). Outra função dos solutos compatíveis é atuar na proteção das proteínas, membranas e lipossomos sob estresses ambientais (ASHRAF; HARRIS, 2004). A síntese de solutos compatíveis é realizada, frequentemente, através do desvio de intermediários metabólicos básicos para outras reações bioquímicas (PARIDA; DAS, 2005). Entretanto, a síntese desses solutos compatíveis não tóxicos é energeticamente dispendiosa para a célula.

Outro agravante do estresse osmótico é a indução do estresse oxidativo (TESTER; DAVENPORT, 2014; SILVEIRA, 2010). A desorganização da membrana, a formação de espécies reativas de oxigênio, a toxicidade metabólica, a inibição da fotossíntese e a atenuada aquisição de nutrientes são consequências do estresse salino e/ou osmótico que comprometem o crescimento e o desenvolvimento das plantas podendo levar à morte (HASEGAWA et al. 2000). Existem proteínas que conferem tolerância ao estresse osmótico, como as que protegem a integridade de membranas, controlam a homeostase iônica e hídrica e o sequestro de espécies reativas de oxigênio (HASEGAWA et al. 2000). Segundo Munns, (2005) há ainda aumento da síntese e da atividade de algumas enzimas que eliminam os radicais livres e ou protegem a sua formação ou a sua estabilidade e de outras proteínas agindo também como osmorreguladores. Os eventos moleculares relacionados à percepção e transdução de sinal de estresse às respostas genômicas que levam à tolerância, têm sido amplamente investigados (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Tendo em vista que o controle do transporte de íons através da membrana plasmática e do tonoplasto seja considerado fator chave na tolerância ao sal pelas células vegetais, essa regulação do fluxo de íons é necessária para que as células mantenham baixas concentrações de íons tóxicos e acumulem íons essenciais (ZHU, 2003). Portanto, as plantas tolerantes à salinidade devem ser capazes de absorver e a acumular íons adequadamente.

Apesar de existirem vários mecanismos de adaptação em plantas, o mecanismo preponderante varia entre espécies e, em alguns casos, entre órgãos e tecidos da planta. Sendo assim, o controle da tolerância ao sal em plantas cultivadas através de manipulação genética ou tecnologia transgênica para transferir um gene de tolerância ao sal pode ser considerada uma realidade num futuro próximo (HASEGAWA et al. 2000, FLOWERS et al. 2004).

2.5 Feijão Caupi: Estresse salino x mecanismos de adaptação

A espécie (*V. unguiculata* (L.) Walp.), conhecida como feijão de corda, caupi, macassar, é classificado como pertencendo à família Fabaceae, uma leguminosa de grande importância no Norte e Nordeste do Brasil. Seus grãos são ricos em proteínas, carboidratos, fibras e minerais, sendo considerado um componente fundamental na dieta alimentar humana. Além disso, tem grande importância socioeconômica para essas regiões (DUTRA, 2012). Apesar de ser uma cultura bastante comum na região Nordeste, é nesta área, que são registrados os menores rendimentos da cultura. Essa baixa produtividade está ligada entre outros fatores, à salinidade de solos, principalmente por manejo inadequado da irrigação.

A cultura do feijão caupi é considerada moderadamente resistente às condições de estresse salino mas essa tolerância à salinidade varia entre os genótipos bem como o tipo de sal, o tempo de exposição e o estágio de desenvolvimento das plantas (SHANNON 1992; MORALES, 2001; DANTAS et al. 2003). A cultivar de feijão IPA 206 desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, melhorado geneticamente (método Genealógico) adaptado principalmente às características edafoclimáticas do Nordeste brasileiro, sendo considerado moderadamente resistente à seca (FREIRE FILHO, 2014). Estudos com diferentes cultivares do feijão caupi, mostraram diferenças no grau de tolerância ao estresse salino. Dentre os efeitos observados, os mais comuns foram:

- (1) **redução no crescimento** (ALMEIDA, 2017; PAIVA, 2014);
- (2) **redução da matéria seca total** (DANTAS et al. 2002; LIMA et al. 2007; NEVES et al. 2009);
- (3) **redução do teor de proteína nos grãos** (DANTAS et al. 2003) e em diferentes órgãos vegetais (CALVET et al. 2013);
- (4) **redução da área foliar e aumento da senescência e abscisão foliar** (DANTAS et al. 2003);
- (5) **aumento da concentração de Na^+** (DUTRA et al. 2011; CAVALCANTI et al. 2017; OLIVEIRA, 2015) e redução de nutrientes tais como, N, K, Ca, P, Fe, Mn, Zn e Cu (NEVES et al. 2009);
- (6) **aumento da atividade de enzimas antioxidantes** (CAVALCANTI et al. 2004);
- (7) **aumento de níveis protéicos e atividades enzimáticas de bombas vacuolares de H^+** (SOBREIRA et al. 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material Vegetal e Condições de Semeadura e Crescimento

Foram utilizadas sementes de feijão *V. unguiculata* cultivar IPA 206, desenvolvidas e fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA). Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Garanhuns-CENLAG.

As sementes foram previamente sanitizadas em solução de NaClO (0,2%) durante 10 minutos e em seguida foram lavadas com água corrente e posteriormente com água destilada. A semeadura foi realizada em folhas duplas de papel *germitest*, previamente umedecido com água destilada ou solução de NaCl 100mM e posteriormente cobertas com uma terceira folha do mesmo papel e organizadas em forma de rolo. As quantidades de água ou solução foram equivalentes a 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes, de 0,04 mm de espessura, com a finalidade de evitar a perda de água por evaporação (COIMBRA et al., 2007), e mantidos por 7 dias em germinador tipo Biochemical Oxygen Demand - BOD regulado às temperaturas de 30, 35 ou 40°C; fotoperíodo de 12 horas, utilizando lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia (4 x 20 W) (Figura 2)

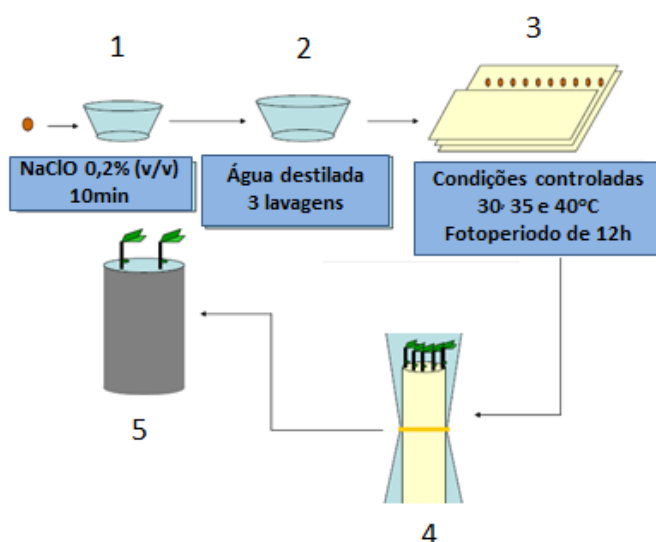


Figura 2. Metodologia de semeadura de sementes utilizada nos experimentos. 1 – sanitização de sementes; 2 - lavagem de sementes em água destilada; 3 – semeadura em papel *germitest*; 4 – sementes acondicionadas em papel na forma de rolos e envolvidos em sacos plásticos; 5 – rolos acondicionados em recipientes para serem levados a B.O.D.

As sementes/plântulas que se desenvolveram em água destilada foram consideradas como tratamento sem estresse salino e as submetidas à 100mM de NaCl como tratamento com estresse salino. As plântulas sob estresse de altas temperaturas foram submetidas às temperaturas de 35 e 40°C.

