



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

Giovanna Dias de Sousa

Tolerância de acessos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao estresse salino

MOSSORÓ

2024

Giovanna Dias de Sousa

Tolerância de acessos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao estresse salino

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia

Orientador: Prof^a. Dr^a. Clarisse Pereira
Benedito

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S725 Sousa, Giovanna Dias de .
t Tolerância de acessos de feijão-caupi (*Vigna*
 unguiculata (L.) Walp.) ao estresse salino /
 Giovanna Dias de Sousa. - 2024.
 47 f. : il.

 Orientadora: Clarisse Pereira Benedito.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de , 2024.

 1. Salinidade. 2. Recursos Genéticos. 3.
 Análise Fisiológica. 4. Germinação. I. Benedito,
 Clarisse Pereira , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Giovanna Dias de Sousa

Tolerância de acessos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) ao estresse salino

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 18/10/2024.

BANCA EXAMINADORA

Clarisse Pereira Benedito, Prof. Dra (UFERSA)
Presidente

Salvador Barros Torres, Prof. Dr. (EMPARN/UFERSA)
Membro Examinador

Daise Feitoza da Rocha, Eng^a. Agr^a. (UFERSA)
Membro Examinador

Emanuele Lucas Moura, Eng^a. Agr^a. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho à minha amada família, que sempre foi minha fonte de força e motivação ao longo desta jornada. A vocês, que me apoiaram, incentivaram e, com amor incondicional, foram a minha base. Agradeço pela paciência, compreensão e por acreditarem em mim, mesmo nas horas mais difíceis. Este trabalho é fruto do esforço conjunto de cada um de vocês, que me inspiraram a seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força e saúde que me sustentaram ao longo desta caminhada.

Agradeço à minha orientadora, profa. Clarisse Pereira Benedito, por sua paciência, sabedoria e orientação, essenciais para a realização deste trabalho. Suas valiosas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste projeto. Estendo minha gratidão ao professor Salvador Barros Torres, que ao longo da graduação foi meu orientador de iniciação científica transmitindo conhecimentos que me permitiram trilhar este caminho.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pela infraestrutura oferecida e pelo apoio institucional, bem como seu corpo docente, que oportunizaram uma educação de qualidade.

Um agradecimento especial aos meus colegas e amigos de curso, em especial à Maria de Nazaré por ter sido a minha dupla, compartilhando experiências e momentos que enriqueceram minha jornada acadêmica.

Agradeço, também, aos membros do Laboratório de Análise de Sementes (LAS) por todo o auxílio nas atividades do laboratório, mas principalmente pelas amizades construídas, por todos os cafés coletivos e risadas compartilhadas, Daise, Emanuele, Iracema, Pablo, Jéssica, Valéria, Emerson, Moadir, Sara e Cezôca, vocês tornaram meus dias leves e alegres.

Agradeço à Emanoela Paiva, por ter me apresentado ao laboratório e acreditado no meu potencial. E à Kleane Targino por todos os conselhos e carinho, você serviu como inspiração durante essa trajetória.

À AgroArid Júnior (Empresa Júnior de Agronomia da UFERSA), por ter contribuído significativamente para o meu desenvolvimento profissional, mas principalmente por ter me apresentado pessoas incríveis como Camila, Hildo, Hadjy, Matheus Nathan, Juliano e Bruno, vocês são como irmãos para mim, sou grata por todos os conselhos, broncas e risadas.

Aos meus amigos da casa 2, por terem sido a minha família durante esses cinco anos, por todas as comemorações, noites de churrasco e reuniões do final de semana, que trouxeram leveza e alegria a essa jornada, tornando cada momento mais especial e significativo.

À minha família, por todo apoio emocional e financeiro, por terem acreditado no meu sonho e me incentivado a seguir em frente mesmo nos dias mais difíceis. À minha mãe, Vanessa, dedico esta conquista e minha eterna gratidão, foi você que me deu asas e a oportunidade de voar quando seus pés foram impedidos de, sequer, correr. Aos meus irmãos

Matheus e Esther por terem servido como combustível diário. À minha tia Maria do Rosário por todo amor e por todos os conselhos, você foi o meu ponto de luz em muitos dias dessa caminhada. À minha tia Ana, por sempre ter uma palavra de afirmação e por toda positividade enviada a mim e ao meu pai, Francisco por todo auxílio ao longo da graduação.

E, de forma especial, ao meu namorado, Carlos Eduardo, por todo carinho, compreensão e apoio. Sua presença e suas palavras de incentivo foram fundamentais nos momentos mais desafiadores. Obrigada por estar ao meu lado, acreditando em mim e celebrando cada conquista.

A todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho e acreditaram em mim ao longo da minha trajetória, expresso minha mais sincera e profunda gratidão.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

RESUMO

As leguminosas, como o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), são algumas das culturas agrícolas que mais se expandem globalmente, com ênfase nas regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, a maior parte da produção desse grão se concentra nas regiões Norte e Nordeste, sendo esta última com maior intensidade de cultivo. Entre os fatores que podem restringir o desenvolvimento dessa espécie, o estresse salino se destaca como um desafio comum na região semiárida, onde a escassez de chuvas resulta no acúmulo de sais no solo. Assim, objetivou-se avaliar os impactos do estresse salino sobre a germinação e o crescimento de plântulas de 15 acessos de feijão-caupi. Os acessos foram provenientes do Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais da UFERSA. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 15, com quatro repetições de 25 sementes. O primeiro fator representa os três níveis de salinidade (0, 3 e 6 dS.m⁻¹), enquanto o segundo correspondeu aos quinze acessos de feijão-caupi, totalizando 45 tratamentos. As variáveis analisadas foram primeira contagem, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas e massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de plântulas. Houve efeito significativo entre os fatores para as todas variáveis analisadas. A resposta à salinidade variou entre os acessos. Em média, o nível de 6 dS.m⁻¹ ocasionou redução de cerca de 47,58% no CPA em relação à ausência de salinidade, com os menores valores verificados para os acessos 34, 75, 76, 79 e 96. Os acessos 27, 37, 51, 61 e 65 foram os mais tolerantes a salinidade na fase inicial de desenvolvimento e em contrapartida os de números 76 e 96 foram mais sensíveis. A germinação e o vigor dos acessos de feijão-caupi não foram prejudicados até o nível de 3 dS.m⁻¹.

Palavras-chave: salinidade; recursos genéticos; análise fisiológica; germinação.

ABSTRACT

Legumes, such as cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), are some of the fastest growing agricultural crops worldwide, with an emphasis on tropical and subtropical regions. In Brazil, most of the production of this grain is concentrated in the North and Northeast regions, the latter with the highest cultivation intensity. Among the factors that can restrict the development of this species, saline stress stands out as a common challenge in the semiarid region, where the lack of rainfall results in the accumulation of salts in the soil. Thus, the objective of this study was to evaluate the impacts of saline stress on the germination and growth of seedlings of 15 cowpea accessions. The accessions came from the Laboratory of Plant Genetic Resources at UFERSA. The experiment was conducted in a completely randomized design, in a 3 x 15 factorial scheme, with four replicates of 25 seeds. The first factor represents the three salinity levels (0, 3 and 6 dS.m⁻¹), while the second corresponded to the fifteen cowpea accessions, totaling 45 treatments. The variables analyzed were first count, germination, germination speed index, shoot length (CPA) and root length (CR) of seedlings and dry mass of shoot (MSPA) and root (MSR) of seedlings. There was a significant effect between the factors for all variables analyzed. The response to salinity varied among the accessions. On average, the level of 6 dS.m⁻¹ caused a reduction of approximately 47.58% in the CPA in relation to the absence of salinity, with the lowest values observed for accessions 34, 75, 76, 79 and 96. Accessions 27, 37, 51, 61 and 65 were the most tolerant to salinity in the initial phase of development and, on the other hand, numbers 76 and 96 were more sensitive. The germination and vigor of the cowpea accessions were not affected up to the level of 3 dS.m⁻¹.

