

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

**MEMÓRIA HÍDRICA (STRESS IMPRINT) EM SEMENTES: IMPACTO
ECOFISIOLÓGICO NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE**
Sesbania virgata (Cav.) Poir.

MARIANE OLIVEIRA MENEZES

RECIFE

2024

MARIANE OLIVEIRA MENEZES

**MEMÓRIA HÍDRICA (STRESS IMPRINT) EM SEMENTES: IMPACTO
ECOFISIOLÓGICO NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Sesbania*
virgata (Cav.) Poir.**

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

Orientador: Dr. MARCONE MOREIRA SANTOS

RECIFE

2024

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)

- M543m Menezes, Mariane Oliveira Menezes
MEMÓRIA HÍDRICA (STRESS IMPRINT) EM SEMENTES: IMPACTO ECOFISIOLÓGICO NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Sesbania virgata* (Cav.) Poir. / Mariane Oliveira Menezes Menezes. - 2024.
51 f. : il.
- Orientador: Dr. MARCONE MOREIRA SANTOS.
Coorientador: Mestrando Carlos Luiz da Silva.
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia Florestal, Recife, 2024.
1. Germinação. 2. Estresse hídrico. 3. Ciclo HD. 4. Cambaí amarelo. 5. memória hídrica . I. SANTOS, Dr. MARCONE MOREIRA, orient. II. Silva, Mestrando Carlos Luiz da, coorient. III. Título

CDD 634.9

MARIANE OLIVEIRA MENEZES

**MEMÓRIA HÍDRICA (STRESS IMPRINT) EM SEMENTES: IMPACTO
ECOFISIOLÓGICO NA GERMINAÇÃO E NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Sesbania*
virgata (Cav.) Poir.**

Banca avaliadora:

Prof. Dr. Francival Cardoso Felix
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Me. Moema Barbosa de Sousa
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Suplente:

Me. Erika Rayra Lima Nonato
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Orientador:

Prof. Dr. Marccone Moreira Santos
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Coorientador:

Mestrando Carlos Luiz da Silva
(Universidade Federal Rural de Pernambuco)

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por toda saúde e sabedoria para que fosse possível através de muita luta e esforço concluir esta tão sonhada e merecida glória.

Agradeço também à minha família, aos meus pais, Ângela e Maciel, e a minha irmã Adrienne e minha sobrinha Heloísa, por sempre me apoiarem e também acreditarem em mim, permanecerem ao meu lado e principalmente todo o suporte para nunca desistir dos meus sonhos.

Agradeço também ao meu companheiro, Lucas Nunes, que me ajudou em todas as etapas, desde o início da graduação, sendo meu porto seguro e me apoiando a permanecer firme nas minhas escolhas profissionais.

Agradeço também à Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE por todo o acolhimento e também aos professores do Departamento de Ciência Florestal – DCFL, por todo aprendizado.

Quero agradecer ao meu orientador Marcone Moreira, por toda paciência, apoio e principalmente sua dedicação durante todo esse o período. Sua expertise e orientação foram fundamentais para o sucesso deste projeto, e estou imensamente grato pela oportunidade de aprender e crescer sob sua tutela.

Quero agradecer também ao meu coorientador, Carlos Luiz, por toda ajuda, companhia e também em todo compartilhamento de conhecimento.

Quero agradecer também ao Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental - NEMA/UNIVASF, o Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF e o Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR pela disponibilização das sementes.

E por fim, mas não menos importante, a todos os meus amigos próximos que proporcionaram momentos esplêndidos de alegria e distração, sempre que necessário tornando assim essa jornada mais leve e divertida.

RESUMO

O presente estudo investigou os efeitos da memória hídrica sobre os aspectos ecofisiológicos da germinação e do desenvolvimento inicial das plântulas de *S. virgata*. Utilizando uma abordagem mista que combinou métodos quantitativos e qualitativos, juntamente com uma análise estatística rigorosa, incluindo testes como Tukey, ANOVA e análise de regressão, foi conduzido um experimento casualizado com diversos tratamentos. Inicialmente, realizou-se uma revisão da literatura para compreender a importância da espécie e os efeitos da memória hídrica. Em seguida, testes laboratoriais foram realizados para superar a dormência das sementes, determinar o grau de umidade e estabelecer a curva de embebição. Além disso, avaliou-se a taxa de germinação das sementes submetidas à solução de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000) para simular o estresse hídrico, tanto com sementes que passaram pelo ciclo de hidratação descontínua (ciclo HD) quanto com sementes que não passaram por esse processo. Após as análises em laboratório, foram conduzidas análises em viveiro com dois tratamentos distintos (sementes que passaram pelo ciclo HD e sementes que não passaram), sob diferentes regimes de rega. Os parâmetros avaliados incluíram altura e diâmetro do coleto, tamanho da raiz, peso seco e fresco, índice de qualidade de Dickson, alocação de biomassa e percentual de sobrevivência das plântulas. Os resultados indicaram a possível presença de memória hídrica nas mudas e demonstraram que o déficit hídrico afeta negativamente a germinação. No entanto, a hidratação descontínua mostrou ter um efeito positivo na germinação das sementes sob condições de déficit hídrico, oferecendo uma estratégia promissora para melhorar a sobrevivência das plantas em ambientes adversos.

Palavras – chaves: Germinação, estresse hídrico, Ciclo HD, Cambaí amarelo, memória hídrica, espécie nativa.

ABSTRACT

The present study investigated the effects of hydraulic memory on the eco-physiological aspects of germination and the initial development of *S. virgata* seedlings. Employing a mixed-method approach that combined quantitative and qualitative methods, along with rigorous statistical analysis including tests such as Tukey, ANOVA, and regression analysis, a randomized experiment with various treatments was conducted. Initially, a literature review was conducted to understand the species' importance and the effects of hydraulic memory. Subsequently, laboratory tests were performed to overcome seed dormancy, determine moisture content, and establish the imbibition curve. Additionally, the germination rate of seeds subjected to polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) solution was evaluated to simulate water stress, both with seeds that underwent intermittent hydration cycle (IHC) and those that did not undergo this process. Following laboratory analyses, nursery analyses were conducted with two distinct treatments (seeds subjected to IHC and seeds that did not undergo this process), under different watering regimes. Evaluated parameters included shoot height and diameter, root size, dry and fresh weight, Dickson's quality index, biomass allocation, and seedling survival rate. The results indicated the possible presence of hydraulic memory in the seedlings and demonstrated that water deficit negatively affects germination. However, intermittent hydration showed a positive effect on seed germination under water deficit conditions, offering a promising strategy to enhance plant survival in adverse environments.

Key words: Germination, Water stress, intermittent hydration, Yellow Cambaí, stress imprint, native species

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Sementes submersas em ácido sulfúrico (A) e lavadas em água corrente (B)	24
Figura 2 - Substrato comercial que foi incorporado ao solo (A), preparação do solo (B) e vasos com capacidade de 2,8 L antes da semeadura (C).	17
Figura 3 - Última medição do diâmetro com o auxílio do paquímetro digital.	18
Figura 4 - Determinação do comprimento da raiz com o auxílio da régua milimetrada, sendo essa raiz de uma semente que passou pelo ciclo HD e regas a cada 3 dias	19
Figura 5 – Curva de hidratação de sementes de <i>S. virgata</i> durante 72 horas de embebição com a apresentação do padrão trifásico durante o processo de germinação.	23
Figura 6 – Curva de hidratação de <i>S. virgata</i> nas 10 primeiras horas de embebição.	23
Figura 7 – Germinação de <i>S. virgata</i> em diferentes potenciais osmóticos.	24
Figura 8 – Pesagem das sementes de <i>S. virgata</i> , sendo (A) a pesagem inicial após a hidratação de 5 h, (B) pesagem após desidratação e (C) peso do recipiente.	26
Figura 9 – Plântulas de <i>S. virgata</i> em viveiro, sendo (A) os tratamento T4 (sementes que não passaram pelo ciclo HD) a esquerda e o T8 (sementes que passaram pelo ciclo HD) a direita no sistema de rega de 9 dias e o (B) com os tratamento T1 (Sementes que não passaram pelo ciclo) a esquerda e o T5 (sementes que passaram pelo ciclo HD) a direita com o sistema de rega diário.	27
Figura 10 – Média de crescimento das plântulas de <i>S. virgata</i> provenientes de sementes que não passaram pelo ciclo HD (T1 a T4) e as que passaram (T5 a T8) sob distintos métodos de irrigação.	28

