



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GLEYSON RODRIGUES DE SOUZA

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, SUBMETIDAS A
APLICAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO E ESTRESSE SALINO**

SERRA TALHADA - PE

2023

GLEYSON RODRIGUES DE SOUZA

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, SUBMETIDAS A
APLICAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO E ESTRESSE SALINO**

Monografia submetida ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco / Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos da Silva Junior

SERRA TALHADA - PE

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)

S729c

Souza, Gleyson Rodrigues

Comportamento de sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir, submetidas a aplicação do campo magnético e estresse salino / Gleyson Rodrigues Souza. - 2023.
55 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos da Silva Junior.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Biológicas, Serra Talhada, 2023.

1. Germinação. 2. Jurema-preta. 3. Campo magnético. 4. Salinidade. 5. Desenvolvimento sustentável. I. Junior, Prof. Dr. Luiz Carlos da Silva, orient. II. Título

CDD 574

GLEYSON RODRIGUES DE SOUZA

**COMPORTAMENTO DE SEMENTES DE *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir,
SUBMETIDAS A APLICAÇÃO DO CAMPO MAGNÉTICO E ESTRESSE SALINO**

Monografia submetida ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco / Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito para obtenção do título de bacharel em Ciências Biológicas.

Área de Concentração: Biofísica.

Prof. Dr. Luiz Carlos da Silva Junior (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Luciana Sandra Bastos de Souza (Membro Titular)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Mário Henrique Bento Gonçalves e Oliveira (Membro Titular)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

À todos do Laboratório de Energia, Física e Matemática (Prof. Luiz Carlos, Prof. Mário, Ayrton, Felícia, Karen, Luiza e Breno), que tornaram os dias de trabalhos mais leves, puderam agregar os seus conhecimentos neste trabalho científico, dividindo momentos e sentimentos memoráveis.

À Jaqueline, do LAQUIM, pela ajuda, correção e incentivo.

À todos os técnicos do laboratório de Química (LAQUIM) da UFRPE-UAST.

Ao Programa de Tutoria Discente, juntamente à Professora Maria do Socorro e demais colaboradores da Pró-Reitoria de Ensino e Graduação (PREG).

Aos membros da banca avaliadora por aceitarem participar e por suas sugestões. A UFRPE/UAST por ter cedido a estrutura para realização deste trabalho.

A todo corpo docente, técnico, administrativo e demais pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

Ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) e à Rede de Sementes do Programa de Integração do São Francisco (PISF), pela doação das sementes de *Mimosa tenuiflora*.

A cada passo que damos, emergem ao nosso redor pessoas, cuja nossa vida não conseguimos imaginar sem a amizade delas. Tantos quantos foram os anos, multiplicaram-se as alegrias mas também momentos de dificuldades e incertezas. Porém, a companhia dos amigos, foi em todos os momentos um bálsamo para a alma. Aos familiares, amigos, professores e em especial ao meu orientador.

Agradeço!

*“Nada te perturbe, nada te espante, tudo passa!
Só Deus não passa. A paciência, por fim, tudo alcança.
Quem a Deus tem, nada lhe falta, pois só Deus basta!”*

Santa Tereza D'Ávila

RESUMO

A influência do campo magnético sobre os organismos vivos é uma questão que intriga a humanidade há séculos. O avanço nos conhecimentos nessa área da ciência possibilitou o entendimento que a ação do magnetismo causa efeitos positivos ou negativos em uma série de organismos. Nos últimos anos a busca por técnicas que propiciem o melhor desenvolvimento dos vegetais tem ganhado destaque em todo o planeta, principalmente para o reflorestamento de áreas nativas. Considerando que atualmente cerca de 20% do solo irrigado sofre com estresse salino, o presente trabalho buscou analisar a relação da intensidade dos campos magnéticos em comparação a diversos níveis de salinidade na germinação de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Energia, Física e Matemática da UFRPE UAST, em duas etapas. A primeira de 20 a 23 de Novembro de 2022 e a segunda de 14 a 25 de Fevereiro de 2023. Foram adotados na primeira etapa quatro tratamentos de intensidades de campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) e três níveis de salinidade (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m), para a segunda etapa quatro tratamentos de intensidades de campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) e três níveis de salinidade (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 13, 78 dS/m). No caso do estudo sobre os efeitos dos diferentes níveis de salinidade na germinação e no desenvolvimento de plantas, a escolha do delineamento em blocos casualizados com duas repetições permitiu a divisão das unidades experimentais em blocos, de acordo com características que poderiam influenciar nos resultados, como a intensidade do campo magnético. Diariamente foram realizadas as medições da germinação, após quatro dias da germinação foram mensurados os comprimentos da radícula e do hipocótilo. Nossos resultados mostram que: 1) Na primeira etapa do experimento nas primeiras 48 h a exposição contínua do campo magnético na intensidade de 0, 1 T conseguiu atingir 90% de germinação em comparação com o controle que teve 80% para as salinidades de 1, 42 dS/m e 4, 01 dS/m e na concentração de 4, 32 dS/m as taxas de germinação diminuíram à medida que o campo aumentou. 2) O comprimento da radícula para a salinidade de 1, 42 dS/m obteve comprimentos maiores à medida que o campo magnético aumentou. 3) Na segunda etapa do experimento nas primeiras 48 h a exposição contínua do campo magnético na intensidade de 0, 1 T e 0, 45 T conseguiram atingir 10% de germinação em comparação com o controle que teve 0% para a salinidade de 13, 78 dS/m e na concentração de 18, 41 dS/m apenas as sementes expostas ao campo de 0, 1 T germinaram na taxa de 2, 5%. 4) Na mesma faixa de salinidade de 8, 86 dS/m com o aumento de intensidade de campo a radícula e o hipocótilo alcançam comprimentos maiores.

Demonstrando que a aplicação do campo magnético influencia na taxa de germinação e na fisiologia das plântulas.

Palavras-chave: Germinação; jurema-preta; campo magnético; salinidade; desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The influence of the magnetic field on living organisms is a question that intrigues humanity for centuries. The advancement of our knowledge in this area of science makes it possible for us to understand that the action of magnetism causes positive or negative effects in a series of organisms. In recent years, we have been searching for techniques that promote the best development of two plants that have gained prominence on the entire planet, mainly for the reforestation of native areas. Considering that currently about 20% of the irrigated area suffers from saline stress, the present work sought to analyze the relationship between the intensity of two magnetic fields in comparison to different levels of salinity in the germination of *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. The work was developed in the Laboratory of Energy, Physics and Mathematics of UFRPE-UAST, in two stages. The first from November 20 to 23, 2022 and the second from February 14 to 25, 2023. Foram provided in the first stage four intensity treatments of magnetic field (0 T , 0, 1 T , 0, 14 T and 0, 45 T) and three levels of salinity (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m and 4, 32 dS/m), for In the second stage, four treatments of magnetic field intensities (0 T , 0, 18 T , 0, 24 T and 0, 45 T) and three salinity levels (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m and 13, 78 dS/m). In the case of the study on the effects of two different levels of salinity on the germination and development of plants, the choice of delineation in casualized blocks with two repetitions allowed the division of the experimental units in blocks, according to characteristics that could influence our results, such as the intensity of the magnetic field. The germination measurements were carried out daily, after four days of germination the radicle and hypocotyl capsules were measured. Our results show that: 1) In the first stage of the experiment, in the first 48 h, continuous exposure to the magnetic field at an intensity of 0, 1 T was able to attain 90% of germination in comparison with the control that has 80% for salinities of 1, 42 dS/m and 4, 01 dS/m and at a concentration of 4, 32 dS/m the germination rates decreased as the field increased. 2) The compression of the radicle for a salinity of 1, 42 dS/m obtains greater compression as the magnetic field increases. 3) In the second stage of the experiment, in the first 48 h, continuous exposure to the magnetic field at an intensity of 0, 1 T and 0, 45 T will achieve 10% germination reduction compared to the control that has 0% for a salinity of 13, 78 dS/m and at a concentration of 18, 41 dS/m only the seeds exposed to the field of 0, 1 T germinate at a taxa of 2, 5%. 4) In the same band of salinity of 8, 86 dS/m with the increase in field intensity to the radicle and the hypocotyl reaching larger compressions. Demonstrating that

the application of the magnetic field influences the germination rate and the physiology of seedlings.

Keywords: Germination; jurema-preta; magnetic field; salinity; sustainable development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Mimosa tenuiflora</i>	15
Figura 2: Seleção das sementes parte 1	26
Figura 3: Seleção das sementes parte 2	27
Figura 4: Ambiente de desenvolvimento do experimento	27
Figura 5: Materiais utilizados para medir o volume e a massa	28
Figura 6: Soluções aplicadas no experimento.....	29
Figura 7: Ímãs utilizados.....	30
Figura 8: Taxa de germinação 48 h	33
Figura 9: Comparação da taxa de germinação por nível de salinidade e campo.....	35
Figura 10: Comparação visual das sementes.....	36
Figura 11: Comparação da taxa de germinação 48 h e 72 h.....	38
Figura 12: Figura comparativa entre a taxa de germinação 48 h e 72 h	39
Figura 13: Figura comparativa entre a taxa de germinação 48 h e 72 h	39
Figura 14: Comprimento médio da radícula	41
Figura 15: Comparação entre a taxa de germinação e a intensidade do campo magnético por nível de condutividade elétrica após 48h do início do experimento 2.....	43
Figura 16: Comportamento da germinação experimento 2	44
Figura 17: Germinação 48 h e 72 h experimento 2	46
Figura 18: Comparação da taxa de germinação 48 h e 72 h experimento 2	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição das placas pelos níveis de salinidade e intensidade do campo magnético.....	31
Tabela 2 - Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h e 48 h).....	32
Tabela 3 - Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h, 48 h e 72 h).....	37
Tabela 4 - – Comprimento da radícula em relação a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) e o grau de condutividade elétrica da água (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m) no final do experimento.....	41
Tabela 5 - Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h e 48 h).....	42
Tabela 6 - Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h, 48 h e 72 h).....	45
Tabela 7 - Comprimento da radícula em relação a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) e o grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m).....	48
Tabela 8 - Comprimento do hipocótilo em relação a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) e o grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m).....	48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.....	15
3.2 Campo magnético.....	17
3.3 Campo magnético da Terra.....	19
3.4 Efeitos da utilização do campo magnético em organismos vivos.....	21
3.5 Efeitos da salinidade em vegetais.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Área de estudo.....	26
4.2 Seleção das unidades experimentais.....	26
4.3 Ambiente de desenvolvimento do experimento.....	27
4.4 Soluções aplicadas no experimento.....	28
4.5 Campos magnéticos utilizados.....	30
4.6 Desenvolvimento do experimento.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 Primeira etapa do experimento	32
5.1.1 Análise da germinação nas 72h horas após o início do experimento.....	36
5.2 Segunda etapa do experimento	41
5.2.1 Análise da germinação nas primeiras 48h.....	42
5.2.2 Análise da germinação nas 72h horas após o início do experimento.....	45
6. CONCLUSÃO	50
6.1 Continuidade da pesquisa.....	50
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos, diversos estudos científicos têm sido realizados com o objetivo de entender como o campo magnético (CM) influencia os organismos vivos, como plantas e animais. Ao longo dos séculos, a humanidade tem se dedicado a buscar as melhores respostas para essas questões, mas foi somente a partir do século XIX que começaram a ser encontradas algumas respostas para esses enigmas e esse processo de aprofundamento dos conhecimentos continua até os dias atuais (CARBONELL et al., 2017).

O campo magnético da Terra influencia de maneira direta ou indireta os seres humanos, com diversas consequências (HAAGMANS R., 2013). Nos vegetais estudos também demonstraram influências do CM no metabolismo, onde pode afetar entre outros fatores, a taxa de germinação, ou a velocidade com que esta ocorre (KAUR; SINGH, 2022). Em algumas espécies como no caso da Leucena (*Leucaena leucocephala*) a aplicação do CM pode auxiliar na superação da dormência (FILHO et al., 2018). Este mecanismo está presente em muitas espécies, como é o caso da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir), que é nativa da região Nordeste do Brasil e apresenta importante papel econômico na região. Tendo geralmente sua madeira empregada para construção de cercas, como a produção de lenha, e de carvão, além de ser utilizada como forragem para os animais nos meses mais secos do ano (SOUZA et al., 2015; CARVALHO, 2010; OLIVEIRA et al., 2006).

Com a quebra da dormência das sementes, a germinação é acelerada, podendo intensificar a produção vegetal sem efeitos colaterais quando comparado ao uso de agrotóxicos. Partindo do mesmo princípio, a aceleração na produção de mudas pode contribuir para ações de reflorestamento de áreas nativas (CARVALHO, 2010).

A caatinga, predominante na região Nordeste do Brasil, local de ocorrência da *M. tenuiflora*, é caracterizada pela predominância de clima quente e seco na maioria do ano, com chuvas esparsas durante os primeiros meses do ano. Tais condições exigem muito das plantas, que enfrentam estresse hídrico em grande parte do ano. (FERNANDES; QUEIROZ, 2018)

No contexto da produção na região Nordeste a água é o principal entrave considerando sua escassez, e quando disponibilizada para a produção de muda de um modo geral possui um elevado teor de sais, que afeta diretamente as atividades fisiológicas da planta. Para contornar tal situação, a aplicação do campo magnético em águas salinas parece propiciar um bom resultado, como visto para outras espécies vegetais (KAUR; SINGH, 2022).

A principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho, é a inexistência de materiais na literatura que tratem da correlação entre a aplicação de campo magnético e o uso de água salina durante o processo de germinação de *Mimosa tenuiflora*. Esse trabalho, possui abordagem de caráter interdisciplinar, envolvendo áreas como física e biologia, fazendo com que os conhecimentos sejam amplamente discutidos, objetivando a melhoria das soluções encontradas. Entre os principais questionamentos, busca-se responder: 1) Como a taxa de germinação de *Mimosa tenuiflora* varia após as sementes serem expostas ao campo magnético? 2) Como a água salina interfere no processo de germinação, quando se aplica o campo magnético? 3) Como se comporta o comprimento da radícula e do hipocótilo, após a aplicação do campo magnético e da água salina?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a relação da intensidade dos campos magnéticos em comparação a salinidade na germinação de *M. tenuiflora* (Willd.) Poir.

2.2 Objetivos específicos

1. Verificar a taxa de germinação sob intensidades do campo magnético;
2. Verificar a taxa de germinação em diferentes níveis de salinidade da água;
3. Verificar a taxa de germinação sob associação da intensidade do campo magnético e do nível de salinidade da água;
4. Comparar a diferença entre o comprimento inicial da radícula e do hipocótilo das plântulas submetidas a associação do campo magnético versus salinidade da água.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir

Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir, conhecida popularmente por jurema-preta, (ou calumbi, ou simplesmente, jurema) é uma espécie da família Fabaceae e da subfamília Mimosoideae (JUDD et al., 2009). Essa espécie apesar de ser nativa do Brasil, não é endêmica do país, sendo encontrada de forma descontínua no continente Americano, em regiões do México, Honduras, El Salvador, Venezuela e Colômbia. No Brasil, está presente em todos os estados da região nordeste, e também na região sudeste no estado de Minas Gerais. O fato comum entre todas as áreas de ocorrência é a existência de secas periódicas (SANTOS-SILVA; FRAGOMENI; TOZZI, 2015).