Os experimentos foram conduzidos com base nos tratamentos da Tabela I.

Tabela I. Distribuição dos tratamentos delineados no experimento.

Tratamento	[NaCl]	Temperatura
1	0 (sem estresse salino)	30°C (sem estresse de altas temperaturas)
2	100 mM	
3	0 (sem estresse salino)	35°C
4	100 mM	
5	0 (sem estresse salino)	40°C
6	100 mM	

4.2 Parâmetros de Germinação

4.2.1 Teste de germinação

O teste de germinação foi realizado utilizando 200 sementes por tratamento, divididas em 4 repetições de 50 sementes, em germinador B.O.D conforme descrito no item 4.1. O monitoramento foi realizado diariamente e as avaliações foram efetuadas no 7º dia, com exceção de sementes mantidas à temperatura de 40°C, que foi realizada no 6º dia. Foram consideradas como sementes germinadas, aquelas que emitiram a raiz primária e a parte aérea (plântulas normais), conforme Brasil (2009).

4.2.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O experimento foi conduzido, utilizando 100 sementes por tratamento (4 repetições de 25 sementes) durante 7 dias em germinador B.O.D, conforme descrito no item 4.1. O Índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado empregando a fórmula proposta por Maguire (1962), onde: $IVG = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$, Sendo:

G1,G2 e GN = número de plântulas que emitiram radícula computadas na primeira, na segunda e na última contagem; N1, N2 e Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem. As avaliações foram realizadas diariamente, à mesma hora, a partir da instalação do experimento e foram consideradas germinadas aquelas sementes que apresentaram protrusão da radícula.

4.3 Parâmetros de crescimento

4.3.1 Comprimento e massa seca de plântulas

O experimento foi conduzido com 100 sementes por tratamento (4 repetições de 25 sementes), conforme descrito no item 4.1. Os parâmetros de crescimento foram avaliados através de medidas de comprimento de plântulas normais (aquelas que emitiram raiz primária e parte aérea), mensuradas com auxílio de régua, no 7º dia após instalação do experimento. Os resultados foram expressos em cm/parte da plântula.

As diferentes partes das plântulas (raiz, hypocótilo e epicótilo) foram colocadas em sacos de papel Kraft e levadas à estufa regulada a 65°C até atingir peso constante (72 horas) e, decorrido esse período, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, sendo os resultados expressos em g/plântula.

4.4 Anatomia de cortes histológicos de hypocótilos

Três plântulas normais foram coletadas de cada tratamento e embebidas em solução de fixação (solução de glutaraldeído 2%, formaldeído 37%) até a preparação dos cortes histológicos. Em seguida, cortes transversais foram realizados manualmente utilizando bisturi cirúrgico descartável tamanho 24 e mantidos em água destilada. Em seguida os cortes foram colocados em lâminas e coradas com safrablau por 5 minutos, após esse período as lâminas foram lavadas com água destilada e montadas sob lamínulas com glicerina e seladas com esmalte transparente. A anatomia dos hypocótilos foi analisada através de microscopia óptica.

4.5 Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições por tratamento. As análises estatísticas dos dados foram realizadas por meio de porcentagem, média e desvio padrão.

4. RESULTADOS

A Figura 3 mostra os aspectos visuais de plântulas de *Vigna unguiculata* submetidas à condição sem estresse salino (0mM NaCl) e à condição de estresse salino (100mM NaCl) em temperaturas de 30°C (sem estresse de altas temperaturas), 35°C e 40°C (estresses de altas temperaturas). As plântulas de *V. unguiculata* apresentaram respostas diferenciais aos estresses analisados (salino e térmico). Na temperatura de 30°C, não foram observadas modificações marcantes (necrose, oxidação, aumento no diâmetro e rachaduras de hipocótilos) no aspecto visual entre as plântulas na condição de estresse salino e na condição controle, (Figuras 3A e 3B). Entretanto, com o aumento da temperatura, essas modificações tornam-se cada vez mais pronunciadas (Figuras 3 C,D,E,F,G e H). Em relação às plântulas que se desenvolveram na temperatura de 40°C, há divergências pronunciadas quando se compara plântulas de 6 e 7 dias. Com o aumento de um dia de exposição ao estresse térmico mais severo, ocorreram danos irreversíveis às estruturas dessas plântulas (Figuras 3G e 3H) em relação às plântulas das figuras 3E e F.

A taxa de germinação de sementes e o índice de velocidade de germinação de plântulas de feijão caupi foram afetados pelo estresse salino e de altas temperaturas (Figuras 4 e 5). Os dados apresentados na figura 4 mostram que a porcentagem de germinação das sementes apresentou tendência de diminuição com o aumento da temperatura tanto na condição controle como na de estresse salino. As porcentagens de germinação no estresse salino diminuíram 17, 73 e 84 % nas temperaturas de 30, 35 e 40°C, respectivamente, quando comparadas ao controle correspondente à temperatura considerada. Dessa forma, o efeito dos estresses combinados (salino e térmico) na germinação foi mais pronunciado em plântulas submetidas à temperatura de 40°C (Figura 4). Quando analisamos a porcentagem de germinação, considerando somente o estresse térmico, essa porcentagem diminui em relação à condição controle com o aumento da temperatura (Figura 4).

Os efeitos dos estresses combinados no Índice de Velocidade de Germinação (IVG) causou redução em plântulas submetidas ao estresse salino em todas as temperaturas testadas, mostrando valores aproximados de 30, 11 e 35% para as temperaturas de 30, 35 e 40°C, respectivamente (Figura 5). Portanto, foi observado um

atraso na emergência das sementes de feijão de corda submetidas principalmente a estresses nas temperatura de 40°C.