Figura 11 – Média de crescimento do diâmetro do coleto de plântulas de *S. virgata* provenientes de sementes não dessecadas (T1 a T4) e dessecadas (T5 a T8) sob distintos métodos de irrigação. 29

Figura 12 - Relação das médias e variabilidade dos valores para diferentes tratamentos em relação ao comprimento da parte subterrânea. 30

Figura 13 - Relação das médias e variabilidade dos valores para diferentes tratamentos em relação ao peso úmido. 31

Figura 14 - Relação das médias e variabilidade dos valores para diferentes tratamentos expressas pelo índice de qualidade de Dickson. 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de biomassa em porcentagem da parte subterrânea (ABR), na parte aérea (ABPA) e a relação raiz/ parte aérea (R/PA) em plântulas de <i>S. virgata</i> cultivada em diferentes regimes de regas.....	33
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Geral.....	10
2.2 Específicos	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1 Caracterização da espécie	11
3.2 Estresse hídrico em plantas	12
3.3 Memória hídrica.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 Caracterização do ambiente.	15
4.2 Obtenção das sementes	15
4.3 Determinação do grau de umidade.....	15
4.4 Superação de dormência	15
4.5 Curva de embebição.....	16
4.6 Germinação das sementes submetidas ao estresse hídrico.....	16
4.7 Ciclos de hidratação e desidratação [HD]	17
4.8 Ciclos HD x Estresse Hídrico	17
4.9 Memória Hídrica (Viveiro).....	18
4.9.1 Tratamento aplicados	18
4.9.2 Altura e diâmetro do coleto.....	19
4.9.3 Comprimento da raiz.....	20
4.9.4 Peso fresco e peso seco	20
4.9.5 Índice de qualidade de Dickson (ID).....	21
4.9.6 Alocação de biomassa.....	21
4.9.7 Percentual de sobrevivência.....	21
4.10 Análises estatísticas	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23

5.1 Grau de umidade	23
5.2 Curva de embebição.....	23
5.3 Ciclo HD x Estresse Hídrico.....	25
5.4 Memória Hídrica (Viveiro).....	26
5.4.1 Ciclos HD.....	26
5.4.2 Percentual de sobrevivência.....	27
5.4.3 Altura da muda e diâmetro do coleto	28
5.4.4 Comprimento da parte subterrânea	31
5.4.5 Peso Fresco e Peso Seco.....	32
5.4.6 Índice de qualidade de Dickson (ID).....	33
5.4.7 Alocação de biomassa	34
6. CONCLUSÃO.....	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas cinco décadas, houveram uma maior intensificação na degradação ambiental devido às ações antrópicas, com destaque para a expansão agrícola e a exploração ilegal dos recursos naturais. Essas atividades geraram impactos significativos, contribuindo para mudanças climáticas (Rosa *et al.*, 2022). Nesse sentido, há uma crescente necessidade de propagação das espécies florestais para recuperação dessas áreas. Entretanto, é necessário que haja uma avaliação das respostas dessas espécies às condições ambientais antrópicas, simulando os possíveis estresses que podem sofrer em campo (Oliveira,2023).

Dentre as mudanças climáticas, a ocorrência de secas mais prolongadas, tem feito do estresse hídrico um dos principais impasses mais enfrentados, sobretudo, na região nordeste do país. Logo, é de suma importância a realização de pesquisas a fim de identificar se as espécies da região e possuem mecanismos morfológicos ou moleculares capazes de torná-las mais tolerantes a este estresse. (Sircar; Parekh, 2019).

O estresse hídrico causado pela escassez da água ocasiona uma série de modificações, como: alteração no estado hídrico das folhas, o fechamento prolongado dos estômatos e uma redução na taxa fotossintética (Campos *et al.*, 2021). Em algumas condições, certas espécies adquirem a capacidade de suspender a embebição, principalmente quando há restrição hídrica no solo. Esse processo pode ser retomado quando essa restrição é cessada, sem causar danos aos tecidos internos (Lima *et al.* 2018), já que essas espécies reativam seus processos metabólicos em vez de reiniciá-los do zero (Dubrovsky, 1998).

Em resposta a esse processo, alguns mecanismos podem ser desenvolvidos como a “memória hídrica”, que corresponde uma maior tolerância da planta quando esta for submetida novamente ao estresse (Sircar; Parekh, 2019). Ou seja, essas espécies respondem mais rapidamente ou mais intensamente quando submetidas a condições de estresses subsequentes (Hilker; Schmölling, 2019).

Ao estimular o estresse hídrico, as plantas podem apresentar duas respostas distintas: uma resposta direta a esse estímulo e/ou armazenamento do aprendizado (Thellier; Lüttge, 2013; Pegorin, 2021). A primeira resposta diz respeito às mudanças bioquímicas, estruturais e moleculares para o reparo dos danos causados (Barros,2022). Já a segunda resposta, implica no processo de recuperação onde há a impressão de uma marca no vegetal, dada pela mudança estrutural ou a presença de proteínas sinalizadoras, como as presentes nos receptor-like kinases (RLKs) e receptor-like proteins (RLPs), incluindo modificações epigenéticas, que são as

alterações no funcionamento do genoma que não envolvem mudanças na sequência de DNA, mas sim em como os genes são ativados ou desativados (Witzany, 2018). Deste modo, ambas as respostas permitem uma maior eficiência em futuros eventos de estresse, já que essas informações atuam como uma memória e podem ser interpretadas como aprendizagem (Walter *et al.*, 2013; Pegorin, 2021).

Dentre as espécies de interesse para a obtenção destas informações, destaca-se a *Sesbania virgata*, uma planta da família Fabaceae amplamente difundida no Brasil. Esta espécie é especialmente utilizada para a recuperação de matas ciliares e áreas degradadas, devido ao seu rápido crescimento e sua notável adaptação a condições de estresse abióticas, contribuindo assim para a ampla conservação da biodiversidade e também para a melhoria da qualidade ambiental.

A vista disso, este trabalho objetiva investigar a memória hídrica sob os impactos ecofisiológicos da germinação e no desenvolvimento inicial das plântulas de *S. virgata*. E com isso, corroborar a hipótese de que a memória hídrica proporciona vantagens significativas sob a tolerância ao estresse hídrico, além de contribuir para estabilização das mudas em campo mesmo havendo essa condição estressante.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Determinar a ocorrência da memória hídrica em *S. virgata* e avaliar os efeitos que a hidratação descontínua proporciona durante a germinação e crescimento inicial das mudas submetidas a condições de déficit hídrico.

2.2 Específicos

1. Determinar o padrão de embebição das sementes de *S. virgata*;
2. Avaliar os efeitos do déficit hídrico na germinação das sementes de *S. virgata*.
3. Identificar o efeito da hidratação descontínua na germinação das sementes de *S. virgata* em condições de déficit hídrico.
4. Verificar a ocorrência de memória hídrica nas sementes de *S. virgata* através do crescimento inicial das mudas submetidas à diferentes regimes hídricos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Caracterização da espécie

Sesbania virgata (Cav.) Poir, é popularmente conhecida como cambaí-amarelo, pertence à família Fabaceae. É nativa, porém não endêmica da região Nordeste do Brasil. Possui porte arbustivo de crescimento rápido, podendo atingir alturas de 2 a 5 metros, e transita entre os grupos ecológico pioneira ou secundária inicial (Rodrigues, 2015).

Possui folhas compostas, paripinadas com folíolos oblongos e com ápices arredondado-mucronado, com as raque 7 vezes maior que o comprimento do pecíolo. As suas inflorescências são axilares, com racemos congestos e pedúnculos curtos e botões falcados e flores pedicelada e monóicas (Zuloaga; Belgrano; Zanotti, 2019). Os frutos dessa espécie são lenhosos, indeiscentes, oblongos e quando maduros apresentam uma coloração ocnácea (Queiroz;2017). Todavia, apesar da maturação dos frutos, eles não são dispersados automaticamente, mas acumulados e armazenados na copa por um longo tempo (Kissmann; Groth, 1995; Pott; Pott, 1994), a dispersão ocorre de forma gradativa através da hidrocoria (Lorenzi, 1991). De acordo com Roberts (1981), as sementes desta espécie apresentam dormência tegumentar, são do tipo reniforme, com coloração castanha claro, polidas, com casca rígida (com cerca de 7 mm de espessura), são dicotiledôneas e apresentam germinação epígea.