São árvores ou arbustos que variam de 1-8m de altura. O tronco é reto com várias ramificações. A casca é rugosa e grosseira (CARVALHO, 2010). As folhas são compostas, alternadas e bipinadas (Fig.1) (SOUZA, 2015). Apresenta flores hermafroditas, sésseis, pequenas e de cor clara, dispostas em espigas, com aroma bastante característico e o fruto é do tipo vagem tardiamente deiscente (CAMARGO-RICALDE, 2000). As sementes são pequenas, ovais, achatadas, de cor castanho-claro e medem de 4 mm a 5 mm (CARVALHO, 2010).

Figura 1 – Detalhe da morfologia das folhas de *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir, compostas, alternadas e bipinadas e o fruto (que é do tipo vagem tardiamente deiscente).



Fonte: SILVA (2016).

As sementes de jurema-preta apresentam dormência, um estado que impede que a semente germine mesmo quando colocada em condições ambientais compatíveis. Isso deve-se ao fato da espécie apresentar impermeabilidade do tegumento à água (NETO et al., 2011a). Esse mecanismo é utilizado pela espécie como uma estratégia para garantir sua sobrevivência e perpetuação, tornando necessário que as sementes passem por algum tipo de escarificação para germinar (CARVALHO, 2010). Na literatura descrevem-se diversas formas de quebra de dormência, sendo que para diferentes espécies existem diferentes técnicas, como escarificação química ou mecânica, imersão em água quente ou fria (ARAUJO; ANDRADE, 1983; NETO et al., 2011a; ABDO; FABRI, 2015).

A madeira da jurema-preta tem diversas utilidades, tais como produção de estacas para cercas, confecção de móveis rústicos e pequenas construções (SOUZA et al., 2015; CARVALHO, 2010). Além disso, possui potencial para produção de carvão vegetal e geração de energia, com testes mostrando alto poder calorífico de 6.866 cal/g, carbono fixo de 71, 79% e rendimento de 39, 68% em carvão vegetal (OLIVEIRA et al., 2006), o que a torna adequada para uso em padarias, olarias e cerâmicas. Silva et al. (2011) descreve ainda que a espécie pode ser utilizada também na produção de álcool combustível. O mesmo trabalho destaca que a *M. tenuiflora* pode ser utilizada a partir do lenho juvenil, fazendo que não seja necessário o sacrifício de indivíduos adultos, uma vez que os ramos podem brotar novamente.

A espécie também pode ser utilizada em sistemas agroflorestais (SAFs) uma vez que permanece verde em grande parte da estação seca, propiciando o sombreamento para os animais e para o solo, melhorando o microclima. Além disso, é utilizada para reflorestamento

de áreas degradadas e para reduzir a erosão do solo já que é considerada como uma espécie pioneira (CARVALHO, 2010). Outro fator importante é a capacidade da espécie de brotar quando cortada (FILHO et al., 2010).

A utilização como forragem para consumo por animais como caprinos, ovinos e bovinos, principalmente nos meses de estiagem, considerando que suas folhas e frutos são palatáveis (SOUZA et al., 2015), pode gerar problemas de má-formação em animais jovens, como demonstrado em cabras alimentadas com *M. tenuiflora* durante no período de gestação (PIMENTEL et al., 2007). Outros estudos também mencionam o efeito teratogênico causado pelo consumo de sementes ou partes da planta em algumas espécies animais, como ratos e ovelhas (SANTOS; DANTAS; RIET-CORREA, 2012; MEDEIROS et al., 2008).

Maia-Silva et al. (2012), destacam que os recursos florais disponibilizados pela espécie, são utilizados como fonte de néctar e pólen por muitas espécies de abelhas, vespas, moscas e outros insetos, principalmente nos meses de seca, período em que acontece sua floração. Um exemplo é a *Frieseomelitta doederleini*, uma abelha sem ferrão, nativa da caatinga, que apresenta hábitos de forrageamento principalmente em *M. tenuiflora*, garantida pelo fato de que os flavonoides presentes no mel dessa abelha são os mesmos encontrados nas flores da jurema-preta (SANTISTEBAN et al., 2019).

A espécie também pode ser utilizada com fins medicinais, o pó de sua casca pode ser aplicado em queimaduras e no tratamento de acnes. É descrita sua utilização como antimicrobiano e analgésico e como adstringente peitoral, além de apresentar comprovadamente atividade antibacteriana e antifúngica in vitro (CARVALHO, 2010; SANTOS et al., 2022). Bezerra et al. (2009), indicou que a utilização do extrato de *M. tenuiflora* tem ação antimicrobiana sobre *Staphylococcus aureus*, evidenciando o potencial terapêutico da espécie. A casca de suas raízes contém princípios psicoativos, havendo registros do uso de um composto, chamado de vinho de jurema, em cerimônias religiosas no Nordeste do Brasil (GAUJAC, 2013; CARVALHO, 2010).

3.2 Campo magnético

Desde a antiguidade, os seres humanos perceberam a atração entre uma substância chamada 'pedra ímã' (Fe_3O_4) e o ferro. Ao longo dos séculos, essas observações propiciaram o desenvolvimento do conhecimento necessário para a construção das primeiras bússolas rudimentares, que, segundo registros históricos foram utilizadas pelos chineses por volta do século XIII aC, sendo atribuída sua invenção aos povos árabes ou indianos (SERWAY, 2017).

Com o passar do tempo viu-se que a interação magnética não é apenas entre metais, mas também outros elementos poderiam ser influenciados diretamente. Muitos estudos foram realizados ao longo dos séculos com o intuito de entender essa interação, sendo que muitos cientistas se destacaram à sua época. Todos os conhecimentos acumulados ao longo dos anos convergiram para o desenvolvimento da ciência que chamamos de magnetismo (CARBONELL et al., 2017).

O magnetismo é a parte da física que estuda os ímãs e os campos magnéticos por ele produzidos, bem como o comportamento dos materiais submetidos a esse campo. Um ímã sempre possui dois polos distintos, chamados de norte e sul, ou positivo e negativo, respectivamente. Polos iguais sempre se repelem, enquanto polos diferentes se atraem (CARBONELL et al., 2017). Não é possível isolar um polo magnético, quando se divide um ímã permanente esse sempre será composto por pares, ou seja, dois polos, norte e sul, diferentemente do que acontece com as cargas elétricas, em que um conjunto de prótons não precisa necessariamente de estar acompanhado de um conjunto de elétrons e vice-versa (HEWITT, 2023).

Podemos definir que a origem do magnetismo em um ímã de barra vem do movimento dos elétrons em duas formas distintas: o movimento em torno do próprio eixo e o movimento em torno do núcleo do átomo, sendo o primeiro chamado de spin eletrônico, o principal agente na formação do magnetismo. A maioria das substâncias não são ímãs, pois o movimento dos pares de elétrons presentes no átomo gira em sentidos opostos uns dos outros, gerando campos magnéticos que se anulam. Em materiais como o ferro, por exemplo, isso não acontece, pois os campos magnéticos formados não se anulam completamente, isso faz com que o ferro seja utilizado em diferentes quantidades na fabricação de ímãs. Geralmente, quando encontramos um prego de ferro ele não se comporta como um ímã, isso deve-se ao fato dos domínios magnéticos presentes nele, não estarem alinhados, para alinhá-los basta aproximar o prego de um ímã fixo, a duração do alinhamento (e da consequente magnetização) depende da intensidade do campo magnético gerado pelo ímã (HEWITT, 2023). O campo magnético gerado por um ímã fixo, formam linhas magnéticas que saem do polo norte do ímã, em direção ao polo sul, atravessando o ímã (CARBONELL et al., 2017).

A relação entre o campo magnético e o campo elétrico foi percebida pela primeira vez em 1819, quando durante uma palestra Hans Christian Oersted, observou que a agulha de uma bússola próxima era desviada por uma corrente elétrica em um fio. A partir daí, o conhecimento sobre o eletromagnetismo foi se aprofundando cada vez mais. Após a descoberta de Oersted, várias publicações foram feitas. Já em 1820, Ampere publicou suas

primeiras observações sobre as ações magnéticas das correntes elétricas e em 1821, Faraday construiu um motor eletromagnético que conseguia converter energia elétrica em energia mecânica através do magnetismo, estabelecendo as bases para o desenvolvimento do estudo do campo magnético na física. Após esses, muitos outros trabalhos seguiram com o objetivo de descrever a relação entre o campo magnético e a eletricidade. Em 1873, James Clerk Maxwell, utilizando os trabalhos de seus predecessores formulou equações que serviram para alicerçar um rápido crescimento no conhecimento das relações do campo magnético com a matéria (CARBONELL et al., 2017; SERWAY; JR, 2023; HAAGMANS R., 2013).

3.3 Campo magnético da Terra

De fato, a existência do campo magnético é de suma importância para a proteção e desenvolvimento da vida na Terra. Sem o campo magnético, a atmosfera como a conhecemos hoje não existiria. É o campo magnético que protege o planeta da radiação cósmica e das partículas carregadas oriundas dos ventos solares (principalmente núcleos de hélio ionizados e elétrons). Por vezes, algumas dessas partículas conseguem "escapar" e colidir com a atmosfera, o que resulta em um fenômeno luminoso nas regiões polares chamadas aurora boreal (no polo Norte) ou aurora austral (no polo Sul). A interferência causada por essas partículas que entram na atmosfera pode causar transtornos nas telecomunicações, apagões elétricos e danos a satélites em órbita ao redor do planeta (HEWITT, 2023; HAAGMANS R., 2013; JR et al., 2011).

Entre as hipóteses mais aceita pelos cientistas, o campo magnético da Terra seria gerado a partir de dois fatores principais, um interno e outro externo. Em relação ao primeiro, este seria gerado pelo movimento de correntes de convecção no núcleo do planeta, devido a ação da gravidade, unido a outros fatores essenciais como, a velocidade de movimentação desse fluido em torno de 10 Km/ano, da presença de ferro no interior do planeta, da viscosidade do fluido ser próxima a da água e do movimento de rotação do planeta (SILVA, 2013). O conjunto desses fatores é o principal responsável por gerar o campo magnético do planeta, não havendo, portanto, uma fonte permanente de magnetização, uma vez que a presença de minério de ferro em altas temperaturas não é capaz de retê-la (SERWAY; JR, 2023), mas sim uma produção continuada. O fator externo seria melhor exposto como uma série de contribuições de partículas do exterior do planeta com cargas elétricas de ventos

solares impactando-se na ionosfera. O campo gerado pela crosta terrestre é próximo ao gerado na ionosfera e possui valores muito pequenos (SILVA, 2013).

Gilbert (1967), publicou em sua obra “De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure” (Sobre o magnetismo, corpos magnéticos e o grande ímã Terra) que o planeta Terra poderia ser comparado com um grande ímã fixo, capaz de gerar um campo magnético, e que o polo Norte do planeta era capaz de atrair o polo Sul de outro ímã. A ideia de Gilbert foi aprofundada ao longo dos séculos, mas sua essência continua a mesma: o planeta como um grande ímã que possui linhas magnéticas que saem do polo Norte magnético em direção ao polo Sul magnético, atravessando o interior do planeta (CARBONELL et al., 2017).

O polo Norte magnético corresponde ao polo Sul geográfico, estando situado a uma distância de aproximadamente 1900 km. De maneira similar, o polo Sul magnético corresponde ao polo Norte geográfico situando-se a uma distância de cerca de 2100 km. Eventualmente se um ímã for acomodado com certa liberdade e possa se movimentar, em pouco tempo existirá um alinhamento fazendo que o polo Norte do ímã aponte para o polo geográfico Norte (que corresponde ao polo magnético Sul) e o polo Sul do ímã aponte para o polo Sul geográfico (que corresponde ao polo magnético Norte) (SERWAY; JR, 2023).

Ao longo da história, nos últimos milhares de anos, a localização dos polos magnéticos tem sofrido variações, que vão desde a modificação da localização do polo magnético em relação ao polo geográfico até a inversão completa do campo magnético, em que a bússola passa a apontar para o Sul em vez do Norte. Além disso, é observado que a força do campo magnético também varia em certos períodos de tempo, e nos últimos 150 anos tem sofrido um enfraquecimento significativo (SILVA, 2013; HAAGMANS R., 2013).

No Sistema Internacional, a unidade para campo magnético é o Tesla (T). Para fins de comparação, um ímã potente convencional de laboratório possui um campo magnético de cerca de 2 T, uma ressonância magnética possui intensidade aproximada de 1,5 T e um ímã de barra possui uma intensidade de campo de 10^{-2} T (SERWAY; JR, 2023). Já o campo magnético da Terra, medido na superfície do planeta, tem um valor de aproximadamente 4×10^{-4} T. Observe-se que esses valores são muito pequenos, e por isso, muitas vezes é utilizada uma unidade menor, o Gauss (G), sendo a correspondência entre ambas descritas como: $1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$ (CARBONELL et al., 2017). O Tesla é compreendido como Newton por Coulomb-metros por segundo. Equação 3.1

$$1 \text{ T} = 1 \frac{N}{C.m/s} \quad (3.1)$$

3.4 Efeitos da utilização do campo magnético em organismos vivos

A literatura fala a respeito de uma série de organismos vivos que possuem sentido magnético, como por exemplo, algumas bactérias são conhecidas por produzirem naturalmente magnetita, um composto que é utilizado para localizar fontes de alimentos. Aves, como os pombos, utilizam o campo magnético para orientar-se. Além disso, outros animais, como a tartaruga-marinha, peixes, algumas espécies de vespas e a borboleta monarca, também são mencionados como possuidores dessa capacidade (HEWITT, 2023).

Em relação às espécies vegetais, foi observado que algumas são influenciadas pelo campo magnético da Terra, que varia entre 4×10^{-5} T e 6×10^{-5} T (ÁLVAREZ, 2011). Os efeitos do campo magnético parecem afetar diversos aspectos biológicos dos organismos, como a velocidade das reações químicas, as taxas de germinação e de mortalidade (NOVÁK; VÁLEK, 1965; ES'KOV; RODIONOV, 2010). Estudos realizados por Goodman et al. (1989) indicam que a ação dos campos magnéticos pode interferir no fluxo iônico através das membranas celulares, bem como na síntese de DNA e na transcrição de RNA, sendo observada em pequenos modelos animais em laboratório.

Ao longo dos últimos anos, diversos estudos têm sido realizados com o objetivo de investigar o comportamento de organismos após a aplicação de campos magnéticos. Rapôso et al. (2013) observaram que, sementes de *Adenantha pavonina* L. submetidas à aplicação de um campo magnético estático de 0,095 T e campo eletromagnético de 0,002 T e 60 Hz, apresentaram uma maior porcentagem de germinação. No cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* a aplicação de um campo magnético gerado por uma bobina, com frequência de 100 Hz e intensidade de campo magnético de $2,5 \times 10^{-5}$ T, resultou em um crescimento cerca de 14% maior nas culturas tratadas em comparação aos cultivos controle (MONTROYA; OSPINA, 2005). Da mesma forma, no cultivo da microalga *Chlorella vulgaris*, a aplicação de um campo magnético estacionário de 0,03 T resultou em um aumento na densidade das células em um menor tempo de cultivo (CARBONELL et al., 2017).

