

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**O CLORETO DE POTÁSSIO AFETA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES  
E O CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Mimosa*  
*caesalpinifolia* Benth.**

**RAIANE LARISSA SILVA DE LIMA**

**RECIFE**

**2023**

**RAIANE LARISSA SILVA DE LIMA**

**O CLORETO DE POTÁSSIO AFETA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES  
E O CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Mimosa*  
*caesalpinifolia* Benth.**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Florestal da Universidade Federal  
Rural de Pernambuco, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Gallo

**RECIFE**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L732c Lima, Raiane Larissa Silva de  
O cloreto de potássio afeta a germinação de sementes e o crescimento inicial de plântulas de *Mimosa caesalpinifolia*  
Benth / Raiane Larissa Silva de Lima. - 2023.  
31 f. : il.
- Orientador: Ricardo Gallo.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, 2023.
1. Sabiá. 2. Fabaceae. 3. Estresse salino. I. Gallo, Ricardo, orient. II. Título

CDD 634.9

---

**RAIANE LARISSA SILVA DE LIMA**

**O CLORETO DE POTÁSSIO AFETA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES  
E O CRESCIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE *Mimosa  
caesalpinifolia* Benth.**

Aprovado em: 20 de abril de 2023.

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. Marcene Moreira Santos**

(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

---

**Msc. Paulo César da Silva Santos**

(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Orientador:

---

**Prof. Dr. Ricardo Gallo**

(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

**RECIFE**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde e sabedoria.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE pelo ambiente acolhedor e aos professores do Departamento de Ciência Florestal – DCFL, por todo conhecimento repassado.

Ao PET Engenharia Florestal que contribuiu imensamente com o meu crescimento, em especial ao professor tutor Marcelo Nogueira.

Ao professor e orientador Ricardo Gallo, por toda compreensão, paciência e dedicação, não mede esforços para ajudar e me inspira como pessoa e como profissional.

À minha família por todo apoio e incentivo.

À minha mãe, Raquel Barbosa, que é a razão de tudo e sempre foi o meu exemplo de força e resiliência, sem ela nada disso seria possível. E ao meu pai Lucas Ferreira por todo suporte.

Ao meu companheiro, John Davyd, que me ajudou em todas as etapas, desde o início da graduação, sendo meu porto seguro por tantas e tantas vezes.

A todos os meus amigos que tornaram essa jornada mais leve e divertida. Em especial a Fernanda, Nayrlla e Júlio que estivera ao meu lado, vivenciando todos os desafios e vitórias durante o percurso.

## RESUMO

*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., conhecida popularmente como sabiá, é uma espécie arbórea nativa da Caatinga e pertencente à família Fabaceae. Apresenta grande potencial econômico e ambiental, sendo utilizada na produção de lenha, carvão vegetal e forragem, além de ser indicada para a recuperação de áreas degradadas. Em solos de regiões áridas e semiáridas, como ocorre com a espécie *M. caesalpiniiifolia*, a germinação das sementes pode ser afetada negativamente por condições impróprias, tais como solos salinos. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar germinação e vigor de sementes de *Mimosa caesalponiifolia* Benth., submetidas a estresse salino por cloreto de potássio (KCl). O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 32 sementes por tratamento. Foram testados diferentes potenciais osmóticos, sendo eles: 0,0 (controle); -0,2, -0,4; -0,6, -0,8, -1,0 MPa. As variáveis avaliadas foram: porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e da raiz e massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas. A espécie mostrou-se sensível ao estresse salino, reduzindo a germinação e o vigor significativamente com o aumento das concentrações do KCl.

**Palavras-chave:** Sabiá, fabaceae, estresse salino, potencial osmótico.

## ABSTRACT

*Mimosa caesalpinifolia* Benth., popularly known as sabiá, is a tree species native to the Caatinga and belonging to the Fabaceae family. It has great economic and environmental potential, being used in the production of firewood, charcoal, and forage, as well as being recommended for the recovery of degraded areas. In soils of arid and semi-arid regions, as is the case with the species *M. caesalpinifolia*, seed germination can be negatively affected by unsuitable conditions, such as saline soils. Thus, the objective of this study was to evaluate the germination and vigor of *Mimosa caesalpinifolia* Benth. seeds subjected to salt stress by potassium chloride (KCl). The experiment was conducted in a completely randomized design with four replications of 32 seeds per treatment. Different osmotic potentials were tested, namely: 0.0 (control); -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0 MPa. The variables evaluated were: germination percentage, germination speed index, shoot and root length, and shoot and root dry weight of seedlings. The species was found to be sensitive to salt stress, reducing germination and vigor significantly with increasing concentrations of KCl.

**Keywords:** Sabiá, Fabaceae, salt stress, osmotic potential, germination.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização das áreas de coleta de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. .... 17
- Figura 2.** Porcentagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B), e porcentagem plântulas anormais (C) de *M. caesalpinifolia* submetidas a diferentes potenciais osmóticos (MPa)..... 20
- Figura 3.** Comprimento da parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas de *M. caesalpinifolia* submetidas a diferentes potenciais osmóticos (MPa)..... 22
- Figura 4.** Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) de plântulas de *M. caesalpinifolia* submetidas a diferentes potenciais osmóticos (MPa). .... 24

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
2.1 Geral.....	11
2.2 Específicos.....	11
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	12
3.1 <i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth .....	12
3.2 Germinação de sementes .....	14
3.3. Efeitos do estresse salino na germinação de sementes .....	14
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
4.1 Localização do experimento.....	16
4.2 Beneficiamento das sementes.....	17
4.3 Superação de dormência.....	17
4.4 Estresse salino .....	18
4.5 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes.....	18
4.5.1 Teste de germinação .....	18
4.5.2 Índice de Velocidade de Germinação .....	19
4.5.3 Comprimento e massas secas da raiz e parte aérea.....	19
4.6 Análise estatística .....	19
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	25
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	26

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos e pela preservação do meio ambiente tem levado a um aumento na busca por espécies vegetais adaptadas a diferentes condições climáticas e edafoclimáticas (SANTOS et al, 2018).

A *Mimosa caesalpinifolia* Benth, popularmente conhecida como sabiá, é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae, nativa do bioma caatinga e amplamente distribuída no Nordeste do Brasil (MAIA, 2012). A espécie possui grande potencial econômico e ambiental, sendo utilizada na produção de lenha, carvão vegetal e forragem, além de possuir propriedades medicinais (ARAÚJO et al., 2013).