Essa espécie, apresenta valor econômico e social já que é bem adaptada a solos com baixa fertilidade e solos salinos. Essa espécie também é capaz de produzir grande quantidade de sementes viáveis a longo prazo; no entanto, apresenta florescimento desuniforme durante todo o ano (Acchile *et al.* 2017). Outra característica importante é a tolerância a ambientes com baixa oxigenação, evidenciando assim seu potencial e capacidade de restauração de matas ciliares (Allen; Allen, 1981), controle de erosão do solo, reabilitação de áreas degradadas, e seu uso na produção de lenha e carvão vegetal (Silva, 2013; Acchile *et al.* 2017).

Por fim, outras características de relevância ambiental é a capacidade de imobilização de carbono, assim como sua eficiência e seu papel em processos ecológicos. Isso se deve ao seu rápido crescimento e à fixação eficiente de grandes quantidades de carbono, tornando-se uma característica de interesse para os processos de sequestro de carbono, sucessão ecológica e restauração florestal (Buckeridge; Mortari; Machado, 2007).

3.2 Estresse hídrico em plantas

A água é imprescindível desde o processo de germinação das sementes até nas etapas subsequentes, a escassez ou excesso pode ocasionar estresse hídrico nas plantas (Oliveira; Gualtieri, 2017; Pinheiro *et al.*, 2016), assim esse estresse pode ser definido como uma sobrecarga proveniente de circunstâncias adversas, capaz de prejudicar o funcionamento regular de um sistema (Jones; Jones, 1989). E nesse mesmo contexto, para a botânica, o estresse é entendido como uma alteração significativa em relação aos padrões normais de desenvolvimento vegetal, resultando em mudanças substanciais tanto na fisiologia como bioquímicas e podem variar em grau e intensidade de acordo com o tipo de vegetal e a duração do período de estresse ao qual foram submetidas (Campos *et al.*, 2021).

Sendo assim, a planta em condição estressante pode apresentar diversos sintomas desde da germinação até o seu completo desenvolvimento, e podendo ser classificados em primários e secundários. Os efeitos primários danificam a nível molecular, causando desidratação nas células, redução no turgor e também no volume celular. Em resposta a esses efeitos, há ativação dos mecanismos de defesa e adaptação que são os responsáveis pelo fechamento dos estômatos e os acúmulos de solutos. Já os efeitos secundários atingem todo o organismo, interferindo diretamente no desenvolvimento e podendo ocorrer a morte vegetal devido os efeitos primários e o acúmulo de solutos citotóxicos que causam desnaturação das proteínas e desestabilização da membrana plasmática (Taiz *et al.*, 2017; Gomes Filho *et al.*, 2019). Nas sementes, os efeitos mais observados são a redução da germinação, aumento no tempo germinativo, e mudanças estruturais nas plântulas (Corte, 2008), já em plântulas pode ocorrer a redução no crescimento, declínio de fotossíntese e maior suscetibilidade a doenças e pragas e em vegetais adultos pode ocorrer o murchamento foliar, redução na qualidade dos frutos e um declínio na sobrevivência e longevidade do mesmo (Taiz; Zeiger, 2013).

Outras mudanças causadas pelo estresse hídrico dizem respeito à limitação da produção de biomassa (Silva, 2021). Pois infere diretamente sobre o sistema fotossintético, com a diminuição da absorção de CO₂ e a reciclagem do NADP + ocasionando, assim, a produção de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) que é uma substância que atua como uma molécula sinalizadora de defesa da planta no caso de estresse oxidativo, criando assim espécies reativas ao oxigênio (EROs) (Souza, 2020).

Como exemplos, destacam-se as plantas de algodão (*Gossypium herbaceum* L.). Segundo Yi *et al.* (2016), sob estresse hídrico severo, ocorre um aumento na produção de EROs,

especificamente o superóxido de oxigênio (O_2^-) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), além do incremento na peroxidação lipídica, formando malondialdeído (MDA). Os efeitos da produção de O_2^- em si não é altamente prejudicial para o ciclo de Calvin, todavia essa produção precede a formação de H_2O_2 , que esse sim é prejudicial já que o mesmo, é conhecido por inativar enzimas desta rota (Kaiser, 1979). Já que a elevação da concentração de MDA é um forte indicativa do estresse oxidativo, resultando na deterioração lipídica provocada pelo acúmulo de EROs (Yi *et al.*, 2016).

3.3 Memória hídrica

A disponibilidade de água no solo é crucial para a germinação de sementes não dormentes (Popinigis, 1985). O processo de germinação inicia-se com a absorção de água e reidratação dos tecidos, impulsionando a atividade respiratória e a reativação metabólica, promovendo o crescimento do embrião (Taiz *et al.*, 2017). No entanto, esse processo em ambientes com grande escassez de água, como em ecossistemas áridos e semiáridos, pode ser interrompido, e as sementes podem perder água para o ambiente, ocasionando o ciclo de hidratação e desidratação [HD] (Meiado *et al.*, 2012).

Todo esse processo de HD é de alguma forma benéfico para algumas sementes, pois estas podem manter elevados índices de sobrevivência e características fisiológicas da hidratação prévia, tornando-se viáveis mesmo após o processo de dessecação (Igram, Bartels, 1996). Essas adaptações estão pautadas nas respostas ao padrão de desenvolvimento que são reguladas pelos hormônios vegetais (Alcantara Cortes *et al.*, 2019) e também pela presença de alguns mecanismos como os responsáveis pelo acúmulo de proteínas sinalizadoras ocasionado pelo agrupamento de proteínas. Por exemplo, o estudo realizado por Bruce *et al.* (2007), identificou um mecanismo no qual a planta armazena informações de eventos passados e responde de maneira mais complexa do que simplesmente seguindo uma sequência linear de sinais iniciados por um estímulo estressante. Esses mesmos autores afirmam que essa capacidade é evidenciada pela habilidade das plantas em desenvolver impressões de estresse, frequentemente referidas como memória. Dessa forma, a resposta a esse mesmo evento será menos prejudicial em comparação com a primeira vez.

Outro exemplo, é o observado por Zuh (2016), que observou que as perturbações ambientais ou biológicas levam as plantas a detectarem o tipo de evento e iniciarem a transdução de sinal, desencadeando respostas fisiológicas e metabólicas adaptativas ao estresse.

Portanto, quando agentes bióticos ou abióticos agressivos afetam a planta, esta reconhece o estresse e responde com o sinal de alarme apropriado.

Assim, pode-se afirmar que, a resposta aos estímulos externos ocorre por meio de alterações no padrão de desenvolvimento ou no metabolismo, utilizando processos de aprendizado e memória por meio de sinais elétricos e químicos das interações planta-ambiente (Trewavas, 2017). Assim como a capacidade cognitiva humana, as plantas captam informações do ambiente, integrando-as ao seu organismo com o objetivo de promover seu bem-estar (Trewavas, 2017).

Outra ferramenta possível utilizada para o efeito de memória hídrica, é o fator epigenético, que pode ser definido como o modo que os genes interagem com os fatores do meio ambiente causando assim mudanças fenotípicas ao longo do tempo nos organismos (Waddington, 1968). Esse mecanismo age através da alteração na atividade do DNA (ácido desoxirribonucleico) por meio da metilação, que consiste na adição de um grupo metil (CH₃) no carbono 5 da citosina por uma enzima metil transferase (Hernández-lao *et al.*, 2024), atuando de maneira análoga às enzimas de restrição ao cortar locais específicos do DNA (Amaral, 2019).

A partir da descompactação e remodelação da cromatina, que pode ser provocada pela acetilação (adição de um radical acetil -C₂H₃O) na estrutura da histona em resíduos da lisina, ou pela própria metilação das histonas, que em certos casos resulta na desativação de genes sem alteração da molécula (Cunha *et al.*, 2022), ocorre um fluxo de informação tanto da cromatina para o DNA quanto vice-versa. Isso funciona como um mecanismo de auto reforço para a manutenção da informação epigenética (Gallusci *et al.*, 2022).

Assim, é possível concluir que a memória hídrica pode ser caracterizada pela capacidade dessas plantas de reterem mudanças bioquímicas e fisiológicas provenientes da hidratação intermitente (Dubrovsky, 1998). Através dessa hidratação, há algumas vantagens no processo de germinação, como o aumento na porcentagem e velocidade de germinação, e na formação de plântulas mais vigorosas (Hora, 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do ambiente.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes Florestais e no viveiro florestal, ambos pertencentes ao Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, situada na cidade de Recife. O clima da região é classificado segundo Köppen, como do tipo savana (Aw), ou seja, um clima tropical quente úmido com chuvas de outono-inverno (Lins; Nóbrega, 2015).