García et al. (2005) ao avaliar a exposição de sementes de girassol (*Chlorella vulgaris*, L. var. Florasol), em intensidades de 0,125 T e 0,25 T, constataram que nos grupos com tratamento realizado de forma crônica, a germinação das sementes ocorreu de maneira mais rápida se comparada ao grupo controle. Hincapié, Osorio e López (2010) constataram que, entre as sementes de *Leucaena leucocephala* expostas a intensidades de magnetismo de 0,125 T e 0,25 T, a maior porcentagem de germinação ocorre nas expostas a 0,125 T por 60

minutos. No entanto, todos os grupos tratados apresentaram taxas de germinação superiores ao grupo controle. O mesmo estudo também indicou que as plântulas expostas a 0,125 T por 60 minutos apresentaram raízes com comprimento maior, além de uma maior taxa de nitrogênio e proteína em comparação com os outros grupos tratados. Dziwulska-Hunek et al. (2009), ao trabalharem com sementes do gênero *Amaranthus*, obtiveram resultados positivos ao utilizar uma indução magnética de intensidade de 0,03 T para estimular a germinação das sementes na fase inicial do processo.

Pietruszewski e Kornarzyński (1999), observaram que, a partir da germinação de sementes de trigo, aquelas tratadas com indução magnética com campos entre 0,03 T e 0,1 T, mostraram uma taxa de germinação mais elevada em comparação com as não tratadas. Verificou-se também que as sementes com maior teor de umidade e com maior dose de exposição, apresentavam maior velocidade de germinação.

Dziergowska et al. (2021), ao considerar a germinação de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), com extrato da macroalga *Cladophora glomerata* e indução de campo magnético nas intensidades de 0,25 T e 0,5 T, por 3 e 12 minutos, observaram que nos grupos tratados os parâmetros analisados foram sempre melhores em relação ao grupo controle, porcentagem de germinação, teor de clorofila e carotenóides, comprimento da raiz, comprimento do hipocótilo, comprimento do epicótilo, comprimento da planta inteira e peso da biomassa seca.

Conforme os estudos deixam claro que o campo magnético atua nas células vivas, as pesquisas desenvolvidas buscam explicar de que forma o magnetismo influencia nos organismos. Podlesny et al. (2005) destacaram em seu trabalho que foi encontrada uma maior quantidade de radicais livres nas sementes de ervilha tratadas com campo magnético antes de serem semeadas, sendo a intensidade do campo de 0,085 T. O mesmo estudo confirmou um aumento no comprimento da radícula e do hipocótilo em relação às sementes não tratadas, e que a taxa de germinação também foi maior na comparação com as sementes não tratadas. Outra pesquisa, desta vez utilizando plantas de alfafa de 4 anos de idade, oriundas de sementes tratadas com campo de 0,03 T, obteve resultados que mostraram um aumento da massa das folhas e espessura dos caules nas partes inferiores das plantas em comparação com o grupo de controle (DZIWULSKA-HUNEK et al., 2009).

Recentemente Ureta-Leones et al. (2021), em uma revisão de literatura a respeito da taxa de germinação de sementes de variadas espécies que receberam indução magnética, verificou-se que a exposição direta em intensidade de 0,001 – 0,050 T, produz efeitos positivos aumentando de maneira significativa a taxa de germinação. No entanto, ao observar

outras faixas de intensidade (0,051 – 0,15 T e 0,151 – 0,3 T) constatou-se que os efeitos do magnetismo sobre a germinação são pouco relevantes ou até mesmo nulos.

Várias técnicas vêm sendo utilizadas e aprimoradas para o tratamento com campo magnético, entre elas a magnetização da água é um recurso utilizado para contribuir aumentando a velocidade de germinação de sementes, como foi testado para a espécie *Vigna radiata*. No estudo em questão, as sementes quando imersas em água normal tratada magneticamente tiveram taxa de germinação de 92% no terceiro dia, enquanto o grupo que recebeu água sem o tratamento magnético possuía apenas 43% de germinação no mesmo dia. Nos casos em que a magnetização da água foi associada à exposição das sementes ao campo magnético, a taxa de germinação foi de 96% no terceiro dia (KAUR; SINGH, 2022).

Outro estudo com viés voltado a irrigação com água magnetizada para o cultivo do pepino *Cucumis sativus*, mostrou que nas amostras irrigadas com água tratada com campo magnético de intensidades entre 0,05 T e 0,07 T, houve uma maior tolerância à praga *Meloidogyne spp.* que afeta o sistema radicular das plantas diminuindo a absorção de nutrientes, entre outros fatores. Os pesquisadores também observaram que nos cultivares que foram tratados, os parâmetros observados: comprimento do caule, comprimento da raiz, qualidade dos frutos (comprimento e diâmetro dos frutos), foram melhores que no grupo controle (PÉREZ et al., 2011).

3.5 Efeitos da salinidade em vegetais

Estima-se que atualmente cerca de 20% das áreas irrigadas sofrem com o estresse salino. Essa condição é preocupante para o desenvolvimento da agricultura moderna, uma vez que o excesso de salinidade interfere em diversos aspectos do crescimento das plantas, desde alterações moleculares no interior das células (desnaturação de proteínas e desestabilização de membranas), até prejuízos a nível orgânico (redução do crescimento da parte aérea da planta, inibição do surgimento de gemas laterais e diminuição da expansão foliar). Influenciando também as condições fisiológicas das plantas, inibindo a fotossíntese e processos biossintéticos (TAIZ et al., 2021).

Para avaliar a concentração de sais na água os autores variam quanto a unidade de medida utilizada, em alguns casos utiliza-se o potencial osmótico e em outros a condutividade elétrica (FARIAS et al., 2009; NETO et al., 2011b). A relação entre esses parâmetros pode ser estimada pela equação a seguir: equação 3.2 (DIAS et al., 2016).

$$\Psi_s \approx -36 \times CE \quad (3.2)$$

Onde, Ψ_s - potencial osmótico, em KPa e, CE - condutividade elétrica, em dS/m

Estudos realizados com diversas espécies indicam que a salinidade afeta diretamente a taxa e velocidade de germinação das sementes. Em seu estudo, Freitas et al. (2010) observaram o desenvolvimento de *Caesalpinia ferrea* (Pau-ferro) em diferentes níveis de salinidade e constataram que a taxa de germinação e velocidade de germinação foram sempre inferiores em relação ao grupo controle (com água destilada), com redução do crescimento mais acentuada em salinidades iguais ou superiores a 3,0 dS/m.

Souza, Souza e Pelacani (2010), ao trabalharem com sementes de *Physalis angulata*, dividiram-nas em dois grupos principais: sementes osmocondicionadas (OS) e sementes não osmocondicionadas (NO), e as submetem a diferentes concentrações de salinidade. As sementes do grupo (OS) foram colocadas em uma solução de polietilenoglicol de CE igual a 33,3 dS/m, antes do experimento. Durante o experimento, as sementes receberam água com concentrações de sais de 2, 4, 6, 10, 12, 14 e 16 dS/m. Os resultados obtidos mostraram que quanto maior o nível de salinidade, menor foi a taxa de germinação. No entanto, ao comparar os dois grupos de sementes, as sementes osmocondicionadas (OS) apresentaram melhores resultados em relação às sementes não osmocondicionadas (NO). No mesmo estudo, ao observar o índice de velocidade de germinação (IVG), notou-se que as sementes osmocondicionadas (OS) apresentaram melhores resultados em baixas concentrações de NaCl, com valores semelhantes ao grupo controle. Entretanto, em maiores concentrações de NaCl, o IVG das sementes osmocondicionadas diminuiu. Por outro lado, as sementes não osmocondicionadas (NO) apresentaram tanto uma baixa taxa de germinação quanto uma diminuição no IVG à medida que as concentrações de NaCl aumentavam.

Neto et al. (2011b), comparando a capacidade de tolerância à água salina entre *M. tenuiflora* e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., observou-se que *M. tenuiflora* foi mais tolerante do que *M. caesalpiniiifolia* nos parâmetros avaliados. Em relação à altura das plantas, *M. tenuiflora* registrou uma diminuição de mais de 20% em relação à testemunha quando a CE da água utilizada foi de 5,96 dS/m (a mais salina utilizada). Por outro lado, *M. caesalpiniiifolia* apresentou uma diminuição de cerca de 10% na altura em comparação com os mesmos parâmetros da testemunha. Em relação a outros aspectos comparativos, como a área foliar e o peso da matéria seca total, *M. tenuiflora* apresentou uma menor diminuição em

relação à testemunha. Portanto, de acordo com este estudo, *M. tenuiflora* é mais indicada para ser utilizada em condições de disponibilidade hídrica com teor de salinidade mais elevado se comparada a *M. caesalpinifolia*.

A utilização de água salina magnetizada, em conjunto com a aplicação de campo magnético em sementes, foi objeto de estudo por Kaur e Singh (2022), apresentando resultados interessantes. Ao comparar o tamanho das plantas de *Vigna radiata* que receberam diferentes tratamentos, observou-se que as plantas cujas sementes foram expostas ao campo magnético e foram regadas com água com salinidade de 4 dS/m tratada magneticamente apresentaram tamanho ligeiramente inferior, porém muito próximo, às plantas em condições análogas que foram irrigadas com água normal magnetizada. Além disso, quando comparadas às plantas que não receberam campo magnético nem água magnetizada, essas plantas superaram em altura as últimas. Esses resultados sugerem que essa abordagem pode ser uma alternativa promissora para a produção de vegetais em condições de solos ou águas salinas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

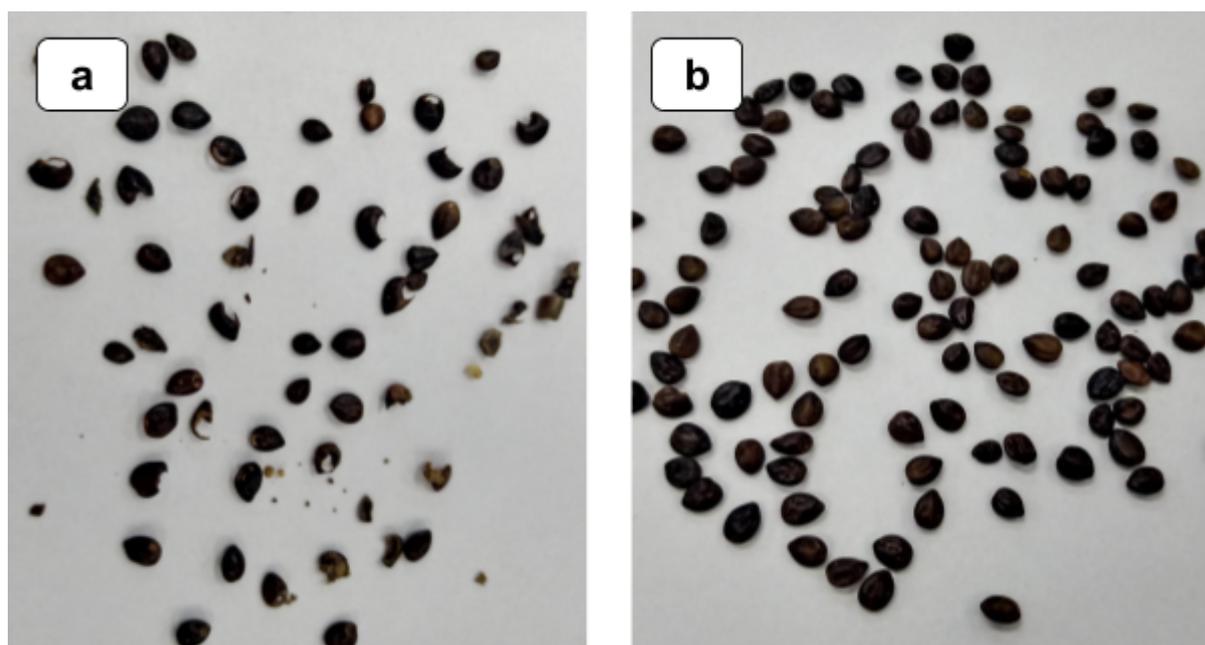
4.1 Área de estudo

O experimento foi realizado no laboratório de Energia, Física e Matemática da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (7 ° 57 ' S; 38 ° 18 ' O; 499 m) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, município de Serra Talhada-PE.

4.2 Seleção das unidades experimentais

Foram utilizadas sementes de *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir, doadas pelo Núcleo de ecologia e monitoramento ambiental da UNIVASF (NEMA-300g com 34345 sementes e 87% de taxa de germinação). As sementes recebidas possuíam diferenças significativas entre elas, uma vez que algumas eram muito pequenas, outras apresentavam-se danificadas (Figura 2a). Assim, foi realizada a homogeneidade das unidades experimentais por meio da seleção manual daquelas que apresentavam-se visualmente boas (Figura 2b).

Figura 2 – Seleção das sementes (a) as sementes que foram descartadas por apresentarem avarias e, (b) as sementes que foram selecionadas para a quebra de dormência.



Fonte: O Autor (2023).

As sementes de *Mimosa tenuiflora*, foram submetidas ao tratamento germinativo (quebra de dormência) por meio da temperatura, por meio da imersão em água destilada aquecida a 80°C por 120 segundos (Figura 3a) (BAKKE et al., 2006).

Figura 3 – Quebra da dormência das sementes. Béquer com água destilada, sendo aquecida em uma manta até atingir 80°C. Fonte: O Autor (2023).

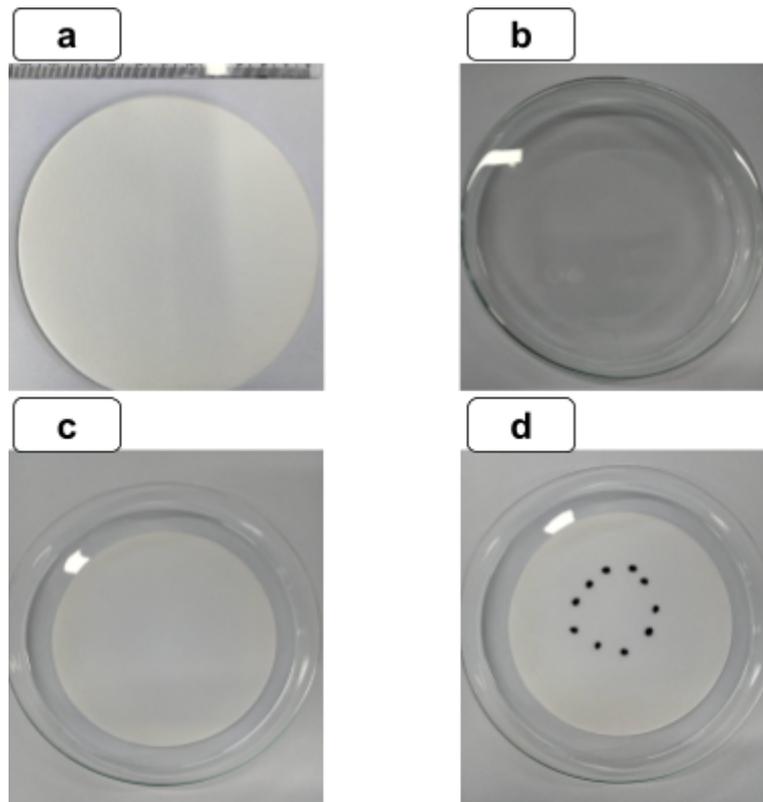


Fonte: O Autor (2023).

4.3 Ambiente de desenvolvimento do experimento

Utilizou-se para condicionamento das sementes dezesseis placas de Petri com diâmetro de doze centímetros e profundidade de 1, 58 centímetros (Figura 4b). Cada placa contendo uma folha de papel filtro (Figura 4a), de onze centímetros de diâmetro e de massa de 0, 69 gramas, da classe A, fornecido pelo CELAB.