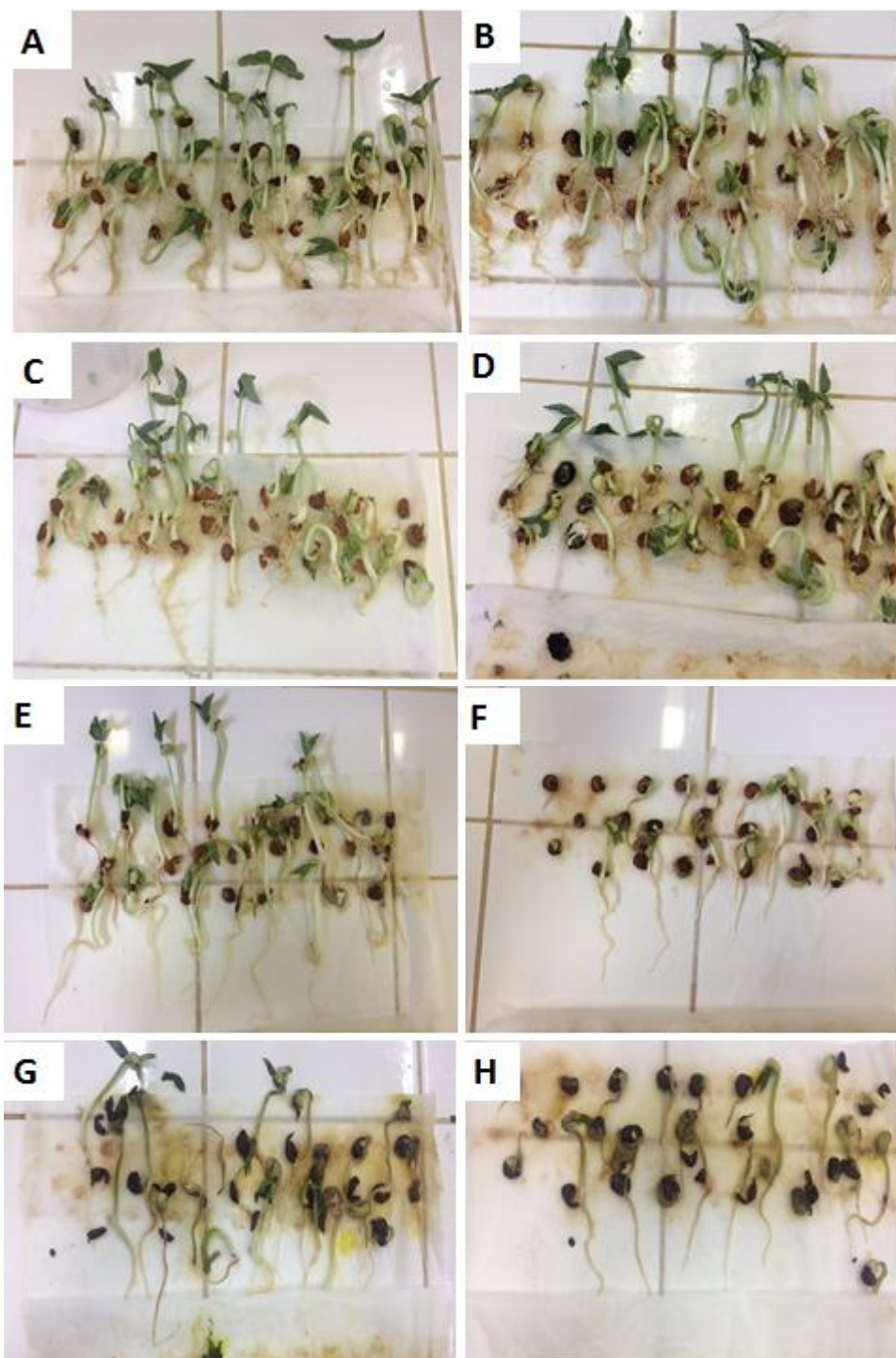


Figura 3. Aspectos visuais de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à condição sem estresse salino e com estresse salino, nas temperaturas de 30, 35 e 40°C. Tratamentos: A - 0 NaCl + 30°C; B - 100mM NaCl + 30°C; C - 0 NaCl + 35°C; D - 100mM NaCl + 35°C ; E - 0 NaCl + 40°C (6d); F - 100mM NaCl + 40°C (6d); G - 0 NaCl + 40°C (7d); H - 100mM NaCl + 40°C (7d).

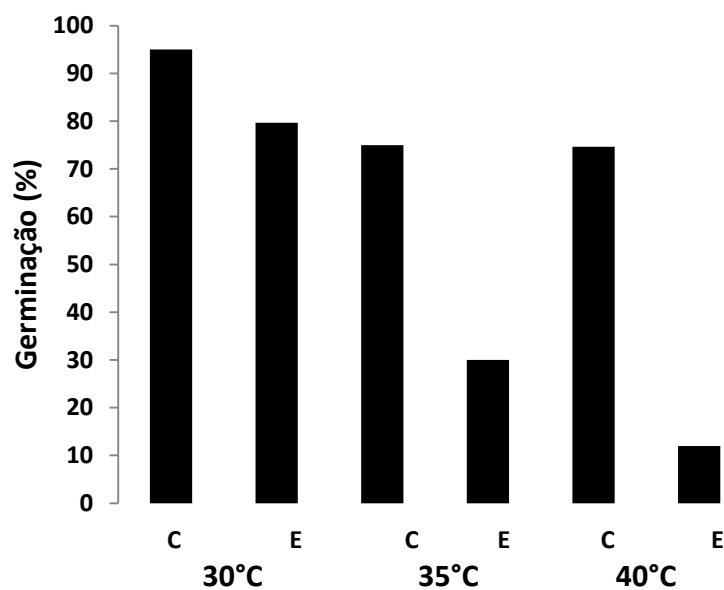


Figura 4. Porcentagem de germinação de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0mM NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C. Onde temos os seguintes, tratamentos C - Controle e E - Estresse salino.

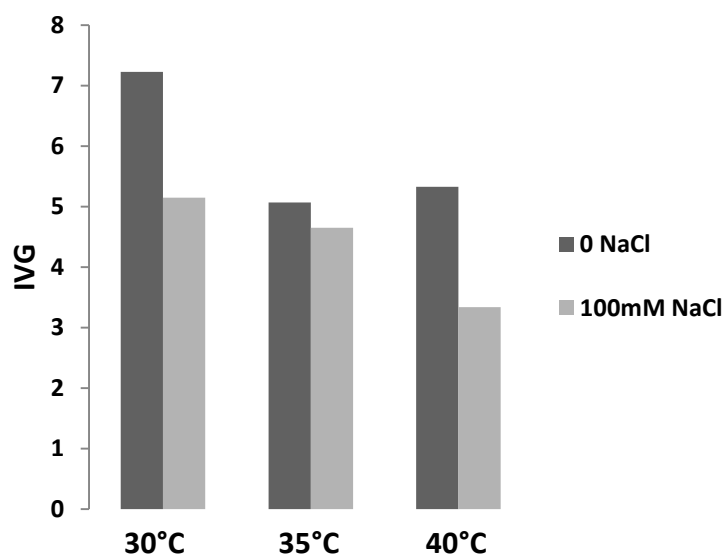


Figura 5. Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0mM NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C.

A Figura 6 mostra as porcentagens de plântulas normais e anormais nas condições controle e de estresse salino nas temperaturas de 30 e 35°C. A associação de estresses salino e térmico, aumentaram as porcentagens de plântulas anormais e diminuíram as porcentagens de plântulas normais. Entretanto, essa diminuição foi mais pronunciada à 35°C.

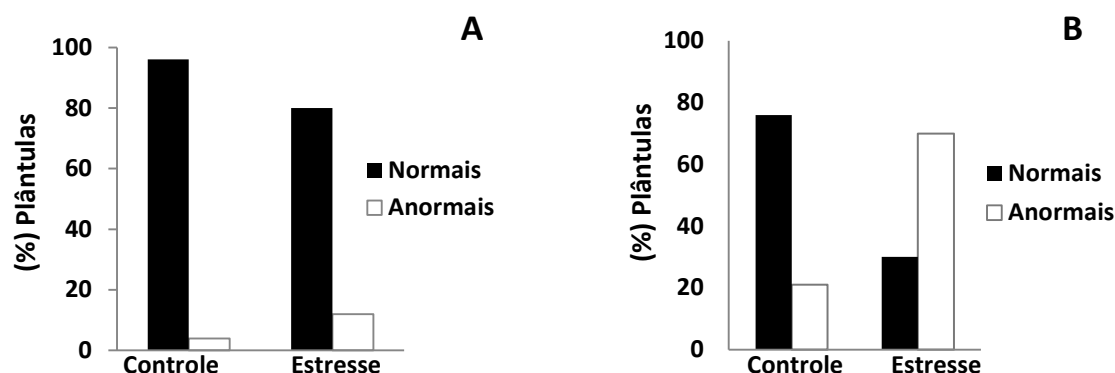


Figura 6. Porcentagem de plântulas normais e anormais de *V. unguiculata* submetidas aos seguintes tratamentos: sem estresse salino - 0mM NaCl + 30°C; Estresse salino - 100mM NaCl + 30°C (4A); sem estresse salino - 0mM NaCl + 35°C; Estresse salino - 100mM NaCl + 35°C (4B).