Keywords: salinity; genetic resources; physiological analysis; germination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Laboratório de Análise de Sementes (LAS): imagem de satélite (A); fachada do Laboratório (B).....	23
Figura 2	–	Amostras de sementes dos quinze acessos de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.)	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Identificação das localidades de coleta dos acessos de feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.)	26
----------	---	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Resumo da análise de variância da primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de acessos de feijão-caupi sob diferentes níveis de estresse salino.....	27
Tabela 2	–	Médias da primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG), de acessos de feijão-caupi em função do estresse salino.....	28
Tabela 3	–	Médias do comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) (mg/plântulas), de acessos de feijão-caupi em função do estresse salino.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ms	Mestre
Dr	Doutor
IVG	Índice de velocidade de germinação
G	Germinação
PCG	Primeira contagem
CPA	Comprimento de parte aérea
CR	Comprimento de raíz
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca da raíz
DCAF	Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
LAS	Laboratório de Análise de Sementes
DIC	Delineamento inteiramente casualizado
B.O.D	Demanda biológica de oxigênio
P	Probabilidade
mg	Miligrama
g	Grama
mM	Milimolar
p.p	Porcentagem

LISTA DE SÍMBOLOS

®	Marca registrada
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
3.1 Aspectos gerais da espécie	18
3.2 Estresse salino x germinação e vigor de sementes	19
3.3 Diversidade genética e recursos genéticos do feijão-caupi.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Local do experimento	23
4.2 Aquisição das sementes	23
4.3 Delineamento experimental e tratamentos	24
4.4 Preparo das soluções salinas.....	25
4.5 Instalação do teste	25
4.6 Características avaliadas	25
4.7 Análise estatística	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6. CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa de grande relevância agronômica e econômica, sendo um dos grãos mais consumidos no Brasil. Essa espécie se destaca como uma importante fonte de proteínas, minerais e fibras. Sua produção está predominantemente associada a pequenas e médias propriedades, sendo amplamente cultivado e utilizado na adubação verde devido à sua riqueza em nutrientes (Vale et al., 2017). A produção se concentra nas regiões Norte e Nordeste, porém está se expandindo para a região Centro-Oeste. Isso se deve a sua precocidade e tolerância ao déficit hídrico, quando comparada a outras culturas, o que têm sido os principais atrativos para o cultivo dessa leguminosa (Bastos et al., 2016).

Visto que a região Nordeste é composta por áreas áridas e semiáridas, este problema pode ser ainda mais intensificado, já que a taxa de evaporação supera a precipitação, favorecendo a salinização das camadas superficiais do solo (Daliakopoulos et al., 2016; Hassani; Azapagic; Shokri, 2021). A salinidade é um problema que impacta cerca de 8,7% dos solos no mundo, tornando-os menos férteis e produtivos. Essa condição compromete os esforços globais para combater a fome e a pobreza, além de afetar negativamente a qualidade da água e a biodiversidade do solo, contribuindo para o aumento da erosão (FAO, 2021a).

Entre os sais presentes, os íons de sódio (Na^+) nas camadas superficiais do solo aumentam o potencial de retenção de água e nutrientes, prejudicando a capacidade produtiva do solo e inibindo a germinação e o crescimento das plantas devido à toxicidade iônica e ao desequilíbrio catiônico (Le et al., 2021; Liu et al., 2022). As culturas agronômicas possuem diferentes níveis de tolerância ao estresse salino, sendo que as leguminosas toleram níveis modestos de potencial osmótico (Ferreira et al., 2017).

O excesso de íons, principalmente Na^+ e/ou Cl^- , compromete a uniformidade da germinação e, em presença na zona radicular, dificulta o estabelecimento das plântulas no campo, reduzindo a capacidade das plantas de absorver água do substrato (Praxedes et al., 2020). Além disso, a toxicidade iônica afeta os órgãos reprodutivos, prejudicando a produção de sementes e/ou grãos, o que resulta em redução do potencial reprodutivo e da produtividade da cultura (Le et al., 2021; Loiola et al., 2022).

Como o processo de germinação das sementes e o estabelecimento inicial das plântulas dependem da disponibilidade hídrica local, uma vez que os vegetais são mais sensíveis ao déficit hídrico nas fases iniciais de desenvolvimento (Tsukamoto et al., 2013), é importante destacar que o acúmulo de sais no solo reduz o potencial hídrico do meio de

crescimento. Isso resulta na diminuição da disponibilidade de água necessária para a ativação e manutenção do metabolismo das sementes (Bewley et al., 2013).

Dessa forma, o estudo do comportamento da germinação e do desenvolvimento inicial de sementes sob estresse salino é fundamental, pois permite identificar as capacidades de tolerância e as habilidades de adaptação das espécies ao ambiente. Sementes que germinam sob estresse possuem vantagens ecológicas em comparação àquelas mais vulneráveis (Lavezo et al., 2015).

Além disso, a tolerância à salinidade é determinada geneticamente, logo os acessos genéticos de sementes desempenham papel crucial na seleção de materiais resistentes. No entanto, ainda há carência de informações sobre os efeitos do estresse salino nas fases iniciais de desenvolvimento das plântulas de acessos de feijão-caupi, evidenciando a necessidade de pesquisas (Miranda et al., 2021; Praxedes et al., 2020). Portanto, os resultados obtidos nesta pesquisa podem auxiliar programas de melhoramento, em especial na seleção desses materiais, priorizando aqueles que possuam boas características agronômicas para o semiárido (Praxedes et al., 2020; Ravelombola et al., 2021).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a tolerância de acessos de feijão-caupi à salinidade, buscando a proteção da diversidade genética, para posterior utilização em programas de melhoramento genético.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a tolerância de acessos de feijão-caupi submetidos ao estresse salino.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar a tolerância de acessos de feijão-caupi por meio da germinação, crescimento, e massa seca de plântulas, quando submetidas ao estresse salino.
- Identificar e selecionar acessos de feijão-caupi com maior tolerância à salinidade para utilização em programas de melhoramento genético voltados para a adaptação a ambientes salinos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Aspectos gerais da espécie

Vigna unguiculata (L.) Walp. popularmente conhecido como feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar, é uma Fabacea nativa da África Central e espalhou-se para todos os continentes, sendo atualmente cultivado em partes da Ásia, EUA, Europa e América Central e do Sul (Boukar et al., 2018).

A produção mundial do feijão-caupi atingiu a marca de 9,8 milhões de toneladas em uma área plantada de 15 milhões de hectares (FAO, 2022). Ainda segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), dentre as 42 nações que cultivam a espécie, a Nigéria é o principal produtor, com 42% da produção média mundial, seguido pelo Níger com 29% e pela Burkina Faso com 8,5%.

A produção de feijão-caupi no Brasil ocorre principalmente em primeira e segunda safras, com estimativa de produção de 696 mil toneladas em 2024, 25,5% superior à safra dos anos anteriores. Apresenta elevado potencial produtivo, sendo amplamente valorizada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Nessas regiões, constitui-se como uma das principais culturas de subsistência e a maior fonte de proteína na dieta da população (Freire Filho, 2020; Gupta et al., 2019; Melo et al., 2018). Entretanto, a região Nordeste é a detentora da maior parte da produção, com cerca de 69,0% do volume médio, e os dois principais estados produtores são Bahia (156,7 mil toneladas) e Ceará (120,4 mil toneladas) (Conab, 2024).

Caracterizada como uma espécie autógama, herbácea, anual e de clima quente, o feijão-caupi possui faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento variando de 18 a 34 °C. As raízes são fasciculadas e adventícias, o caule pode alcançar até quatro metros de comprimento, com formato angular ou cilíndrico. Suas folhas são compostas por três folíolos presos a uma haste, com formatos que variam entre subglobosa, sublanceolada, globosa e lanceolada (Pottorff et al., 2012).

O fruto do feijão-caupi é uma vagem que pode ter formato cilíndrico reto, curvo ou achatado, apresentando variações de cor ao longo da maturação até a colheita (amarela, rosada, roxa e rajada). Cada vagem pode conter de 10 a mais de 20 sementes (Vale et al., 2017), sendo estas compostas pelo embrião e pelo tegumento, variando em cor e formato. Seu peso geralmente oscila entre 10 a 30 gramas a cada 100 sementes. Além disso, a espécie se destaca por sua alta precocidade, capacidade de fixação de nitrogênio e elevado valor nutricional, sendo uma excelente fonte de proteínas (23%), carboidratos, fibras, vitaminas e

minerais, contendo ainda baixo teor de lipídios (2%) (Oliveira, 2016). Outra característica que também merece destaque é o impacto socioeconômico do feijão-caupi, já que sua cadeia produtiva vai do agricultor familiar, aos médios e grandes produtores (Rocha et al., 2013). Portanto, trata-se de uma espécie primordial para a soberania e segurança alimentar e nutricional, bem como fonte de renda para diversos produtores, sobretudo para os agricultores inseridos na agricultura familiar e povos tradicionais.

