

QUEBRA DA DORMÊNCIA DE SEMENTES UTILIZANDO CAMPO MAGNÉTICO DC

Windsor Fonseca M. Filho¹, Eloise Cristina de S. R. Garcia²

Resumo: A germinação é o processo de crescimento de uma planta a partir de uma semente, dado certas condições ideais. Entretanto, essa germinação pode não ocorrer devido à dormência, a danos mecânicos severos e/ou, até mesmo por deterioração das sementes. A dormência é um acontecimento essencial para a semente, que elabora um mecanismo natural de resistência a fatores externos imposto pelo meio. Para potencializar a germinação de algumas sementes, são adotados alguns métodos para quebra de dormência com a finalidade de enfraquecer seu tegumento e permitir a absorção de água. Neste contexto, o presente experimento teve como objetivo analisar os efeitos de sementes expostas a um campo magnético estático (DC), verificando assim a viabilidade deste método em relação aos já conhecidos. Foram utilizadas sementes de leucena, que possui uma dormência natural, causada pela impermeabilidade do tegumento à água. Os resultados alcançados foram satisfatórios e demonstram que as sementes expostas ao campo magnético tiveram uma resposta melhor a absorção de água em relação as não expostas. Vale salientar que, todo o processo é dado de forma sustentável, ou seja, onde não há nenhum impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: Germinação. Dormência. Campo magnético.

1. INTRODUÇÃO

A leucena (*Leucaena leucocephala*) é uma leguminosa exótica, originária das Américas, e é encontrada em toda região tropical. Ela possui uma característica natural entre as sementes, a dormência, condição das sementes viáveis que não germinam apesar de lhes serem fornecidas as condições adequadas para germinarem. No caso da Leucena, a dormência é causada pela impermeabilidade do tegumento à água, a qual se denomina semente dura. Essa propriedade é comumente encontrada entre espécies tropicais, sendo encontrada em boa parte das leguminosas. A dormência é dada a partir de uma adaptação da espécie ou condições ambientais que ela se reproduz, podendo ser de muita ou pouca umidade, incidência direta de luz, baixa temperatura, entre outros.

A germinação de uma semente é o processo de retomada do crescimento ativo do eixo embrionário, quando a semente desligada da planta encontra condições adequadas no ambiente, no que diz respeito à água, oxigênio, temperatura e em alguns casos, a luz [1]. A germinação pode não ocorrer devido à dormência, a danos mecânicos severos ou, até mesmo por deterioração das sementes. No caso, a dormência é um acontecimento essencial para a semente, que elabora um mecanismo natural de resistência a fatores externos imposto pelo meio, que podem apresentar dormência no tegumento, dormência no embrião e, também por desequilíbrio de substâncias inibidoras de germinação [2].

Para potencializar a germinação de algumas sementes, são adotados alguns métodos para quebra de dormência tais como: escarificação química, mecânica e estratificação térmica (choque de temperatura), para enfraquecer seu tegumento e permitir a absorção de água [3].

Algumas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de averiguar a relação de campos magnéticos com o processo de crescimento de plantas e sementes, analisando possíveis alterações em suas condições fisiológicas ou até mesmo biológicas. Observou-se que o tratamento de sementes com campos magnéticos, antes de serem cultivadas, trouxe algumas melhorias a saúde e produtividade da planta, como o crescimento das raízes e altura da planta, área foliar e melhora na fase de germinação.

Assim, este trabalho visa, de maneira experimental, utilizar um campo magnético estático para atenuar os efeitos da dormência das sementes de leucena, aumentando sua capacidade de absorver água. Foram feitas medições em laboratório de amostras de sementes imersas em água com e sem influência do campo magnético. Verificou-se melhoras significativas nas amostras de sementes que foram expostas ao campo magnético, onde logo nas primeiras 24 horas foi observado um aumento de peso (devido a entrada de água nas sementes) superior se comparado com a amostra sem a ação de campos magnéticos.

¹ Graduando em Ciência e tecnologia - Universidade Federal Rural do Semi-Árido;

² Professora Dra. - Universidade Federal Rural do Semi-Árido;

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. LEUCENA

A leucena é uma espécie pertencente à família Fabaceae e originária da América Central e amplamente distribuída na região tropical, é também conhecida por “alfafa dos trópicos”, é apontado como uma espécie de grande versatilidade, por suas inúmeras possibilidades de uso. Devido seu sistema radicular ser classificado como profundo, é uma planta resistente a períodos de estiagem e seca, servindo inclusive como opção de alimentação animal nestes períodos [4]. Estando entre as espécies leguminosas, fixadoras de nitrogênio, a leucena têm despontado como alternativa promissora para a recuperação da cobertura vegetal e reabilitação de áreas degradadas [5, 6].



Figura 1. Sementes de Leucena. (Autoria própria)

Com grande potencial para sistemas grossilvicultrais [8] em áreas tropicais, a leucena se destaca devido as seguintes características favoráveis da espécie: rápido crescimento; usos múltiplos e facilidade para consórcio com culturas agrícolas; melhorar o solo; sistema radicular robusto; tolerância à seca e à salinidade; poucos problemas relacionados a pragas e doenças [7].

Esta espécie é encontrada ainda em sistemas agroflorestais, onde a sua madeira é utilizada em várias finalidades, como melhoradora do solo e na alimentação animal, além do mais, é considerada uma espécie versátil, de elevado valor nutricional [9]. Além de forragem de boa qualidade, a leucena produz grande quantidade de sementes viáveis, o que facilita sua propagação em larga escala [10].