É uma espécie indicada para a recuperação de áreas degradadas, devido à sua capacidade associativa com bactérias responsáveis pela fixação biológica de nitrogênio atmosférico, que contribui para a melhoria da fertilidade do solo e para a redução da erosão (CARVALHO et al., 2016). Além disso, apresenta uma grande capacidade de adaptação às condições adversas do ambiente, como a escassez de água e a alta incidência de radiação solar (GUEDES et al., 2018) e necessita de estratégias de preservação para o uso racional de seus recursos (ARAÚJO et al., 2016).

A caatinga é um bioma caracterizado por longos períodos de seca e altas temperaturas, o que leva ao acúmulo de sais no solo e, conseqüentemente, ao estresse salino. (SILVA et al, 2011). A salinização do solo é um dos principais problemas enfrentados pela agricultura em regiões áridas e semiáridas, onde a disponibilidade de água é limitada e a evaporação é alta (SOUZA et al., 2017).

A salinidade pode afetar o crescimento das plantas de diversas maneiras, podendo causar danos nas raízes, redução da absorção de nutrientes e água, além de afetar a germinação das sementes (MUNNS; TESTER, 2008). Neste contexto, as plantas podem ser classificadas em halófitas e glicófitas, de acordo com sua capacidade de tolerar a salinidade do solo. As halófitas são plantas adaptadas a ambientes salinos, que possuem mecanismos fisiológicos e bioquímicos que lhes permitem crescer em solos com altas concentrações de sais. Já as glicófitas são plantas sensíveis à salinidade, que não possuem adaptações fisiológicas para lidar com essa condição (MUNNS et al., 2017).

O cloreto de potássio (KCl) é um dos principais sais presentes no solo, sendo amplamente utilizado como fertilizante potássico na agricultura. No entanto, seu excesso pode causar danos às plantas (COSTA, 2008). O KCl, em altas concentrações, pode levar

a um aumento na absorção de sódio (Na<sup>+</sup>) pelas plantas, o que pode resultar em uma desordem nutricional (SANTOS et al., 2007).

Segundo Silva et al. (2017), os efeitos negativos da salinidade podem variar dependendo da espécie de planta, com algumas apresentando maior tolerância do que outras. De acordo com Amorim et al. (2019), o excesso de cloreto no solo pode prejudicar a produção de culturas agrícolas, causando desequilíbrios nutricionais e reduzindo a disponibilidade de nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas.

A germinação das sementes é um dos estágios mais críticos do ciclo de vida das plantas, e a sua eficiência pode ser afetada por diferentes fatores ambientais (KAVIANI et al., 2013). Sementes de espécies tolerantes à salinidade podem apresentar uma maior capacidade de germinação sob condições de estresse, o que pode indicar a presença de genes relacionados à tolerância ao sal. Assim, a avaliação da germinação de sementes em condições de estresse salino pode ser uma ferramenta importante para a seleção de progênies mais adaptadas.

Muitas espécies vegetais têm sido estudadas quanto à sua capacidade germinação sob estresse salino, como as espécies *Erythrina mulungu* e *Hymenaea courbaril* (PEREIRA, 2022). avaliando a germinação de sementes de *Senegalia polyphylla* (DC.) (SENA, 2022) e sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud (SOUZA, 2021).

Diante deste contexto, para estabelecer um plantio florestal de *M. caesalpiniiifolia* com fins produtivos ou ambientais, é necessário desenvolver tecnologias apropriadas de produção, começando pelo entendimento da capacidade germinativa das sementes (ARAÚJO et al., 2011). Isso é fundamental para garantir resultados viáveis (BARBIERI et al., 2012).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Avaliar germinação e desenvolvimento de sementes de *Mimosa caesalponiifolia* Benth., submetidas a estresse salino por cloreto de potássio (KCl).

### 2.2 Específicos

- Determinar a concentração de KCl que provoca redução significativa na germinação das sementes de *M. caesalponiifolia* Benth.
- Analisar a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de progênies de sabiá submetidas a diferentes concentrações de KCl.
- Avaliar o índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e raiz das plântulas normais, massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas submetidas a estresse salino.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.

A *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth, popularmente conhecida como sabiá, é uma espécie arbórea pertencente à família Fabaceae, amplamente distribuída no Nordeste do Brasil. Ocorre espontaneamente em áreas mais úmidas da Caatinga nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba (MAIA, 2004) e foi introduzida com êxito em regiões úmidas dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo conhecida nesses locais como sansão-do-campo (RIBASKI, 2003).

Pode chegar a medir cerca de 10 metros de altura e 30 centímetros de diâmetro do tronco (SILVA et al., 2015). De acordo com Ribaski et al. (2003) e Carvalho (2007), a casca do tronco da pode ter até 5 mm de espessura e seus ramos e troncos jovens frequentemente possuem acúleos, os quais tendem a desaparecer ao longo do tempo, exceto em indivíduos com a característica recessiva de inermidade. Essa característica é proveniente da seleção natural e resulta na ausência de acúleos nos indivíduos que a possuem.

A árvore apresenta folhas compostas, bipinadas e alternas (LORENZI, 2002; RIBASKI et al., 2003). Segundo Carvalho (2007), a inflorescência da *Mimosa caesalpiniiifolia* é composta por flores pequenas, brancas e com dimensões que variam entre 0,5 e 0,7 mm.

Essas flores são trímeras, possuem cálice curto e em forma de sino, com bordas levemente cortadas. A corola é semelhante em forma, com pétalas eretas e uma textura campanulada. Os estames são seis e possuem anteras globosas. O ovário é liso e sem pelos, enquanto as bordas são cobertas por um fino revestimento de pelos curtos e possuem um feromônio agradável para alguns insetos polinizadores, principalmente abelhas. (LIMA, 2012)

Os frutos são do tipo craspédio, consistindo em pequenos segmentos com uma única semente que se unem formando uma vagem de 5 a 10 cm de comprimento por 10 a 13 mm de largura e 1,0 a 1,2 mm de espessura. A vagem é composta de 5 a 9 artículos quadrangulares ou retangulares, que são fixados por dois filamentos fibrosos laterais (LORENZI, 2008). As sementes são pequenas, lisas, duras, leves e de cor castanho claro (LOPES, 2017) e possuem dormência tegumentar (COSTA et al., 2018).