O feijão-caupi é uma espécie que apresenta elevada rusticidade e exibe boa adaptação mediante a condições adversas, como os estresses salino, térmico e hídrico (Oliveira, 2016). De acordo com Freire Filho (2020), essa espécie necessita de no mínimo de 300 mm de precipitação para expressar uma produção satisfatória, sem a necessidade de implementação de um sistema de irrigação. Logo, regiões que apresentem médias de precipitação de 250 a 500 mm anuais são consideradas adequadas para o cultivo dessa espécie.

Com relação à tolerância à salinidade, o feijão-caupi é descrito como moderadamente tolerante, apresentando salinidade limiar de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$ na água de irrigação (Ayers e Westcot, 1999). Todavia, o nível de tolerância ao estresse salino na cultura varia entre as diversas variedades, como evidenciado por Almeida et al. (2011), que identificaram variedades tolerantes à salinidade. Assim, o aumento da salinidade no solo resultante da água de irrigação salina pode ocasionar a inibição do desenvolvimento das plantas, tendo como resultado alterações nos parâmetros fisiológicos e fenológicos da espécie (Furtado et al., 2014). Consequentemente, ocorre o retardamento da floração, seguido da elevação da taxa de abortamento de flores, equivalente ao aumento da salinidade (Sá et al., 2018).

3.2 Estresse salino x germinação e vigor de sementes

A germinação é o processo que se inicia com a absorção de água pela semente e se conclui com a emergência do eixo embrionário, geralmente a radícula, rompendo os tecidos ao seu redor. Esse processo pode ser dividido em duas categorias: a germinação epígea, que ocorre quando os cotilédones das plântulas são erguidos acima do solo, e a hipógea, em que os cotilédones permanecem abaixo da superfície do solo. Para as leguminosas, como o feijão e outras espécies, o tipo de germinação geralmente é epígea. Nesse processo, o hipocótilo se alonga e eleva os cotilédones acima do solo, diferentemente das gramíneas, onde os cotilédones permanecem enterrados (Taiz et al., 2017).

Logo, para que ocorra a germinação, é essencial a presença de condições favoráveis de luz, temperatura e disponibilidade de água (Carvalho e Nakagawa, 2012). Todavia, essas condições podem não ser suficientes quando as sementes enfrentam ambientes adversos, como é o caso de solos ou água salina.

A salinidade é um dos estresses abióticos mais difundidos, constituindo um dos principais desafios ambientais enfrentados globalmente. Essa condição estressante pode causar sérios danos à produção agrícola, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde a produção agrícola pode ser severamente limitada ou até inviabilizada economicamente (Oliveira; Kumar, 2015; Hernández, 2019).

A resposta à salinidade exerce impacto profundo sobre as plantas, desencadeando uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas complexas. A presença de sais em excesso no solo pode interferir em processos essenciais como absorção de água e nutrientes, fotossíntese e respiração, comprometendo o crescimento e desenvolvimento vegetal (Dutra et al., 2017). Estima-se que cerca de 33% das terras agrícolas irrigadas sejam afetadas por diferentes níveis de salinidade, podendo este número ultrapassar os 50% até 2050 (Gopalakrishnan; Kumar, 2020).

A salinidade afeta de forma abrangente os processos vegetais (Xiong e Zhu, 2002; Johnson e Puthur, 2021; Linić et al., 2021), ocasionando distúrbios em diversas fases do desenvolvimento, desde a germinação de sementes até o crescimento, reprodução e o rendimento das plantas (Shrivastava e Kumar, 2015). Os efeitos negativos da salinidade na germinação e no crescimento das plantas estão diretamente relacionados à toxicidade dos íons, submetendo-as a condições de estresse (Katambe et al., 1998).

Embora a salinidade possa comprometer as plantas em todas as fases de crescimento, a germinação e as fases iniciais de desenvolvimento são particularmente mais sensíveis para a maioria das espécies (Ibrahim et al., 2018; Ali et al., 2020; Ali et al., 2021; Dhanyasree et al., 2022). A germinação de sementes, sendo um estágio crucial e delicado, desempenha papel fundamental na definição do crescimento, rendimento e qualidade final das plantas (Gupta e Huang, 2014). Além disso, o estresse salino pode prejudicar a formação de plântulas normais, reduzir a velocidade e a uniformidade da emergência, além de comprometer a taxa total de emergência, o tamanho inicial e o estabelecimento das plantas. Esses fatores, por sua vez, interferem no acúmulo de matéria seca e, consequentemente, na produtividade da cultura (Almeida et al., 2012). Dessa maneira, as características referentes ao vigor apresentam maior sensibilidade à salinidade do que aquelas relacionadas à germinação (Santos et al., 2009).

De modo geral, a salinidade afeta o estabelecimento, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, podendo ocasionar em perdas parciais ou totais de rendimento, bem como, em casos extremos a morte das plantas (Acosta-Motos et al., 2017).

Vale salientar que a interferência do estresse salino na germinação e no crescimento inicial das plântulas varia de acordo com o nível de salinidade presente no solo e na água, além do comportamento específico da espécie em relação aos aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (Dutra et al., 2017; Sales et al., 2015).

Portanto, o estudo do comportamento da germinação e do desenvolvimento inicial das sementes sob estresse salino é de extrema relevância, pois permite a realização da identificação da tolerância, bem como, das capacidades adaptativas da espécie ao ambiente. Logo, sementes que conseguem se desenvolver sob condições estressantes apresentam vantagens em comparação aquelas mais suscetíveis (LAVEZO et al., 2015).

O impacto negativo do estresse salino no crescimento, aspectos fisiológicos e produtividade tem sido verificado em várias espécies vegetais, incluindo o tremço (*Lupinus termis* L.) (Rady, Taha, Mahdi, 2016), feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (Bargaz et al, 2016), manjerição (*Ocimum basilicum* L.) (Nassar et al., 2019) feijão-fava (*Vicia faba* L.) (Nahhas et al, 2021) e o trigo (*Triticum aestivum* L.) (Alnusairi et al., 2021).

3.3 Diversidade genética e recursos genéticos do feijão-caupi

Os recursos genéticos são compostos por acessos, que representam a variabilidade genética organizada em um grupo de materiais diversos, denominado germoplasma. Cada germoplasma deve conter uma única cópia do material genético e representar organismos de interesse atual ou potencial. Assim, o germoplasma é um componente essencial dos recursos genéticos, pois lida com a variação genética tanto entre espécies quanto dentro destas, visando à sua conservação e utilização em programas de pesquisa e melhoramento genético (Cruz et al., 2011).

A variabilidade genética refere-se às diferenças encontradas entre os indivíduos de uma mesma espécie. Já os recursos genéticos correspondem a materiais vivos, como plantas, animais e microorganismos, que possuem valor econômico para o ser humano. Assim, todos os organismos são potenciais recursos genéticos, uma vez que podem produzir elementos de interesse, utilizando genes obtidos por meio da engenharia genética (Costa; Spehar, 2012).

A variabilidade genética conservada em bancos de germoplasma é essencial para expandir a base genética. O material conservado deve ser caracterizado e avaliado com base em suas características morfológicas e agronômicas, além de sua diversidade genética, para ser utilizado em programas de melhoramento (Leitão et al., 2017).

O feijão-caupi apresenta ampla variabilidade genética, especialmente nas características de seus grãos, como a diversidade de cores, formas e tamanhos, permitindo o desenvolvimento de variedades adequadas para diferentes mercados e ampliando seu alcance (Rocha et al., 2017). Conforme Dias et al. (2015), a existência de variabilidade genética e a caracterização de germoplasma são fundamentais para selecionar genótipos mais adaptados a novos sistemas de produção.

Devido ao grande potencial genético do feijão-caupi é necessário identificar, descrever e catalogar esses materiais para garantir compreensão abrangente das variações existentes (Souza, 2016). Diversos estudos documentam a variabilidade morfológica do feijão-caupi. Owusu et al. (2021) analisaram 16 linhagens avançadas e notaram variações significativas em todas as características de rendimento avaliadas. Zaki e Radwan (2022) examinaram 28 variedades de feijão-caupi com o objetivo de desenvolver novas variedades de alto rendimento, identificando variações nos parentais e cruzamentos que refletem a diversidade genética e as possibilidades de seleção.