Figura 4 – Ambiente de desenvolvimento do experimento: papel filtro utilizado no experimento (a) ; placa de Petri utilizada (b) ; disposição do papel na placa (c) e (d) sementes em cada placa.

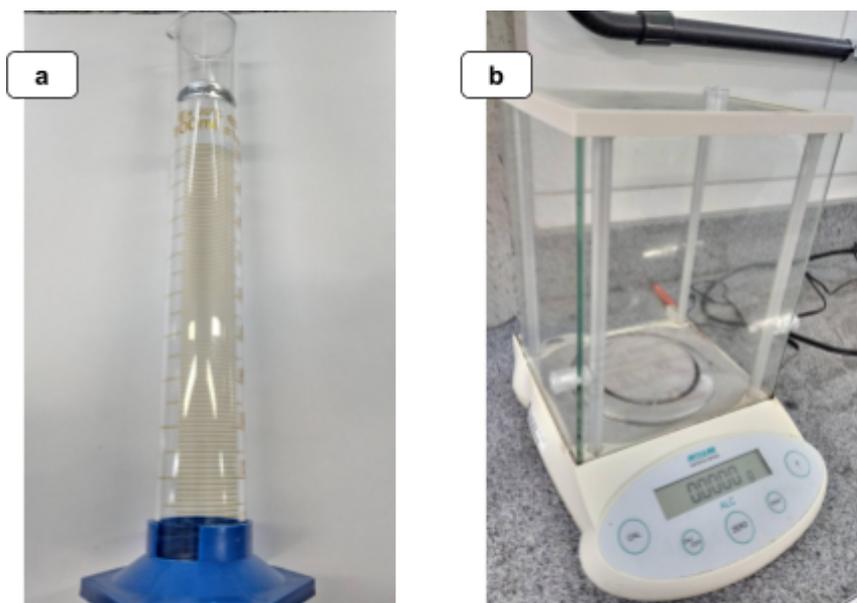


Fonte: O Autor (2023).

4.4 Soluções aplicadas no experimento

Com o objetivo de avaliar a tolerância à salinidade por parte das sementes de *Mimosa tenuiflora* foram utilizadas soluções de água destilada com NaCl (Alphatec, 99, 5% de pureza).

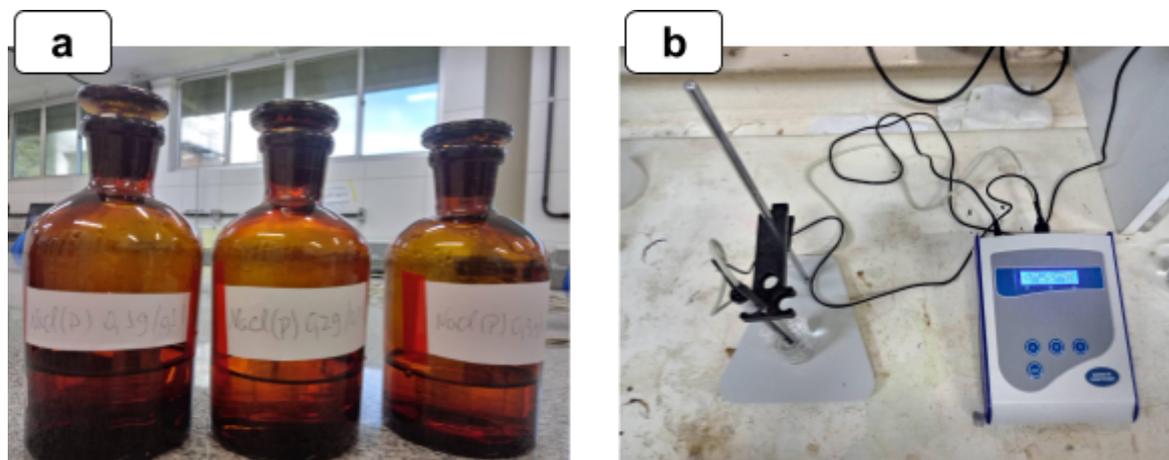
Figura 5 – Proveta utilizada para medir o volume de água destilada (a) e balança de precisão utilizada para pesagem da massa dos produtos utilizados no experimento (b).



Fonte: O Autor (2023).

Para o preparo das soluções foram utilizados 1 g/l (1,42 dS/m), 2 g/l (4,01 dS/m) e 3 g/l (4,32 dS/m) de NaCl. A quantidade de água destilada foi medida com auxílio de uma proveta (Figura 5a), e colocada em vidros âmbar de 200ml, anteriormente identificados (Figura 6a), sendo adicionada inicialmente a quantidade de água destilada, seguida da respectiva quantidade de NaCl. Para a dissolução do sal, o recipiente foi agitado manualmente até que todo sal estivesse visivelmente dissolvido. Após o preparo, cada uma das soluções foi submetida a teste de condutividade elétrica, em aparelho da marca MS Tecnopon, modelo mCA – 150.1, do laboratório de Química da UFRPE-UAST (Figura 6b).

Figura 6 – Vidros âmbar identificados (a); o medidor de condutividade utilizado para verificar a condutividade elétrica das soluções salinas utilizadas no experimento (b).

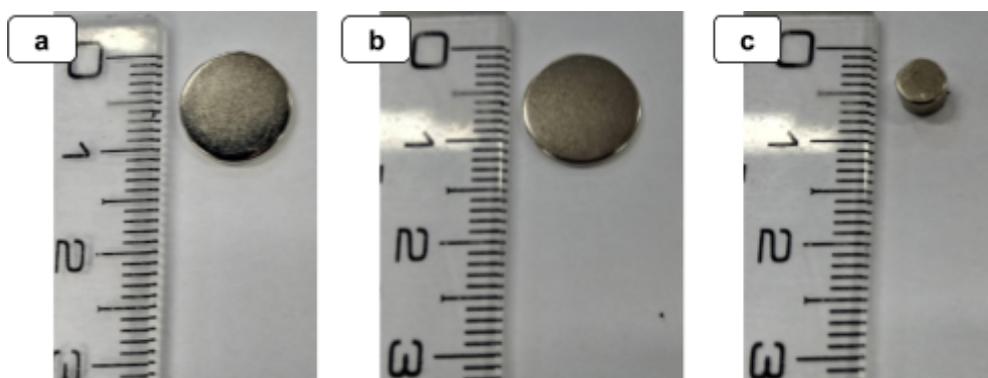


Fonte: O Autor (2023).

4.5 Campos magnéticos utilizados

Foram utilizados ímãs fixos de neodímio de três intensidades diferentes, sendo, 0,1 Tesla (12X1 mm) (Fig. 7a), 0,14 Tesla (12X1,5 mm) (Fig. 7b) e 0,45 Tesla (5X3 mm) (Fig. 7c).

Figura 7 – Ímãs utilizados; (a) ímã de intensidade 0, 1 Tesla; (b) ímã de intensidade 0, 14 Tesla; (c) ímã de intensidade 0, 45 Tesla.



Fonte: O Autor (2023).

4.6 Desenvolvimento do experimento

As sementes foram agrupadas em dez sementes por grupos, visualmente homogêneas, e condicionadas nas placas de Petri (Figura 4c) centralizadas sobre ímã fixo e receberam 3 ml da solução correspondente. A medida que o conjunto de sementes era separado, colocava-se na placa de Petri (Figura 4d), registrando-se o número da placa (de 1 a 12). As divisões das placas estão descritas na Tabela 1. A cada 24 h, cada placa recebeu 2 ml da solução correspondente.

Tabela 1 – Distribuição das placas de Petri, relacionando as intensidade do campo magnético e o teor de salinidade.

Intensidade do campo magnético	1, 42 <i>dS/m</i>	4, 01 <i>dS/m</i>	4, 32 <i>dS/m</i>
0 <i>T</i>	Placa 01	Placa 05	Placa 09
0, 1 <i>T</i>	Placa 02	Placa 06	Placa 10
0, 14 <i>T</i>	Placa 03	Placa 07	Placa 11
0, 45 <i>T</i>	Placa 04	Placa 08	Placa 12

Fonte: O Autor (2023).

A germinação neste estudo foi considerada a partir da emissão da radícula conforme Taiz et al. (2021). Após a constatação da existência desta estrutura (que ocorreu às 48 h do início do experimento), com 96 h as plântulas foram retiradas para a medição do tamanho da radícula.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Primeira etapa do experimento

Nessa primeira etapa do experimento foi testada a correlação entre níveis de salinidade de 1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m e campos magnéticos de intensidades 0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T. Após 48 horas do início do experimento, verificou-se que já haviam sementes germinadas em todas as placas com protrusão da radícula (Tabela 2). Observa-se que as placas que obtiveram os maiores índices foram os tratamentos das placas 2, 6 e 9 com 90%, seguida das placas 1, 3, 4 e 7 com 80%, 5 e 8 com 70%, 10 com 60%, 11 com 50% e 12 com 30%.

Tabela 2 – Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h e 48 h).

Campo magnético (<i>T</i>)	Condutividade <i>dS/m</i>	Placas	Germinação 24 <i>h</i> (%)	Germinação 48 <i>h</i> (%)
0 <i>T</i>	1, 42	1	-	80
0, 1 <i>T</i>	1, 42	2	-	90
0, 14 <i>T</i>	1, 42	3	-	80
0, 45 <i>T</i>	1, 42	4	-	80
0 <i>T</i>	4, 01	5	-	70
0, 1 <i>T</i>	4, 01	6	-	90
0, 14 <i>T</i>	4, 01	7	-	80
0, 45 <i>T</i>	4, 01	8	-	70
0 <i>T</i>	4, 32	9	-	90
0, 1 <i>T</i>	4, 32	10	-	60
0, 14 <i>T</i>	4, 32	11	-	50
0, 45 <i>T</i>	4, 32	12	-	30

Fonte: O Autor (2023).

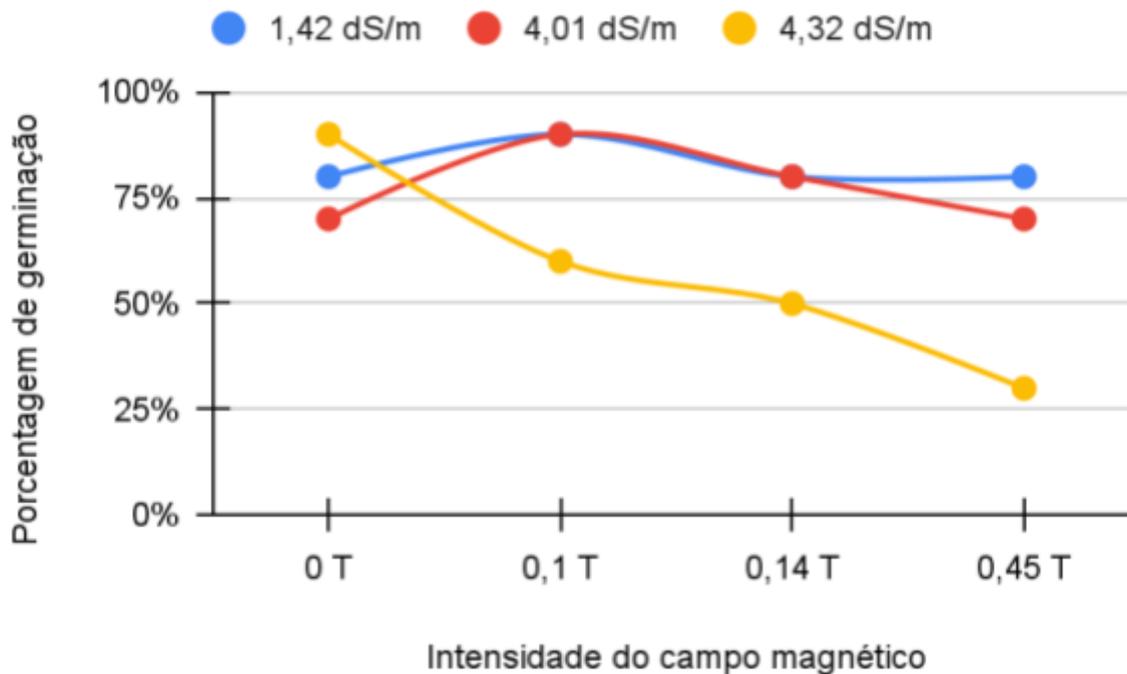
Observa-se na Tabela 2 que há um comportamento interessante nas baixas salinidades e na placa controle, em relação à porcentagem de germinação relacionada ao campo magnético nas primeiras 48 h.

Nas placas com condutividade de 1, 42 dS/m e 4, 01 dS/m e intensidade de 0, 1 T (uma baixa intensidade baseado no trabalho de Ureta-Leones et al. (2021), ocorre uma taxa de germinação mais rápida se comparada ao controle ou às outras intensidades (0, 14 T e 0, 45 T), demonstrando que campos magnéticos de baixa intensidade para o caso da *M. tenuiflora* contribuem para uma maior taxa de germinação em menos tempo, mesmo que esses sistemas contenham algum nível de salinidade. O fato da taxa de germinação ser acelerada nesses casos implica em um maior crescimento da plântula, pois as mesmas germinaram primeiro.

O trabalho desenvolvido por Matwijczuk, Kornarzyński e Pietruszewski (2012) com sementes de amaranto, apresentou um efeito positivo em relação a germinação para a aplicação de campos magnéticos de baixa intensidade, confirmando assim os resultados encontrados neste trabalho, ou seja, campos magnéticos menos intensos e contínuos contribuem para uma aceleração da taxa germinativa, mesmo quando a *M. tenuiflora* está sobre o efeito de salinidade como é o caso da condutividade de 4, 01 dS/m.

No caso em que a salinidade é de 4, 32 dS/m, o controle se sobressaiu das demais intensidades dos campos magnéticos, atingindo uma taxa de germinação bem superior nas primeiras 48 horas, seguida da intensidade de 0, 1 T (0 T = 90% germinação e 0, 1 T = 60% germinação). A salinidade de 4, 32 dS/m combinada com uma exposição contínua ao campo magnético exibe um comportamento germinativo negativo. Ou seja, quanto maior é a salinidade e o campo magnético, menor é a taxa de germinação (Figura 8).

Figura 8 – Taxa de germinação (30%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90%) e a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) por nível de condutividade elétrica, após 48 h para a espécie *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir.