O crescimento da árvore é acelerado, com uma taxa média de 1 metro por ano, mas isso pode variar dependendo da zona ecológica e da disponibilidade de água e nutrientes no solo. As folhas da árvore são altamente nutritivas, possuindo alto teor proteico, o que as torna um alimento valioso para animais como caprinos e bovinos, especialmente em períodos de seca prolongada. Ademais, a queda natural das folhas da árvore é de grande importância para a recuperação de áreas degradadas, pois incorpora de volta ao solo matéria orgânica e nitrogênio (SILVA et al., 2009).

A *M. caesalpiniifolia* é uma espécie pioneira, o que significa que tem um crescimento rápido e é versátil em suas aplicações, permitindo o uso múltiplo da árvore (SILVA, 2019). Sua madeira é conhecida por sua alta resistência mecânica e proteção contra cupins e fungos, tornando-a uma escolha ideal para uso em ambientes externos, como na produção de mourões, estacas, postes, forquilhas e cercas (MAIA, 2012).

De acordo com Carvalho, (2007), a casca da árvore apresenta um elevado teor de extrativos, especialmente de taninos, enquanto a madeira é caracterizada pela sua densidade moderadamente densa a densa, variando entre 0,86 e 1,10 g cm<sup>-3</sup>. Geralmente, é utilizada como quebra vento ou cerca-viva devido a sua habilidade de rebrotar com eficiência. Ao plantar a árvore no perímetro de uma propriedade, sua copa se torna um "muro" natural que oferece proteção visual e impede a passagem de pessoas e animais (RIBASKI, 2003).

Além disso, apresenta boas qualidades como alto poder calorífico e resistência mecânica. A utilização dos galhos de sabiá pode ser indicada para a produção de energia através de sua conversão em carvão vegetal, o que a torna uma espécie de alto valor econômico para a região nordeste (GONÇALVES, 2010; SILVA, 2019). Ademais, a sabiá tem potencial para ser utilizada como forrageira, por apresentar elevado teor proteico, com média de 187 g/kg MS em suas folhas (HERRERA et al., 2021).

A espécie desenvolveu adaptações biológicas que asseguram sua sobrevivência em face das condições adversas da Caatinga, como a perda da maior parte de suas folhas para evitar a transpiração excessiva durante a estação seca. Além disso, apresenta a habilidade de crescer e se desenvolver em ambientes degradados, tornando-se uma espécie potencial para a fito estabilização de solos contaminados por metais pesados (CIPRIANI et al., 2013).

Como planta tolerante à luz direta e ao sombreamento e de rápido crescimento, é ideal para reflorestamentos destinados à recomposição de áreas degradadas, sendo por isso considerada uma das espécies mais promissoras para implantação de florestas e

enriquecimento de capoeiras no Nordeste brasileiro. Ademais, a espécie estabelece uma relação simbiótica com fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio, o que resulta no aumento da área de absorção de água e nutrientes pelas raízes (ZHAO et al., 2015).

### 3.2 Germinação de sementes

A germinação de sementes é uma etapa complexa, sendo um processo em que o eixo embrionário retoma seu desenvolvimento originando uma plântula que, posteriormente, estabelecer-se-á no ambiente (RODRIGUEZ et al., 2019)

De acordo com Nogueira et al., (2013) tanto a germinação quanto o vigor de um lote de sementes dependem de fatores intrínsecos à planta, como a maturação fisiológica e a dormência, e de fatores extrínsecos, como temperatura adequada, substrato apropriado, quantidade de água e luz. A demanda por esses fatores varia de uma espécie para outra e é influenciada tanto pelo genótipo quanto pelas condições ambientais que prevaleceram durante o processo de formação das sementes (SILVA et al., 2015).

É crucial entender os fatores que influenciam a germinação das sementes para que eles possam ser controlados e manipulados, a fim de otimizar a porcentagem, a velocidade e a uniformidade da germinação. Isso resultará na produção de mudas mais vigorosas para o plantio e na redução de custos (OLIVEIRA et al, 2014).

As sementes de espécies que crescem em solos de regiões áridas e semiáridas, como *M. caesalpiniifolia*, geralmente encontram condições desfavoráveis para a germinação, especialmente em solos salinos, sódicos ou com baixa disponibilidade hídrica, que são comuns nessas áreas (GUEDES et al., 2013).

### 3.3. Efeitos do estresse salino na germinação de sementes

A produtividade da cultura pode ser afetada negativamente por diversos estresses bióticos e abióticos que interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas (SILVA et al., 2012).

Dentre os fatores abióticos, a salinidade é um dos principais, uma vez que o excesso de sais pode comprometer as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas (JÚNIOR et al., 2007; CALVET et al., 2013).

De acordo com Ribeiro et al. (2003), os problemas de salinidade no solo têm origem na formação do solo, que é um processo resultante da decomposição das rochas. Os minerais primários presentes nas rochas e no solo contêm sais que são transportados pela água e se acumulam no solo quando a água é evaporada ou utilizada pelas plantas. Isso leva ao processo de salinização. Além disso, a salinidade do solo também pode ser causada pelo ser humano, sendo mais comum em regiões de alta evapotranspiração e baixa precipitação, devido ao manejo inadequado da irrigação, onde a drenagem não é controlada ou é feita de forma ineficiente, como apontado por Oliveira (1997).

A presença de sais pode afetar o crescimento das plantas devido à sua retenção osmótica de água e ao efeito iônico sobre o protoplasma. A água é retida pelas soluções salinas, reduzindo assim o potencial hídrico e tornando-a menos disponível para as plantas, o que pode ser comparado a um déficit hídrico no solo, como relatado por Nasr et al., 2012. Além disso, podem inativar enzimas, inibir a síntese proteica, comprometer a expansão e a divisão celular, os crescimentos vegetativo e reprodutivo e acelerar a senescência das folhas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

De acordo com Din et al. (2019), as sementes e plântulas em germinação são mais suscetíveis aos efeitos adversos de ambientes salinos do que as mudas em crescimento. Para sobreviver em solos salinos, as plantas podem ajustar seu potencial osmótico reduzindo a quantidade de água disponível no tecido e acumulando solutos osmóticos, conforme explicado por Munns e Tester (2008). A salinidade, pode prejudicar a germinação, o vigor, o estabelecimento das plântulas e reduzindo a uniformidade e velocidade de emergência, bem como o tamanho inicial e adequado estande de crescimento. Todos esses fatores podem ter um impacto significativo na quantidade de matéria seca produzida pela planta e, conseqüentemente, na sua produtividade geral (SCHEEREN et al., 2010).