A biometria da semente da leucena promove a antecipação e reconhecimento da variabilidade genética da espécie, podendo promover melhoramento genético através de suas características fenotípicas. Para a formação de novas áreas de pastagens que incluam a leucena, a qualidade das sementes é fundamental, ressaltando a importância do desenvolvimento e aprimoramento de testes que permitam a avaliação da qualidade das sementes.

2.2. GERMINAÇÃO

A Germinação ocorre por uma sequência de eventos fisiológicos influenciados por fatores externos (ambientais: luz, temperatura, disponibilidade de água e de oxigênio) e internos (inibidores e promotores da germinação) às sementes, que podendo atuar por si ou em interação com os demais (Figura 2) [11].



Figura 2. Processo germinativo de uma semente. (MaximumYeld³, 2016)

³ <https://www.maximumyield.com/>

Vários fatores internos e externos podem interferir na germinação das sementes, como a disponibilidade de água, oxigênio, temperatura, luz, dormência, entre outros. O conhecimento de como estes fatores influenciam a dormência das sementes de cada uma das espécies é o que permite controlar a germinação [12]. Além disso, o mesmo fator pode influenciar positivamente ou negativamente o resultado da germinação, dependendo da intensidade que esse fator for aplicado.

A luz é um exemplo de fator de resposta variável, podendo interferir de forma favorável ou contrária a germinação. A luz branca por exemplo pode ser um fator de inibição a germinação quando a exposição for demorada [2]. As sementes das plantas cultivadas, geralmente germinam por igual, no escuro ou na luz, no entanto, há sementes que germinam de forma única no escuro, outras que germinam somente em luz contínua, e as que germinam após terem recebido uma breve iluminação, e, finalmente aquelas que são indiferentes à luz [13, 14].

Dentre todos os fatores, a água é o mais determinante para a germinação, é o gatilho para ocorrer este processo. A embebição, processo de captação da água, hidrata os tecidos e intensifica as atividades metabólicas necessárias para a retomada do crescimento do eixo embrionário, além de facilitar o rompimento do tegumento, importante para o desenvolvimento do embrião.

Entretanto, algumas sementes não são germinadas de forma natural, são sementes que permanecem sem absorver água por um período mais longo que o normal, e ao final do teste de germinação elas se apresentam como sementes não intumescidas, são consideradas sementes duras, e ao ser verificado no teste de germinação a presença destas sementes, as mesmas deverão permanecer no substrato por um período adicional de sete dias, junto com as que se encontram em estado inicial de germinação.

2.3. DORMÊNCIA

A dormência é um acontecimento essencial para a semente, que elabora um mecanismo natural de resistência a fatores externos imposto pelo meio, que podem apresentar dormência no tegumento, dormência no embrião e, também por desequilíbrio de substâncias inibidoras de germinação. Nas espécies florestais nativas é comum a presença de sementes que necessitam de quebra de dormência para que haja germinação, mesmo em condições ambientais aparentemente favoráveis [2]. As leguminosas, que são a maior parte das espécies nativas, há dormência no tegumento. Este por sua vez, restringe a entrada de água e oxigênio, impedindo crescimento do embrião, apresentando uma resistência física, retardando a produção de mudas [15].

Por razões físicas ou fisiológicas, uma grande parte das sementes duras ou dormentes pode permanecer sem germinar. O teste de tetrazólio constitui-se para avaliação da viabilidade e vigor de sementes. Além de possibilitar a obtenção de resultados rápidos, gera informações que permitem a identificação das causas de perda da viabilidade das sementes, sendo recomendado para avaliação da viabilidade de sementes que necessitam ser semeadas logo após a colheita e para complementar os resultados do teste de germinação de sementes que apresentam dormência.

Para potencializar a germinação de algumas sementes, são dotados alguns métodos, para quebra de dormência tais como: escarificação química, mecânicas e estratificação térmica (choque de temperatura), para enfraquecer seu tegumento e permitir a absorção de água. Outras são substâncias inibidoras da germinação que precisam removidas para promover sua germinação [3].

2.3.1 Métodos para superação de dormência fisiológica

A dormência fisiológica é regulada basicamente em níveis metabólico e gênico. Essa classe é dividida em três níveis: profundo, intermediário e não profundo, sendo a dormência fisiológica profunda caracterizada pela incapacidade do embrião isolado em produzir uma plântula normal, enquanto que nos níveis intermediário e não profundo, a excisão do embrião é suficiente para fazê-lo desenvolver-se e produzir uma plântula normal.

Sementes de grandes culturas, forrageiras, florestais, hortaliças, ornamentais, condimento se medicinais são colocadas no substrato umedecido, como no teste regular de germinação, e são levadas para uma temperatura entre 5-10°C. Após esse período, as sementes são transferidas para o germinador à temperatura indicada para a espécie em análise, iniciando-se então, o teste de germinação. Em alguns casos, pode ser necessário reumedecer o substrato e estender o período de pré-esfriamento ou repeti-lo. Para as espécies que requerem um longo período de pré-esfriamento e onde o teste de germinação não pode ser completado dentro de dois meses, são recomendados testes rápidos de viabilidade, como o Teste de tetrazólio ou Teste de embrião excisado. Algumas sementes podem ser submetidas a métodos para superar a dormência por pré-aquecimento, com temperaturas que podem variar de 30 a 50°C em ambiente seco [16].