O comprimento de raízes de plântulas submetidas a estresse salino e térmico estão mostrados na Figura 7A. Quando analisamos somente o critério de estresse térmico, é observado aumento no comprimento das raízes com o aumento da temperatura. Entretanto, quando analisamos os valores em relação ao estresse salino, há diminuição do comprimento em ambas as temperaturas. Já o comprimento da parte aérea (Figura 7B), mostra perfil semelhante com relação ao estresse salino, onde os estresses testados diminuem o comprimento de plântulas. Por outro lado, ao analisar somente o fator térmico, o comprimento da parte aérea diminui com o aumento da temperatura.

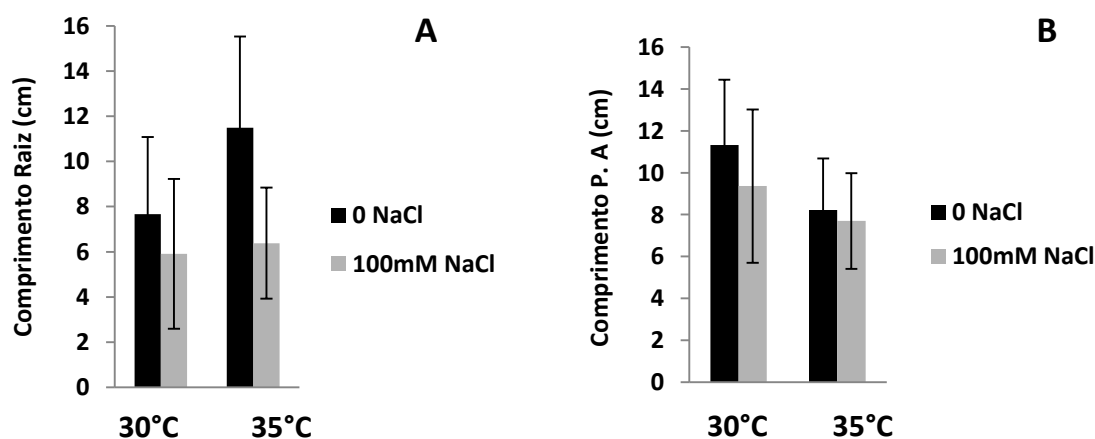


Figura 7. Comprimento de raiz (A) e parte aérea P.A (B) de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0mM NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C

Avaliando o efeito dos estresses abióticos (salino e térmico) sobre o acúmulo de massa seca em raízes de feijão de corda (Figura 8A), observou-se que analisando somente a temperatura, a massa seca de raízes aumentou em 35°C em relação à 30°C. Já a combinação de estresse salino + 35°C reduziu o acúmulo de massa seca em raízes

quando comparamos às plântulas que cresceram sob estresse salino na temperatura de 30°C. Em relação ao acúmulo de massa seca na parte aérea, a Figura 8B mostra que o estresse salino acarretou um pequeno aumento dessa massa a 30°C e a uma pequena diminuição à 35°C. Quando analisamos somente o estresse térmico, praticamente não ocorreram alterações no acúmulo de massa seca.

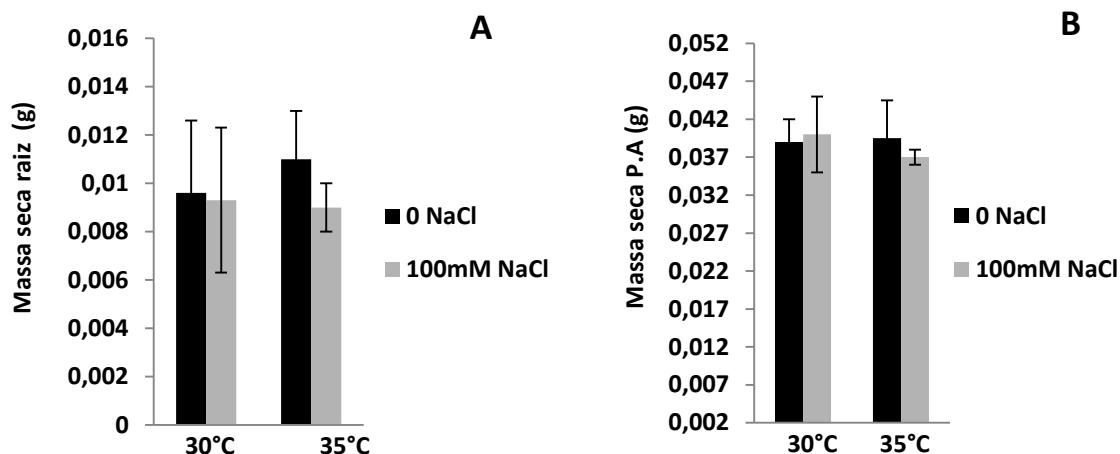


Figura 8. Conteúdo de massa seca (g) de raiz e parte aérea (P.A) de plântulas de *V. unguiculata* submetidas à 0mM NaCl (sem estresse salino) e 100mM NaCl (estresse salino) nas temperaturas de 30, 35 e 40°C.

Os resultados da caracterização da anatomia dos hipocótilos mostraram que plântulas crescidas na ausência de sal e na temperatura de 30°C possuíam arranjo de tecidos apresentando epiderme com células homogêneas, bem agrupadas e córtex homogêneo (Figura 9A), floema com feixes bem dispostos em torno do cilindro vascular (Figura 9C). Sob condição de estresse salino associado à temperatura de 30°C observou-se alterações na disposição dos feixes de xilema (Figura 9B), mostrando que o estresse salino acarretou um desarranjo nas células do cilindro vascular (Figura 9D).

Em relação à temperatura de 35°C foi observado mudanças anatômicas em hipocótilos de plântulas de *V. unguiculata* mostradas na figura 10, onde a epiderme apresenta células alongadas no sentido tangencial (figura 10A). Observou-se também que os feixes de xilema estão dispostos de maneira desordenada e foi constatada redução do diâmetro e número de vasos de xilema e floema de plantas submetidas ao estresse salino à temperatura de 35°C, (Figura 10C). Os dados mostraram que o estresse térmico ocasionou modificações no arranjo das células do floema e do xilema, quando comparados à temperatura de 30°C (Figura 10A).