Além disso, é importante destacar que a diminuição do vigor das sementes causada pelo estresse salino pode impactar diretamente na velocidade de estabelecimento das plântulas no campo. Isso ocorre porque a salinidade afeta a mobilização das reservas presentes na semente, além de causar distúrbios nas membranas celulares (GORDIN et al., 2012).

As espécies têm respostas distintas à salinidade, podendo ser desde sensíveis a altamente tolerantes ao ambiente salino (SANTOS et al., 2009). Algumas espécies vegetais são pouco tolerantes em diferentes estágios de desenvolvimento, incluindo a germinação, sendo denominadas glicófitas, enquanto outras são mais tolerantes e são

conhecidas como halófitas (LARCHER, 2000). No entanto, essas espécies apresentam uma resposta semelhante ao aumento da intensidade do estresse salino, com variações apenas nos limites de tolerância (MOURA et al., 2011).

Tendo em vista que cada espécie apresenta um comportamento diferenciado em função da sua tolerância ao estresse salino, alguns trabalhos já foram realizados envolvendo salinidade em sementes florestais, tais como em sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr All), gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) e juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), (OLIVEIRA et al., 2007; FARIAS et al., 2009; LIMA; TORRES, 2009). Estudos também foram realizados acerca da germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* (RIBEIRO et al., 2008), (MOURA et al., 2011) e (ORDONHO, 2022).

Considerando que o aumento da salinidade dos solos está relacionado à diminuição de seus potenciais, a ponto de restringir a germinação das sementes, estudos sobre a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas nessas condições são fundamentais (Munns e Tester, 2008). Larcher (2006) argumenta que a avaliação do processo de germinação pode indicar a sensibilidade das plantas à salinidade em estágios posteriores de crescimento e desenvolvimento.

Uma das formas mais utilizadas para avaliar a tolerância de espécies ao excesso de sais é observar a germinação e o crescimento inicial de plântulas em substratos salinos utilizando soluções osmóticas em laboratório (REHMAN et al., 1996). A redução na taxa de germinação, na velocidade de germinação ou no tamanho das plântulas em comparação com o controle, pode ser um indicador do grau de tolerância da espécie à salinidade (GÓIS et al., 2008). Esse método também permite avaliar a capacidade das plantas de germinar e se estabelecer como plântulas normais, o que indica sua tolerância aos sais em estágios posteriores de desenvolvimento (TAIZ e ZEIGER, 2013).

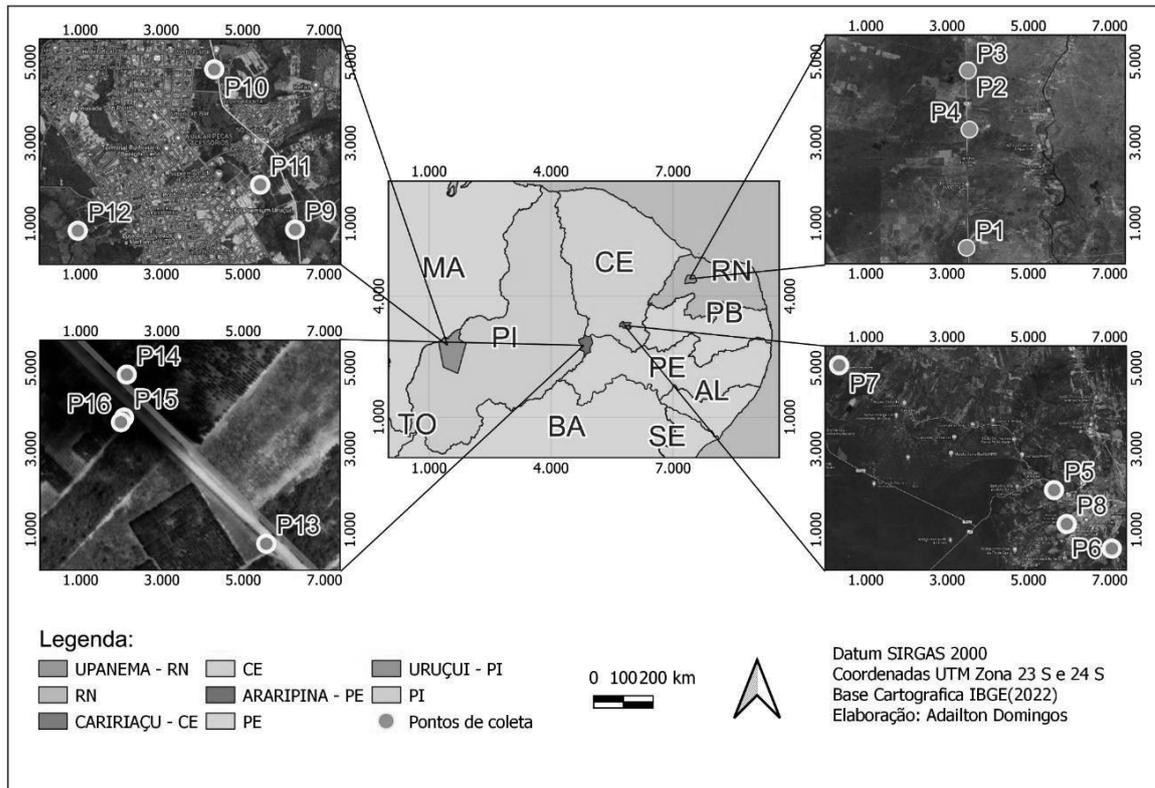
## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Localização do experimento**

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes Florestais (LASF) do Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Os frutos da espécie *Mimosa caesalpinifolia* foram coletados manualmente de 16 árvores, de quatro procedências diferentes, em estados distintos. Foram

Foram selecionadas quatro matrizes em cada um dos estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte.

**Figura 1.** Localização das áreas de coleta de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth.



#### 4.2 Beneficiamento das sementes

Após a colheita, as sementes passaram por um processo de beneficiamento que consistiu na remoção manual das sementes malformadas, quebradas, danificadas por insetos ou contaminadas por fungos. Depois de separar esses materiais indesejados, as sementes foram armazenadas em uma embalagem de papel dentro de uma câmara refrigerada a uma temperatura de 4° C, onde permaneceram até o início do experimento.

#### 4.3 Superação de dormência

Para superação da dormência tegumentar, as sementes de *M. caesalpinifolia* foram submetidas ao processo de desponte (corte na área oposta ao hilo), seguindo o procedimento descrito por Bruno et al. (2001).