Há ainda o método por imersão de sementes em solução de nitrato de potássio, onde as sementes são colocadas a germinar no substrato inicialmente umedecido com uma solução de 0,2% de nitrato de potássio (2g de KNO₃ dissolvidos em 1.000mL de água). O substrato é previamente saturado com essa solução, mas o seu reumedecimento, se necessário, deve ser feito com água.

A germinação de certas sementes que apresentam dormência pode ser estimulada se o teste for conduzido em temperatura constante inferior à recomendada ou, em temperatura alternada diminuindo-se ainda mais, a temperatura mínima especificada. Nesse caso, a germinação poderá ser mais lenta e a duração do teste pode ser estendida por mais alguns dias.

2.3.2. Métodos para superação de dormência física

A dormência física é caracterizada pela presença de envoltório que confere uma impermeabilidade, impossibilitando o desenvolvimento da planta. Nesses casos, a hidratação e a consequente interrupção da dormência estão em muitos casos relacionadas à formação de aberturas em estruturas anatômicas especializadas, na superfície da semente, ocasionando uma diminuição da resistência à entrada de água no seu interior [17].

Podem ocorrer sementes dormentes e/ou duras, em algumas espécies, se nenhum tratamento foi feito para promover a germinação. Alguns tratamentos específicos podem ser usados para se obter a germinação máxima. O tratamento pode ser feito antes do início do teste de germinação ou depois, apenas nas sementes que permaneceram duras no final do teste. Sementes com tegumento duro podem germinar mais rapidamente após embebição em água, por um período entre 24 e 48 horas, onde o teste de germinação só inicia após o período de embebição.

A escarificação mecânica é recomendada para superar a dureza. Cuidadosa perfuração, remoção de uma lasca, uso de lima ou lixa de papel no tegumento da semente pode ser suficiente para superar a condição de dormência. Deve-se tomar cuidado ao escarificar o tegumento da semente na parte apropriada, para evitar danos ao embrião, isto é, deve ser feito na parte oposta ao eixo do embrião.

O tratamento com ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) é indicado para superar a dormência das unidades de dispersão (sementes, núculas, aquênios, antécios férteis, cariopses, etc.) de algumas espécies. As unidades de dispersão são colocadas no ácido até a escarificação dos envoltórios e o tempo de permanência varia de acordo com a espécie. Para este método devem ser contadas 400 sementes, ao acaso, da porção Semente Pura e colocadas em um Becker ou outro recipiente não corrosível, cobrindo-se com uma quantidade suficiente de ácido sulfúrico concentrado e mexendo-se frequentemente com um bastonete de vidro. Após o período determinado para a espécie, despejar o conteúdo do Becker em um outro recipiente de vidro contendo um litro de água, e agitando-se com um bastonete. Verter o conteúdo em uma peneira plástica de malha fina, que não permita a passagem da semente, e lavar em água corrente até eliminar completamente os resíduos do ácido. Para secar e facilitar a semeadura, colocar as sementes sobre folhas de papel absorvente, em temperatura ambiente.

2.4. MAGNETISMO

A maioria das pessoas utilizam de alguma forma forças magnéticas. Ela está presente em diversos lugares no dia a dia, como no micro-ondas, em motores elétricos, nos discos magnéticos de computadores, nos alto falantes, entre outros. Os primeiros fenômenos magnéticos foram observados a cerca de 2500 anos, em alguns fragmentos de minério de ferro, na antiga cidade de Magnésia (atualmente Manisa, oeste da Turquia), que hoje passaram a ser denominados como ímãs [18].

Antes de compreender a relação de cargas em movimento com as interações magnéticas, os ímãs eram compreendidos a partir dos polos magnéticos. É possível relacionar o conceito de polos magnéticos com as cargas elétricas, onde os polos norte e sul são comparados as cargas positivas e negativas. Entretanto, diferente das cargas elétricas, que podem ser encontradas de forma isolada, não existe nenhuma evidência experimental da existência de polos magnéticos isolados, são sempre encontrados em pares. Caso um ímã seja dividido ao meio (figura 3.a), o que teremos são dois novos ímãs, onde cada um deles terá polos norte e sul, contrariando a ideia de que se forma dois polos isolados.

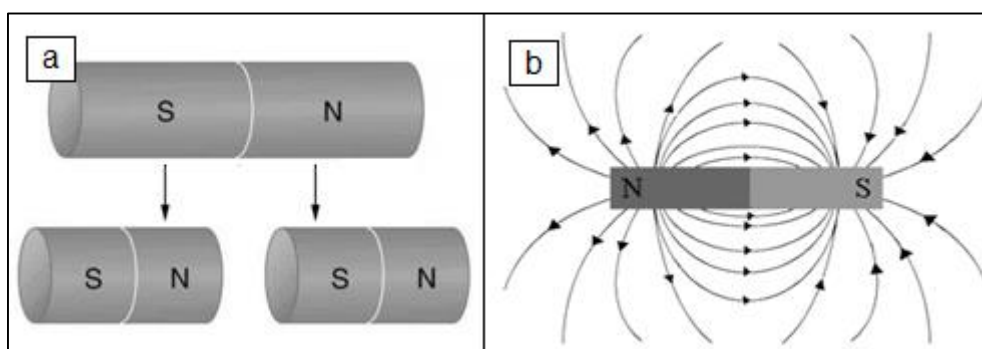


Figura 3. (a) Propriedade da indivisibilidade de um ímã (Autoria própria);
(b) Linhas de campo magnético de um ímã em formato de barra. (Adaptado de Northeastern University⁴).