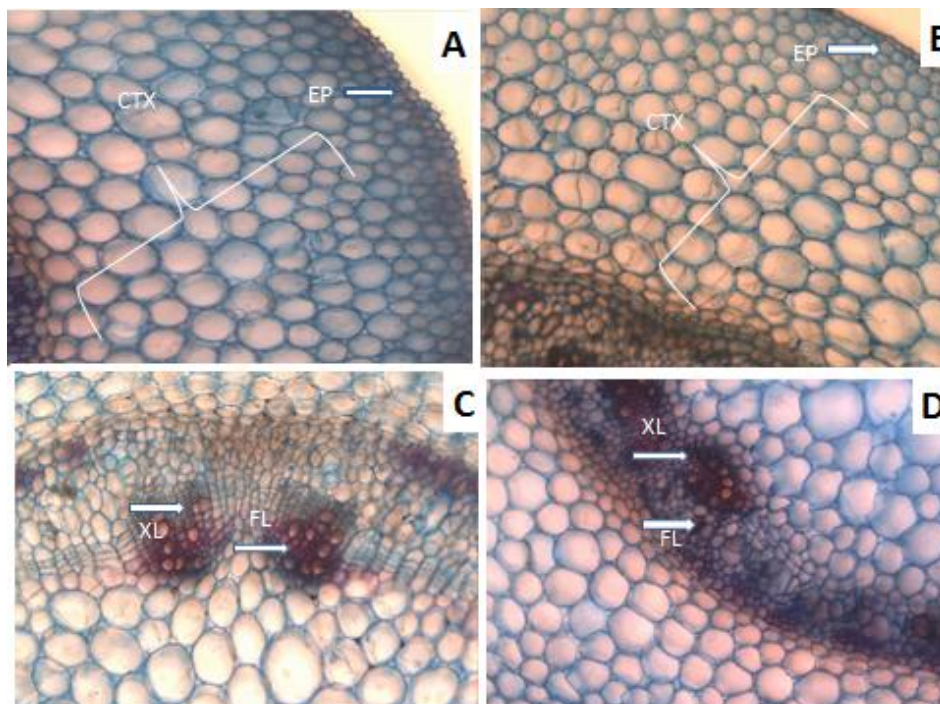


Figura 9. Secções transversais de hipocótilos de *V. unguiculata* em crescimento primário, Após exposição à estresse salino na temperatura de 30°C. A, C – sem estresse salino; B,D – estresse salino (100mM NaCl). Em destaque células do córtex e epiderme (A, B) e feixes vasculares (C,D). Setas indicam córtex (CTX), Epiderme (EP), Xilema (XL) e Floema (FL). As fotografias correspondem a um aumento de 100x.

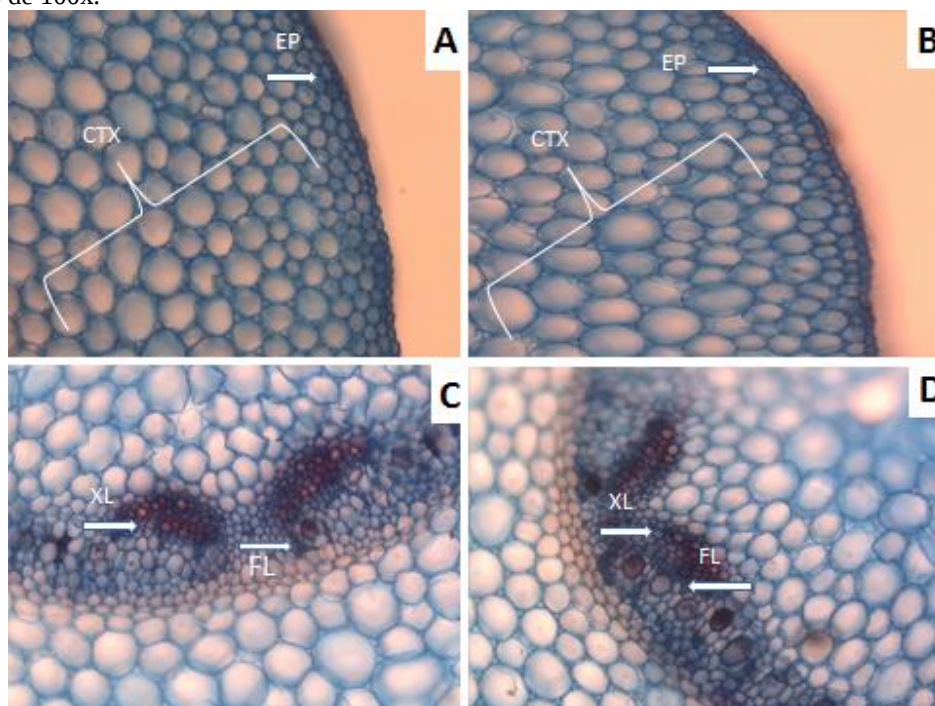


Figura 10. Secções transversais de hipocótilos de *V. unguiculata* em crescimento primário, Após exposição à estresse salino na temperatura de 35°C. A, C – sem estresse salino; B,D – estresse salino (100mM NaCl) + 35°C. Em destaque células do córtex e epiderme (A, B) e feixes vasculares (C,D). Setas indicam córtex (CTX), Epiderme (EP), Xilema (XL) e Floema (FL). As fotografias correspondem a um aumento de 100x.

5. DISCUSSÃO

A seleção de culturas para tolerância à salinidade e altas temperaturas é de grande importância para a agricultura moderna, visando uma melhor utilização das zonas afetadas pelos sais em todo o mundo. Para explorar os efeitos de altas temperaturas associadas ao estresse salino, a cultivar IPA 206 de *V. unguiculata* foi cultivada e submetida a diferentes estresses combinados (salino e altas temperaturas) examinados nesse estudo.

Os aspectos visuais de plântulas de feijão caupi expostas ao estresse salino e diferentes temperaturas mostraram diferenças entre os tratamentos (Figura 3), indicando que a exposição aos estresses testados interferiu no crescimento dessas plântulas. Trabalhos prévios mostraram que diversos danos fisiológicos têm sido observados em plantas expostas à temperaturas elevadas, como necrose em folhas e caules, abscisão e senescência foliar, inibição do crescimento de brotos e raízes ou danos aos frutos, que conseqüentemente levam a uma diminuição da produtividade da planta (VOLLENWEIDER; GÜNTHARDT-GOERG, 2005). Em muitos casos, a arquitetura da planta muda e os hipocótilos e pecíolos se alongam, assemelhando-se às respostas morfológicas da evitação de sombra (TIAN et al. 2009). Nossos resultados mostraram que plântulas expostas à estresse térmico (40°C) associado ao estresse salino apresentaram danos rigorosos, tais como, forte oxidação de tecidos da parte aérea e da raiz, perda de textura desses órgãos e tecidos, que podem estar relacionados à desestabilização de membranas biológicas, bem como desnaturação de moléculas biológicas como proteínas e ácidos nucléicos. Esses danos foram acentuados com o aumento do tempo de exposição aos referidos estresses.

A porcentagem de germinação diminuiu à medida que as sementes foram expostas a estresse salino (100mM NaCl) e à altas temperaturas (35 a 40°C) (Figura 4), mostrando que em condições de baixa disponibilidade hídrica, induzida pelo estresse salino, ocorre maior gasto energético durante a absorção de água pelas sementes, assim, podendo exaurir as reservas que posteriormente poderiam ser utilizadas durante as etapas da germinação (DEBOUBA et al. 2006), desse modo, interferindo negativamente na porcentagem final da germinação.

O efeito negativo no crescimento mais severo do estresse térmico na porcentagem de germinação foi observado na temperatura de 40°C, e foi ainda

potencializado quando associado ao estresse salino (Figura 4), o que pode ser explicado pelo fato de temperaturas altas (40°C) podem causar desintegração das estruturas protéicas e, juntamente com o efeito tóxico e a seca fisiológica causada pelos níveis de sais, podem levar à redução na germinação de sementes (GUEDES et al. 2011). Outros autores já haviam descrito a redução da porcentagem de germinação e velocidade de germinação em plantas de *V. unguiculata*, em reposta ao estresse salino (SÁ et al. 2016; TSAGUE et al. 2017) e altas temperaturas (RODRIGUEZ et al. 2015; PIRAMILA et al. 2012).

O IVG das sementes foi influenciado negativamente pela interação entre os fatores estresse salino e altas temperaturas (Figura 5). As alterações de temperatura podem comprometer a velocidade de germinação, a porcentagem e a uniformidade das plântulas. Segundo Marcos Filho (2015), a temperatura considerada ideal é aquela em que a combinação dessas variáveis é mais eficiente. Dessa forma, temperaturas de 35 e 40°C devem ter causado interferência nesses processos. Além disso, a diminuição observada pode ser atribuída também à redução na velocidade dos processos metabólicos e bioquímicos em condições de deficiência hídrica provocado pela salinidade, o que retarda ou inibe a germinação das sementes podendo haver um menor alongamento dos tecidos, uma vez que este e o processo de síntese de carboidratos são susceptíveis ao estresse hídrico (ÁVILA et al. 2010). Outro agravante, seria o efeito sinérgico desses estresses, que em conjunto limitam o crescimento e desenvolvimento, podendo, inclusive, causar a morte de plântulas (NEGRÃO et al. 2017).