4.2 Obtenção das sementes

As sementes de *S. virgata* foram provenientes da doação da rede de semente do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA), localizado no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

4.3 Determinação do grau de umidade

Para a determinação do grau de umidade, foi utilizado o método de estufa a 105 ± 2 °C por 24 horas (Brasil, 2009). Foram pesadas quatro repetições com 2,5 g de sementes cada, sendo estas, pesadas antes e depois da secagem e após, utilizando-se uma balança de precisão 0,001 g.

Para o cálculo de grau de umidade, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\% \text{ de umidade} = \left[\frac{100 - (\text{Peso inicial} - \text{Peso seco})}{\text{Peso inicial} - \text{peso do recipiente com a tampa}} \right]$$

4.4 Superação de dormência

As sementes foram submetidas ao processo de superação de dormência, sendo estas imersas em ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 98% por 40 minutos (Brasil,2009). Posteriormente, o material foi lavado em água corrente durante 5 minutos e seco em folhas de papel toalha (Figura 1).

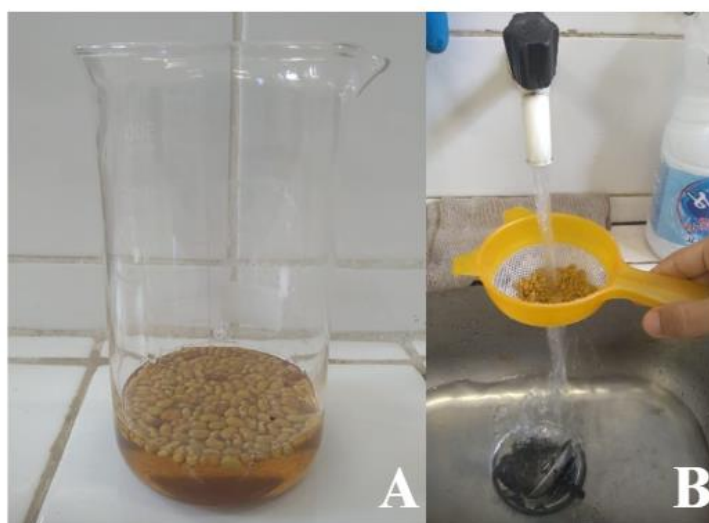


Figura 1 - Sementes submersas em ácido sulfúrico (A) e lavadas em água corrente (B).

Fonte: A autora

4.5 Curva de embebição

A fim de estabelecer a curva de embebição de sementes utilizou-se a metodologia segundo Crocker e Barton (1957). Foi utilizado quatro repetições com 25 sementes cada. As sementes foram pesadas em balança analítica para obter a massa inicial (0,001 g de precisão). Em seguida, cada repetição foi disposta em caixas do tipo gerbox previamente esterilizado com água sanitária comercial. Cada gerbox continha duas camadas de papel toalha tipo Germitest[®] previamente umedecido com água destilada, mantidas a uma temperatura de 25 °C em uma câmara de germinação do tipo Biochemical Oxygen Demand (BOD).

Posteriormente, as sementes foram pesadas em intervalos de 60 min nas primeiras 12 h, a cada 6 h até 24 h e posteriormente, a cada 24 h até que 50% da germinação. Foram consideradas germinadas as sementes com protrusão da raiz primária. Depois de estabelecer a curva de embebição da espécie, foram selecionados dois pontos na curva, denominados tempos X e Y, correspondentes a 1/2 da fase I, 1/4 da fase II, respectivamente.

4.6 Germinação das sementes submetidas ao estresse hídrico

Foram utilizadas quatro repetições, cada uma contendo 25 sementes, em caixas do tipo gerbox, com duas camadas de papel toalha tipo Germitest[®], umedecidas com solução de polietilenoglicol (PEG - 6000) em diferentes potenciais osmóticos (0,0; -0,2; -0,4; e -0,8 MPa).

Em seguida, as caixas foram seladas com fita e mantidas em uma câmara de germinação tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 25°C, sob luz branca com fotoperíodo de 12 h.

O número de sementes germinadas foi contado diariamente ao longo de um período de 10 dias, sendo considerada a protrusão radicular como critério para a germinação. Dessa forma, foi avaliado o percentual de germinação das sementes submetidas aos diferentes potenciais osmóticos.

4.7 Ciclos de hidratação e desidratação [HD]

Após o processo de superação de dormência, as sementes foram alocadas em caixas tipo gerbox conforme descrito no item 4.5.

As sementes foram submetidas a embebição por 1,5 h (X) e 5 h de hidratação (Y), correspondente a ½ da fase I e ¼ da fase II, respectivamente. Após a hidratação nos tempos X e Y, as sementes foram retiradas do contato com o substrato e colocadas para secar em um desumificador com sílica em gel por 96 h (peso constante).

4.8 Ciclos HD x Estresse Hídrico

. Após a hidratação e a secagem, as sementes foram colocadas para germinar em diferentes potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; e -0,8 MPa, obtidos com o uso de solução de polietilenoglicol 6000 (PEG 6000). Para o controle, os mesmos procedimentos foram realizados para sementes não submetidas aos ciclos HD.

Foram utilizadas quatro repetições com 25 sementes, em caixas gerbox contendo duas camadas de papel toalha tipo Germitest® umedecidas com solução de PEG 6000 (2,5 vezes o peso do papel).

Em seguida, as caixas foram seladas com fita e mantidas em câmara tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 25°C. O número de sementes germinadas foi contado diariamente, durante um período de 10 dias, sendo a emissão da raiz principal considerada como critério para a germinação.

4.9 Memória Hídrica (Viveiro)

4.9.1 Tratamento aplicados

Para avaliação da ocorrência de memória hídrica, foram utilizados dois grupos de sementes: Grupo 1 (sementes não submetidas aos ciclos HD) grupo 2 (sementes submetidas a hidratação por 05 (cinco) horas com posterior secagem). A semeadura ocorreu em vaso plástico com capacidade de 2,8 L, contendo terra de subsolo, incorporado ao substrato comercial (Basaplant[®]) a base de turfa, rocha calcárea, vermiculita, carvão vegetal, rocha fosfática e casca de pinus, na proporção de 2:1 (figura 2), sendo estabelecidas três sementes por recipiente, que foram mantidas em casa de vegetação com irrigação diária.



Figura 2 - Substrato comercial que foi incorporado ao solo (A), preparação do solo (B) e vasos com capacidade de 2,8 L antes da semeadura (C). Fonte: A autora

Após 30 dias da semeadura, foi realizado um raleio das plântulas, permanecendo aquela que se apresentava mais vigorosas em cada vaso. Após o estabelecimento das plântulas (35 dias) foi iniciado o controle da irrigação, com mudas irrigadas diariamente, a cada 3, 6 e 9 dias durante 55 dias.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso (DIC), com esquema fatorial 2x4 (2 grupo de sementes x 4 regime de irrigação), com os seguintes tratamentos:

T1: Sementes do grupo 01 submetidas a irrigação diária

T2: Sementes do grupo 01 submetidas a irrigação a cada 3 dias

T3: Sementes do grupo 01 submetidas a irrigação a cada 6 dias

T4: Sementes do grupo 01 submetidas a irrigação a cada 9 dias

T5: Sementes do grupo 02 submetidas a irrigação diária

T6: Sementes do grupo 02 submetidas a irrigação a cada 3 dias

T7: Sementes do grupo 02 submetidas a irrigação a cada 6 dias

T8: Sementes do grupo 02 submetidas a irrigação a cada 9 dias

4.9.2 Altura e diâmetro do coleto

As medidas de altura das mudas foram feitas a cada 14 dias (5 medições entre os 56 dias do experimento) e foi determinada com o auxílio de uma régua milimetrada, posicionada verticalmente desde o nível do substrato até a gema apical.

A medida do diâmetro do coleto, foi obtida através de um paquímetro digital com precisão em milímetros. O paquímetro foi posicionado com as pontas de ambos os lados do coleto, perpendicularmente à direção do diâmetro, até que ambas as partes estejam em contato com a superfície do coleto (Figura 3). As medidas de altura e diâmetro foram realizadas a cada 14 dias até o final do experimento.



Figura 3 - Última medição do diâmetro com o auxílio do paquímetro digital. Fonte: A autora

4.9.3 Comprimento da raiz

Ao final do experimento, foi realizada a medição do comprimento da raiz. O comprimento foi obtido com o auxílio de uma régua milimetrada, posicionada horizontalmente desde do colo até o final da raiz principal (Figura 4).