Tomando como base ímãs permanentes em formato de barra (figura 3.b), uma extremidade aponta para norte geográfico, onde essa extremidade é denominada de polo norte, e consequentemente, o outro extremo do ímã é o polo sul. Polos de mesmo nome se repelem e os opostos se atraem. A própria Terra é um ímã, o polo norte geográfico da Terra está próximo ao seu polo sul magnético, sendo esse o motivo de o polo norte uma bússola apontar para o norte geográfico.

⁴ <https://www.ece.neu.edu/fac-ece/nian/mom/work.html>

Em 1819, o cientista dinamarquês Hans Christian Oersted verificou a primeira evidência sobre a relação entre o magnetismo e o movimento de cargas. Ele observou que um fio conduzindo corrente elétrica poderia desviar a agulha de uma bússola. Anos depois Michael Faraday e Joseph Henry descobriram que era possível gerar corrente elétrica a partir de ímãs. Logo, concluíram que as forças magnéticas entre dois corpos são produzidas pelo efeito magnético dos elétrons no interior destes corpos, provocado pelo movimento coordenado de elétrons no interior deste corpo [18].

Para definirmos campo magnético (equação 1), devemos partir do conceito básico de que uma carga produz campo magnético somente se estiver em movimento. A partir de experimentos, assumindo uma carga q se movimento a uma velocidade v , obteve-se:

$$\vec{B} = k \frac{q \vec{v} \times \vec{r}}{r^2} \quad (1)$$

Observou-se uma relação de proporcionalidade entre o campo e a carga q , além disso, o campo é inversamente proporcional à distância do ponto de fonte e ponto de campo. A direção do vetor campo é perpendicular ao produto vetorial da velocidade e do vetor unitário que aponta em direção a carga. O símbolo k representa a constante de proporcionalidade.

2.4.1. Ímãs permanentes

De modo geral, os ímãs podem ser classificados como permanentes (naturais ou artificiais) ou não-permanentes. Todos os campos magnéticos são criados por cargas ou correntes elétricas, mesmo um único elétron carregado produz um campo magnético. Entretanto, em ímãs permanentes os campos são criados por correntes em escala microscópica, diferente dos ímãs não permanentes, na qual são gerados por correntes macroscópicas, nas quais uma certa quantidade de partículas carregadas flui em uma direção.

Ímãs permanentes são materiais onde o campo magnético é gerado pela estrutura interna do próprio material. Tanto o núcleo quanto os próprios elétrons agem como pequenos ímãs, como pequenos pedaços giratórios de carga elétrica (spins de elétrons), e possuem campos magnéticos inerentes às próprias partículas. Há também um campo magnético que é gerado pelas órbitas dos elétrons enquanto se movem sobre o núcleo. Assim, os campos magnéticos de ímãs permanentes são as somas dos spins nucleares, os spins de elétrons e as órbitas dos próprios elétrons. Os ímãs não-permanentes são os eletroímãs, que necessitam de corrente elétrica para acionar a propriedade magnética.

Ao longo do tempo, os ímãs permanentes foram sofrendo melhorias, porém, essa definição de melhorias é difícil porque não existe uma única figura de mérito, os valores de várias propriedades magnéticas, elétricas e mecânicas são importantes. As inúmeras aplicações de ímãs permanentes exigem propriedades diferentes, e a produção de materiais para atender a essas necessidades é uma grande indústria moderna. No século XX, ocorreram diversas melhorias que atendessem tais necessidades, gerando pelo desenvolvimento de ímãs de metal, cerâmica e terras raras.

2.4.2. Influência de campos magnéticos nas sementes

O campo magnético terrestre é um fator ambiental inescapável para a vegetação do planeta. No entanto, seu impacto no crescimento das plantas não é bem compreendido, onde várias teorias já foram propostas, incluindo mudanças bioquímicas [19].

Campos magnéticos estáticos servem tanto para acelerar o processo de germinação de sementes quanto para aumentar a taxa de crescimento das plantas [20]. Plantas cercadas por um campo magnético tendem a crescer mais rapidamente, serem maiores, mais altas e mais saudáveis, conforme parâmetros relacionados ao seu estado de saúde [21].

Pesquisadores realizaram estudos experimentais sobre a absorção de água por sementes de alface previamente tratadas em campo magnético estático entre 1 e 10mT. Obteve-se um aumento na taxa de absorção de água devido ao campo, o que pode ser explicação para o aumento de germinação destas sementes tratadas [22].

A ação de campo magnético sobre sementes é capaz de remover íons Ca^{2+} da membrana celular, que é essencial para a estabilidade da membrana. Consequentemente, esta perda aumenta temporariamente a formação de defeitos sob as tensões mecânicas, causando assim alterações biológicas, inclusive no metabolismo [23].

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada tem o caráter teórico-experimental. Todo o processo experimental foi realizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró, nos laboratórios de física e química, devido ao fácil acesso aos instrumentos de medições que foram exigidos.