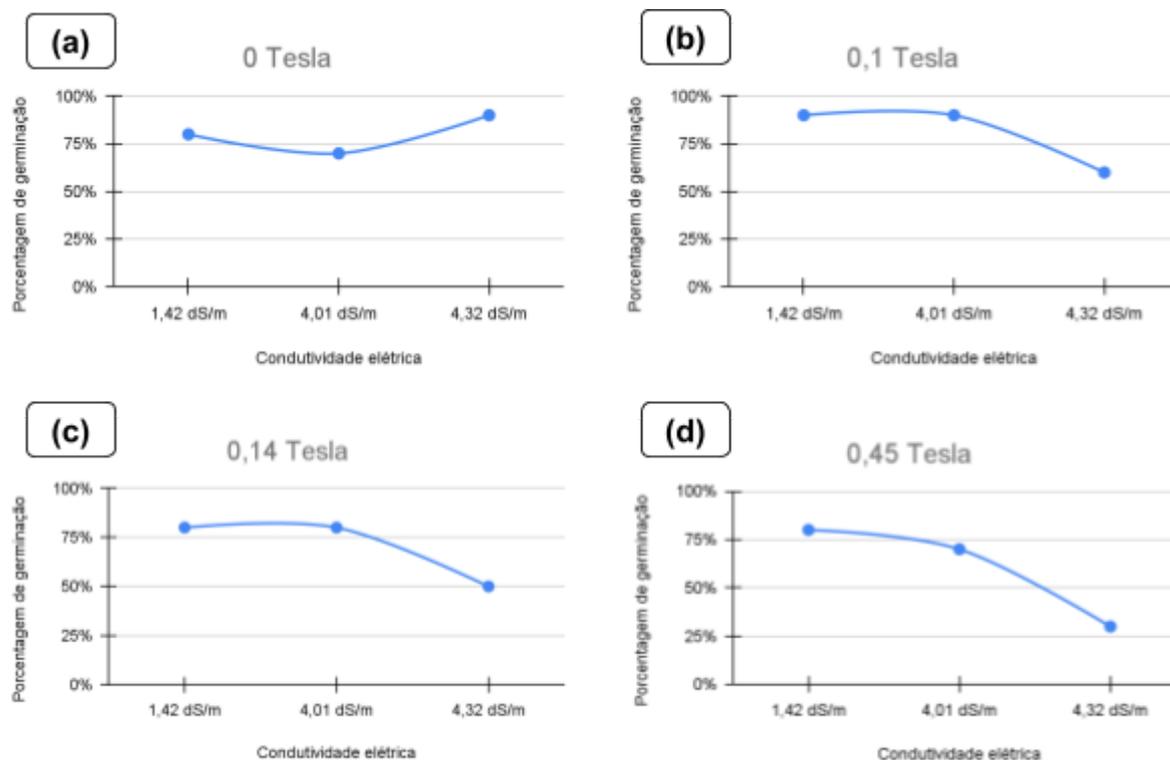
Fonte: O Autor (2023).

Observou-se que, em certos níveis de salinidade (entre 1,42 dS/m e 4,32 dS/m) e sem a aplicação do campo magnético (Figura 8 nível 0 T), as sementes de *M. tenuiflora* se adaptaram razoavelmente bem, tendo uma taxa de germinação superior a 70%.

Na Figura 9d, pode-se observar a correlação entre a condutividade e o campo magnético de intensidade de 0,45 T, que é considerada uma alta intensidade, segundo Ureta-Leones et al. (2021). Essa intensidade de campo demonstrou ter um efeito negativo mais acentuado na taxa de germinação. Observa-se que ao aumentar a intensidade do campo magnético em relação a salinidade a taxa de germinação alcança níveis cada vez mais baixos, Figura 9b, Figura 9c e Figura 9d.

Com base nos gráficos anteriores (Figura 9a, 9b, 9c e 9d), para as primeiras 48h, e nos dados obtidos pela pesquisa, pode-se concluir que há indícios de que o campo magnético de alta intensidade, quando exposto continuamente, pode acentuar os efeitos negativos causados pela presença dos íons Na^+ e Cl^- . Esse fator é importante, pois mesmo que após as 72h de germinação as placas venham a atingir o 100%, o fato de terem placas que germinaram primeiro (em 48h), afeta diretamente a velocidade de crescimento das plântulas, como pode ser visto na Figura 10.

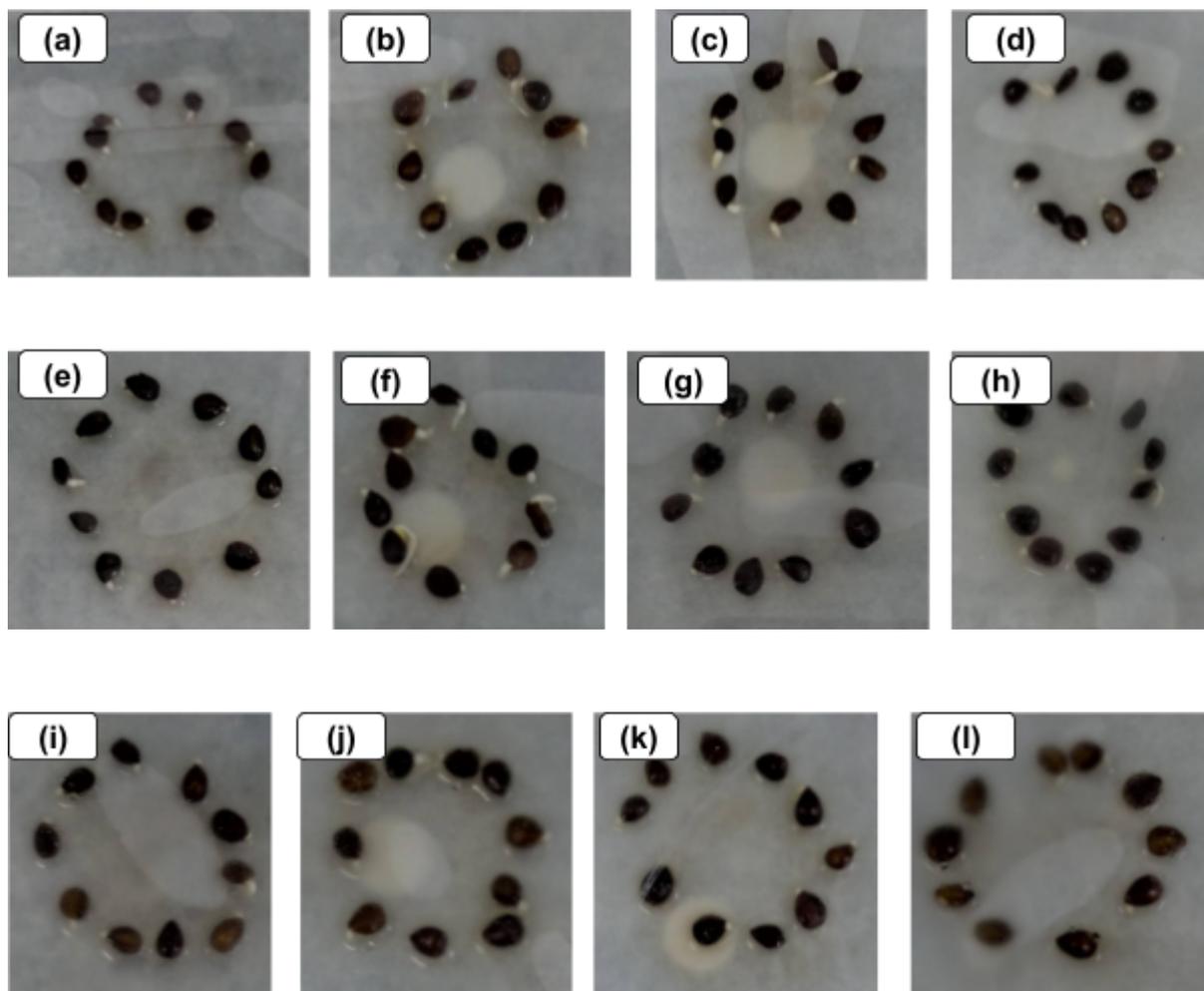
Figura 9 – Comportamento da germinação em relação aos níveis de campo magnético (0 T (a), 0,1 T (b), 0,14 T (c) e 0,45 T (d)) e salinidade (1,42 dS/m, 4,01 dS/m e 4,32 dS/m).



Fonte: O Autor (2023).

Analisando as imagens e comparando Fig. 10b (90% de germinação) em comparação com Fig. 10a (80% de germinação), Fig. 10c (80% de germinação) e Fig. 10d (80% de germinação), todas com o mesmo nível de salinidade 1,42 dS/m é possível fazer uma análise visual das placas e concluir que a placa Fig. 10c possuem radículas maiores, ou seja mesmo que a placa Fig. 10c não tenha a maior taxa de germinação, foi a placa que teve o maior crescimento da radícula. Seguindo o mesmo raciocínio e comparando as placas dentro da mesma faixa de salinidade tem-se que para 4,01 dS/m a que teve maior crescimento da radícula foi a placa Fig. 10f (90% de germinação) quando comparada com as placas Fig. 10e (70% de germinação), Fig. 10g (80% de germinação) e Fig. 10h (70% de germinação). No caso da faixa de 4,32 dS/m, a placa Fig. 10i (90% de germinação) apresenta os melhores resultados em relação ao crescimento da radícula comparada com as placas Fig. 10j (60% de germinação), Fig. 10k (50% de germinação) e Fig. 10l (30% de germinação).

Figura 10 – Germinação nas placas após 48h.



Em (a) 1, 42 dS/m e 0 T; (b) 1, 42 dS/m e 0,1 T; (c) 1, 42 dS/m e 0, 14 T; (d) 1, 42 dS/m e 0, 45 T; (e) 4, 01 dS/m e 0 T; (f) 4, 01 dS/m e 0, 1 T; (g) 4, 01 dS/m e 0, 14 T; (h) 4, 01 dS/m e 0, 45 T; (i) 4, 32 dS/m e 0 T; (j) 4, 32 dS/m e 0, 1 T; (k) 4, 32 dS/m e 0, 14 T; (l) 4, 32 dS/m e 0, 45 T.

Fonte: O autor (2023).

5.1.1 Análise da germinação nas 72h horas após o início do experimento.

Após 72 horas, como pode ser visto na Tabela 3, observou-se que 100% das sementes nas placas 1, 2, 4, 5, 9 e 12 haviam germinado.

Observa-se na Tabela 3 a progressão da germinação das sementes de 48 h para 72 h, as placas que atingiram 100% foram 1, 2, 4, 5, 9 e 12, as placas que atingiram 90% foram 3, 6, 7 e 8 e as placas 10 e 11 atingiram os níveis mais baixos de germinação 80% e 60% respectivamente. Essa evolução durante o processo germinativo pode ser observada de maneira mais clara na Figura 11.

Tabela 3 – Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h, 48 h e 72 h).

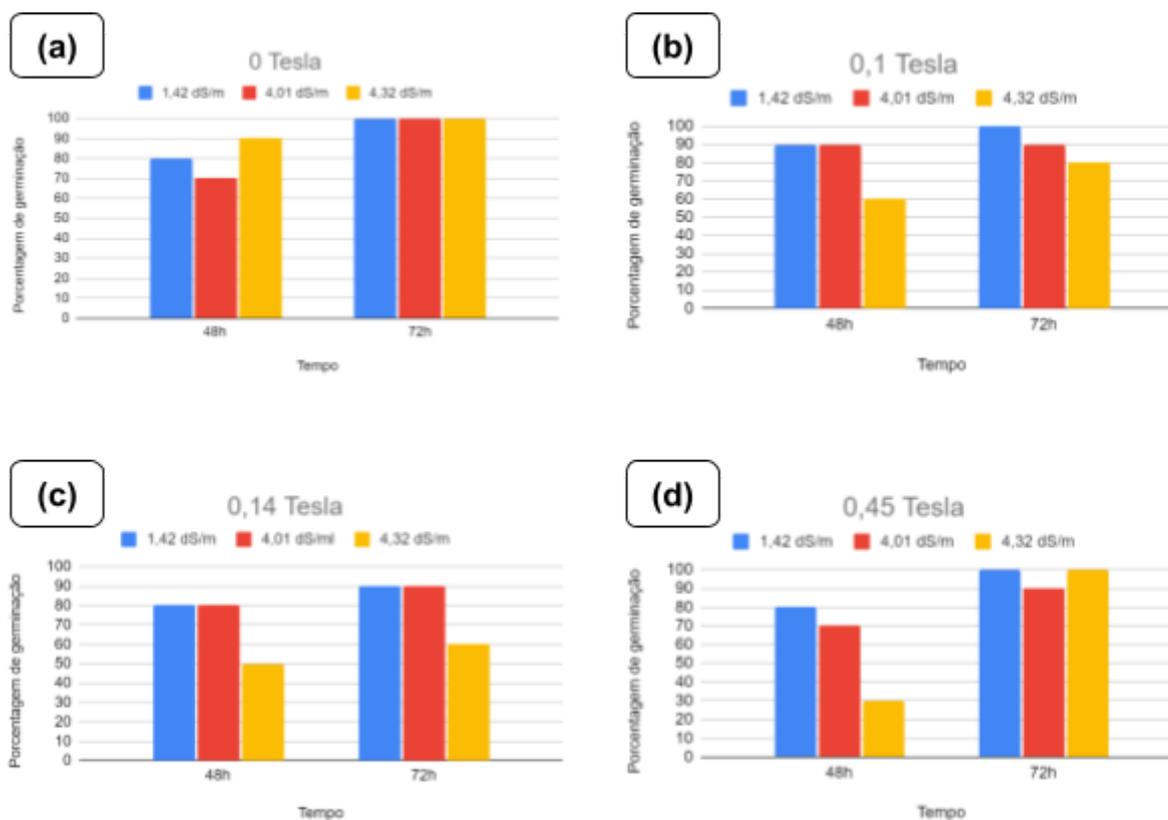
Campo magnético (<i>T</i>)	Condutividade <i>dS/m</i>	Placas	24 h (%)	48 h (%)	72 h (%)
0 <i>T</i>	1, 42	1	-	80	100
0, 1 <i>T</i>	1, 42	2	-	90	100
0, 14 <i>T</i>	1, 42	3	-	80	90
0, 45 <i>T</i>	1, 42	4	-	80	100
0 <i>T</i>	4, 01	5	-	70	100
0, 1 <i>T</i>	4, 01	6	-	90	90
0, 14 <i>T</i>	4, 01	7	-	80	90
0, 45 <i>T</i>	4, 01	8	-	70	90
0 <i>T</i>	4, 32	9	-	90	100
0, 1 <i>T</i>	4, 32	10	-	60	80
0, 14 <i>T</i>	4, 32	11	-	50	60
0, 45 <i>T</i>	4, 32	12	-	30	100

Fonte: O Autor (2023).

Analisando os resultados para as 72 h, na Fig. 11a, é possível observar a variação da concentração de salinidade sem a aplicação de campo magnético, e verificou-se uma germinação de 100% nas placas. Na Fig 11b, ao aplicar um campo magnético de 0, 1 T, apenas nas concentrações de sais de 1, 42 dS/m e 4, 01 dS/m chegou-se a uma taxa de germinação 100% e 90% respectivamente, na concentração de 4, 32 dS/m a taxa de germinação diminuiu para 80%, demonstrando um efeito negativo da ação do campo magnético. Na Fig. 11c, quando a aplicação do campo magnético foi de 0, 14 T, mesmo após 72 horas, verificou-se a menor taxa de germinação, e quando a concentração salina foi de 4, 32 dS/m, a germinação foi de apenas 60%. Nas demais concentrações, a taxa de germinação foi de 90%. Na Figura Fig. 11d, mostra os resultados da aplicação do campo magnético de 0, 45 T, as sementes regadas com água na concentração de 4, 32 dS/m também conseguiram atingir 100% da germinação após às 72 horas. Assim, nesse grupo, todas as placas tiveram germinação superior a 90% após 72 horas.

Os resultados obtidos na Fig. 11d mostram que de um modo geral (germinação após as 72 h) a aplicação contínua do campo magnético de alta intensidade (0,45 T) conseguiu aumentar a taxa de germinação com o aumento da salinidade, ou seja, não houve diferença entre a taxa de germinação do grupo controle (100%) e do grupo tratado (100%). Diferentemente do que aponta a literatura (GARCÍA et al., 2005; HINCAPIÉ; OSORIO; LÓPEZ, 2010; DZIWULSKAHUNEK et al., 2009), a exposição contínua do campo magnético e de altas intensidades para as sementes de *M. tenuiflora* não foi prejudicial às germinações após 72 h. Porém vale ressaltar que, neste trabalho foi realizado o estudo dos possíveis efeitos causados pelas baixas intensidades de campo magnético em conjunto com a salinidade, diferente dos trabalhos encontrados na literatura.