Figura 4 - Determinação do comprimento da raiz com o auxílio da régua milimetrada, sendo essa raiz de uma semente que passou pelo ciclo HD e regas a cada 3 dias. Fonte: A autora

4.9.4 Peso fresco e peso seco

Ao final do experimento, as plantas foram retiradas dos vasos, higienizadas em água corrente, separadas em parte aérea (PA) e parte radicular (PS), armazenadas em sacos de papel do tipo kraft devidamente identificado sobre qual o tratamento e qual parte específica da planta e pesadas em balança analítica de precisão, para obtenção do peso úmido.

Em seguida, o material foi submetido à desidratação em estufa de circulação de ar forçada até o seu peso constante a temperatura de 75°C, resultando na obtenção do peso seco do material (Brasil, 2009).

O valor do peso, tanto da matéria úmida como da matéria seca, será adicionado para essa determinação através da fórmula:

$$U\% = \left[\frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso seco})}{\text{Peso inicial}} \right] \times 100$$

4.9.5 Índice de qualidade de Dickson (ID)

Dessas plântulas também foram medidos o comprimento da parte aérea e da parte subterrânea para aplicação no índice de qualidade segundo Dickson (1960), expresso na seguinte fórmula:

$$ID = \frac{\text{Peso da massa seca total}}{\frac{\text{Altura}}{\text{Diâmetro do coleto}} + \frac{\text{Massa seca da parte aérea}}{\text{Massa seca do sistema radicular}}}$$

4.9.6 Alocação de biomassa

Ao término do período de desenvolvimento vegetal, também foi analisada a alocação de biomassa entre os tratamentos, abrangendo tanto a parte subterrânea quanto a parte aérea. Essa avaliação incluiu a determinação da alocação da biomassa radicular, por meio da proporção de massa seca radicular/massa seca total, a alocação da biomassa na parte aérea, usando a proporção de massa seca da parte aérea/massa seca total, e, por fim, a relação entre a parte subterrânea e a parte aérea, expressa pela proporção de massa seca da parte subterrânea/massa seca da parte aérea ao final dos 45 dias do desenvolvimento vegetal.

4.9.7 Percentual de sobrevivência

O percentual de sobrevivência foi determinado pela seguinte fórmula:

$$\% \text{ Sobrevivência} = \frac{\text{Núm. de indivíduos sobreviventes}}{\text{Núm. de indivíduos no início do experimento}} \times 100$$

4.10 Análises estatísticas

Após a coleta de dados, os mesmos foram agrupados em planilhas. Para verificar os objetivos do presente trabalho os dados foram transferidos para o software R (2023), onde foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e análise de regressão. Quando necessário, foi realizado teste de Tukey a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Grau de umidade

Os resultados obtidos indicam que a média do grau de umidade nas sementes de *S. virgata* é de 7,9 %, o que é propício para a preservação da viabilidade e qualidade durante o armazenamento. Resultado semelhante ao obtido por Masetto *et al.* (2013) após o beneficiamento de sementes de *S. virgata*, obtendo 7,0 % de teor de água.

No caso da espécie *S. virgata*, o teor de umidade de 7,9% está dentro da faixa considerada adequada para o armazenamento em embalagens impermeáveis. Isso se deve ao baixo teor de água, que não favorece o desenvolvimento de microrganismos e reduz a atividade de insetos (Parisotto, 2020). Essa condição sugere que as sementes podem ser conservadas em ambientes controlados e protegidos, garantindo a manutenção de sua qualidade fisiológica por um período prolongado.

Outro ponto importante a considerar é a classificação das sementes de *S. virgata* como ortodoxas, o que significa que têm baixa sensibilidade à desidratação (Lorenzi, 2023). Isso permite que suportem teores de umidade reduzidos sem comprometer sua viabilidade e potencial germinativo (Silva *et al.*, 2023). Estudos como os desenvolvidos por Baskin e Baskin (1988) e atualizados pelo International Seed Testing Association [ISTA] (2023), demonstram que o armazenamento em baixos teores de umidade (entre 5% e 10%) contribui significativamente para a preservação da qualidade das sementes ortodoxas por longos períodos.

Em conclusão, o teor de umidade desempenha um papel crucial na preservação da qualidade das sementes durante o armazenamento, especialmente para sementes ortodoxas, como as de *S. virgata*. Essas informações são fundamentais para o manejo adequado das sementes dessa espécie, visando garantir sua viabilidade e qualidade para usos futuros.

5.2 Curva de embebição

Os resultados da absorção de água pelas sementes de *S. virgata* revelaram um padrão trifásico, evidenciando três estágios distintos ao longo do processo de germinação (Figura 5).

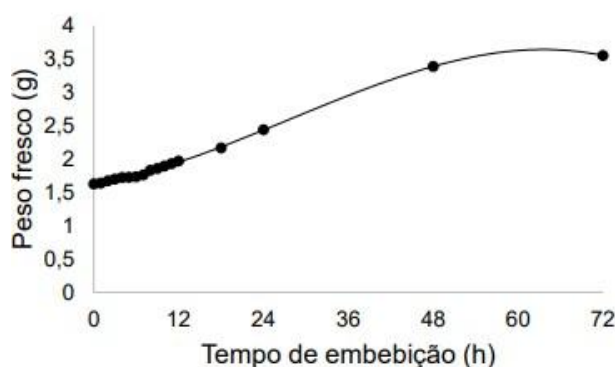


Figura 5 – Curva de hidratação de sementes de *S. virgata* durante 72 horas de embebição com a apresentação do padrão trifásico durante o processo de germinação. Fonte: A autora

A etapa inicial é denominada fase I, caracterizada pela reativação do metabolismo, destacando-se pelo aumento rápido da atividade respiratória, proporcional à hidratação dos tecidos das sementes (Dácio *et al.*, 2021). A conclusão da fase I ocorreu aproximadamente três horas após o início da embebição, enquanto a fase II se encerrou por volta das 10 horas (Figura 6).

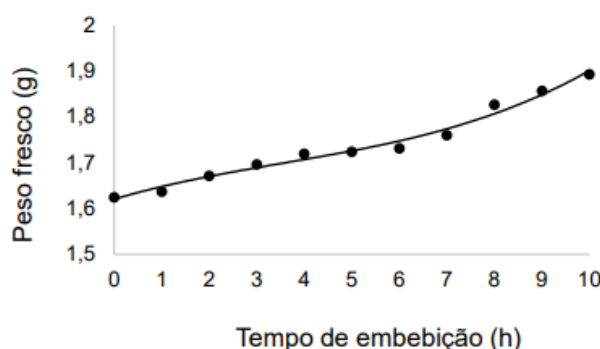


Figura 6 – Curva de hidratação de *S. virgata* nas 10 primeiras horas de embebição. Fonte: A autora

A observação do padrão trifásico na curva de embebição das sementes de *S. virgata* ressalta sua importância para a sobrevivência e reprodução eficiente da espécie. Essa curva é crucial na identificação de sementes com restrições à absorção de água, como as afetadas por dormência tegumentar, onde o padrão trifásico pode não ser observado, resultando na predominância da fase II da embebição (Nascimento; Lopes; Alexandre, 2022). A capacidade das sementes de absorver água de forma eficiente, como indicado pelo padrão trifásico, é fundamental para o sucesso inicial das plantas e a continuidade de suas populações.

O padrão trifásico na embebição de sementes é frequentemente atribuído à estrutura e composição das membranas celulares e da parede celular da semente (Jesus *et al.*, 2021). A presença de estruturas permeáveis, como microporos no tegumento da semente, facilita a

entrada de água para dentro da semente durante a primeira fase de absorção rápida. (Marcos-Filho; Cicero; Silva, 1987). À medida que a embebição continua, ocorre uma redistribuição de água entre os tecidos da semente, resultando em uma fase de absorção mais lenta, seguida por uma estabilização do processo. (Caçula *et al*, 2022). Esse padrão dinâmico reflete a complexidade das interações físicas e bioquímicas que ocorrem durante a embebição das sementes e destaca a adaptabilidade do vegetal para otimizar sua resposta aos estímulos ambientais.

5.3 Ciclo HD x Estresse Hídrico

Os resultados da germinação, tanto para a estresse hídrico como para as sementes que passaram pelo ciclo HD, mostraram que os maiores índices de germinação foram observados quando o potencial osmótico de 0,0 MPa, independentemente dos tratamentos e da hidratação. Foi evidenciada também uma relação inversamente proporcional entre a concentração de PEG 6000 e os valores de germinação entre os tratamentos, sendo que as concentrações de -0,4 e -0,8 MPa apresentaram as menores taxas de germinação (32% e 1%, respectivamente) (Figura 7).