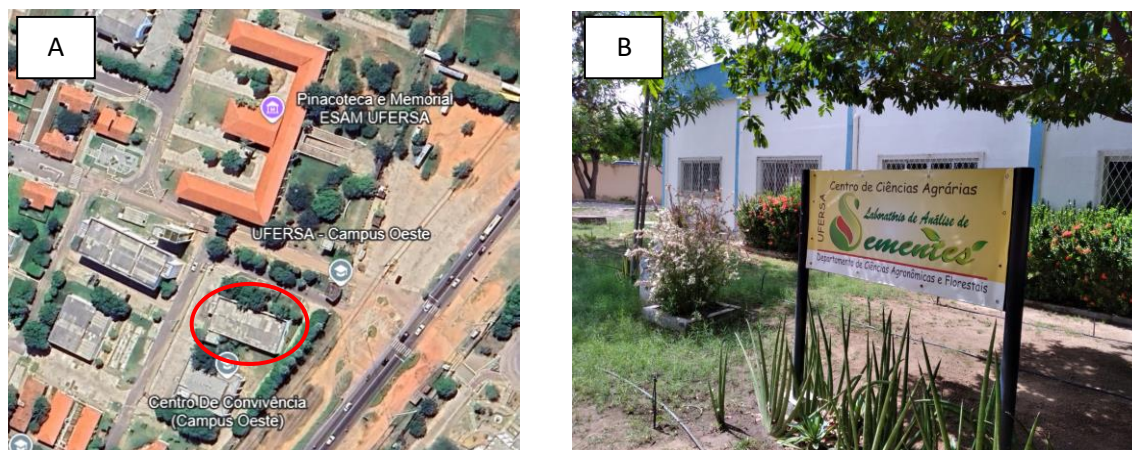
Assim, os estudos de caracterização do feijão-caupi são essenciais para o desenvolvimento de variedades mais bem adaptadas a diferentes regiões, sendo crucial a conservação dos materiais para dar continuidade às pesquisas desta espécie.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em junho de 2023, no Laboratório de Análise de Sementes, pertencente ao Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais – DCAF da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado no campus Oeste em Mossoró, RN (Figuras 1A e 1B).

Figura 1 – Laboratório de Análise de Sementes (LAS): imagem de satélite (A); fachada do laboratório (B).



Fonte: Google earth (2024)

4.2 Aquisição das sementes

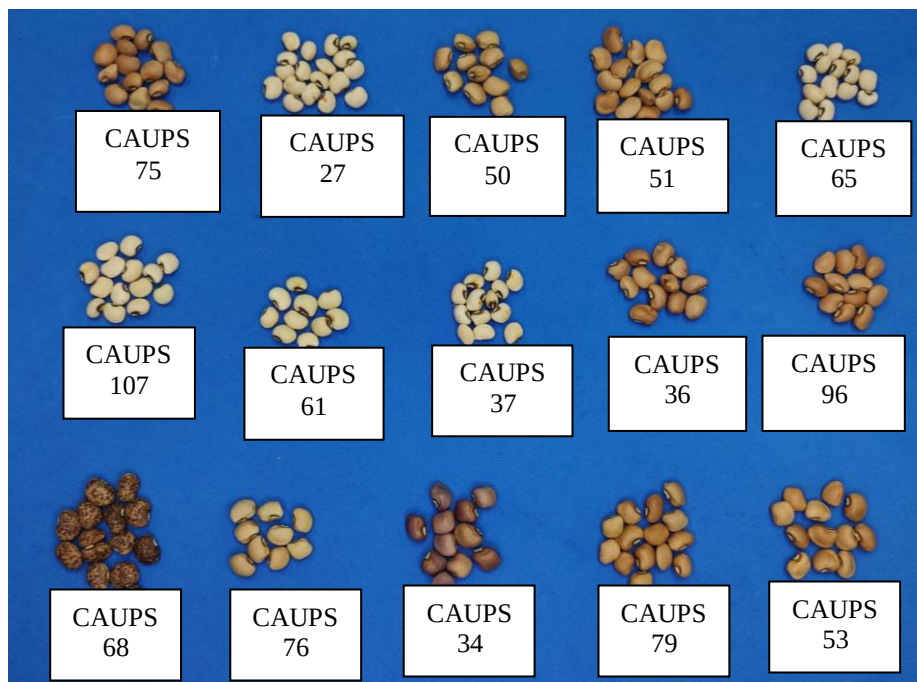
As sementes de feijão-caupi, foram concedidas pelo Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais do Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, conservadas em garrafas pet em câmara fria e seca (10 °C; 40% UR). Os acessos foram coletados em diversas regiões do estado do Rio Grande do Norte – RN, conforme indicado no quadro 1. Cada acesso foi identificado por uma numeração específica: CAUPS01, CAUPS02, CAUPS03, CAUPS04, CAUPS05, CAUPS06, CAUPS07, CAUPS08, CAUPS09, CAUPS10, CAUPS11, CAUPS12, CAUPS13, CAUPS14, CAUPS15 (Quadro 1).

Quadro 1. Identificação das localidades de coleta dos acessos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.).

Número	Acesso	Município	Estado
1	27	São Tomé	RN
2	34	Macaíba	RN
3	36	Macaíba	RN
4	37	Macaíba	RN
5	50	Baraúna	RN
6	51	Currais Novos	RN
7	53	Currais Novos	RN
8	61	Macaíba	RN
9	65	Cultivar BRS-Xiqueique	RN
10	68	Currais Novos	RN
11	75	José da Penha	RN
12	76	Baraúna	RN
13	79	Itaú	RN
14	96	Umarizal	RN
15	107	Macaíba	RN

Fonte: Autores.

Figura 2 – Amostras dos quinze acessos de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.).



Fonte: Autores.

4.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 x 15, com quatro repetições de 25 sementes cada. O primeiro fator consistiu em três níveis de salinidade (0, 3 e 6 dS m⁻¹), enquanto o segundo correspondeu aos quinze acessos de feijão-caupi, totalizando 45 tratamentos.

4.4 Preparo das soluções salinas

Para simulação do estresse salino, foram preparadas soluções de cloreto de sódio nos níveis de 3 e 6 dS m⁻¹, enquanto para a testemunha foi utilizada água destilada (0,0052 dS.m⁻¹). O cloreto de sódio foi adicionado em água destilada, mexendo-se com uma colher e monitorado a condutividade da solução com auxílio de um condutivímetro até chegar nos níveis desejados.

4.5 Instalação do teste

As sementes de cada acesso foram colocadas para germinar sobre duas folhas papel toalha e cobertos por uma terceira folha, previamente umedecidas com as soluções salinas e a água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel toalha seco. Os substratos contendo as sementes foram dispostos em forma de rolo, acondicionados em sacos plásticos e postos para germinar a 25 °C e fotoperíodo de 8 h, em câmara de germinação durante oito dias (Brasil, 2009).

4.6 Características avaliadas

a) Primeira contagem: avaliada em conjunto com o teste de germinação, no qual foram contadas as plântulas normais aos cinco dias após a semeadura (Brasil, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem.

b) Germinação: correspondente ao número de plântulas normais aos oito dias após a semeadura (Brasil, 2009) e os valores expressos em porcentagem.

c) Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado juntamente ao teste de germinação, com contagens diárias do número de sementes com emissão de raiz primária até o oitavo dia após a instalação do teste. De posse desses dados, determinou-se o índice de velocidade de germinação, de acordo com metodologia proposta por Maguire (1962).

$$[IVG] = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{G3}{N3} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Onde: IVG = Índice de velocidade de germinação

G1, G2, Gn = Sementes germinadas no primeiro, segundo e último dia.

N1, N2 e Nn = Número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem.

d) Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR) de plântulas: ao fim do teste de germinação, selecionou-se dez plântulas normais aleatoriamente para realização das medições com auxílio de uma régua graduada em milímetros. Para medição da parte aérea, considerou-se desde a inserção do colo até o ápice da gema apical e para a raiz, foi considerado desde a inserção do colo até a extremidade da raiz principal. Os resultados foram expressos em cm.plântula⁻¹

e) Massa seca de parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de plântulas: as plântulas provenientes das determinações biométricas foram seccionadas em parte aérea e raiz e postas para secar em estufa de circulação de ar forçado, regulada a 65 °C por 48 horas, sendo posteriormente pesadas em balança de precisão (0,0001g). Os resultados foram expressos em g.plântula⁻¹

4.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à ANOVA, e as médias, comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) de probabilidade para avaliação do efeito dos acessos e estresse salino. Para isto, foi utilizado o programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR® (Ferreira, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA), revelou interação significativa entre os fatores acessos e níveis de estresse salino para todas as variáveis analisadas (Tabela 1). Os resultados indicaram comportamento diferenciado entre os acessos de feijão-caupi sob condições de estresse salino. Estudos recentes conduzidos por Ishaya et al. (2024) e Jockson et al. (2024) também resultaram em interações significativas entre genótipos dessa espécie e condições de estresse salino. Esses trabalhos demonstram variação importante no desempenho agrônômico entre diferentes acessos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) de acessos de feijão-caupi sob diferentes níveis de estresse salino.