Figura 11 – Os gráficos representam uma comparação da taxa de germinação por salinidade e intensidade de campo magnético após 48 h e 72 h do início do experimento.

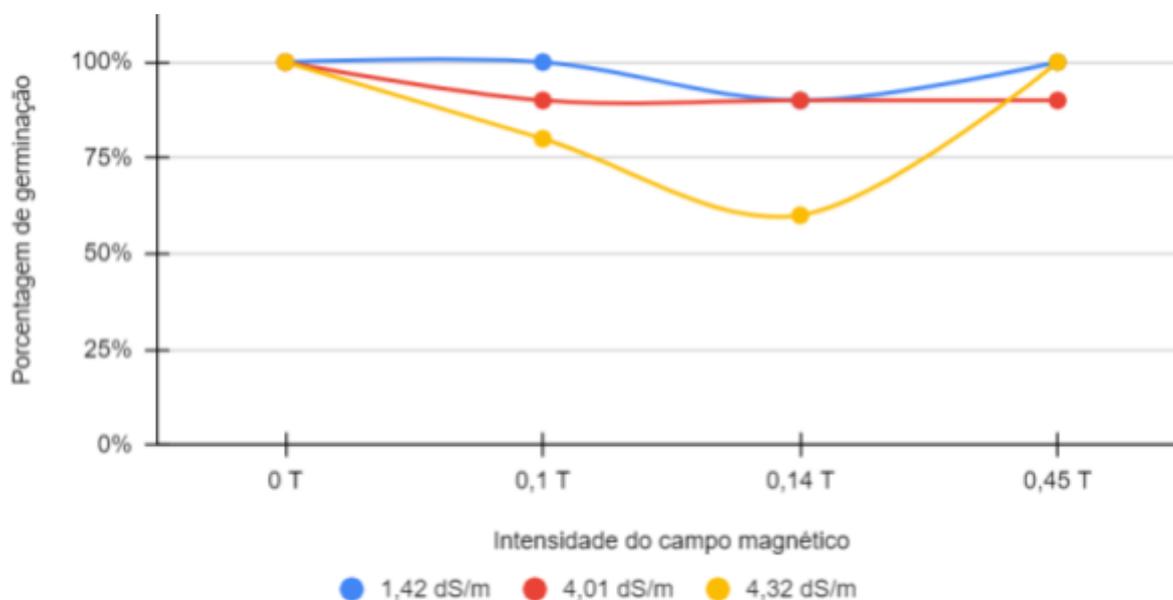


Fonte: O autor (2023).

Pode-se observar na Figura 12 que, aparentemente após 72 h do início do experimento a maioria das placas (10 placas) atingiram mais de 90% de germinação, aparentemente não

houve prejuízo ao se adicionar sais e trabalhar com campos magnéticos mais intensos, porém como já foi mencionado anteriormente o prejuízo se deve ao retardo no crescimento observado nas primeiras 48 h. Pode-se analisar os efeitos do atraso no desenvolvimento observando a Figura 13.

Figura 12 – Taxa de germinação (60%, 80%, 90% e 100%) e a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) por nível de condutividade elétrica, cor azul (1, 42 dS/m), cor vermelha (4, 01 dS/m) e cor amarela (4, 32 dS/m), após 72 h.

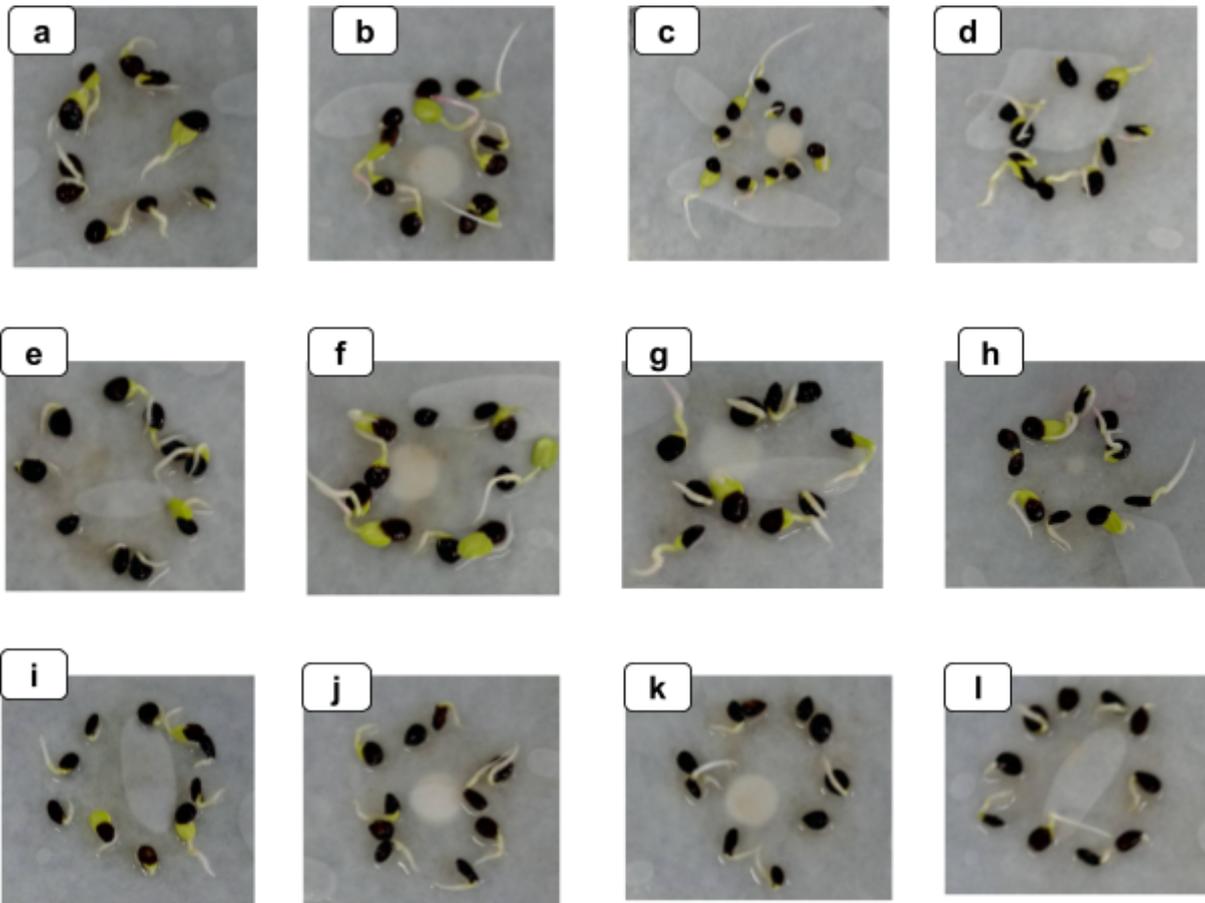


Fonte: O Autor (2023).

Na Figura 13, pode-se comparar e atestar o fato importante das plântulas que tiveram uma maior taxa de germinação nas primeiras 48 h, tiveram um maior desenvolvimento da radícula comparando Figura 10.

Após 72 horas do experimento, procedeu-se à medição dos comprimentos das radículas. Para esse procedimento, foram escolhidas aleatoriamente 5 amostras de cada uma das placas, que foram fixadas com fita adesiva em uma folha de papel A4 e, em seguida, medidas com o auxílio de um paquímetro. Os valores dos comprimentos das radículas foram registrados e a média foi calculada para cada placa, conforme expresso na Tabela 4.

Figura 13 – Germinação nas placas após 72h.



Em (a) 1, 42 dS/m e 0 T; (b) 1, 42 dS/m e 0,1 T; (c) 1, 42 dS/m e 0, 14 T; (d) 1, 42 dS/m e 0, 45 T; (e) 4, 01 dS/m e 0 T; (f) 4, 01 dS/m e 0, 1 T; (g) 4, 01 dS/m e 0, 14 T; (h) 4, 01 dS/m e 0, 45 T; (i) 4, 32 dS/m e 0 T; (j) 4, 32 dS/m e 0, 1 T; (k) 4, 32 dS/m e 0, 14 T; (l) 4, 32 dS/m e 0, 45 T. Embora a germinação tenha atingido 100% nas placas (a), (b), (d), (e), (i) e (l), depois de 72 h, o desenvolvimento do embrião não foi uniforme.

Fonte: O Autor (2023).

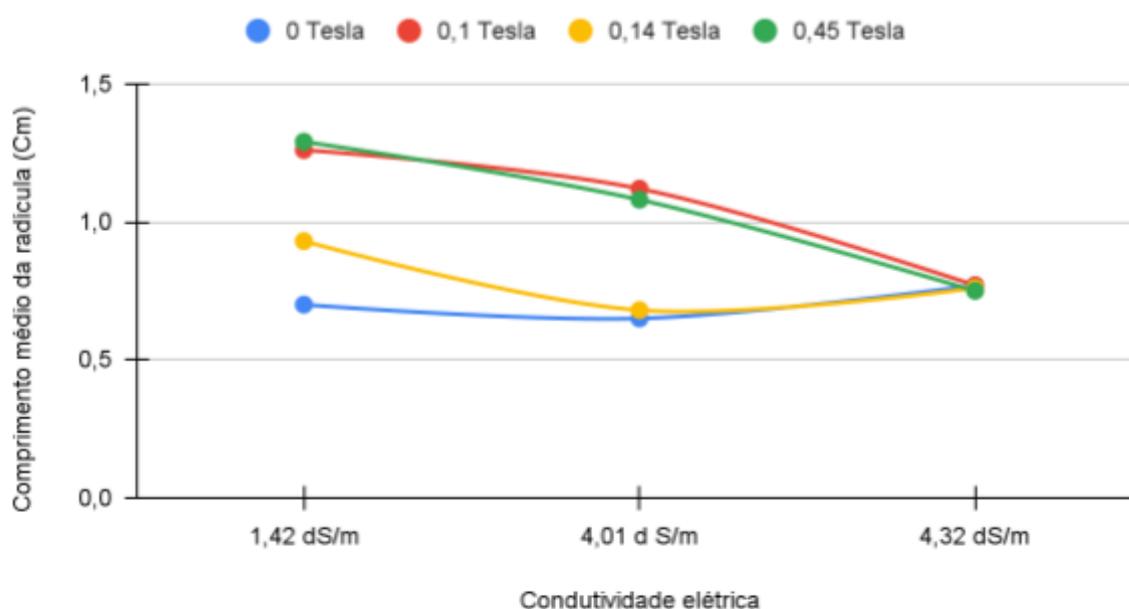
Observa-se na Figura 14, o comportamento médio da radícula para o fim do experimento (após as 72 h), para baixos níveis de salinidade o comprimento médio da radícula alcança valores maiores. Porém, à medida que a salinidade vai aumentando os valores médios das radículas tendem a um ponto em comum.

Tabela 4 – Comprimento da radícula em relação a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 1 T, 0, 14 T e 0, 45 T) e o grau de condutividade elétrica da água (1, 42 dS/m, 4, 01 dS/m e 4, 32 dS/m) no final do experimento.

Campo magnético (T)	1, 42 dS/m	4, 01 dS/m	4, 32 dS/m
0 T	0, 7	0, 65	0, 77
0, 1 T	1, 26	1, 12	0, 77
0, 14 T	0, 93	0, 68	0, 76
0, 45 T	1, 29	1, 08	0, 75

Fonte: O Autor (2023).

Figura 14 – Comprimento médio da radícula para cada nível de salinidade e de intensidade do campo magnético para o fim da primeira etapa do experimento.



Fonte: O Autor (2023).

5.2 Segunda etapa do experimento

Na segunda etapa do experimento, a metodologia foi ligeiramente modificada, colocandose 40 sementes em cada placa e aumentando a condutividade elétrica (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m), variando as intensidades de campos magnéticos (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) e analisando o experimento até a fase de plântula.

5.2.1 Análise da germinação nas primeiras 48h

Após 48 horas do início do experimento, como pode-se observar na Tabela 5, verificou-se que já haviam sementes germinadas em quase todas as placas, considerando as seguintes taxas de germinação: foram 30, 7% na placa 1, 30% na placa 4, 21, 9% na placa 5, 20% na placa 2, 10% nas placas 3, 6 e 8 e 2, 5% na placa 10 . As placas 7, 9, 11 e 12 tiveram taxa de germinação de 0%. As maiores porcentagens de germinação foram registradas nas placas com condutividade elétrica de 8, 86 dS/m.

Tabela 5 – Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h e 48 h).

Campo magnético (<i>T</i>)	Condutividade (<i>dS/m</i>)	Placas	24 h (%)	48 h (%)
0 <i>T</i>	8, 86	1	-	30, 7
0, 18 <i>T</i>	8, 86	2	-	20
0, 24 <i>T</i>	8, 86	3	-	10
0, 45 <i>T</i>	8, 86	4	-	30
0 <i>T</i>	13, 78	5	-	21, 9
0, 18 <i>T</i>	13, 78	6	-	10
0, 24 <i>T</i>	13, 78	7	-	-
0, 45 <i>T</i>	13, 78	8	-	10
0 <i>T</i>	18, 41	9	-	-
0, 18 <i>T</i>	18, 41	10	-	2, 5
0, 24 <i>T</i>	18, 41	11	-	-
0, 45 <i>T</i>	18, 41	12	-	-

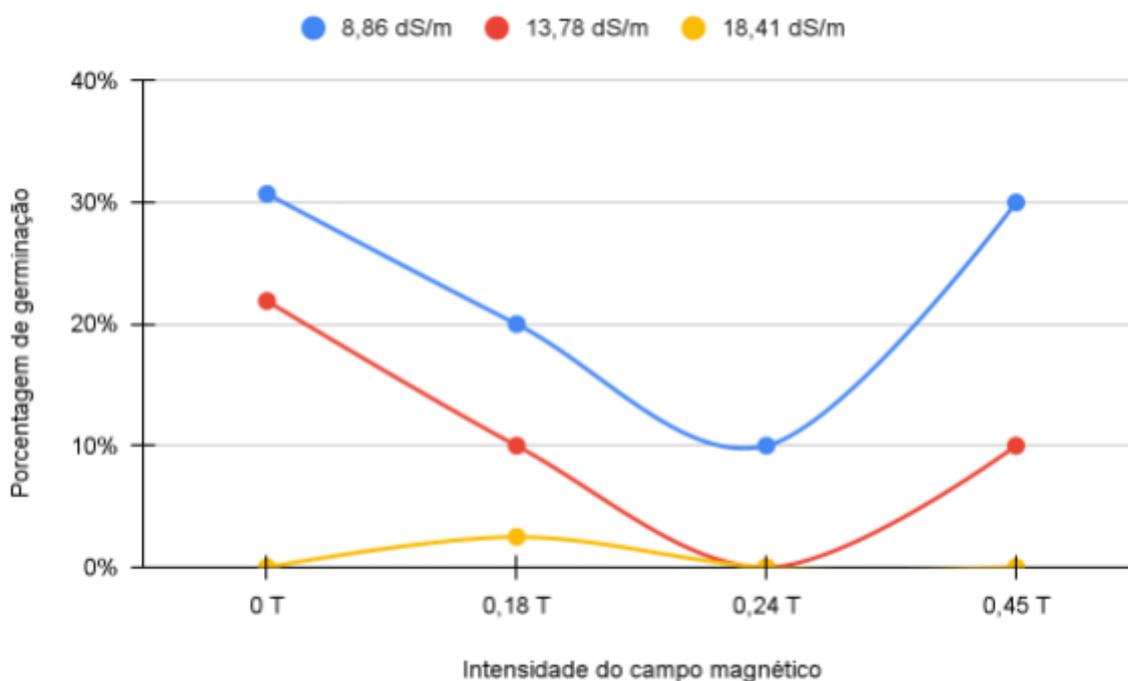
Fonte: O Autor (2023).