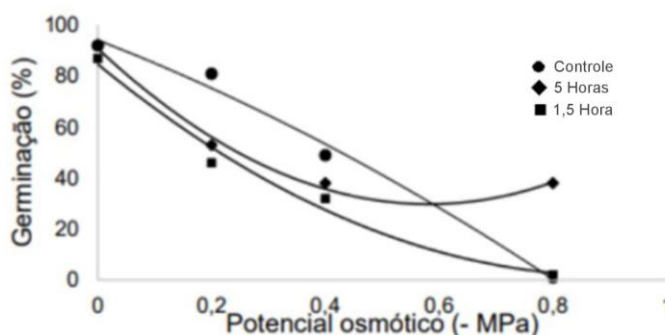


Figura 7 – Germinação de *S. virgata* em diferentes potenciais osmóticos. Fonte: A autora

De acordo com os resultados obtidos para os valores de germinação na concentração de -0,4 MPa, verificou-se que o tratamento controle apresentou os maiores percentuais de germinação, seguido pelas sementes submetidas ao ciclo de hidratação de 5 h e 1,5 h. No entanto, ao analisar as curvas de porcentagem de germinação em função do potencial osmótico, também foi possível observar que o ciclo de hidratação de 5 h conferiu maior capacidade de germinação em condições de estresse hídrico, com 38% das sementes germinando no potencial osmótico de -0,8 MPa. Vale ressaltar que no tratamento controle e nas sementes submetidas ao

ciclo de hidratação de 1,5 h, ocorreu germinação em apenas 1% e 2% das sementes, respectivamente.

Este resultado confirma a hipótese de que as sementes que germinaram em condições de estresse hídrico requerem mais tempo para concluir todo o processo de germinação. A escassez de água, provoca um atraso na germinação das sementes e, devido à variabilidade em suas respostas, o processo de germinação é distribuído ao longo do tempo e do espaço. Essa dinâmica permite que as plântulas, em seu ambiente natural, encontrem as condições ambientais mais adequadas para seu estabelecimento e desenvolvimento. (Oliveira,2020).

Mesmo diante de condições de baixa disponibilidade hídrica, as sementes de *S. virgata*, quando submetidas ao ciclo de hidratação de 5 h, apresentaram um maior percentual de germinação no potencial osmótico igual a -0,8 Mpa em comparação com o tratamento controle e o que passou pelo ciclo de hidratação de 1,5 h. Esse fenômeno pode estar relacionado ao desenvolvimento de algum mecanismo de memória ao estresse hídrico.

5.4 Memória Hídrica (Viveiro)

5.4.1 Ciclos HD

As sementes designadas como tratamento dois, que foram submetidas a uma hidratação de 5 h seguida por secagem, inicialmente pesavam 4,88g. Em seguida, elas foram colocadas em um desumidificador com sílica gel ativa por 72 horas (Brasil, 2009). Após esse período, foi observada uma redução de peso, com as sementes pesando 3,77g, o que representa uma diferença de 1,11g, indicando a remoção controlada de água das sementes (Figura 8).



Figura 8 – Pesagem das sementes de *S. virgata*, sendo (A) a pesagem inicial após a hidratação de 5 h, (B) pesagem após desidratação e (C) peso do recipiente. Fonte: A autora

5.4.2 Percentual de sobrevivência

Nas condições simuladas de estresse hídrico, as mudas demonstraram uma taxa de sobrevivência de 100% quando submetidas à irrigação a cada três dias. Da mesma forma, ao adotar um intervalo de irrigação de seis dias, observou-se uma sobrevivência de 100%. Contudo, constatou-se uma diferença significativa ao aplicar o regime de rega a cada nove dias. Nesse cenário, apenas 25% das mudas no qual as sementes não passaram pelo ciclo HD, conseguiram sobreviver, enquanto 75% das mudas que passaram por esse processo, apresentaram viabilidade (Figura 9).



Figura 9 – Plântulas de *S. virgata* em viveiro, sendo (A) os tratamento T4 (sementes que não passaram pelo ciclo HD) a esquerda e o T8 (sementes que passaram pelo ciclo HD) a direita no sistema de rega de 9 dias e o (B) com os tratamento T1 (Sementes que não passaram pelo ciclo) a esquerda e o T5 (sementes que passaram pelo ciclo HD) a direita com o sistema de rega diário. Fonte: A autora

Então, é possível afirmar que as mudas submetidas ao ciclo HD demonstraram uma alta taxa de sobrevivência, sugerindo uma capacidade aprimorada de reter e utilizar a água de forma eficiente em resposta ao estresse hídrico.

5.4.3 Altura da muda e diâmetro do coleto

Os resultados da análise de altura das mudas, demonstra uma tendência geral de crescimento linear para todos os tratamentos. (Figura 10).

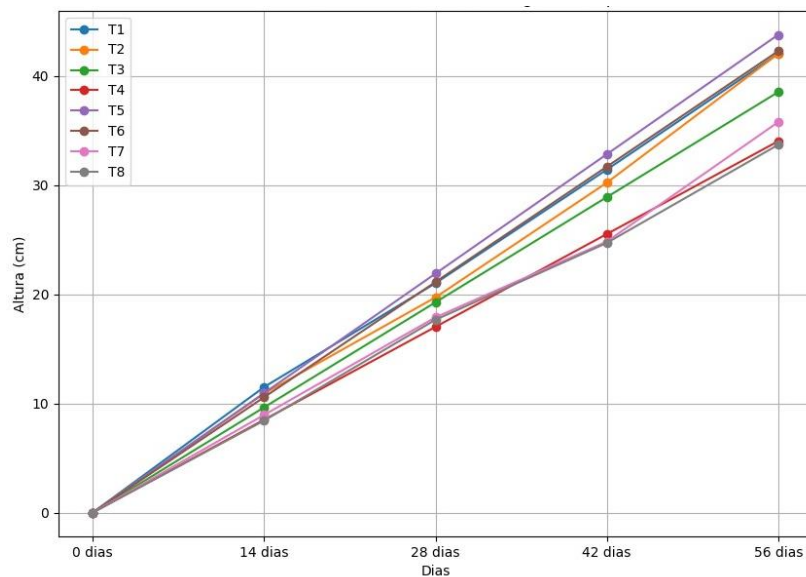


Figura 10 – Média de crescimento das plântulas de *S. virgata* provenientes de sementes que não passaram pelo ciclo HD (T1 a T4) e as que passaram (T5 a T8) sob distintos métodos de irrigação. Fonte: A autora.

Ao examinar o gráfico, fica evidente que a frequência de irrigação exerce um impacto no crescimento das sementes de *S. virgata*. Por exemplo, as sementes sujeitas à irrigação diária (T1 e T5) apresentaram um crescimento mais vigoroso, enquanto aquelas irrigadas a cada 9 dias (T4 e T8) exibiram um desenvolvimento mais lento.

Outro ponto importante a se observar é o efeito da dessecação no crescimento, já que as sementes que passaram pelo ciclo HD (T5 ao T8), apresentaram um crescimento inicial mais lento diferentes das que não passaram (T1 ao T4), todavia a diferença na taxa de crescimento foi minimizada ao longo do tempo.

Embora seja esperado que as diferentes frequências de irrigação influenciem os resultados, é importante considerar que outros fatores também podem estar em jogo, contribuindo para a variação observada nos valores. Esta hipótese é respaldada pela ANOVA, indica que há diferenças significativas no crescimento das sementes entre os diferentes tratamentos ($p < 0,05$). No entanto, o teste de Tukey não identificou pares específicos de tratamentos com diferenças significativas.

Portanto, os resultados indicam que o prévio tratamento através do ciclo HD não exerce um efeito significativo nas medições de interesse, sugerindo que outras variáveis além da frequência de irrigação podem estar influenciando os resultados, limitando a capacidade dos tratamentos em servir como indicadores exclusivos da presença de memória hídrica.

Já para o diâmetro do colo das plântulas, o estudo também avaliou o desenvolvimento em diferentes condições de rega e como a dessecação demonstra diferença nos dois grupos de sementes: das que não passaram pelo ciclo HD (T1 a T4) e as que passaram (T5 a T8) (Figura 11).