Fontes de variação	Análise de variância						
	Quadrados médios						
	PCG	G	IVG	CPA	CR	MSPA	MSR
Acessos (A)	3288,7238**	379,6571**	0,4344**	27,7590**	22,8571**	0,000416**	0,000111**
Estresse salino (ES)	248,2666*	416,2666**	0,2154ns	534,7961**	146,7356**	0,005333**	0,000168**
A x ES	895,5047**	183,1238**	0,4217**	5,5524**	9,8884**	0,000145**	0,000022**
CV (%)	11,68	8,66	4,04	11,82	11,25	13,1	13,79

^{ns} Não-significativo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente. CV coeficiente de variância.

Em relação a primeira contagem de germinação, no maior nível de salinidade (6 dS m⁻¹) verificou-se redução nas médias dos acessos 75, 76 e 107, com aproximadamente 62%, 36% e 29% de sementes germinadas, respectivamente (Tabela 2). A diminuição na germinação sob estresse salino reflete o impacto osmótico causado pela alta concentração de sais, que reduziu o potencial hídrico, dificultando a absorção de água pelas sementes (Zhao et al., 2021). Por outro lado, os acessos 37, 79 e 96 resultaram em aumento de 28 p.p., 53 p.p. e 58 p.p., respectivamente, sob o nível mais elevado de salinidade, em comparação ao controle. Este fato pode estar relacionado à presença de mecanismos de tolerância, como a acumulação de osmólitos compatíveis (prolina, glicina-betaína) e a maior atividade de enzimas antioxidantes, que mitigam o estresse oxidativo causado pela salinidade (Roy et al., 2023).

Em todos os níveis de salinidade, a germinação final foi mantida acima de 70%, demonstrando resposta positiva ao estresse (Tabela 2).

Avaliando a tolerância à salinidade em duas variedades crioulas de feijão-caupi, Andrade et. al. (2024) verificaram maior tolerância na germinação para a variedade Pingo de Ouro, porém, o mesmo não foi constatado a Coruja. No referido trabalho, a qualidade fisiológica das sementes não foi afetada até o nível de 6,6 dS.m⁻¹. Resultados semelhantes foram relatados por Tavares et al. (2021) ao submeterem sementes de *V. unguiculata* cv. BRS Imponente ao nível de 100 mM, não ocorrendo redução do potencial germinativo ao longo do tempo de exposição a água salina, sugerindo que, em acessos tolerantes, o estresse salino não afeta diretamente a integridade fisiológica das sementes até níveis moderados de salinidade (6,5 dS.m⁻¹). Esta resiliência à germinação é essencial para o cultivo em solos com alta salinidade, como os geralmente encontrados em regiões semiáridas.

Tabela 2. Médias da primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G) e índice de velocidade de germinação (IVG), de quinze acesso de feijão-caupi em função do estresse salino.

ACESSOS	PCG (%)			G (%)			IVG		
	Salinidade (dS.m ⁻¹)								
	0,0	3,0	6,0	0,0	3,0	6,0	0,0	3,0	6,0
27	88 aA	94 aA	91 aA	89 aA	98 aA	96 aA	8,25 aA	8,00 aA	8,25 aA
34	92 aA	91 aA	89 aA	80 bB	77 bB	90 aA	8,25 aA	8,33 aA	8,00 aA
36	80 aA	91 aA	90 aA	78 bA	84 bA	88 aA	7,91 aA	8,25 aA	8,33 aA
37	65 cC	78 bB	93 aA	77 bB	71 bB	92 aA	8,00 aA	8,16 aA	8,25 aA
50	94 aA	85 aA	83 aA	94 aA	87 aA	78 bB	8,33 aA	8,33 aA	8,00 aA
51	81 aA	88 aA	84 aA	91 aA	89 aA	96 aA	8,16 aA	8,08 aA	7,91 aA
53	81 aA	85 aA	73 bA	96 aA	95 aA	88 aA	8,25 aA	8,16 aA	7,91 aA
61	87 aA	88 aA	89 aA	91 aA	94 aA	94 aA	8,00 aA	8,25 aA	8,16 aA
65	70 bA	78 bA	76 bA	77 bB	90 aA	98 aA	8,16 aA	8,16 aA	8,16 aA
68	72 bA	56 cB	77 bA	86 aA	79 bA	72 bA	8,16 aA	8,16 aA	7,25 bB
75	76 bA	78 bA	62 cB	90 aA	96 aA	94 aA	8,16 aA	8,00 aA	7,83 aA
76	76 bA	76 bA	36 dB	84 bA	89 aA	97 aA	8,16 aA	7,75 aA	7,91 aA
79	31 dC	65 bB	84 aA	79 bA	80 bA	85 bA	7,83 aA	7,66 aA	8,08 aA
96	23 dC	38 dB	81 aA	81 bA	76 bA	81 bA	6,50 bB	7,91 aA	8,16 aA
107	60 cA	17 eB	29 dB	72 bB	98 aA	95 aA	7,83 aA	8,16 aA	7,50 bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O índice de velocidade de germinação (IVG) indicou variações significativas entre os acessos. O acesso 96 em 0,0 dS.m⁻¹ resultou em menor IVG (6,50), enquanto os acessos 68 e

107, sob 6 dS.m^{-1} , apresentaram valores reduzidos (Tabela 2). Este resultado reflete o impacto da salinidade no atraso ou inibição da emergência das plântulas, provavelmente devido à toxicidade iônica de Na^+ e Cl^- , que afeta o metabolismo celular, incluindo a respiração e síntese de proteínas (Chowdhury et al., 2020). A redução no IVG sob salinidade elevada está correlacionada com a menor capacidade das plantas de manter o balanço osmótico adequado. De modo geral, para os demais acessos não ocorreu diferença significativa para o índice de velocidade de germinação com o aumento do nível de salinidade.

No tocante ao crescimento inicial das plântulas, verificou-se que o aumento dos níveis de salinidade reduziu o comprimento da parte aérea (CPA), especialmente no nível mais elevado de salinidade em comparação ao controle (Tabela 3). Em média, o nível de 6 dS.m^{-1} provocou redução de cerca de 47,58% no CPA em relação à ausência de salinidade, com os menores valores verificados nos acessos 34, 75, 76, 79 e 96, que tiveram comprimentos de 5,35, 4,68, 5,14, 4,96 e 5,07 cm, respectivamente. Essa redução pode ser atribuída ao efeito do estresse salino sobre o balanço hídrico e a capacidade de transporte de nutrientes. O aumento da salinidade eleva o potencial osmótico do solo, o que dificulta a absorção de água, resultando em menor turgor celular e limitação do alongamento celular e crescimento vegetativo (Hasanuzzaman et al., 2022).

Os acessos 50, 75 e 76 sob o nível de salinidade de 3 dS.m^{-1} tiveram incremento no CPA de 0,69 p.p., 1,56 p.p. e 0,48 p.p., respectivamente, em comparação ao controle, embora sem diferença significativa (Tabela 3). Isso sugere que em níveis moderados de salinidade, o feijão-caupi utiliza mecanismos de compensação, como ajustes osmóticos e melhorias na eficiência do uso da água, permitindo que as células mantenham seu turgor e continuem a crescer em ambientes com concentrações moderadas de sais (Singh et al., 2022).

Esses resultados são semelhantes com os encontrados por Neto et. al. (2020), em que o aumento do nível de salinidade no substrato ocasionou redução no comprimento de plântulas de feijão-caupi, quando comparados à testemunha, com efeitos mais severos que os verificados na germinação. Além disso, no mesmo trabalho, constatou-se que os maiores valores de comprimento de plântulas foram alcançados nas condutividades correspondentes a 3,7 e $4,2 \text{ dSm}^{-1}$, revelando que, provavelmente, o feijão-caupi apresenta maior crescimento inicial em condições moderadas de salinidade.

Ao verificar os resultados do comprimento da raiz (CR) no nível mais elevado de salinidade nota-se redução média de cerca de 18,16% em comparação ao controle, com exceção do acesso 50. Neste acesso, houve aumento de 1,31 p.p. no CR. Os acessos 61, 75, 76 e 96 tiveram menores comprimentos de raiz, com valores de aproximadamente 10,56, 10,14,

8,60 e 10,18 cm, respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais (Tabela 3). No nível intermediário de salinidade (3 dS.m⁻¹), os acessos 27, 34, 50, 53, 65, 68, 79 e 96 demonstraram aumento no crescimento das raízes, possivelmente devido à maior procura por água sem comprometer o desenvolvimento da planta.