3.1. Materiais

Todos os materiais utilizados foram obtidos de objetos que seriam destinados ao lixo, como forma de reciclagem, assim, contribuindo para criar um dispositivo que tente reduzir os danos ao meio ambiente em qualquer que seja a fase do seu uso, montagem ou descarte.

Outro fator interessante em relação a reciclagem, é a redução de custo do equipamento a ser usado no processo de aplicação do método proposto por este trabalho.

3.1.1. Sementes

As sementes foram coletadas na própria instituição, UFERSA, no setor oeste da universidade, onde se encontram várias árvores de leucena. Foram colhidas aproximadamente 300 sementes, suficiente para separar em amostras menores para a realização e repetição do experimento. Foram separadas algumas pequenas amostras de sementes afim de padronizar a qualidade e peso para ser realizado o experimento (figura 4). Para a acomodação das sementes ao dispositivo, foi utilizado uma espécie de rede, vazada, para que a água possa percorrer pelas sementes sem nenhuma alteração.



Figura 4. Pequena amostra de sementes de leucena (Autoria própria)

3.1.2. Imãs

Os imãs utilizados no dispositivo foram de neodímio (figura 5), em formato de placas, de aproximadamente 8 cm² de área superficial, retirado de discos rígidos de computadores que já não serviam mais. Estes computadores foram obtidos com a SUTIC, unidade administrativa vinculada a UFERSA, responsável pela área da tecnologia da informação e comunicação da instituição.



Figura 5. Imã extraído de disco rígido (Autoria própria)

Foi realizado uma medição da distância em que era possível sentir sensivelmente a força magnética entre as placas dos imãs, assim, o aparato foi montado levando em consideração esta medida (cerca de 3 cm), com o intuito de se aproveitar melhor a interação entre as sementes e o campo gerado, já que a distância entre os imãs influencia na intensidade do campo magnético.

3.1.3. Estrutura

A estrutura do aparelho foi montada utilizando pedaços de folha de acrílico, reutilizado de descarte de uma papelaria. Foram cortados quadriláteros deste acrílico, que por sua vez foram fixados no formato de uma caixa de seis lados, com apenas um destes lados livre, que serviria para inserir e retirar os outros materiais dentro desta caixa (figura 6.a). Esta caixa tem dimensões de 2,5 cm de largura, 4,5 cm de comprimento e 4 cm de profundidade.

A proteção das sementes foi feita com uma espécie de tela, de material reciclado, costurado nas laterais, formando uma pequena bolsa perfurada (figura 6.b). O objetivo desta rede é centralizar as sementes no campo magnético, evitando a dispersão e movimentação na água.

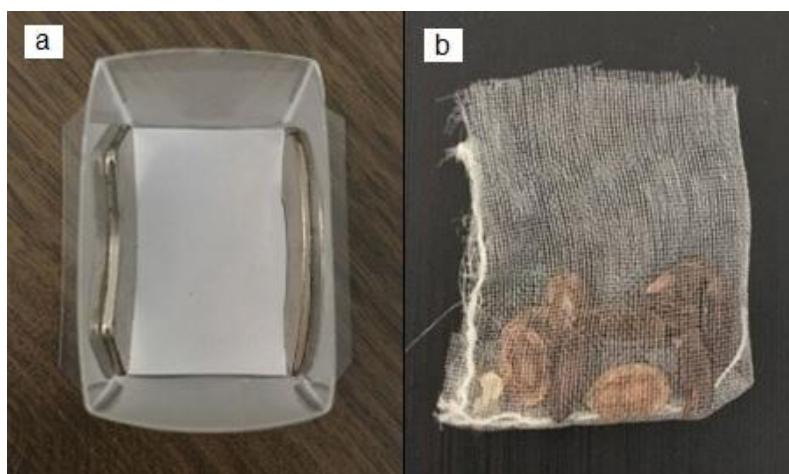


Figura 6. (a) Estrutura do aparato com ímãs posicionados; (b) Tela de proteção para sementes. (Autoria própria)

3.2. Método

O experimento foi realizado na instituição UFERSA, campus Mossoró, nos laboratórios de física e química que continham balança de precisão. O primeiro passo foi selecionar sementes de leucena aparentemente saudáveis, que não apresentavam coloração ou textura fora do padrão. Posteriormente, separadas 8 amostras, cada uma com 30 sementes, com o intuito de se realizar tal experimento ao menos quatro vezes, utilizando 2 amostras por vez.

Inicialmente, todas as amostras passaram pelo processo de pesagem, em balança de precisão, afim de verificar o aumento de massa ao longo dos dias. Em seguida, uma amostra foi colocada em um recipiente com água, sem nenhuma outra substância e sem interferência do meio externo. Outra amostra foi condicionada no dispositivo que fornecia campo magnético, tomando sempre o cuidado de posicionar sempre no centro de ação dos ímãs.

Após 24 horas, foi realizado novamente a pesagem das amostras, sempre secando as sementes com papel toalha e registrando os valores obtidos. O processo foi repetido três vezes, sempre a cada 24 horas, finalizando com 72 horas. As medições foram feitas com no máximo 15 minutos de atraso após completado as 24 horas.

Ao final da primeira análise, o experimento foi repetido três vezes, afim de aumentar a confiabilidade dos resultados encontrados. Todo o equipamento foi reconicionado ao seu estado inicial, retirando impurezas dos recipientes e substituindo a água em que as sementes ficaram submersas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Afim de organizar o registro dos dados coletados nos experimentos e posteriormente referencia-los, foi convencionado uma numeração para as amostras de sementes, apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Numeração das amostras.