Os efeitos de diferentes temperaturas no comprimento de plântulas foram diversificados. Na temperatura de 35°C, as plântulas mostraram investimento maior no crescimento do sistema radicular em relação à parte aérea e a plântulas crescidas à 30°C. O estresse salino (100Mm NaCl) ocasionou redução do comprimento de raízes de plântulas de feijão caupi cv IPA 206 em ambas às temperaturas testadas e mostrando redução mais acentuada à 35°C na cultivar estudada. Resultados semelhantes em relação à diminuição do comprimento de plântulas, tanto nas raízes como na parte aérea de feijão caupi em resposta à salinidade foram encontrados por outros autores (ASSIS JÚNIOR et al. 2007; BEZERRA et al. 2010; COSTA et al. 2003; FERNANDES DE MELO et al. 1999; OTOCH et al. 2001). Esta redução pode ser considerada um mecanismo importante de tolerância de plantas a alguns tipos de estresses, tais como a salinidade, que visa reduzir a superfície radicular e, consequentemente, diminuir a entrada de água e íons na planta, aumentando a seletividade e reduzindo o risco de

toxicidade por íons específicos (ESTEVES; SUZUKI, 2008; MUNNS; TESTER, 2008; SÁ et al. 2016). Assim, o crescimento radicular, este pode ser restringido tanto pelo déficit hídrico induzido pela osmolaridade elevada da solução quanto pela toxicidade iônica, envolvendo danos metabólicos e fisiológicos (MUNNS; TESTER, 2008) e quando o estresse salino está associado a altas temperaturas esses efeitos podem ser ainda mais acentuados, podem restringir o crescimento, reduzir o rendimento e afetar os ciclos das culturas (ARAÚJO et al. 2015).

Em relação à massa seca em plântulas de caupi, os efeitos dos estresses impostos foram diferenciados (Figura 8). A temperatura de 35°C favoreceu o ganho de massa seca em raízes de plântulas de caupi cv. IPA 206 quando comparado à temperatura de 30°C (Figura 8A). Porém ao associar a temperatura e estresse salino, ocorre diminuição do acúmulo de massa seca em raízes de feijoeiro caupi, concordando com resultados obtidos por Dutra et al. (2011). Resultados similares também foram encontrados por Cavalcanti (2017), analisando a mesma cultivar, o qual verificou que o efeito de estresses combinados (NaCl 100mM + 30°C) foi mais acentuado no sistema radicular. De forma semelhante, Souza et al. (2007) e Dantas et al. (2003) estudando o efeito da salinidade no feijão caupi cv. Pitiúba, também encontraram resposta semelhante no acúmulo de matéria seca.

Na parte aérea, não foram observadas diferenças marcantes na massa seca entre plântulas crescidas à temperatura de 30°C e 35°C (Figura 8B). As plântulas expostas à estresse térmico (35°C) combinado com estresse salino, apresentaram diminuição na massa seca. Esses resultados estão de acordo com resultados encontrados por Almeida (2017), que observaram redução na massa seca de plantas expostas a estresses combinados, o que corrobora com diversos trabalhos (FERREIRA et al. 2001; SILVA et al. 2003; CAVALCANTI, 2017), indicando que em condições salinas, cultivares sensíveis apresentam redução na produção de massa seca da parte aérea e nas raízes. De forma semelhante, Costa et al. (2003) analisaram várias cultivares de *V. unguiculata* e demonstraram que a massa seca de raízes e parte aérea também diminuíram em resposta ao estresse salino nas várias cultivares. Reduções não significativas na matéria seca das plântulas, com o aumento da salinidade foram observadas por Souza (2011). Portanto, as taxas de crescimento e a produção da biomassa podem ser considerados critérios adequados à avaliação da condição de salinidade e da capacidade da planta na superação do estresse (PARIDA et al. 2005; SANTOS et al. 2009).

Os resultados da caracterização da anatomia dos hipocótilos de *V. unguiculata* cv. IPA 206 mostraram diferenças no arranjo de células de plântulas submetidas a estresses térmico e salino principalmente em células da epiderme e do cilindro vascular (Figuras 9 e 10). Segundo Alquini et al. (2006) as células da epiderme ficam em contato direto com o ambiente, e dessa forma, podem estar sujeitas à modificações estruturais. Em condição de estresse térmico, salino ou combinados, essas possíveis alterações podem ser mais acentuadas. Nossos resultados constataram alterações nas células do floema e do xilema ocasionados pela exposição ao estresse salino e de altas temperaturas. Resultados similares foram encontrados por Almeida (2013) que também observou modificações anatômicas em hipocótilos de *V. unguiculata* submetidos ao estresse salino. Garzón e García (2011), estudando anatomia em folhas e raízes de *V. unguiculata* também encontraram alterações nesses órgãos expostos à salinidade. Resultados similares também foram descritos por Almeida et al. (2013), para raízes e Lacerda et al. (2006) para anatomia foliar.

As células da epiderme de plântulas de feijão caupi submetidas à estresse salino mostraram diferenças anatômicas visualizadas através do alongamento das células. Como essas células tem a função de revestimento, plântulas expostas à estresse salino e de altas temperaturas podem ter seu revestimento comprometido, ficando suscetível à danos causados por toxicidade iônica e de forma secundária pelos danos do estresse oxidativo. Ainda foi constatada redução do diâmetro e número de vasos de xilema e floema de plantas submetidas ao estresse combinado (salino + 35°C), que pode acarretar numa menor disponibilidade de água e nutrientes para a planta, que por sua vez, pode reduzir o potencial de desenvolvimento da mesma. Dessa forma, essas alterações podem estar comprometendo o transporte de água e solutos e armazenamento de nutrientes e suporte mecânico (COSTA et al. 2013). Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida (2017) trabalhando com a mesma cultivar sob estresse salino (100mM NaCl a 30°C).

Atualmente existe uma escassez de trabalhos voltados para discutir as mudanças anatômicas causadas por estresses ambientais em plântulas de *V. unguiculata*. Em geral, os resultados apresentados nesse estudo fornecem uma visão integrada da fisiologia e anatomia de plântulas em resposta aos estresses ambientais combinados.

6. CONCLUSÃO

- O estresse salino (NaCl 100mM) associado ao estresse térmico (35°C) diminui a germinação e o IVG de plântulas de *V. unguiculata* cv. IPA 206;
- A germinação e o IVG de plântulas de *V. unguiculata* cv. IPA 206 é inibida pelo estresse térmico (40°C) combinado ao estresse salino;
- O estresse salino combinado com o estresse térmico reduz o crescimento e a massa seca de plântulas de *V. unguiculata* cv. IPA 206;
- O estresse salino associado á alta temperatura (35°C) causa modificações nas células epidérmicas e nos vasos de xilema e floema em plântulas de *V. unguiculata* cv IPA 206;
- Os estresses salino e térmico combinados têm seus efeitos potencializados em plântulas de feijão de corda cv IPA 206.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do amplo conhecimento dos mecanismos de adaptação ao estresse salino em plantas de feijão caupi, há escassez de informação a respeito das respostas dessas plantas aos efeitos combinados da salinidade e de temperaturas elevadas. Dessa forma, as informações mostradas no presente estudo fornecem uma visão geral e integrada das respostas de plantas aos estresses combinados (salino e de altas temperaturas) que serão úteis na identificação de possíveis perfis e respostas adaptativas correlacionadas em plantas de feijão de corda, contribuindo para selecionar genótipos com tolerância à estresses abióticos, uma alternativa viável para o desenvolvimento da agricultura em regiões áridas e semiáridas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. M. V.; OLIVEIRA L.M.N. Estresse salino associado à temperatura de 30°C interfere no crescimento e na distribuição de íons Na^+ e K^+ em plântulas de *Vigna unguiculata* (L.) WALP. In: **Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, Natal. COINTER-PDV-AGRO 2017, 2017.