A redução no comprimento de raiz pode ser explicada pelo aumento do potencial osmótico do meio, que impede a absorção de água e prejudica a divisão celular na região da coifa. Em alguns acessos, como o 50, o crescimento radicular foi mantido, sugerindo resposta adaptativa que envolve maior exploração do solo em busca de água ou maior capacidade de exclusão iônica nas raízes (Choudhury et al., 2021). Raízes mais longas em condições de salinidade moderada podem melhorar o acesso a fontes de água e nutrientes, essencial para a sobrevivência em ambientes de solo salino. Esse comportamento adaptativo pode estar relacionado à síntese de hormônios como ácido abscísico (ABA), que ajuda a regular a resposta aos estresses hídrico e salino (Rhaman et al., 2023).

Concentrações elevadas de sais na água comprometem de forma negativa o desenvolvimento da parte aérea e raízes das plantas, principalmente devido ao aumento do potencial osmótico do meio que dificulta a absorção de água e inibe os principais processos fisiológicos e metabólicos na planta, como a fotossíntese (Paiva et. al., 2014; Passamani et al., 2017). Dalchiavon et al. (2016) ao trabalharem com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) relataram redução no comprimento de raízes quando submetidas à salinidade.

Tabela 3. Médias do comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de quinze acessos de feijão-caupi em função do estresse salino.

Acessos	CPA (cm.plântula ⁻¹)			CR (cm.plântula ⁻¹)			MSPA (g.plântula ⁻¹)			MSR (g.plântula ⁻¹)		
	Salinidade (dS.m ⁻¹)											
	0,0	3,0	6,0	0,0	3,0	6,0	0,0	3,0	6,0	0,0	3,0	6,0
27	13,95	11,56	7,35	16,07	16,31	14,00	0,064	0,064	0,061	0,018	0,017	0,017
	aA	bB	aC	bA	bA	aA	bA	bA	aA	bA	cA	bA
34	10,73	10,13	5,35	16,79	18,27	16,12	0,063	0,078	0,048	0,025	0,031	0,026
	cA	cA	bB	aA	aA	aA	bB	aA	bC	aB	aA	aB
36	11,38	11,25	6,31	18,79	14,74	16,26	0,054	0,079	0,050	0,020	0,020	0,019
	cA	bA	aB	aA	bB	aB	cB	aA	bB	aA	bA	bA
37	14,58	13,44	6,20	16,33	15,62	16,12	0,044	0,059	0,047	0,019	0,018	0,019
	aA	aA	aB	bA	bA	aA	dB	bA	bB	bA	cA	bA
50	10,81	11,55	6,15	15,05	17,04	16,36	0,057	0,070	0,050	0,019	0,022	0,020
	cA	bA	aB	bA	aA	aA	bB	aA	bB	bA	bA	bA
51	12,58	11,51	6,90	18,49	17,15	14,91	0,068	0,073	0,058	0,022	0,021	0,017
	bA	bA	aB	aA	aA	aB	aA	aA	aB	aA	bA	bB

53	12,99 bA	10,01 cB	6,43 aC	16,54 bB	19,22 aA	14,60 aB	0,060 bA	0,070 aA	0,045 bB	0,017 bA	0,020 bA	0,018 bA
61	14,14 aA	14,15 aA	6,93 aB	15,58 bA	15,04 bA	10,56 bB	0,056 bB	0,071 aA	0,058 aB	0,017 bA	0,018 cA	0,014 cA
65	15,28 aA	12,19 bB	7,65 aC	17,49 aA	17,51 aA	13,19 aB	0,062 bB	0,073 aA	0,057 aB	0,015 cA	0,019 cA	0,017 bA
68	7,15 eA	7,92 dA	5,90 aB	15,49 bA	16,25 bA	14,70 aA	0,059 bA	0,067 bA	0,058 aA	0,014 cB	0,022 bA	0,018 bB
75	9,35 dA	10,91 bA	4,68 bB	14,65 bA	13,47 bA	10,14 bB	0,053 cB	0,066 bA	0,038 cC	0,015 cB	0,018 cA	0,012 cB
76	9,53 dA	10,01 cA	5,14 bB	17,86 aA	16,90 aA	8,60 bB	0,042 dB	0,067 bA	0,032 cB	0,018 bB	0,022 bA	0,009 cC
79	13,28 bA	10,10 cB	4,96 bC	15,75 bA	15,80 bA	14,34 aA	0,075 aA	0,064 bA	0,048 bB	0,021 aA	0,020 bA	0,018 bA
96	8,56 eA	8,27 dA	5,07 bB	13,21 bA	15,26 bA	10,18 bB	0,045 dB	0,061 bA	0,046 bB	0,014 cB	0,017 cA	0,011 cB
107	9,73 dA	9,30 cA	6,24 aB	15,88 bA	15,61 bA	13,68 aA	0,060 bB	0,070 aA	0,054 aB	0,022 aA	0,017 cB	0,017 bB

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados da MSPA, verificou-se que os acessos submetidos ao nível intermediário de salinidade (3 dS.m^{-1}) obtiveram os melhores resultados. Não houve diferença estatística entre os acessos 27, 51, 53, 68 e 79 em relação ao controle, e para os acessos 27 e 68 no nível mais elevado de salinidade (Tabela 3). Já os acessos 75 e 76, sob salinidade de 6 dS.m^{-1} , diferiram significativamente, apresentando os menores valores de MSPA, com cerca de 0,038 e 0,032 g/plântula, respectivamente, quando comparados aos outros acessos (Tabela 3).

Estudos recentes sobre a resposta de acessos da família Fabaceae, submetidos a níveis intermediários de salinidade (3 dS.m^{-1}), demonstraram melhores resultados na massa seca da parte aérea (MSPA). Pesquisas indicam que sob salinidade moderada, plantas como o feijão-caupi conseguem manter bons índices de eficiência fotossintética e transporte de nutrientes, resultando em menor redução no crescimento quando comparadas a níveis mais altos de salinidade (Dutra et. al., 2011; Nunes et. al., 2019; Neto et. al., 2020).

Para os resultados de massa seca da raiz (MSR), constatou-se que, no nível mais elevado de salinidade, houve redução da MSR em diversos acessos, com destaque para os 61, 75, 76 e 96. Assim como na massa seca da parte aérea (MSPA), alguns acessos resultaram em valores superiores de MSR sob o nível de 3 dS.m^{-1} em comparação ao controle, como os de números 34, 50, 53, 61, 65, 68, 75, 76 e 96. De modo geral, oito acessos (27, 36, 37, 50, 53, 61, 65 e 79) obtiveram resultados de MSR estatisticamente semelhantes nos três níveis de salinidade.

A redução na massa seca da raiz (MSR) sob alta salinidade reflete o impacto negativo deste estresse na absorção de nutrientes essenciais, como o potássio (K^+), devido à competição com o sódio (Na^+), afetando a fotossíntese e a eficiência do uso da água (Silva et al., 2023). O acesso 50, que apresentou maior MSR, pode possuir mecanismos mais eficientes de retenção de K^+ e exclusão de Na^+ , elementos essenciais para a manutenção da atividade enzimática e da homeostase iônica nas raízes.

Esses resultados fornecem uma base importante para a seleção de genótipos mais tolerantes à salinidade, visando o cultivo em áreas sujeitas a esse tipo de estresse ambiental.

6. CONCLUSÕES

A germinação e o vigor dos acessos de feijão-caupi são significativamente afetados até o nível de 3 dS.m^{-1} , indicando tolerância inicial à salinidade moderada. No entanto, quando expostos a 6 dS m^{-1} , o crescimento das plântulas é comprometido de forma acentuada, evidenciando os efeitos adversos do estresse salino.

Os acessos 27, 34, 37, 50, 51, 61 e 65 mostram-se mais tolerantes à salinidade durante a fase inicial de desenvolvimento, destacando-se como promissores para futuras pesquisas, sobretudo nos programas de melhoramento genético. Por outro lado, os de número 76 e 96 são mais sensíveis ao estresse salino, com impacto negativo mais evidente no crescimento.