Grupo 1 – Amostras sob influência de campo			
Amostra 1	Amostra 3	Amostra 5	Amostra 7
Grupo 2 – Amostras sem influência de campo			
Amostra 2	Amostra 4	Amostra 6	Amostra 8

Para o primeiro teste, foram obtidos os dados inseridos na tabela 2:

Tabela 2. Dados experimentais referente ao primeiro teste.

Teste 1	Massa (g)		Massa (%)	
Tempo (dias)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 1	Amostra 2
0	1,0241	1,0561	0	0
1	1,8253	1,6574	78,24%	56,94%
2	1,9173	1,8369	87,22%	73,94%
3	1,9194	1,8426	87,43%	74,48%

Esta tabela apresenta o aumento de peso das sementes, dado em gramas, expostas e não expostas ao campo magnético, ao longo do tempo, dado em dias. É informado ainda, em percentual, o ganho da massa das sementes em relação ao seu estado inicial, dado por:

$$Massa \% = \left(\frac{M_f}{M_i} - 1 \right) * 100 \quad (2)$$

A partir dessas informações, obteve-se um gráfico do percentual de ganho de peso aquoso em função do tempo (figura 7) para as amostras 1 e 2:

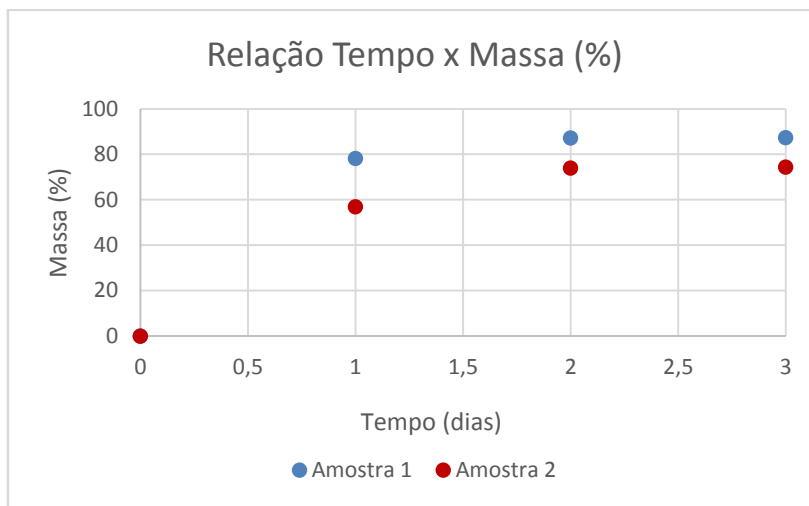


Figura 7. Gráfico de percentual de ganho de massa ao longo do tempo. (Autoria própria).

Analisando esses dados, pode-se observar que em ambos os casos propostos, as sementes obtiveram uma elevação em sua massa, devido a entrada de água nas mesmas. Entretanto, nas sementes que foram expostas ao campo magnético, a entrada de água foi maior em relação as sementes não expostas ao campo, e assim, apresentando massa final superior. Com isso, podemos afirmar que a resistência causada pela dormência por tegumento duro foi amenizada significativamente, devido justamente a ação do campo magnético nas sementes.

O motivo da massa não apresentar mudanças significativas após o segundo dia, é devido a saturação das próprias sementes, onde existe um certo limite de absorção da água. Sendo assim, pode-se dizer que além da velocidade de entrada de água ser maior, o limite de saturação na amostra com campo magnético atuante foi ultrapassado.

O teste foi repetido mais três vezes, com os dados registrados nas tabelas 3, 4 e 5:

Tabela 3. Dados experimentais referente ao segundo teste.

Teste 2	Massa (g)		Massa (%)	
Tempo (dias)	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 3	Amostra 4
0	1,0445	1,0878	0	0
1	1,8480	1,7201	76,92%	58,13%
2	1,9476	1,9139	86,46%	75,95%
3	1,9494	1,9191	86,62%	76,43%

Tabela 4. Dados experimentais referente ao terceiro teste.

Teste 3	Massa (gramas)		Massa (%)	
Tempo (dias)	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 5	Amostra 6
0	1,0377	1,0658	0	0
1	1,8619	1,6789	79,43%	57,52%
2	1,9529	1,8465	88,20%	73,24%
3	1,9541	1,8527	88,32%	73,83%

Tabela 5. Dados experimentais referente ao quarto teste.

Teste 4	Massa (gramas)		Massa (%)	
Tempo (dias)	Amostra 7	Amostra 8	Amostra 7	Amostra 8
0	1,0768	1,0294	0	0
1	1,8750	1,6300	74,12%	58,35%
2	1,9449	1,8050	80,61%	75,36%
3	1,9453	1,8083	80,65%	75,67%

A partir dos dados das tabelas 3, 4 e 5, obteve-se um gráfico do percentual de ganho de peso aquoso em função do tempo (figura 8):