ALQUINI, Y; BONA, C; BOEGER, M. R. T; COSTA, C. G.; BARRA, C, F. Epiderme. In: Anatomia vegetal, APPEZZATO-DA-GÓRIA, B; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. ed 2, Viçosa: UFV, p. 87-96, 2006.

ASHRAF, M. Breeding for salinity tolerance in plants. **Revista Plant Sciense**. p.17–42. 1994.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6^a ed. Viçosa; Universidade Federal de Viçosa, 1995.

CARVALHO, O. **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas no Nordeste**. Brasília-DF, 1995

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1075-1082, 2010.

BINZEL M., HASEGAWA PM., RHODES D. Solute accumulation in tobacco cells adapted to NaCl. **Plant Physiology**. v. 84, p. 1408 – 1415, 1987.

BOHNERT HJ, JENSEN RG. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. **Trends Biotechnol**. v. 14, p. 89-87 1996.

BRAY, E.A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. BRINI F., HANIN M., MEZGHANI I., BERKOWITZ GA., MASMOUDI K. Overexpression of wheat Na^+/H^+ antiport YNHX1 and H^+ -pyrophosphatase TVP1

improve salt- and drought-stress tolerance in *Arabidopsis thaliana* plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 301-308, 2007.

BUCHANAN, B.B. GRUISSEM, W; JONES, R. L Biochemistry & molecular biology of plants. **American Society of Plant Physiologists**, p. 1408. 2000.

CALVET, A. S.F; PINTO, C, M; LIMA, E.M; JOCA, R. P. M. M; BEZERRA, M.A. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Irrigação**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 148-15, 2013.

CAMPOS, G.; GARCIA, M.; PÉREZ, D.; RAMIS, C. Repuesta de 20 variedades de carota (*Phaseolus vulgaris* L.) ante El estrés por NaCl durante La germinación y em fase plantular. **Bioagro**, v. 23, n.3, p.215-224, 2011.

CAVALCANTI, F.R.; OLIVEIRA, J.T.A.; MARTINS-MIRANDA, A.S.; VIÉGAS, R.A. & SILVEIRA, J.A.G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in saltstressed cowpea leaves. **New Phytologist**. v. 163, p. 563-571. 2004.

CAVALCANTI, T. J; OLIVEIRA, L.M.N. Temperatura interfere nos efeitos dos estresses salino e osmótico em plântulas de feijão de corda In: **Educação ambiental: biomas, paisagens e o saber ambiental**.1a ed. Ituiutab. Barlavent, v.1, p. 1432-1440. 2017

COIMBRA, R. A. TOMAZ, C. DE A. MARTINS, C. C; NAKAGAWA, J. Teste de germinação com acondicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 1, p. 92-97, 2007.

COKKIZGIN, A. Salinity stress in commom bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. **Notulae Bototânicae Horti Agrobotanici**, v.40, n.1, p. 177-182, 2012.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.4 - Safra 2016/17, n.10 – Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-158, julho 2016. Setembro, 2017.

DANTAS, J.P.; FERREIRA, M.M.M.; MARINHO, F.J.L.; NUNES, M.S.A.; QUEIROZ, M.F.; SANTOS, P.T.A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.24, n.2, p.119-130, 2003.

DANTAS, J.P; FERREIRA, M.M.M.; MARINHO, F.J.L.; NUNES, M.S.A.; Avaliação de genótipos de caupi sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** , v.6, n.3, p.425-430, 2002.

DELBONE, C.A.C.; SILVA, H.R.; LANDO, R.L. Respostas morfofisiológicas das plantas ao estresse salino. In: **IX Congresso de Educação do Norte Pioneiro**, 2009,

DUTRA, A. S.; BEZERRA, F. T. C; NASCIMENTO, P. R; LIMA, D.C. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi em função da adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 816-821, 2012

DUTRA, A.T.B; SILVA, E. N; RODRIGUES, C. R. F; VIEIRA S. A; ARAGÃO , R. M; SILVEIRA, J. A. G. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.4, p.403–409, 2011 Campina Grande, PB.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas : princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006, p. 403.

FAO, Global soil status, processes and trends, In: **Status of the world's soil Resources (SWRS) - Main report**, Rome, Italy, 2015

FERNANDES, P.D.; GHEYI, H. R.; ANDRADE, E. P.; MEDEIROS, S. S. **Biossalinidade e produção agrícola**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura. Fortaleza, INCT Sal, 472. p. 2010.

FEIRE FILHO, F. R. RIBEIRO, V. Q. ROCHA, M, M. SILVA, .L. J. D. NOGUEIRA M. S. R. RODRIGUES. E, V. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Embrapa Meio-Norte, Terezina. p. 84. 2011.

FLOWERS, T. J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.307-319, 2004.

GARZÓN; P. GARCÍA; M. Efecto del estrés por NaCl sobre la anatomía radical y foliar en dos genotipos de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Bioagro**. v. 23, p. 153-160. 2011.

GRACIANO, E.S.A.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; LIMA, D.R.M.; PACHECO, C.M.; SANTOS, R.C. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar amendoim BR1 sob condições de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.8, p. 794-800, 2011.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.

GUEDES, R. S; GLAZIOVII. C, GALINDO, O. E. U. A. E. BARROZO, L. M. Estresse salino e temperaturas na germinação e vigor de sementes de *chorisia glaziovii* o. kuntze. **Revista Brasileira de Sementes** , v. 33, n. 2, p. 279 - 288, 2001

HALL, A. E. Breeding for heat tolerance. **Plant Breeding Reviews**, v.10, p.129-136, 1992.

HARE, P. D; CRESS, W. A; VAN-STADEN, J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 21, n.6, p.535-553, 1998.

HASEGAWA P. M.; BRESSAN R. A.; ZHU J. K.; BOHNERT H. Mechanisms of sal tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology Mol. Biol.** v.51, p. 463-499, 2000.

HOLANDA, J. S. Manejo e utilização de áreas salinizadas do vale do Açu. Banco do Nordeste. Fortaleza, 2000. 95p. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W. JONES, R.L. (eds). *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*. Rockville. American Society of **Plant Physiologists**, cap.22, p1158-1203, 2000.

LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A. Osmotic adjustment in: LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F.; MORAES, D.M.; ABREU, C.M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p. 54-61, 2005.

LIMA, C.J.G.S. OLIVEIRA, F. de A; MEDEIROS, J. F. de M. OLIVEIRA, M. K. T; ALMEIDA JÚNIOR, A. B. de. Resposta do feijão caupi a salinidade da água de irrigação. **Revista Verde Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.2, n.2, p.79-86, 2007.

LONE, M. I., K.U.E.H; J.S. H; JONES, R. G. W. Influence of proline and glycinebetaine on salt tolerance of cultured barley embryos. **Journal of Experimental Botany**. v. 38, p. 470 – 490, 1987.