REFERÊNCIAS

- ABDEL LATEF, A. A. H.; TAHJIB-UL-ARIF, M.; RHAMAN, M. S. Alívio do estresse salino mediado por auxina exógena em fava (*Vicia faba* L.). **Agronomy**, v. 11, p. 547, 2021.
- ACOSTA-MOTOS, J. R. et al. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. **Agronomy**, v. 7, p. 1-38, 2017.
- AHANGER, M. A. et al. Influence of exogenous salicylic acid and nitric oxide on growth, photosynthesis and ascorbate-glutathione cycle in salt stressed *Vigna angularis*. **Biomolecules**, v. 10, p. 42, 2020.
- ALI, A. Y. A. et al. Exogenous jasmonic acid and humic acid increased salinity tolerance of sorghum. **Agronomy Journal**, v. 112, p. 1-14, 2020.
- ALI, A. Y. A. et al. Gibberellic acid and nitrogen efficiently protect early seedlings growth stage from salt stress damage in sorghum. **Scientific Reports**, v. 11, p. 1-11, 2021.
- ALMEIDA, W. S. et al. Identificação de genótipos de feijão-caupi tolerantes a salinidade avaliado por meio de método multivariado. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1884-1889, 2011.
- ALMEIDA, W. S. et al. Emergência e vigor de plântulas de genótipos de feijão-caupi sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 1047-1054, 2012.
- ALNUSAIRI, G. S. H. et al. O óxido nítrico exógeno reforça a eficiência fotossintética, osmólito, absorção mineral, antioxidante, expressão de genes responsivos ao estresse e melhora os efeitos do estresse salino no trigo. **Plants**, v. 10, p. 1693, 2021.
- ANDRADE, F. H. A. et al. The physiological quality of *Vigna unguiculata* L. seeds shows tolerance to salinity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e281286, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.281286>.

ANDRADE, F. S.; LIMA, R. C.; SANTOS, M. J. Salinity tolerance in cowpea: A comparative analysis of landraces. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 2, p. 145-153, 2023.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (FAO Estudos Irrigação e Drenagem, 29).

BARGAZ, A. et al. Melhoria da tolerância à salinidade por fertilizante de fósforo em duas linhagens consanguíneas recombinantes de *Phaseolus vulgaris* contrastando em sua eficiência de P. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 202, p. 497-507, 2016.

BASTOS, E. A. A. **A cultura do feijão-caupi no Brasil**. In: SILVA, K. J. D.; ROCHA, M. M.; MENEZES JÚNIOR, J. A. N. Socioeconomia. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. p. 6-12.

BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, p. 392, 2013.

BOUKAR, O. et al. Cowpea (*Vigna unguiculata*): genetics, genomics and breeding. **Plant Breeding**, 2018, 1–10.

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

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CHOUDHURY, B.; ISLAM, M. T.; HOSSAIN, M. Salinity stress responses in leguminous plants: A molecular perspective. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1025, 2021.

CHOWDHURY, R.; BASU, S.; RAYCHAUDHURI, S. Physiological responses of legumes under salinity stress: A review. **Plant Stress Biology**, v. 9, n. 3, p. 210-218, 2020. DOI: 10.1002/psbi.12057.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos** (11º Levantamento - Safra 2023/24). Brasília, DF: CONAB, 2024.

COSTA, A. M.; SPEHAR, C. R. **Base genética da diversidade**. In: HILSDORF, A. W. S. et al. Conservação de recursos genéticos no Brasil. Embrapa, Brasília/DF, 2012.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Viçosa: Suprema, 2011. 620 p.

DALCHIAVON, F. C.; NEVES, G.; HAGA, K. L. Efeito de estresse salino em sementes de *Phaseolus vulgaris*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 404-412, 2016.

DALIAKOPOULOS, I. N. et al. The threat of soil salinity: A European scale review. **Science of The Total Environment**, v. 573, p. 727-739, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.177>.

DHANYASREE, K.; RAFEEKHER, M.; PREMACHANDRAN, A. Abiotic stress management in fruit crops: A review. **Agricultural Reviews**, 2022.

DIAS, F. T. C. et al. Genetic variability in early-cycle erect cowpea analysed with RAPD and ISSR markers. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 563-572, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150039>.

DUTRA, A. T. B. et al. Temperaturas elevadas afetam a distribuição de íons em plantas de feijão-caupi pré-tratadas com NaCl. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 403-409, 2011.

DUTRA, T. R. et al. Efeito da salinidade na germinação e crescimento inicial de plântulas de três espécies arbóreas florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 323-330, 2017.

FAO (Food and Agriculture Organization). **Mapa Global de Solos Afetados por Sal** (GSASmap). 2021a. Acesso em: 30 set. 2024.

FAO. FAOSTAT. **Crops.** Cow peas, dry. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 08 set. 2024.

FERREIRA, A. C. T. et al. Water and salt stresses on germination of cowpea (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) seeds. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1009–1016, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

FOUAD, A. et al. Aumento de antioxidantes e alcaloides em culturas de suspensão de *Catharanthus roseus* usando nanopartículas de prata com expressão dos genes CrMPK3 e STR. **Plants**, v. 10, p. 2202, 2021.

FREIRE FILHO, F. R.; COSTA, A. F. **Cadernos do Semiárido**: riquezas & oportunidades. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco. Recife: CREA-PE, Editora UFRPE, v. 17, n. 3, cap. 1, 2020.

FURTADO, G. F. et al. Pigmentos fotossintéticos e produção de feijão *Vigna unguiculata* L. Walp. sob salinidade e adubação nitrogenada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, p. 291-299, 2014.

GOPALAKRISHNAN, T.; KUMAR, L. Modelagem e mapeamento da salinidade do solo e seu impacto em terras de arroz na Península de Jaffna, Sri Lanka. **Sustentabilidade**, 2020, v. 12, p. 8317.

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

GRANAZ, S. K. et al. Foliar application of thiourea, salicylic acid and kinetin alleviates salinity stress in maize grown under etiolated and de-etiolated conditions. **Discover Food**, v. 2, p. 27, 2022. <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00027-3>.

GUPTA, B.; HUANG, B. Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical and molecular characterization. **International Journal of Genomics**, v. 1, p. 1-18, 2014.

GUPTA, R. K. et al. Study on genetic variability in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. **Current Journal of Applied Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 1-8, 2019. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2019/v33i230057>.

GÜRSOY, M. Effect of chitosan pretreatment on seedling growth and antioxidant enzyme activity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under saline conditions. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 18, n. 5, p. 6589-6603, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1805_65896603.

GÜRSOY, M. Effect of foliar aminopolysaccharide chitosan applications under saline conditions on seedling growth characteristics antioxidant enzyme activity, chlorophyll and carotenoid contents of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. **Pakistan Journal of Botany**, v. 54, n. 5, p. 1605-1612, 2022b.

GÜRSOY, M. Effect of salicylic acid pretreatment on seedling growth and antioxidant enzyme activities of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and linseed (*Linum usitatissimum* L.) plants in salinity conditions. **Romanian Agricultural Research**, v. 39, p. 1-8, 2022a.

HALLI, H. M.; ANGADI, S. S. Influência da configuração do solo na eficiência do uso da água da chuva, rendimento e economia do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) em cultivo sequencial de milho-feijão-caupi sob condições de sequeiro da Zona de Transição Norte. **Legume Research International Journal**, v. 42, p. 211-215, 2019.

HASANUZZAMAN, M.; FUJITA, M.; OKU, H. Salinity-induced oxidative stress in plants: Mechanisms and mitigation strategies. **Environmental and Experimental Botany**, v. 191, p. 104634, 2022. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2022.104634.

HASSANI, A.; AZAPAGIC, A.; SHOKRI, N. Global predictions of primary soil salinization under changing climate in the 21st century. **Nature Communications**, v. 12, n. 6663, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26907-3>.

HERNÁNDEZ, J. A. Tolerância à salinidade em plantas: tendências e perspectivas. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, p. 2408, 2019.

HOSSEN, M. S. et al. Comparative physiology of indica and japonica rice under salinity and drought stress: An intrinsic study on osmotic adjustment, oxidative stress, antioxidant defense and methylglyoxal detoxification. **Stresses**, v. 2, p. 156-178, 2022.

IBRAHIM, M. E. H. et al. Nitrogen fertilizer reduces the impact of sodium chloride on wheat yield. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 1-7, 2018.

ISHAYA, D. J. et al. Assessing the impact of genotype-by-environment interactions on agronomic traits in elite cowpea lines across agro-ecologies in Nigeria. **Agronomy**, v. 14, n. 2, p. 263, 2024.