#### 4.4 Estresse salino

Para indução do estresse salino, utilizou-se cloreto de potássio (KCl) como soluto, cuja concentração foi determinada a partir da curva de calibração estabelecida por Braccini et al. (1996). Foram testados diferentes potenciais osmóticos, sendo eles: 0,0 (controle); -0,2, -0,4; -0,6, -0,8, -1,0 MPa. Para umedecer os substratos, que eram do tipo papel Germitest<sup>®</sup>, as soluções foram aplicadas em uma quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, as repetições foram organizadas em forma de rolos e acondicionadas em sacos plásticos transparentes, devidamente identificados, com o objetivo de evitar a perda de água por evaporação (COIMBRA et al., 2007). Os rolos foram colocados em germinadores do tipo *Biochemical Oxygen Demand* - B.O.D, com temperatura controlada de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, utilizando lâmpadas fluorescentes (4 x 20W).

#### 4.5 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

##### 4.5.1 Teste de germinação

A contagem diária das sementes germinadas foi realizada durante um período de dez dias, desde o início da emergência até a estabilização. Para serem consideradas plântulas normais, as sementes deveriam apresentar a emergência dos cotilédones e o surgimento do hipocótilo.

Os cálculos da porcentagem de germinação foram realizados conforme Brasil (2013):

$$\text{Germinação (\%)} = (N/A) \times 100$$

Em que:

N= número de sementes germinadas;

A= número total de sementes colocadas para germinar

#### 4.5.2 Índice de Velocidade de Germinação

Ao final do teste de germinação, o índice de velocidade de germinação (IVG) foi calculado através da fórmula estabelecida por MAGUIRE em 1962, que consiste na soma do número de sementes germinadas dividido pelo número de dias em que as contagens foram realizadas, como expresso na equação:

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Em que:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G1, G2,...,Gn = número de sementes germinadas a cada dia;

N1, N2,...,Nn = número de dias decorridos da semeadura.

#### 4.5.3 Comprimento e massas secas da raiz e parte aérea

A medida do comprimento da parte aérea foi obtida da base do colo até o topo da gema apical, enquanto a medida do comprimento da raiz foi feita da base do colo até a extremidade da raiz da plântula. As medições foram realizadas utilizando uma régua graduada em milímetros e os resultados foram convertidos para centímetros.

Depois de realizar as medições, tanto as raízes como a parte acima do solo das plântulas saudáveis foram colocadas em sacos de papel do tipo Kraft e levadas a uma estufa com ventilação forçada, mantida a uma temperatura de 65 °C até que alcançassem um peso constante. Posteriormente, foram pesadas com uma balança analítica de precisão de 0,001 g e os dados obtidos foram apresentados em miligramas por plântula.

#### 4.6 Análise estatística

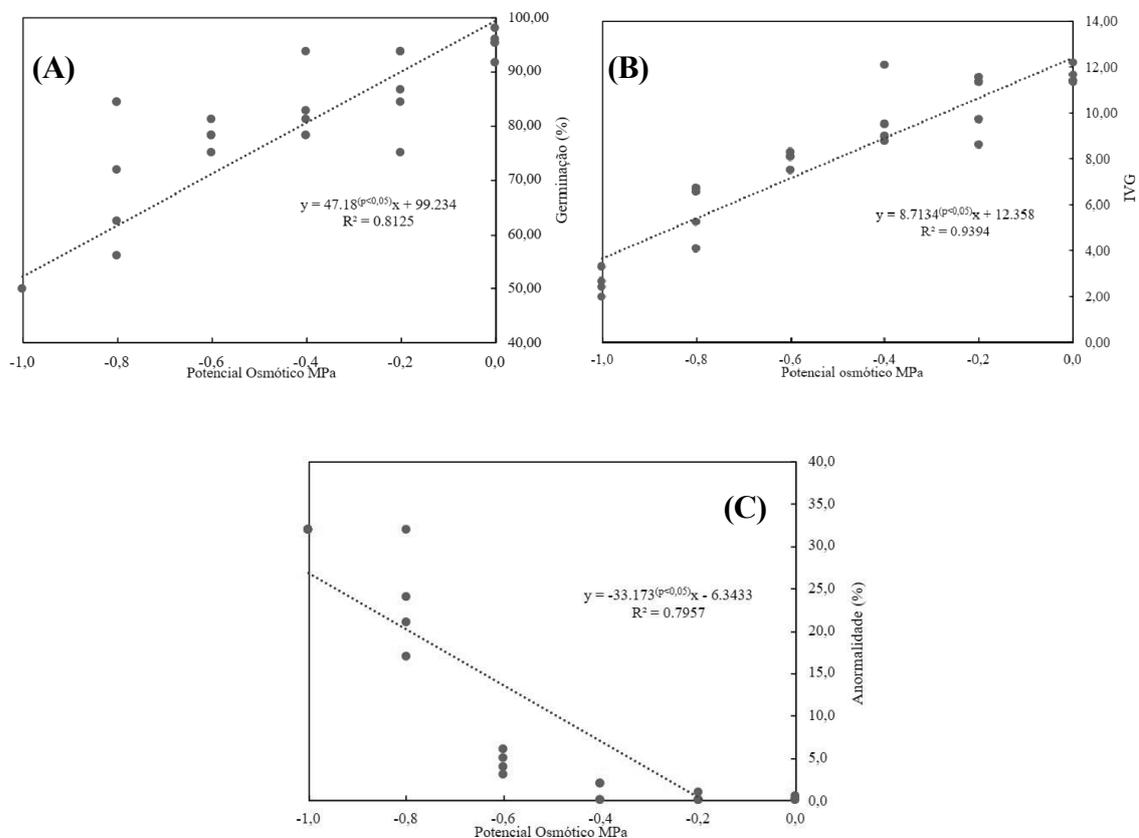
O estudo foi realizado utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco níveis de potenciais osmóticos, além do controle, com quatro repetições de 32 sementes. Os resultados foram submetidos à análise de variância da

repetições de 32 sementes. Os resultados foram submetidos à análise de variância da regressão e ajustados com um nível de significância de  $p < 0,05$ , utilizando o software R versão (R CORE TEAM, 2021).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados apresentados na Figura 2, é possível observar uma tendência de redução linear tanto na porcentagem de germinação quanto no Índice de velocidade de germinação das sementes à medida que o nível de salinidade aumentou.

**Figura 2.** Porcentagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B) e porcentagem de plântulas anormais (C) em sementes de *M. caesalpinifolia* submetidas a diferentes potenciais osmóticos (Mpa).