Na Tabela 5, é possível notar que a relação entre o aumento na condutividade elétrica e a subsequente concentração de sais resulta em uma diminuição acentuada na taxa de germinação. Essa característica também foi observada em outras espécies, como relatado por Freitas et al. (2010), indicando que o aumento da salinidade reduz a atividade germinativa. Especificamente, no caso da condutividade de 8, 86 dS/m, combinada ao aumento na intensidade do campo magnético resultou curiosamente em uma taxa de germinação semelhante ao grupo controle, contradizendo o fato de que campos magnéticos intensos

apresentam o pior resultado. Esses resultados podem ser contrastados com os obtidos por Ureta-Leones et al. (2021), onde apenas campos de baixa intensidade (até 0,05 T) receberam respostas positivas em relação à porcentagem de germinação, indicando que é possível que campos magnéticos intensos, aliados a um nível razoável de salinidade, podem trazer efeitos positivos.

Além disso, considerando o tempo de exposição, apenas curtos períodos (3 a 12 minutos) com alta intensidade de campo magnético (0,25 a 0,5 T) produziram efeitos positivos segundo Dziergowska et al. (2021), esse fator deve ser levado em consideração em experimentos futuros na tentativa de maximizar os resultados dos campos de maior intensidade. Outro fator interessante é que, na maior concentração de sais (18,41 dS/m), a germinação só ocorreu na intensidade de campo magnético de 0,18 T (Fig. 15), que apesar de estar fora dos padrões satisfatórios de campo magnético segundo Ureta-Leones et al. (2021), ainda é considerada uma baixa intensidade de campo, indicando que baixos níveis de magnetismo podem auxiliar na absorção de água, mesmo em meio de alta salinidade, pela semente.

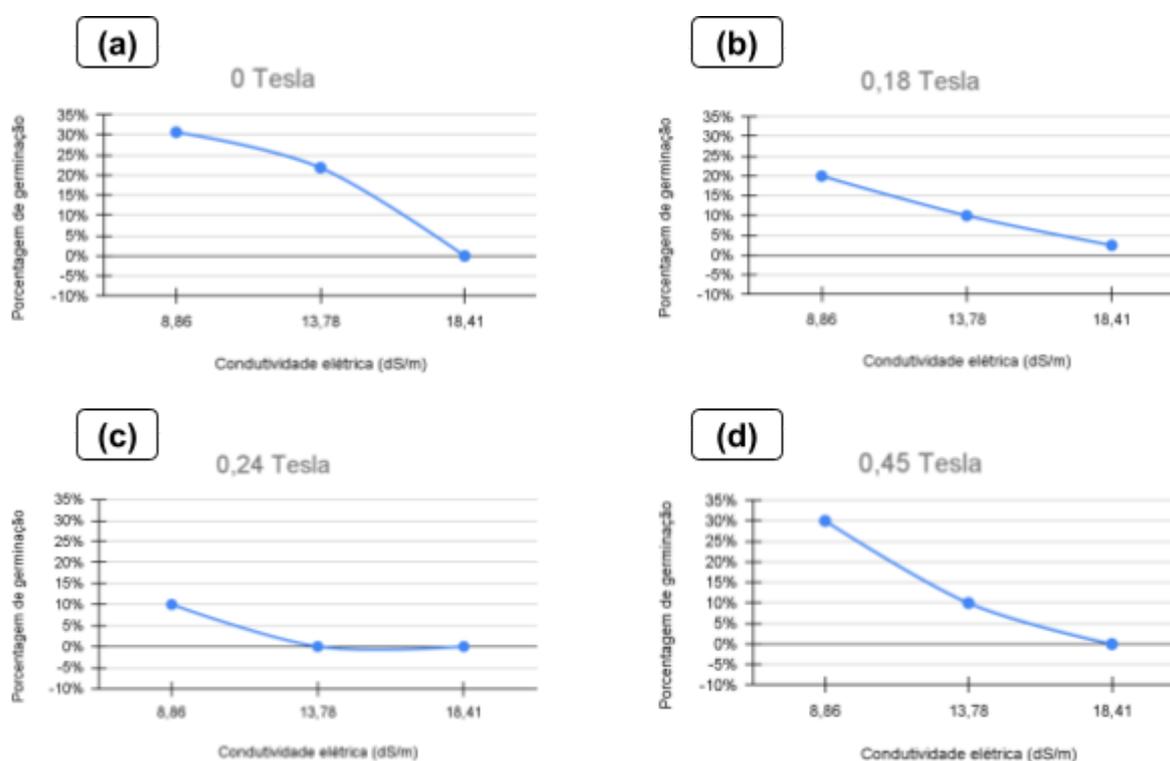
Figura 15 – Comparação entre a taxa de germinação e a intensidade do campo magnético por nível de condutividade elétrica após 48 h do início do experimento.



Fonte: O Autor (2023).

Depois de 48 h, nas condutividades de 8, 86 dS/m (linha azul) e 13, 78 dS/m (linha vermelha) a taxa de germinação diminui à medida que aumenta-se a intensidade do campo magnético (até 0, 24 T), porém consegue recuperar-se até certo ponto, considerando que quando a intensidade do campo magnético é de 0, 45 T, chega a se igualar a porcentagem de germinação de a 0 T no caso de 8, 86 dS/m, e demonstrando ainda, a ocorrência de um efeito singular nas proximidades do campo de 0, 24 T.

Figura 16 – Comportamento da germinação em relação aos níveis de campo magnético (0 T (a), 0, 18 T (b), 0, 24 T (c) e 0, 45 T (d)) e salinidade (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m).



Fonte: O Autor (2023).

Em relação ao aumento da salinidade, como pode ser observado na Figura 16, a curva sempre é decrescente, indicando que o aumento da condutividade elétrica leva a diminuição da taxa de germinação, fazendo com que em alguns casos ela seja nula, mesmo nos casos em que há aplicação do campo magnético. Ao observar os gráficos percebe-se que sob intensidade de campo 0, 24 T (Fig. 16c) a ação negativa da salinidade é acentuada, uma vez que a taxa de germinação em uma condutividade elétrica de 8, 86 dS/m, é de apenas 10%, a mais baixa se comparada com as demais intensidades de campo magnética. Nota-se que deve existir alguma anomalia ocorrendo na faixa de intensidade de 0, 24 T. Contudo, para

confirmar essa hipótese é necessário mais estudos com frações de intensidades próximas a 0, 24 T.

5.2.2 Análise da germinação nas 72h horas após o início do experimento.

Após 72 horas, como é possível observar na Tabela 6, as maiores taxas de germinação ocorreram na condutividade elétrica de 8, 86 dS/m, com porcentagem de germinação entre 80% e 90%, nas placas 1 e 3, com campos magnéticos de 0 T e 0, 24 T, respectivamente, nas placas 2 e 4 a taxa de germinação foi de 72, 5% e 75%, respectivamente (com campos magnéticos de 0, 18 T e 0, 45 T). 40

Tabela 6 – Intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) relacionada ao grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m) por placa e dia de germinação (24 h, 48 h e 72 h).

Campo magnético (<i>T</i>)	Condutividade <i>dS/m</i>	Placas	24 <i>h</i> (%)	48 <i>h</i> (%)	72 <i>h</i> (%)
0 <i>T</i>	8, 86	1	-	30, 7	84, 6
0, 18 <i>T</i>	8, 86	2	-	20	72, 5
0, 24 <i>T</i>	8, 86	3	-	10	82, 5
0, 45 <i>T</i>	8, 86	4	-	30	75
0 <i>T</i>	13, 78	5	-	21, 9	53
0, 18 <i>T</i>	13, 78	6	-	10	57, 5
0, 24 <i>T</i>	13, 78	7	-	-	22, 5
0, 45 <i>T</i>	13, 78	8	-	10	52, 5
0 <i>T</i>	18, 41	9	-	-	5
0, 18 <i>T</i>	18, 41	10	-	2, 5	5
0, 24 <i>T</i>	18, 41	11	-	-	-
0, 45 <i>T</i>	18, 41	12	-	-	7, 5

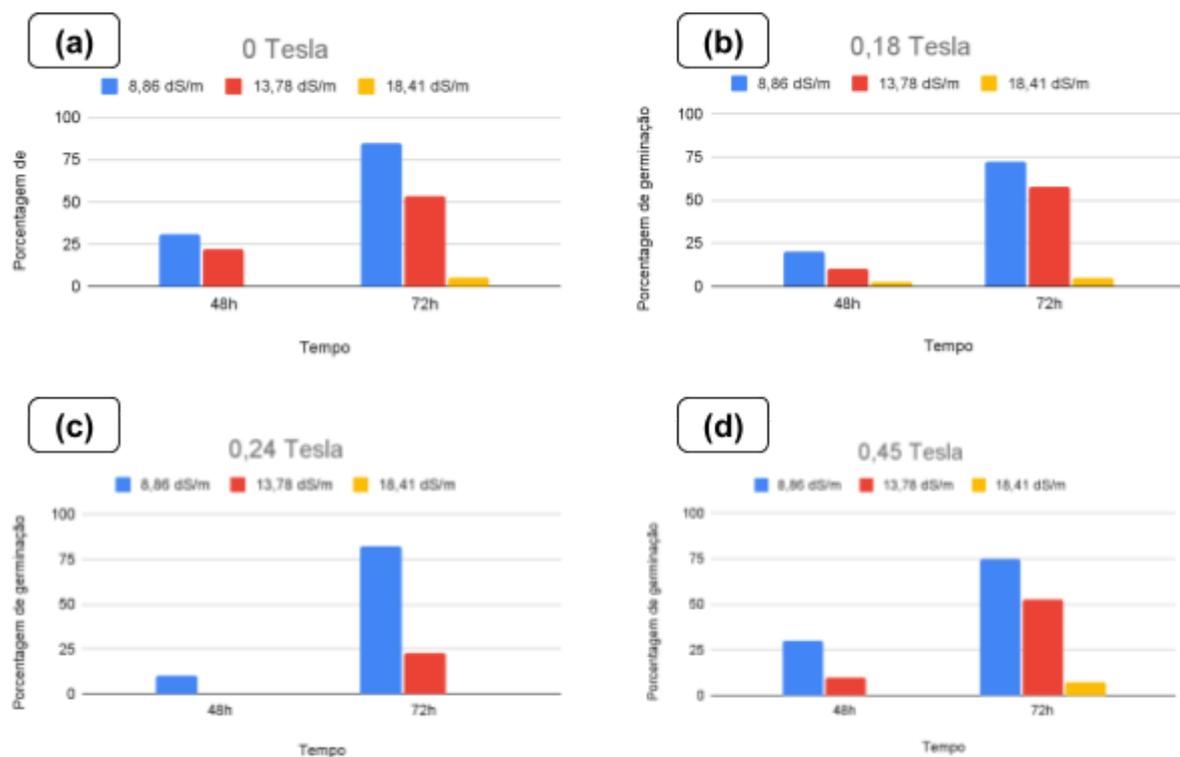
Fonte: O Autor (2023).

Observa-se na Tabela 6, a progressão da germinação das sementes de 48 h para 72 h, as placas que atingiram entre 80% e 90% foram 1 e 3 e as demais placas atingiram menos de 80% de germinação. As placas com os níveis mais baixos de germinação, foram as com

maior teor de salinidade (18, 41 dS/m), como já era esperado. Essa evolução durante o processo germinativo pode ser observada de maneira mais clara na Figura 17.

Em uma observação mais cautelosa dos gráficos presentes na Figura 17, verifica-se que após 72 h, nas placas com condutividade elétrica de 8, 86 dS/m a taxa de germinação aumenta de maneira vertiginosa. Tal fato indica que o aumento da salinidade causa um retardamento no processo germinativo, mas não sua inibição, tal fator deve-se à demora para a semente absorver a quantidade de água necessária para iniciar as atividades fisiológicas que levarão a protrusão da radícula. Devido ao atraso no início da germinação, as etapas de desenvolvimento das plântulas sofreram influência significativa, levando a uma diferenciação entre as que germinaram primeiro (após 48 h) e as que germinaram depois (após 72 h).

Figura 17 – Os gráficos representam uma comparação da taxa de germinação por salinidade e intensidade de campo magnético após 48 h e 72 h do início do experimento.

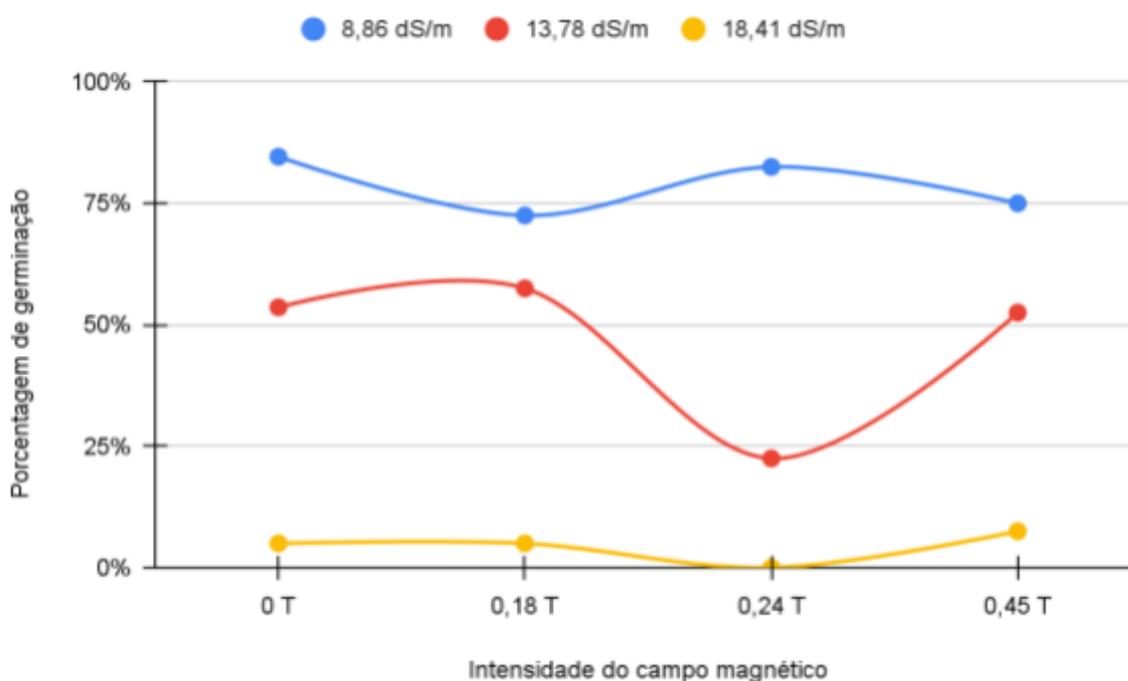


Fonte: O autor (2023).