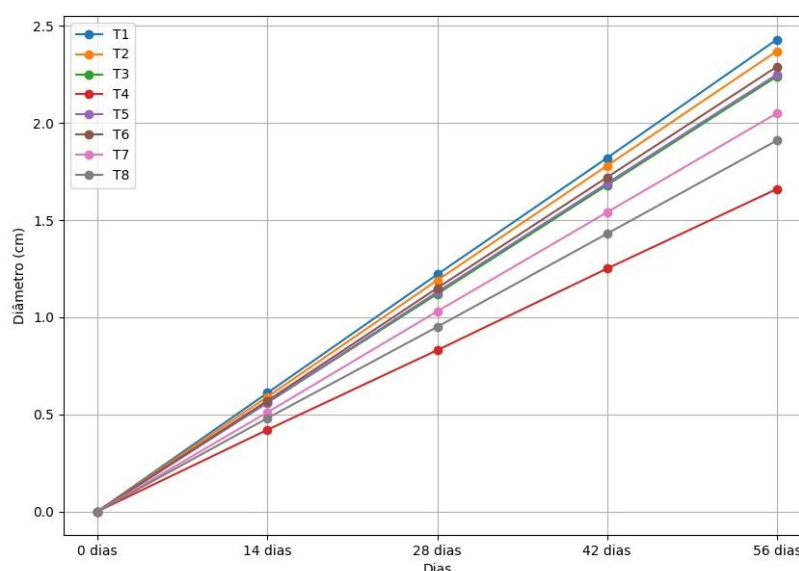


Figura 11 – Média de crescimento do diâmetro do coleto de plântulas de *S. virgata* provenientes de sementes não dessecadas (T1 a T4) e dessecadas (T5 a T8) sob distintos métodos de irrigação. Fonte: A autora.

Assim como para a análise de altura das mudas, é possível observar uma tendência crescente ao longo do tempo independente do tratamento aplicado. No entanto, diferenças notáveis entre os grupos, por exemplo, as sementes submetidas ao ciclo HD (T5 a T8) exibem um crescimento mais lento em comparação com as sementes que não passaram por esse ciclo (T1 a T4), indicando um efeito significativo do ciclo HD sobre o desenvolvimento das plântulas. Além disso, a frequência de rega também influencia o crescimento das plântulas em cada grupo de sementes. Notavelmente, as plantas regadas com maior frequência, seja diariamente ou a cada 3 dias, mostram um desenvolvimento mais acelerado em comparação com aquelas regadas a cada 6 ou 9 dias.

Outro aspecto relevante é a presença de pontos de inflexão, detectados em algumas situações que podem indicar o desaceleramento no desenvolvimento das plântulas, como por exemplo, o T1 e T2 (sementes não dessecadas, regadas diariamente e a cada 3 dias, respectivamente) após 42 dias de observação até o fim dos dias observados a taxa de crescimento diminuiu significativamente o que não acontece nos tratamentos que envolve sementes dessecadas como o T5 e T6 que possuem o mesmo sistema de rega.

Essa constatação é corroborada pelo teste ANOVA, que identificou diferenças significativas entre os dois tratamentos. No entanto, o teste de Tukey não foi capaz de identificar os pares específicos que apresentaram diferenças. Isso sugere que, do ponto de vista estatístico, a dessecação prévia não exerce efeitos expressivos sobre o diâmetro do coleto sendo até prejudicial em relação a velocidade de crescimento. Assim, além dessa avaliação, uma análise mais aprofundada é necessária para determinar a presença de memória hídrica.

5.4.4 Comprimento da parte subterrânea

Os resultados da análise do comprimento da parte subterrânea, apresentou um padrão significativo em resposta ao estresse hídrico no desenvolvimento inicial sob diferentes condições de rega. Essa diferença significativa foi atestada pelo teste ANOVA ($p < 0,05$) e confirmada pelo teste de Tukey, que demonstrou quais pares eram semelhantes, representados por letras iguais expressas no gráfico (Figura 12).

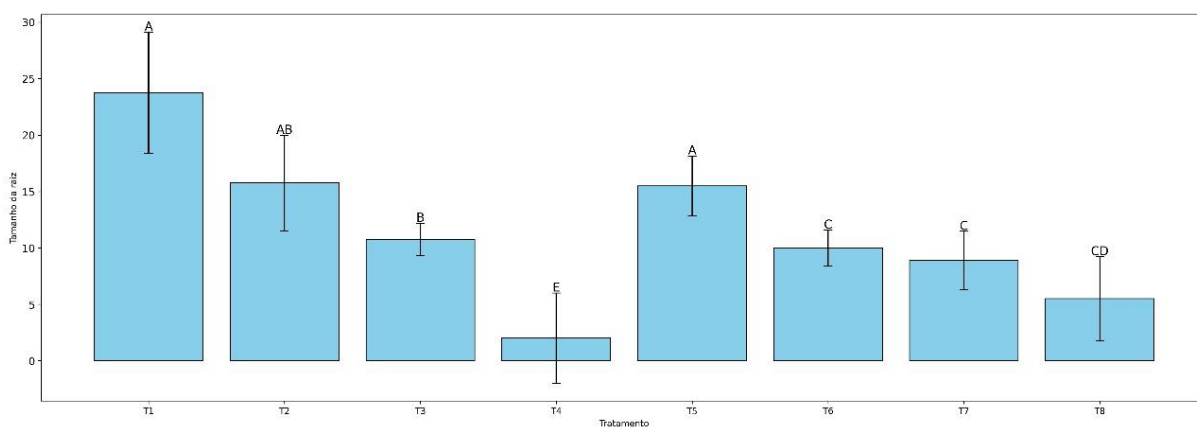


Figura 12 - Relação das médias e variabilidade dos valores para diferentes tratamentos em relação ao comprimento da parte subterrânea. Fonte: A autora.

Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 demonstraram um desenvolvimento mais pronunciado da parte subterrânea em relação aos demais tratamentos, demonstrando uma resposta esperada por plantas que passaram por estresse hídrico, que tendem a ter maior crescimento e desenvolvimento na parte subterrânea que na parte aérea (Mendonça,2020).

Uma interpretação possível desses resultados sugere que as sementes submetidas aos tratamentos que envolvem dessecação (T5, T6, T7 e T8), têm uma propensão a desenvolver mais a parte aérea em comparação com a parte subterrânea. Essa inclinação pode ser justificada

pela adaptação das plantas a condições adversas, priorizando o crescimento da parte aérea para maximizar a captura de luz solar e a realização da fotossíntese.

5.4.5 Peso Fresco e Peso Seco

O resultado do peso úmido e o peso seco de plântulas de *S. Virgata* evidenciou diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (T1 a T8), em relação a água disponível para as plântulas durante o crescimento inicial, isso é um forte indicativo que quanto maior for esse percentual mais robustas e saudáveis serão as mudas, como expressas na Figura 13.

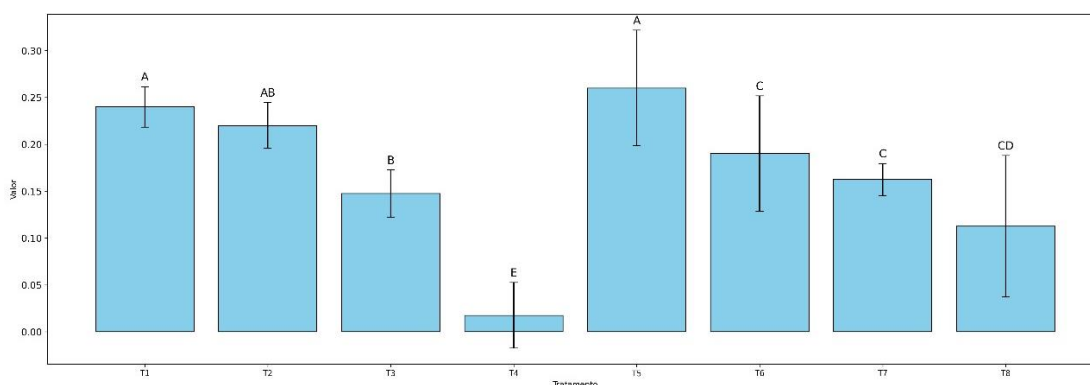


Figura 13 - Relação das médias e variabilidade dos valores para diferentes tratamentos em relação ao peso úmido e peso seco. Fonte: A autora.

O gráfico revela uma tendência crescente e evidencia diferenças entre os tratamentos, com as sementes sujeitas ao ciclo de HD (T5 a T8) apresentando médias superiores em comparação com aquelas não submetidas a esse processo (T1 a T4). Por exemplo, os tratamentos T5, T7 e T8 exibem valores mais elevados em comparação com T1, T3 e T4, indicando uma potencial reserva de água mais robusta, o que possivelmente pode ser considerado como uma resposta adaptativa ao estresse hídrico. Essa diferença significativa foi atestada pelo teste ANOVA ($p < 0,05$) e confirmada pelo teste de Tukey, que demonstrou quais pares eram semelhantes, representados por letras iguais expressas no gráfico.