As sementes de *M. caesalpinifolia* apresentaram elevada germinação quando submetidas aos menores índices de salinidade. O maior percentual de germinação (98%),

foi obtido no nível de tratamento 0,0 MPa (controle). Até o potencial osmótico -0,4 MPa, houve uma germinação acima de 80%, e as menores porcentagens de germinação ocorreram no último nível testado (-1,0) (Figura 2A).

O Índice de Velocidade de Germinação também diminuiu à medida que a concentração de KCl aumentou. O maior valor foi obtido no controle, reduzindo a partir do primeiro nível de salinidade testado (Figura 2B).

Resultados semelhantes foram constatados por Pamplona (2016) que verificou a germinação máxima da paineira (*Ceiba speciosa* (St.-Hill.) Ravenna) e do paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke), de 70% e 97% respectivamente, com a testemunha (0,0 MPa), ocorrendo redução progressiva na taxa de germinação a partir do aumento do nível de salinidade por KCl para ambas as espécies.

Ao avaliar o índice de velocidade de germinação das sementes de angico-branco (*Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan), foi observada uma redução gradual na velocidade de germinação à medida que o potencial osmótico das soluções de KCl diminuía, o que demonstra o impacto da salinidade no atraso da germinação dessas sementes (REGO et al., 2011).

Tais efeitos podem ser explicados, uma vez que a presença de altos níveis de salinidade afetam a germinação e a velocidade de germinação das sementes, pois aumentam a retenção osmótica do substrato, o que dificulta a absorção de água pelas sementes. Esse fato compromete os processos de divisão e alongamento celular, bem como a mobilização das reservas necessárias para o processo germinativo. Como resultado, tanto a porcentagem final de germinação quanto a velocidade do processo são reduzidas (NASR et al., 2012).

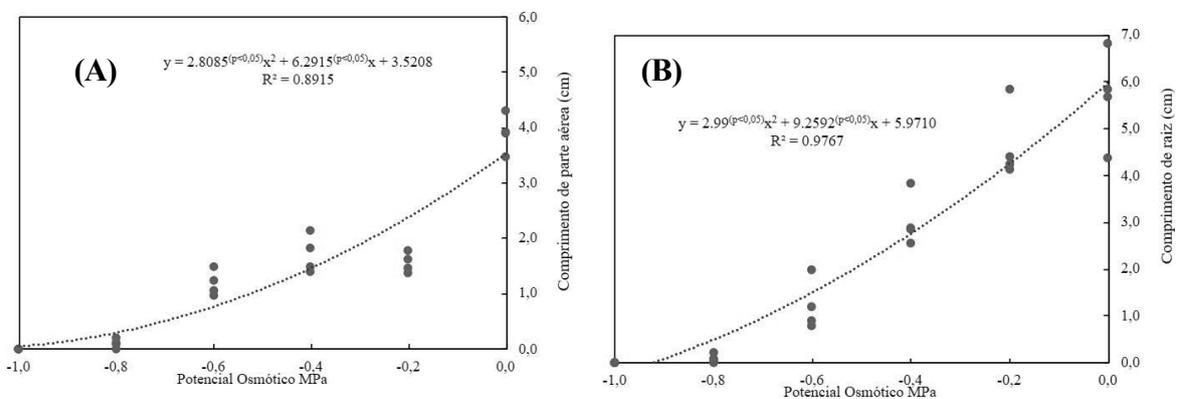
A velocidade de germinação é um fator preponderante para um rápido estabelecimento das plântulas em condições de campo. Plântulas com maior IVG possuem maior desempenho e, conseqüentemente, maior capacidade de resistir aos estresses que porventura possam interferir no crescimento e no desenvolvimento da planta (DAN et al., 2010). Segundo Coelho et al. (2017), a involução do IVG conforme o aumento das concentrações de sais, pode estar relacionada com a redução do potencial osmótico da solução em contato com as sementes.

Na avaliação de plântulas anormais na condição de estresse salino (Figura 2C) foi observado que a partir do potencial osmótico -0,4 MPa houve um aumento gradual na incidência de anormalidades. Esse aumento atingiu sua maior porcentagem em -1,0 MPa (32%). Isso sugere que o uso de concentrações mais altas de cloreto de potássio está associado a um aumento na incidência de plântulas anormais de *M. caesalpiniifolia*.

Quando há acúmulo de sais no solo, ocorre uma diminuição no seu potencial hídrico. Mesmo que as sementes germinem, a baixa disponibilidade de água dificulta a absorção pelas raízes das plântulas, o que prejudica o seu estabelecimento. Isso pode levar à incapacidade de desenvolvimento das sementes que já emitiram radícula, resultando em um aumento na formação de plântulas anormais e sementes mortas, além da redução na taxa de germinação (Nogueira et al., 2020). Cruz (2018) em estudo da germinação de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav ex. Lamb) Urban) observou uma redução acentuada na porcentagem de plântulas normais nos potenciais de -0,2 e -0,3 MPa. Moreira (2021), testando potenciais de 0 a -0,8MPa em sementes de *Pityrocarpa Moliniformis* (angico-de-bezerro) verificou que o tratamento com o KCl apresentou o maior número de plântulas anormais, a partir do potencial -0,1 MPa (34%).

Assim como aconteceu com a porcentagem de germinação e com o índice de velocidade de germinação, o aumento dos níveis de KCl também teve efeito sobre o comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas (Figura 3). Verificou-se que a curva de regressão para ambas as variáveis apresentou comportamento quadrático.

**Figura 3.** Comprimento da parte aérea (A) e raiz (B) de plântulas de *M. caesalpinifolia* submetidas a diferentes potenciais osmóticos (MPa).



O comprimento da parte aérea e da raiz teve uma redução gradativa nas dimensões a partir de -0,2 MPa, até sua completa inibição com a redução do potencial osmótico para -1,0 MPa.

Os resultados são semelhantes aos encontrados por Guedes et al. (2011), quando eles expuseram sementes da espécie *Chorisia glaziovii* O. Kuntze (barriguda) a diferentes níveis de salinidade. Observou-se um comportamento quadrático e reduções significativas no crescimento das plantas. Foi constatado que o comprimento das plântulas foi completamente inibido quando o potencial osmótico utilizado foi de -0,6

MPa. De acordo com o estudo realizado por Pinto et al. (2013) no qual foram utilizadas sementes de acácia (*Acacia mangium* Will) e expostas a condições de estresse salino com KCl, observou-se que a partir da concentração de 25 mM, houve uma redução no crescimento das raízes primárias das plântulas, com uma diminuição progressiva a partir dessa concentração.