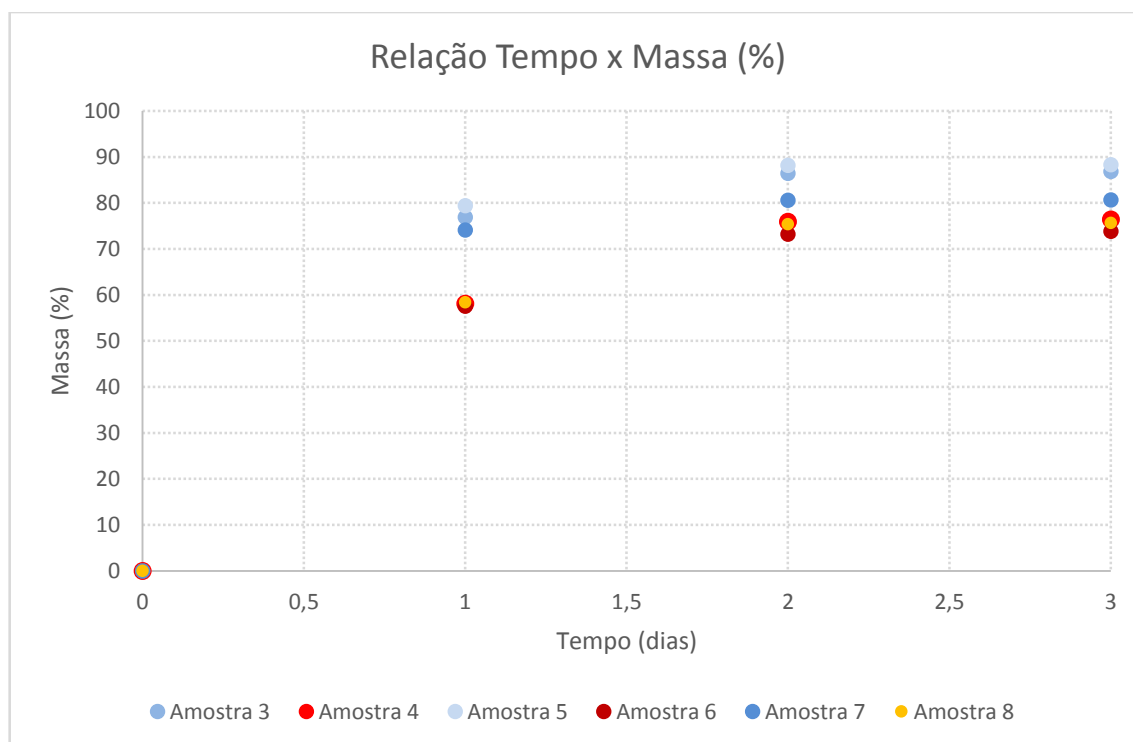


Figura 8. Gráfico de percentual de ganho de massa ao longo do tempo. (Autoria própria)

As cores frias (escala azul) representam as amostras que foram expostas aos efeitos de campo magnético, em contrapartida, as cores quentes (escala vermelha) são das amostras simples. Como já avaliado no primeiro teste, esses resultados eram de se esperar. A figura 8 apresenta com clareza a discrepância entre utilizar ou não o método apresentado. A amostra 7 foi o pior resultado dentre as que estavam sob campo, ainda assim, supera todas as amostras sem campo atuante.

Em suma, as amostras do grupo 1 obtiveram média de crescimento em torno dos 85%, apresentando valores entre 80% até 88%, enquanto o grupo 2 apresentou um crescimento médio 75%, ou seja, uma eficácia de aproximadamente 10%. Vale salientar ainda que as curvas dos gráficos apresentados nunca chegaram a 100%, devido ao limite de saturação natural das sementes.

Esperasse que essa média obtida pelo grupo 1 possa ainda ser superada com uso de ímãs de neodímio maiores que os utilizados, tendo em vista que a força de campo magnética gerada pelos ímãs deste experimento é considerada pequena devido ao tamanho dos mesmos.

5. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos dos experimentos pode-se concluir que a técnica da quebra de dormência natural de sementes utilizando campo magnético estático é viável, provado pelos resultados. O grupo 1 de sementes demonstrou um aumento de massa devido à quebra da dormência provocada pelos ímãs em torno de 10% melhores que as sementes do grupo 2. Sabendo que os ímãs de neodímio utilizados são pequenos e consequentemente produzem uma força de campo magnético pequena, os resultados foram satisfatórios.

É necessário destacar que o dispositivo pode ser utilizado incontáveis vezes, sem a necessidade de descarte, o que acaba facilitando o uso repetido do processo. Diferente de alguns métodos usuais, a metodologia apresentada não causa danos ao meio ambiente, uma vez que não há resíduos danosos ao ambiente. Assim, podemos qualificar

este método como sustentável, ou seja, que não causa impactos ao meio, seja na sua utilização ou descarte.

Outra possível explicação para a melhora significativa no processo de germinação, além das alterações fisiológicas e biológicas das sementes, é a ideia de quebra dos “clusters” de água, que nada mais são que um aglomerado de moléculas de água. Esta percepção de que a água se manifesta em aglomerados ao em vez de um modelo isotrópico foi obtida experimentalmente, a partir de análise microscópica, em várias formas da água. Logo, uma vez que as sementes estão submersas em água em todo o tempo do processo de exposição a campos magnéticos, a quebra dos aglomerados de água facilitaria a entrada da mesma nas sementes. O campo magnético do dispositivo não atua somente sobre as sementes como também na água, gerando alterações em ambos.