JISHA, V. K. C.; PUTHUR, J. T. Seed halopriming outdo hydropriming in enhancing seedling vigor and osmotic stress tolerance potential of rice varieties. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 17, n. 4, p. 209-219, 2014.

JOCKSON, D. I. et al. Genetic variability and stability in cowpea for agronomic performance across savanna regions. *Agronomy*, 2024. Disponível em: <https://www.sciprofiles.com>. Acesso em: 3 out. 2024.

KARAPANOS, I. et al. Vagens frescas de feijão-caupi — uma nova leguminosa para o mercado: avaliação de sua qualidade e características dietéticas de 37 acessos de feijão-caupi cultivados no sul da Europa. **Journal of Science Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4343–4352, 2017.

KATEMBE, W. J.; UNGAR, I. A.; MITCHELL, J. P. Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex species* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, v. 82, n. 2, p. 167-175, 1998.

LAVEZO, A. et al. Estresse osmótico na germinação de sementes de *Petiveria alliacea* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 622-630, 2015.

LE, L. T. T. et al. Na⁺ and/or Cl⁻ toxicities determine salt sensitivity in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.), mungbean (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 4, e1909, 2021.

LEITÃO, S. T. et al. Establishing the bases for introducing the unexplored Portuguese common bean germplasm into the breeding world. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-18, 2017.

LINIĆ, I. et al. Ferulic acid and salicylic acid foliar treatments reduce short-term salt stress in chinese cabbage by increasing phenolic compounds accumulation and photosynthetic performance. **Plants**, v. 10, p. 2346, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10112346>.

LIU, Z. et al. Exogenous SA affects rice seed germination under salt stress by regulating Na⁺/K⁺ balance and endogenous gas and ABA homeostasis. **Revista Internacional de Ciências Moleculares**, v. 23, n. 6, p. 3293, 2022.

LOIOLA, A. T. et al. Phenology and production of traditional seeds of cowpea irrigated with saline water. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, e20217962, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220050>.

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

MELO, A. S. et al. Eficiência fotossintética e produção de cultivares de feijão-caupi sob irrigação deficitária. **Revista Ambiente & Água**, v. 13, e2133, 2018.

MIRANDA, R. S. et al. Salt-acclimation physiological mechanisms at the vegetative stage of cowpea genotypes in soils from a semiarid region. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, p. 3530–3543, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00625-7>.

NAHHAS, N. E. et al. A aplicação de biochar e ácido jasmônico atenua os sistemas antioxidantes e melhora o crescimento, a fisiologia, a absorção de nutrientes e a produtividade da fava (*Vicia faba* L.) irrigada com água salina. **Journal of Environmental Management**, v. 166, p. 807-817, 2021.

NASSAR, M. A. et al. Crescimento e produtividade melhorados de plantas de manjerição cultivadas sob estresse salino por aplicação foliar com ácido ascórbico. **Middle East Journal of Agriculture**, v. 8, p. 211-225, 2019.

NETO, A. C. A. et al. Germinação e crescimento inicial de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. sob estresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 283-292, 2020.

NUNES, L. R. de L. et al. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi em resposta aos estresses salino e térmico. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 143-151, 2019.

OLIVEIRA, C. N. G. S. **Desempenho agrônômico, qualidade e diversidade genética de genótipos de feijão-caupi para a produção de grãos verdes**. 2016. 60p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2014.

OLIVEIRA, P.; KUMAR, R. Salinidade do solo: Um sério problema ambiental e bactérias promotoras do crescimento das plantas como uma das ferramentas para seu alívio. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 22, p. 123-131, 2015.

OLIVEIRA, V. K. N. et al. Foliar application of salicylic acid mitigates saline stress on physiology, production and post-harvest quality of hydroponic japanese cucumber. **Agriculture**, v. 13, p. 395, 2023.

OWUSU, E. Y. et al. Genetic variability, heritability and correlation analysis among maturity and yield traits in cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) in Northern Ghana. **Heliyon**, v. 7, n. 9, e07890, 2021.

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

PASSAMANI, L. Z. et al. Salt stress induces changes in the proteomic profile of micropropagated sugarcane shoots. **PLoS ONE**, v. 12, p. 1-21, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176076>.

POTTORFF, M. et al. Leaf morphology in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]: QTL analysis, physical mapping and identifying a candidate gene using synteny with model legume species. **Genomics**, v. 13, p. 234, 2012.

PRAXEDES, S. S. C. et al. Tolerance of seedlings traditional varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) to salt stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 5, p. 1963-1974, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5Supl1p1963>.

RADY, M. M.; TAHA, R. S.; MAHDI, A. H. A. Prolina aumenta o crescimento, a produtividade e a anatomia de duas variedades de *Lupinus termis* L. cultivadas sob estresse salino. **South African Journal of Botany**, v. 102, p. 221-227, 2016.

RAVELOMBOLA, W.; DONG, L.; BARICKMAN, T. C. et al. Evaluation of salt tolerance in cowpea at seedling stage. **Euphytica**, v. 217, p. 116, 2021.

ROCHA, M. de M. **O feijão-caupi para consumo na forma de grãos fresco**. Agrosoft Brasil, 11 nov. 2013.

ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; MENEZES JUNIOR, J. A. N. de. Sistemas de produção Embrapa. **Cultivo de feijão-caupi**, 2ª ed. mar. 2017.

ROY, R.; TRIPATHI, D. K.; SINGH, V. P. Osmotic adjustment in plants under salinity stress: Role of compatible solutes. **Plants**, v. 12, n. 5, p. 754-765, 2023. DOI: 10.3390/plants12050754.

SÁ, F. V. S. et al. Growth, gas exchange and photochemical efficiency of the cowpea bean under salt stress and phosphorus fertilization. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 4, p. 668-679, 2018.

SÁ, F. V. S. et al. Vigor and tolerance of cowpea (*Vigna unguiculata*) genotypes under salt stress. **Bioscience Journal**, p. 1488-1494, 2017.

SÁ, F. V. S. et al. Seed germination and vigor of different cowpea cultivars under salt stress. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 4, p. 450-455, 2016.

SALEEM, M.; AKHTAR, S.; ZAHoor, M. Effect of salinity on growth, photosynthesis, and ion regulation in *Vigna unguiculata*. **Journal of Plant Interactions**, v. 17, n. 1, p. 44-54, 2022. DOI: 10.1080/17429145.2022.2020980.

SALES, M. A. L. et al. Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 3, p. 221-227, 2015.

SANTOS, P. R. dos et al. Germinação, vigor e crescimento de cultivares de feijoeiro em soluções salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, supl., p.157-162, 2009.

SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R. Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 22, p. 123-131, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001>.

SILVA, J. P.; LIMA, A. A.; SANTOS, F. C. Ion homeostasis and salt tolerance in *Vigna* under salinity stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 184, p. 25-34, 2023. DOI: 10.1016/j.plaphy.2023.184250.

SINGH, A.; PATRA, S.; SARANGI, S. Mechanisms of salt tolerance in legumes: A physiological and molecular approach. **Agronomy**, v. 12, n. 7, p. 953, 2022. DOI: 10.3390/agronomy12070953.

SOLIMAN, M. H. et al. A biopreparação de saponina estimula positivamente a defesa de antioxidantes, o metabolismo de osmólitos e o estado iônico para conferir tolerância ao estresse salino na soja. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 42, p. 114, 2020.

SOUZA, S. M. S. Variabilidade morfoagronômica de variedades tradicionais de feijão-caupi do Acre. 2016, Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2016.

TAVARES, D. S. et al. Germinative metabolism and seedling growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) under salt and osmotic stress. **South African Journal of Botany**, v. 139, p. 399-408, 2021.

TSUKAMOTO, F. et al. Regime de regas e cobertura de substrato afetam o crescimento inicial de mudas de *Myracrodruon urundeuva*. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 521-529, 2013.

VALE, J. C. DO; BERTINI, C.; BOREM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017. 267 p.

XIONG, H. et al. Diversidade genética e estrutura populacional do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). **Plos One**, v. 11, n. 8, e0160941, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160941>.

XIONG, L.; ZHU, J. K. Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. **Plant Cell and Environment**, v. 25, p. 131-139, 2002.

ZAKI, H. E. M.; RADWAN, K. S. A. Estimates of genotypic and phenotypic variance, heritability, and genetic advance of horticultural traits in developed crosses of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp). **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 987985, 2022.

ZHAO, X.; ZHANG, L.; FU, J. Plant salt tolerance mechanisms: A review. **Plant Signaling & Behavior**, v. 16, n. 1, p. 101-112, 2021.