A redução do crescimento é um dos efeitos mais evidentes do estresse salino sobre as plantas (LOPES et al., 2014). E o grau de tolerância à salinidade é dado pela capacidade dos vegetais de continuarem crescendo e mantendo o seu metabolismo inalterado (NASCIMENTO et al., 2012).

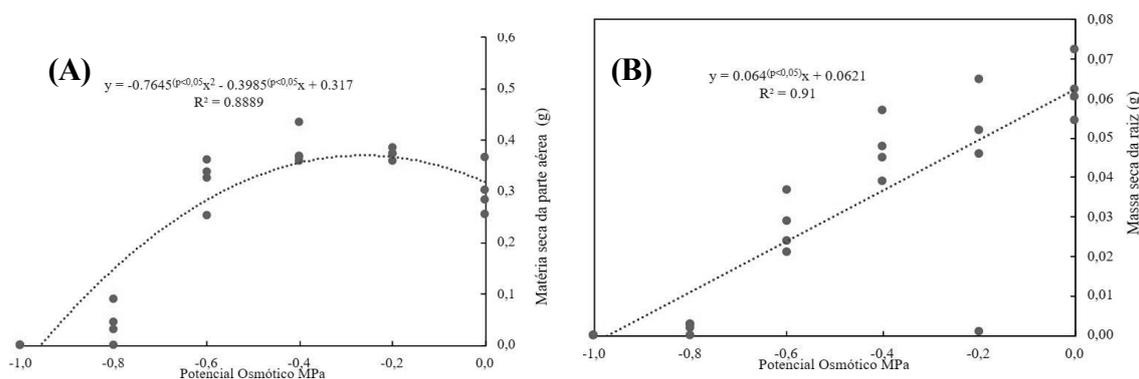
Quando as plantas são submetidas a condições de estresse hídrico, que pode ser causado por excesso de sais no substrato, a primeira resposta mensurável nas plântulas é a redução no crescimento. Esse fenômeno é consequência da diminuição da expansão celular, a qual requer a manutenção do turgor adequado (TAIZ e ZEIGER, 2013).

O crescimento das plantas é afetado pela salinidade do solo de duas maneiras: altas concentrações de sais no solo dificultam a extração de água pelas raízes, e altas concentrações de sais na planta podem ser tóxicas. É crucial para a fisiologia das células manter a homeostase da concentração intracelular de íons. Para isso, é necessária a regulação do fluxo de íons para manter as concentrações de íons tóxicos baixas e acumular íons essenciais. Em caso de falha nesse equilíbrio osmótico durante o estresse salino, pode ocorrer perda de turgescência, desidratação, redução no crescimento, atrofia e até mesmo morte das células (ASHRAF e HARRIS, 2004).

Um outro ponto a ser considerado é que em condições salinas há um aumento no fechamento dos estômatos das plantas para evitar a perda de água por transpiração, o que restringe sua capacidade fotossintética. Isso ocorre devido à redução na absorção de CO<sub>2</sub>, o que acaba limitando o desenvolvimento vegetal (KUMAR et al., 2018).

Os efeitos das concentrações de KCl foram significativos e observados na massa seca da parte aérea e da raiz (Figura 4). Para a massa seca da parte aérea de plântulas de *Mimosa caesapiniifolia*, os valores se ajustaram ao modelo de regressão quadrática (Figura 4A). O máximo valor de massa seca da parte aérea foi de 0,43 g obtido no potencial osmótico -0,4 MPa, com redução significativa a partir do potencial osmótico de -0,6 MPa.

**Figura 4.** Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) de plântulas de *M. caesalpinifolia* submetidas a diferentes potenciais osmóticos (MPa).



Dutra et al (2017) também relataram um aumento na massa seca aérea das plântulas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) quando submetidas ao estresse salino.

O aumento, observado nos primeiros níveis de salinidade, pode-se ser explicado por um possível ajustamento osmótico superior da espécie. Esse ajustamento ajuda a manter a absorção de água e a turgescência celular, o que é fundamental para o desempenho de processos fisiológicos vitais, como a expansão celular (SAKAMOTO e MURATA, 2002), permitindo assim uma maior produção de massa seca.

Com relação à massa seca da raiz (Figura 4B), no entanto, é possível observar o efeito linear decrescente. Verifica-se que houve uma tendência de redução na capacidade de acúmulo de massa seca dos organismos na medida em que o potencial osmótico era reduzido, evidenciando o prejuízo que este sal pode provocar na plântula. O valor máximo (0,07 g) foi obtido no controle (0,0 MPa). Em relação aos dois níveis de potenciais osmóticos mais baixos que foram avaliados, a influência dos sais foi tão significativa que não houve acúmulo da massa seca das plântulas.

Reduções da massa seca em função da salinidade foram também observadas em mudas de *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) (Bezerra et al., 2020), *Erythrina velutina* Willd. (SILVA, 2019) e *Toona ciliata* var. *australis* (SÁ, 2023).

É possível que esse comportamento esteja relacionado ao efeito da salinidade sobre o sistema radicular da planta, uma vez que as raízes ficam em contato direto com os sais presentes no meio (GUIMARÃES et al., 2013). Isso pode resultar em uma redução, às vezes severa, na taxa de crescimento do sistema radicular, o que consequentemente diminui a superfície de absorção de água e nutrientes para o desenvolvimento da planta (PEREIRA et al., 2012).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de salinidade tem um efeito negativo sobre a capacidade de germinação e vigor das sementes de *M. caesalpinifolia*, resultando em uma tendência de redução das variáveis avaliadas com o aumento da concentração do cloreto de potássio. As sementes de *M. caesalpinifolia* são sensíveis a partir do potencial osmótico de -0,2 Mpa.

## 7. REFERÊNCIAS

AMORIM, T. A. L. et al. Salinidade em solos e a produtividade agrícola. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.1, p.1-20, 2019.

ARAÚJO, F.S. et al. ISSR molecular markers for the study of the genetic diversity of *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Idesia**, vol. 34, n. 3, p. 45-50, 2016.

ARAÚJO, R. M. et al. Crescimento inicial de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. sob diferentes concentrações salinas. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 3, p. 152-159, 2013.

ASSIS, J.O et al. Produtividade do feijão-caupi e acúmulo de sais no solo em função da fração de lixiviação e da salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, vol. 27, n..3, p. 702-713, 2007.

BARTHOU, L. et al. Seleção de progênies de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) visando a tolerância ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.11, p.752-758, 2018.

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

BEZERRA, L. T. et al. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Libidibia ferrea* (Mart. exTul.) em diferentes níveis de salinidade na água de irrigação. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, n.3, p.1126-1140, 2020.