Pode-se observar na Figura 18 que aparentemente após as 72 h do início do experimento apenas as placas submetidas a condutividade elétrica de 8, 86 dS/m atingiram mais de 70% de germinação. Na salinidade de 13, 78 dS/m, a taxa de germinação é inferior a 55%, e nos casos em que salinidade é de 18, 41 dS/m a taxa de germinação é igual ou inferior

a 7, 5%, chegando a registrar valores nulos. Pode-se observar que houve prejuízo ao se adicionar sais e trabalhar com campos magnéticos mais intensos. Como já foi mencionado anteriormente, o prejuízo nos casos de baixas concentrações de sais se deve ao retardo no crescimento observado nas primeiras 48h. Pode-se analisar os efeitos do atraso no desenvolvimento observando a Tabela 7 e a Tabela 8.

Figura 18 – Figura comparativa entre a taxa de germinação e a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) por nível de condutividade elétrica, cor azul (8, 86 dS/m), cor vermelha (13, 78 dS/m) e cor amarela (18, 41 dS/m), após 72 h.



Fonte: O autor (2023).

Pode-se verificar na Tabela 7, que à medida que a concentração de sais aumenta o comprimento da radícula diminui (ao comparar a mesma intensidade de campo magnético). Porém dentro da concentração de sais de 8, 86 dS/m o aumento na intensidade do campo magnético (0, 45 T) ocasionou um crescimento de 12, 4% em relação ao controle (0 T). Fato similar acontece com a concentração de 18, 41 dS/m, em que ocorre um aumento de 8% em relação ao controle (0 T). Nesse ponto existe uma divergência com a literatura, que demonstra que altas intensidades de campo magnético não teriam efeito sobre as plantas, desconsiderando os níveis de salinidade, como demonstrou o trabalho realizado por Pérez et

al. (2011), em que as raízes das plantas de pepino que receberam campo magnético baixo (0, 05-0, 07 T) apresentaram um comprimento maior. Podlesny et al. (2005) também observaram que as baixas intensidades do campo magnético (0, 085 T), propiciaram um maior comprimento da radícula das plantas de ervilha.

Tabela 7 – Comprimento da radícula em relação a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) e o grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m).

Campo magnético (<i>T</i>)	8, 86 dS/m	13, 78 dS/m	18, 41 dS/m
0 <i>T</i>	1, 21	1, 10	0, 48
0, 18 <i>T</i>	1, 19	0, 82	0, 51
0, 24 <i>T</i>	1, 20	1, 09	0, 38
0, 45 <i>T</i>	1, 36	0, 95	0, 52

Fonte: O Autor (2023).

Tabela 8 – Comprimento do hipocótilo em relação a intensidade do campo magnético (0 T, 0, 18 T, 0, 24 T e 0, 45 T) e o grau de condutividade elétrica da água (8, 86 dS/m, 13, 78 dS/m e 18, 41 dS/m).

Campo magnético (<i>T</i>)	8, 86 dS/m	13, 78 dS/m	18, 41 dS/m
0 <i>T</i>	1, 52	1, 24	0, 49
0, 18 <i>T</i>	1, 48	1, 26	0, 43
0, 24 <i>T</i>	1, 66	1, 00	0, 28
0, 45 <i>T</i>	2, 04	1, 30	0, 47

Fonte: O Autor (2023).

Ao comparar-se as médias de comprimento do hipocótilo (Tabela 8), nota-se que existe a mesma similaridade descrita em relação a radícula, em que à medida que a salinidade aumenta, o tamanho diminui. Em contrapartida, à medida que aumenta-se a intensidade do campo magnético, em uma mesma concentração de salinidade (8, 86 dS/m e 13, 78 dS/m) pode haver um aumento no comprimento do hipocótilo em relação ao controle. A diferença

entre os resultados obtidos para as diferentes partes da plântula (radícula e hipocótilo), pode justificar-se pelo fato das constituições anatômicas e fisiológicas entre ambas serem diferentes (RAVEN PETER H.; EVERT, 1996).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições deste experimento: 1) Na primeira etapa do experimento nas primeiras 48 h a exposição contínua do campo magnético na intensidade de 0, 1 T conseguiu atingir 90% de germinação em comparação com o controle que teve 80% para as salinidades de 1, 42 dS/m e 4, 01 dS/m e na concentração de 4, 32 dS/m as taxas de germinação diminuíram a medida que o campo aumentou. 2) O comprimento da radícula para a salinidade de 1, 42 dS/m obteve comprimentos maiores à medida que o campo magnético aumentou. 3) Na segunda etapa do experimento nas primeiras 48 h a exposição contínua do campo magnético na intensidade de 0, 1 T e 0, 45 T conseguiram atingir 10% de germinação em comparação com o controle que teve 0% para a salinidade de 13, 78 dS/m e na concentração de 18, 41 dS/m apenas as sementes expostas ao campo de 0, 1 T germinaram na taxa de 2, 5%. 4) Na mesma faixa de salinidade de 8, 86 dS/m com o aumento de intensidade de campo a radícula e o hipocótilo alcançam comprimentos maiores. Demonstrando que a aplicação do campo magnético influencia na taxa de germinação e na fisiologia das plântulas.

6.1 Continuidade da pesquisa

Por apresentar uma escassez de trabalhos que correlacionem a interação do campo magnético nos vegetais em diferentes intensidades de salinidade, o presente trabalho poderia dar continuidade a diversas investigações futuras, dentre elas:

1. Investigar a influência da salinidade na presença dos campos magnéticos sobre as sementes de *Mimosa tenuiflora* em um ambiente controlado;
2. A aplicação da mesma metodologia utilizada neste estudo, para investigar a interação molecular nas sementes de *Mimosa tenuiflora*;
3. Investigação do perfil bioquímico das sementes de *Mimosa tenuiflora* nas mesmas condições apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABDO, M.; FABRI, E. G. Transferência de tecnologia: guia prático para quebra de dormência de sementes de espécies florestais nativas. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 1–7, 2015.
- ARAUJO, M. d. S.; ANDRADE, G. d. C. Métodos para superar a dormência tegumentar em sementes de jurema-preta (*Mimosa hostilis* benth.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 6/7, p. 26-32, jun./dez. 1983., 1983..
- BAKKE, I. A. et al. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (willd.) poir seed germination. **Revista Caatinga**, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, v. 19, n. 3, p. 261–267, 2006.
- BEZERRA, D. A. et al. Atividade biológica da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (wild) poir.) sobre *Staphylococcus aureus* isolado de casos de mastite bovina. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, SciELO Brasil, v. 19, p. 814–817, 2009.
- CAMARGO-RICALDE, S. L. Descrição, distribuição, anatomia, composição química e usos de *Mimosa tenuiflora* (fabaceae-mimosoideae) no México. **Revista de Biologia Tropical**, San Jose, Costa Rica, v. 48, 2000.
- CARBONELL, M. V. et al. Aportaciones sobre el campo magnético: historia e influencia en sistemas biológicos. Intropica: **Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales**, Universidad del Magdalena, v. 12, n. 2, p. 143–159, 2017.
- CARVALHO, P. *Mimosa tenuiflora* jurema preta. **Embrapa**, 2010.
- DIAS, N. et al. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade (salinity effects on plants and tolerance of crops to salinity). **Book Chapter**, p. 151–162, 2016.
- DZIERGOWSKA, K. et al. Soybean Germination Response to Algae Extract and a Static Magnetic Field Treatment. **Applied Sciences**, v. 11, n. 18, p. 8597, set. 2021. ISSN 2076-3417.
- DZIWULSKA-HUNEK, A. et al. Effect of laser and variable magnetic field simulation on amaranth seeds germination. 2009.
- FARIAS, S. G. G. D. et al. Efeitos dos estresses hídrico e salino na germinação de sementes de gliricídia [*Gliricidia sepium* (jacq.) steud.]. **Revista Caatinga**, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, v. 22, n. 4, p. 152–157, 2009.
- FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. d. Vegetação e flora da Caatinga. [S.l.]: **Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, 2018. v. 70. 51–56 p.
- FILHO, J. M. P. et al. Efeito da altura de corte no controle da jurema-preta [*Mimosa tenuiflora* (wild) poir.]. **Revista Caatinga**, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, v. 23, n. 2, p. 51–58, 2010.

FILHO, W. F. M. et al. Quebra da dormência de sementes utilizando campo magnético dc. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2018.

FREITAS, R. M. O. de et al. Efeito da irrigação com água salina na emergência e crescimento inicial de plântulas de jucá. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 54–58, 2010.

GARCÍA, M. F. et al. Influencia de campos magneticos estacionarios de 125mt y 250 mt en la germinacion de semillas de girasol. **Ingenieria de Recursos Naturales y del Ambiente**, Universidad del Valle, n. 3, p. 34–39, 2005.

GAUJAC, A. Estudos sobre o psicoativo n, n-dimetiltriptamina (dmt) em *Mimosa tenuiflora* (willd.) poir e em bebidas consumidas em contexto religioso. 2013.

GILBERT, G. **De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure; Physiologia nova, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata.** [S.l.]: Petrus Short, 1967.

GOODMAN, R. et al. Exposure of human cells to low-frequency electromagnetic fields results in quantitative changes in transcripts. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Gene Structure and Expression**, v. 1009, n. 3, p. 216–220, dez. 1989. ISSN 01674781.

HAAGMANS R., B. R. R. H. Swarm: Esa's magnetic field mission. **European Space Agency**, v. 2. ed, 2013.

HEWITT, P. G. **Física conceitual.** [S.l.]: Bookman Editora, 2023.

HINCAPIÉ, E. A.; OSORIO, J. T.; LÓPEZ, L. B. Efecto del campo magnetico sobre la germinacion de la *Leucaena leucocephala*. **Scientia et technica**, Universidad Tecnológica de Pereira, v. 16, n. 44, p. 337–341, 2010.

JR, E. C. et al. O vento solar e a atividade geomagnética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 33, p. 4301–4301, 2011.

JUDD, W. S. et al. **Sistemática Vegetal:- Um Enfoque Filogenético.** [S.l.]: Artmed Editora, 2009.

KAUR, H.; SINGH, G. Studies on potential of magnetic field applications for sustainable agriculture. In: IOP PUBLISHING. **Journal of Physics: Conference Series.** [S.l.], 2022. v. 2267, n. 1, p. 012075.

KOV, E. E.; RODIONOV, Y. A. Initial growth processes in seeds in magnetic fields, strengthened or weakened in relation to the geomagnetic field. **Biology Bulletin**, Springer, v. 37, p. 49–55, 2010. Citado na página 18.

MAIA-SILVA, C. et al. Guia de plantas: visitadas por abelhas na caatinga. 2012.

MATWIJCZUK, A.; KORNARZYNSKI, K.; PIETRUSZEWSKI, S. Effect of magnetic field on seed germination and seedling growth of sunflower. **International Agrophysics**, Polska Akademia Nauk. Instytut Agrofizyki PAN, v. 26, n. 3, 2012. Citado na página 28.

MEDEIROS, R. et al. Teratogenicity of *Mimosa tenuiflora* seeds to pregnant rats. **Toxicon**, Elsevier, v. 51, n. 2, p. 316–319, 2008.

MONTOYA, J. E. Z.; OSPINA, G. M. Ação de um campo magnético em uma cultura aerada de *Saccharomyces cerevisiae*. 2005.

NETO, O. N. de S. et al. Utilização do rejeito da dessalinização da água na produção de mudas de espécies da caatinga. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 123–129, 2011.

NOVÁK, J.; VÁLEK, L. Attempt at demonstrating the effect of a weak magnetic field on *taraxacum officinale*. **Biologia plantarum**, Springer, v. 7, n. 6, p. 469–471, 1965.

OLIVEIRA, E. d. et al. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (willd.) poir. **Revista árvore**, SciELO Brasil, v. 30, p. 311–318, 2006.

PÉREZ, R. d. l. A. Q. et al. Efecto del agua tratada con campo magnético estático sobre meloidogyne spp. en *Cucumis sativus* en condiciones de cultivo protegido. **Centro Agrícola**, v. 38, n. 4, p. 83–87, 2011.

PIETRUSZEWSKI, S.; KORNARZYNSKI, K. Emagnetic biostimulation of wheat seeds. **International Agrophysics**, n. 4, p. 497–501, 1999.

PIMENTEL, L. e. a. et al. *Mimosa tenuiflora* as a cause of malformations in ruminants in the northeastern brazilian semiarid rangelands. **Veterinary pathology**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 44, n. 6, p. 928–931, 2007.

PODLESNY, J. et al. Concentration of free radicals in pea seeds after pre-sowing treatment with magnetic field. **International Agrophysics**, -, v. 19, n. 3, p. 243–249, 2005.

RAPÔSO, N. V. de M. et al. Influencia de campos magnéticos sobre el establecimiento in vitro de embriones cigóticos de *Adenanthera pavinina* l. **Biotecnología Vegetal**, v. 13, n. 3, 2013.

RAVEN PETER H.; EVERT, R. F. E. S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,, 1996.

SANTISTEBAN, R. M. et al. Análises melissopalínológicas, físico-químicas, atividade antirradicalar e perfil químico por uplc-dad-qtof-ms/ms dos méis de *Frieseomelitta doederleini* (abelha branca): comparação com os fenólicos presentes nas flores de *Mimosa tenuiflora* (jurema preta). **Química Nova**, SciELO Brasil, v. 42, p. 874–884, 2019.

SANTOS, J. R. S. d.; DANTAS, A. F.; RIET-CORREA, F. Malformações, abortos e mortalidade embrionária em ovinos causada pela ingestão de *Mimosa tenuiflora* (leguminosae). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, SciELO Brasil, v. 32, p. 1103–1106, 2012.

SANTOS, R. F. et al. Propriedades antimicrobianas de extratos da casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (wild.) poir.) antimicrobial properties of jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (wild.) poir.) pear extracts. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16915–16930, 2022.

SANTOS-SILVA, J.; FRAGOMENI, S. M.; TOZZI, A. M. G. d. A. Revisão taxonômica das espécies de *Mimosa* ser. *leiocarpae* sensu lato (leguminosae-mimosoideae). **Rodriguésia**, SciELO Brasil, v. 66, p. 95–154, 2015.

SERWAY, R. A.; JR, J. W. J. **Princípios de física-Vol. 3: Eletromagnetismo**. [S.l.]: Cengage Learning, 2023. v. 3.

SILVA, G. P. d. O campo magnético natural terrestre como parâmetro da movimentação oceânica de tartarugas marinhas. Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

SILVA, J. S. **Flora e Funga do Brasil: Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, - Google Acadêmico. 2016. . (Accessed on 17/04/2023).

SILVA, L. B. d. et al. Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* mart. ex benth e *Mimosa tenuiflora* (willd.) poir.(fabaceae-mimosoideae) na caatinga nordestina. **Acta Botanica Brasilica**, SciELO Brasil, v. 25, p. 301–314, 2011.

SOUZA, M. O. d.; SOUZA, C. L. M. d.; PELACANI, C. R. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L.(solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica Brasilica**, SciELO Brasil, v. 25, p. 105–112, 2011.

SOUZA, T. L. V. d. et al. Isolamento parcial, identificação e caracterização de genes de proteínas transportadoras de água (aquaporinas) em *Mimosa tenuiflora* (willd.) poir. Universidade Federal de Campina Grande, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal-6**. [S.l.]: Artmed Editora, 2021.

URETA-LEONES, D. et al. Effect of pre-germination treatment with direct magnetic field exposure: A systematic review and meta-analysis. **European Journal of Forest Research**, Springer, v. 140, p. 1029–1038, 2021.