MANSOUR, M. M. F; SALAMA, K. H.A; AI-MUTAWA, M. M. Transport proteins and salt tolerance in plants. **Plant Science**. v. 163, p. 891-900, 2003.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: ESALQ, p. 495, 2005.

MEDEIROS, J.F.; NASCIMENTO, I. B. GHERY, H. R. Manejo do solo-água-planta em área afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCT Sal, p. 280-302, 2010

MERCHANT, A; ADAMS, M. Stable osmotica in *Eucalyptus spathulata* – responses to salt and water deficit stress. **Functional Plant Biology**. v.32, n.9, p.797-805, 2005.

MORALES, M. A. OLMOS, A; TORRECILLAS, M; SANCHÉZ-BRANCO, J; ALÁRCÓN, J. Differences in water relations, leaf ion accumulation and excretion rates between cultivated and wild species of *Limonium sp.* grown in conditions of saline stress. **Flora**, v. 196, n.5, p.345-352, 2001.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environmental.**, v. 25, p. 239- 250, 2002

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**. v. 167, p.645-663, 2005.

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

NEGRÃO, S. SCHMÖCKEL, S. M, TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**. p. 5-7, 2017.

NEVES, A. L. R. LACERDA, C. F; GUIMARÃES, F. V. A; HERNANDEZ, F. F; SILVA, F. B. da; PRISCO, J. T; GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p.758-765, 2009.

NUNES, A. A; SILVA, R.N; SANTOS, J.L; OLIVEIRA. L.M.N. Estudo comparativo da anatomia de plântulas de feijão caupi submetido ao estresse salino. In: III CONAC, Congresso Nacional de feijão caupi, Recife. 2013.

OLIVEIRA, L.M.N, REBOUÇAS, D.M, SOUSA FYM, SOBREIRA ACM, OTOCH MLO, F. de M. D. In: Irrigation and Salinity: Researches and Technological Innovations / José Antonio Frizzzone, Francisco de Souza, Sílvia Carlos Ribeiro Vieira Lima, Hans Raj Gheyi, Claudivan Feitosa de Lacerda - Fortaleza, CE: INOVAGRI, 2015 Cap. 7 **An Overview in to Energization of Proton Pumps in Plant Cell Membranes and Its Significance under Salt Stress.** p. 95-116, 2015.

OLIVEIRA, A. B; GOMES-FILHO, E; ENÉAS-FILHO, J. O. problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11; 2010.

OLIVEIRA, L.M.N. Papel da V-ATPase e de enzimas antioxidantes nos mecanismos de ajustamento ao estresse salino em feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Tese** (Doutorado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, Brasil, 2007.

OLIVEIRA, L.M.N; SANTOS, J. L. Estresses osmótico e salino afetam a germinação e a compartimentalização de íons Na^+ e K^+ em feijão de corda In: **Educação ambiental: A sustentabilidade dos ambientes rurais e urbanos.** Ed 1. Ituiutaba: Barlavento. v.4, p. 426-437. 2017.

PAIVA, T. S, dos S. Tolerância à salinidade em cultivares de feijão-caupi. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, p. 114. 2014.

PARIDA, A.O.; DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental, Safety**, v.60, n.3, p.324-349, 2005.

PEDROTTI, A; CHAGAS, R. M; RAMOS V. C.; PRATA A. P. do N. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas** – UFSM. Santa Maria. v. 19, n. 2. p. 1308-1324, 2015.

PEREIRA, M.R.R.; MARTINS, C.C.; SOUZA, G.S.F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n.4, p. 537-545, 2012

QUEIROGA, R. C. F.; ANDRADE NETO, R. C.; NUNES, G. H. S.; MEDEIROS, J. F.; ARAÚJO, W. B. M. Germinação e crescimento inicial de híbridos de meloeiro em função da salinidade. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 315-319, 2006.

QUEIROZ, M.F.; SANTOS, P.T.A. Efeito do estresse salino sobre a germinação e produção de sementes de caupi. **Agropecuária Técnica**, Areia, v.24, n.2, p.119-130, 2006.

ROBINSON, H. Estudio científico del suelo: roots and leaves of two sorghum genotypes under NaCl stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, p. 113-118, 2003.

ROCHA, M.M. **O feijão-caupi para consumo na forma de feijão fresco**. 2009. Disponível em: < www.agrosoft.org.br/agropag/212374.htm>. Acesso em: 13 jan. 2017

ROY, S.T; NEGRÃO, S; TESTER, M. Salt resistant crop plants. Current Opinion in Biotechnology. **Review Plant biotechnology**. v. 26, n. 26. p. 115-124, 2014.

RUIZ, H.A.; SAMPAIO, R.A.; OLIVEIRA, M.O. FERREIRA, P.A. Características físicas de solos salinos e sódicos submetidos a parcelamento da lamina de lixiviação. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, v. 6, n. 3, p. 1-12. 2006.

SCHOSSLE, T. R; MACHADO. Diogo. M; ZUFFO A. M.; ANDRADE F.R.; PIAUILIN, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2012.

SHABALA S.; CUIN, T. A. Potassium transport and plant tolerance. **Physiologia Plantarum**. v. 133, p. 651-669, 2007.

SHANNON, M.; FRANCOIS, L. Salt tolerance of three muskmelon cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Science Shock on gene expression in tobacco. **Plant Physiology**, v.130, p.1143-1151, 2002.

SILVA JÚNIOR, C.; PASSOS, E.E.M.; GHEYI, H.R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.1, p.39-44, 2002.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A, L. R.; SILVA, G. L.; SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIEGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (Eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciencia e Tecnologia em Salinidade, 2010.

SOBREIRA, A. C. M., MAIA, Y., REBOUÇAS, D. M., FONTENELE, N.M.B., COSTA, J. H., OTOCH, M. L. O., OLIVEIRA, L.M. N., ORELLANO, E. G., DE MELO, D.F. Vacuolar proton pumps regulation during development of *Vigna unguiculata* seedlings under salt stress. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, 2014.

SOBREIRA, A. C. M. Estudo da expressão dos genes das bombas de prótons (V-ATPase e V-Ppase) e dos contra-transportadores vacuolares (NHX) de *Vigna unguiculata* (L.) Walp submetidos a estresses abióticos. **Tese** (Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular) - Universidade Federal do Ceará, Ceará, Brasil, 2009.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA – SSSA. Glossary of soil science terms. Madison: **American Society of Soil a Science**. p. 88, 2008.

SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 383-389, 2011.

STEINGLEIN, S. A, ARAMBARRI, A. M, SEVILLANO, M. C. M, BALATTI, P. A. Leaf epidermal characters related with plant's passive resistance to pathogens vary among accessions of wild beans *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* (Leguminosae–Phaseoleae). **Flora**. v. 200 p. 285-295. 2005.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M; MURPHY. A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p. 713- 754, 2017.

TESTER, M., DAVENPONT, R. Na^+ and Na^+ transport in higher plants. **Annals of Botany**.v. 26, p. 167–175. 2014.

WAHID, A.; Gelani, S.; Ashraf, M ; Foolad, M.R. Heat tolerance in plants: Aoverview. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p.199-223. 2007.

YENGAR, E. R. R.; REDDY, M. P. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. In: PESSERKALI, M. Handbook of Photosynthesis. **Marshall Dekar**, Baten Rose. p. 897-909, 1996.

ZHU, J. K. Regulation of ion homeostasis under salt stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v.6, p.441-445, 2003.

ZHU, J.K. Cell signaling under salt, water and cold stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v.4, p.401-406, 2001.