CALVET, A. S. F. et al. Crescimento e acumulação de solutos em feijão-de-corda irrigado com águas de salinidade crescente em diferentes fases de desenvolvimento. **Irriga**, vol. 18, n.1, p.148-159, 2013.

CARVALHO, E. J. M. et al. Potencial forage production of sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) under different cutting intensities. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.37, n.4, p.1939-1952, 2016.

COELHO, D. S. et al. Germinação e crescimento inicial de variedades de feijão caupi submetidas a diferentes concentrações salinas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.2, p.261-266, 2017.

CRUZ, V. S. et al. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Ochroma pyramidale*. **Nativa**, v.8, n.2, p.239-245, 2020.

SILVA, T. R. et al. Rendimento e caracterização do carvão vegetal de galhos de *Mimosa caesalpiniiifolia* benth. **BIOFIX Scientific Journal**, v.5, n.1, p.39-43, 2019.

SILVA, E. C. A. et al. Influência da salinidade na emergência e crescimento inicial de mulungu. **Revista Ciência Agrícola**, v.17, n.1, p.63-69, 2019.

DAN, L. G. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p. 131-139, 2010.

SÁ, L. C. et al. Estresse hídrico e salino no crescimento inicial de mudas de *Toona ciliata* var. australis. [TESTE] **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, 2023.

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.

FREIRE, A. C. **Propagação vegetativa de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. por miniestaquia e análise morfoanatômica do enraizamento adventício**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.

DE GÓIS, V. A. et al. Germinação de sementes de maxixe submetidas a estresse salino. **Revista Caatinga**, v.21, n.4, 2008.

GORDIN, C. R. B. et al. Estresse salino na germinação e desenvolvimento de plântulas de niger (*Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass.). **Acta Botânica Brasilica**, v.26, n.4, 2012.

GUEDES, M. L. R. et al. Germination of sabiá seeds (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) in different substrates and light conditions. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.16, n.4, p.241-247, 2018.

GUIMARÃES, I.P. et al. Efeito da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento inicial de plântulas de mulungu. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.137-142, 2013.

HERRERA, A. M. et al. Potential of *Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex Walp. and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in silvopastoral systems intercropped with signalgrass [*Urochloa decumbens* (Stapf) RD Webster]. **Agroforestry Systems**, v.95, p.1061-1072, 2021.

KAVIANI, B. et al. Effect of salinity stress on seed germination and early seedling growth of four medicinal plant species. **Journal of Medicinal Plants Research**, v.7, n.13, p.764-769, 2013.

KUMAR, M. et al. Differential behavior of the antioxidant system in response to salinity induced oxidative stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of *Brassica juncea* L. **Biocatalysis and agricultural biotechnology**, v. 13, p. 12-19, 2018.

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

LOPES, K. P. et al. Salinidade na qualidade fisiológica em sementes de *Brassicac oleracea* L. var. itálica. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.5, p.2251-2259, 2014.

MAIA, G. N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades (413p). **Fortaleza: Print color**, 2012.

MOURA, M. R. et al. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpinifloia* Benth. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.2, p.230-235, 2011.

MUNNS, R. et al. Mechanisms of salinity tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 59, p. 651-681, 2008.

MUNNS, R. et al. Salinity tolerance of crops—what is the cost?. **New phytologist**, v. 208, n. 3, p. 668-673, 2015.

NASR, S. M. H. et al. Effect of salt stress on germination and seedling growth of *Prosopis juliflora* (Sw.). **New Forests**, v.43, n.1, p.45-55, 2012.

NOGUEIRA, N. W. et al. Diferentes temperaturas e substratos para germinação de sementes de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Revista de Ciências Agrárias-Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v.56, n.2, p.95-98, 2013.

PEREIRA, A. M. et al. Germinação e crescimento inicial de meloeiro submetido ao osmocondicionamento da semente com NaCl e níveis de salinidade da água. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.3, p.35, 2012.

PEREIRA, D. P. et al. Efeito do estresse salino na germinação de sementes de mulungu e jatobá. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v.17, n.1, p.17-21, 2022.

REGO, S. S. et al. Estresse Hídrico e Salino na Germinação de Sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.2, n.4, p.37-42, 2011.

REHMAN, S. et al. The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of Acacia seeds. **Seed Science and Technology**, v.25, n.1, p.45-57, 1996.

RODRÍGUEZ, M. C. et al. Toward characterizing germination and early growth in the non-orthodox forest tree species *Quercus ilex* through complementary gel and gel-free proteomic analysis of embryo and seedlings. **Journal of proteomics**, v.197, p.60-70, 2019.

SAKAMOTO, A.; MURATA, N. The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 163-171, 2002.

SANTOS, J. B. et al. Sódio em sistemas de cultivo hidropônico. In: RAIJ, B. van et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. v.2, p.259-264, 2007.

SANTOS, J. C. C. et al. Aspectos biométricos e morfológicos de frutos e sementes de *Schinopsis brasiliensis*. **Nativa**, v. 6, n. 3, p. 219-224, 2018.

SCHEEREN, B. R. et al. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**. V.32, n.3, S010.

SENA, T. S. Germinação de sementes de monjoleiro (*Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose) sob estresse hídrico e salino, 2022.

SILVA, H.A.P. et al. Expressão gênica induzida por estresses abióticos em nódulos de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.47, n.6, p.797-807, 2012.

SILVA, E. B. et al. Comportamento fisiológico de mudas de cajueiro-anão precoce em diferentes níveis de salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 21(3), p.168-173, 2013.

SILVA, E. N. et al. O estresse salino e os mecanismos de adaptação de plantas halófitas. **Agro@ambiente On-line**, v.5, n.1, p.1-9, 2011.

SILVA, P. S. L. et al. Potencial do sabiá como cultura do semiárido. **Mossoró: Edufersa**, 2015.

SOUZA, J. V. O. et al. Divergência genética entre plantas matrizes e estresses hídrico e salino na germinação de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. 2021.

SOUZA, V. B. et al. Germinação e vigor de sementes de feijão caupi em resposta ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.3, p.166-171, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954 p.

ZHANG, H., Yang, X., Lu, J., & Yu, X. Plant genetic resources and breeding for abiotic stress tolerance. **In Plant Abiotic Stress Tolerance**. p. 1-19, 2018.

ZHAO, R et al. Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake, and water status of maize (*Zea mays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress. **Applied Soil Ecology**, v.88, p.41–49, 2015.