Diante o exposto, pode-se dizer que este trabalho apresentou uma importante abordagem sobre perspectiva tecnológica e ambiental, cessando as questões indagadas inicialmente, como também abrindo possibilidades para um estudo mais amplo em suas particularidades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174 p.
- [2] BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.
- [3] LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa, SP: Plantarum, 2002. 368 p.
- [4] SOUZA, A.A.; ESPÍNDOLA, G.B. Bancos de proteína de leucena e de guandu para suplementação de ovinos mantidos em pastagens de capim-buffel. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.2, p.365-372, 2000.
- [5] FRANCO, A.A.; FÁRIA, S.M. The contribution of N₂ fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biology and Biochemistry*, v.29, n.5/6, p.897-903, 1997.
- [6] RESENDE, A. V.; KONDO, M. K. Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte-MG, v.22, n.210, p.46-56, 2001.
- [7] HEDGE, N. Leucaena for energy plantation. *BAIF Journal*, v.5, p.37-42, 1985. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/101904/1/AspectosMetodologicos0001.pdf>. Acessado em: 20 de Julho de 2015.
- [8] BARNES, R. D.; SIMONS, A. J.; MACQUEEN, D. J. Domestication of new hardwood tree species for non-industrial use. In: IUFRO CONFERENCE, 1992, Cali. *Proceedings...* Cali: IUFRO, 1992. p.372-385.
- [9] BREWBAKER, J. L. Leucaena: a multipurpose tree genus for tropical agroforestry. In: STEPLER, H.A.; NAIR, P. K. (Eds.). *Agroforestry: a decade of development*. Nairobi: ICRAF, 1987. p.289-323.
- [10] VEIGA, J.B., SIMÃO NETO, M. Leucena na alimentação animal: recomendações básicas. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 1992. 4p. (EMBRAPA - CPATU. *Recomendações básicas*, 19).
- [11] NASSIF, S.M.L.; VIEIRA, I.G.; FERNANDES, G.D. (LARGEA). Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes. Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP, *Informativo Sementes IPEF*, 1998. Disponível em: <http://www.ipef.br/sementes/>. Acessado em: 14 de Julho de 2015.
- [12] FLORIANO, E. P.; Germinação e dormência de sementes florestais, *Caderno Didático nº 2*, 1ª ed. Santa Rosa, 2004.
- [13] CARVALHO, N. M. & NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Campinas, Fundação Cargill, 1983, 429p.
- [14] MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. 2. ed. Oxford: Pergamon Press Ltda., 1975. 192p.
- [15] MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. Oxford: Pergamon, 1989.
- [16] BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/ CLAV, 1992.
- [17] BASKIN JM, Baskin CC. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14:1-16.
- [18] YOUNG, Hugh David; FREEDMAN, Roger A.. Física III: Eletromagnetismo. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2009. 425 p.
- [19] GUBBELS, G. H. Seedling growth and yield response of flax, buck wheat, sunflower and field pea after presowing magnetic treatment. *Can. J. Plant Sci.* Vol 62, 61-64, 1982.
- [20] CAMARK, T; DUMLUPINAR, R, EREDAL, S. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. *Bioelectromagnetics* 2010. 31:120-9.
- [21] FU, Edward. The effects of magnetic fields on plant growth and health. *Young Scientists Journal*. Irvine, CA. v. 5, n. 11, p.38-42, 2012.
- [22] CALATAYUD, A., et al. Effect of 2-month ozone exposure in spinach leaves on photosynthesis, antioxidant systems and lipid peroxidation. *Plant Physiology and Biochemistry*. Vol 41, 839-845, 2003.
- [23] AKOYUNOGLU, G. Effect of magnetic field on carboxy dismutase. *Nature*, Vol. 4931, 452-454, 1964.

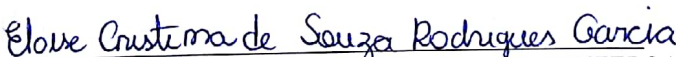


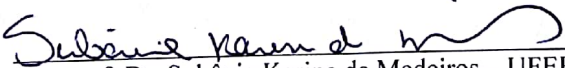
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

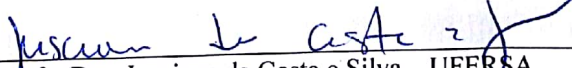
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 10:00 horas do dia 17 de Setembro do ano de dois mil e dezoito, no Auditório do Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi-árido - UFERSA, sob a presidência da professora Dra. Eloise Cristina de Souza Rodrigues Garcia, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de monografia de autoria do aluno **WINDSOR FONSECA M FILHO**, matrícula nº. **2016020582**, aluno do curso Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta Universidade, com o título "**Quebra da Dormência de Sementes Utilizando Campo Magnético DC**". A Banca Examinadora ficou assim constituída: Prof. Dra. Eloise Cristina de Souza Rodrigues Garcia, presidente da banca e orientadora da monografia; Profa. Dra. Subênia Karine de Medeiros e, a Prof. Dra. Jusciane da Costa e Silva, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo o aluno obtido as seguintes notas: **10; 10; e 10**, com restrições de fazer as correções sugeridas pela banca. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi **Aprovado** com média geral **10**, fazendo jus, portanto, ao título de Bacharel em Ciência e Tecnologia. E para constar, eu, Dra. Eloise Cristina de Souza Rodrigues Garcia, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos. Mossoró, 17 de Setembro de 2018.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.


Profa. Dra. Eloise Cristina de Souza Rodrigues Garcia – UFERSA
Presidente


Prof. Dr. Subênia Karine de Medeiros – UFERSA
Primeiro Membro


Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva – UFERSA
Segundo Membro