Essas descobertas oferecem uma visão esclarecedora sobre a capacidade adaptativa das plantas diante dos desafios hídricos, destacando a importância de considerar o teor de umidade como um indicador ao avaliar o desempenho das mudas submetidas ao estresse hídrico.

5.4.6 Índice de qualidade de Dickson (ID)

Com base nos resultados do Índice de Qualidade de Dickson, é possível observar na figura 14, que a dessecação de sementes exerce influência significativa no desenvolvimento de mudas, principalmente em condições mais extremas como no caso do T4 e do T8 que possuem o mesmo padrão de rega.

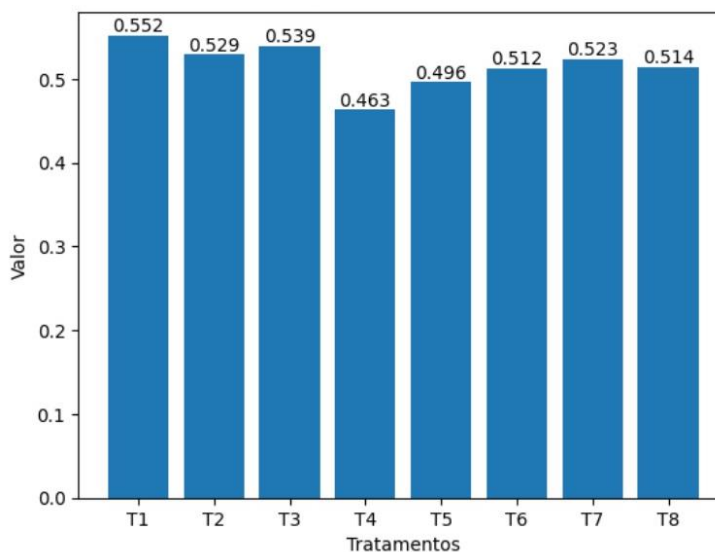


Figura 14 - Relação das médias e variabilidade dos valores para diferentes tratamentos expressas pelo índice de qualidade de Dickson. Fonte: A autora.

Comparando os tratamentos, as sementes que não passaram pelo processo de dessecação e foram submetidas ao tratamento com rega diária (T1) apresentaram melhor desempenho, enquanto o T4 teve um ID menor, evidenciando um impacto negativo no desenvolvimento das plântulas. Para as sementes que passaram pelo ciclo HD, o T5, com regime de rega diário, apresentou um ID intermediário, com diferenças significativas em relação ao T7 (rega a cada 6 dias) e ao T8 (rega a cada 9 dias). Isso sugere uma possível adaptação das sementes que passaram pelo ciclo HD, permitindo assim a otimização do uso da água, resultando em desempenho mais robusto em situações de estresse hídrico prolongado.

Essa diferença significativa foi atestada pelo teste ANOVA ($p < 0,05$), todavia o teste de Tukey não identificou pares específicos de tratamentos com diferenças significativas.

5.4.7 Alocação de biomassa

O resultado dos testes de alocação de biomassa apresentou alguns padrões significativos atestado pelo teste de Tukey, podendo ser indicadores não apenas de estresse hídrico, mas também de um possível desenvolvimento de memória hídrica (tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição de biomassa em porcentagem (%) da parte subterrânea (ABR), na parte aérea (ABPA) e a relação raiz/ parte aérea (R/PA) em plântulas de *S. virgata* cultivada em diferentes regimes de regas.

	<i>ABR</i>	<i>ABPA</i>	<i>R/PA</i>
<i>T1</i>	46,74	53,26	87,78
<i>T2</i>	47,58	47,58	90,90
<i>T3</i>	47,65	52,35	91,04
<i>T4</i>	48,05	51,95	92,49
<i>T5</i>	46,23	53,77	86,03
<i>T6</i>	47,92	52,08	92,17
<i>T7</i>	48,01	51,99	92,37
<i>T8</i>	48,36	51,64	93,65

Fonte: A autora

A alocação de biomassa da raiz (ABR) apresentou que as os tratamentos com sementes que não passaram pelo processo de dessecação mostraram uma alocação de biomassa para as raízes de 47% a 48%, independentemente da frequência de rega. T1, com rega diária, apresentou 47%, enquanto T2, T3 e T4, com regas a cada 3, 6 e 9 dias, respectivamente, mantiveram um valor constante de 48%. Em contraste, os tratamentos com sementes desseçadas mostraram ligeiras variações. T5, com rega diária, apresentou 46%, sugerindo que a desidratação prévia pode ter influenciado a alocação de biomassa, direcionando mais recursos para a recuperação do estresse hídrico inicial. Os demais tratamentos com sementes desseçadas (T6, T7 e T8) mantiveram 48%, similar aos grupos não desseçados, indicando que a frequência de rega não teve impacto significativo na alocação de biomassa para as raízes após a dessecação.

Já na alocação de biomassa da parte aérea (ABPA), os tratamentos com sementes que não passaram pelo processo de dessecação mostraram uma alocação de biomassa para a parte aérea variando entre 52% e 53%, independentemente da frequência de rega. T1, com rega diária, apresentou 53%, enquanto T2, T3 e T4, com regas a cada 3, 6 e 9 dias, respectivamente, mantiveram valores constantes de 52%. Em contraste, os tratamentos com sementes dessecadas mostraram ligeiras variações. T5, com rega diária, apresentou 54%, sugerindo que a desidratação prévia pode ter estimulado uma maior alocação de recursos para a parte aérea, podendo ser um mecanismo adaptativo que visa maximizar a captura de luz e otimizar a fotossíntese possibilitando uma recuperação do estresse hídrico inicial. T6 e T7, com regas a cada 3 e 6 dias, respectivamente, mantiveram 52%, similar aos grupos não dessecados, indicando que a frequência de rega não teve impacto significativo na alocação de biomassa para a parte aérea após a dessecação. No entanto, T8, com rega a cada 9 dias, apresentou um valor ligeiramente menor, 51%, sugerindo que a combinação de desidratação e rega menos frequente pode ter impactado a alocação de recursos para a parte aérea, possivelmente direcionando mais energia para a recuperação do estresse hídrico.

E por fim, para a relação raiz/parte aérea (R/PA), os resultados apresentaram que os tratamentos T1 a T4, com sementes não dessecadas, demonstraram uma relação entre investimento em raízes e parte aérea, variando de 0,88 a 0,92. Como por exemplo, o T1, com rega diária, revelou um equilíbrio entre esses investimentos, estratégico para garantir a absorção eficiente de água e nutrientes. T2 e T3, com regas a cada 3 e 6 dias, respectivamente, mostraram valores ligeiramente maiores, sugerindo um aumento gradual no investimento em raízes com a redução da frequência de rega. T4, com rega a cada 9 dias, revelou o maior valor, indicando um investimento mais expressivo em raízes devido à rega menos frequente, exigindo uma estratégia robusta para a captação de água do solo.

Por outro lado, os tratamentos com sementes dessecadas (T5 a T8) mostraram variações distintas nessa relação. T5, com rega diária, apresentou um valor ligeiramente menor (0,86), sugerindo um menor investimento inicial em raízes após a desidratação prévia. Porém, no caso dos tratamentos T6 a T8, com regas a cada 3, 6 e 9 dias, respectivamente, revelaram valores consideravelmente maiores (0,92 a 0,94), indicando uma mudança na estratégia de alocação de biomassa, com um foco mais intenso no desenvolvimento radicular para garantir a absorção de água e nutrientes em condições desafiadoras de disponibilidade hídrica. Esses resultados destacam a complexidade das adaptações das plantas frente ao estresse hídrico e à dessecação prévia.

Todos as análises apresentaram diferença significativa testado através da ANOVA ($p < 0,05$), no entanto, o teste de Tukey não identificou pares específicos de tratamentos com diferenças significativas.

A análise da alocação de biomassa em *S. virgata* após desidratação prévia sugere que essa prática pode influenciar a estratégia de investimento de recursos da planta, promovendo o desenvolvimento de mecanismos eficientes para a recuperação do estresse hídrico e favorecendo o crescimento das raízes em alguns casos. No entanto, afirmar com 100% de certeza que essa semente possui "memória hídrica" requer cautela, pois a resposta da planta pode variar em função de diversos fatores abióticos e bióticos. Portanto, é imprescindível conduzir pesquisas adicionais, incluindo estudos fisiológicos e moleculares, para um entendimento mais completo dos mecanismos envolvidos e para confirmar a presença e o papel da memória hídrica nessas sementes.

6. CONCLUSÃO

Com os resultados desse trabalho é possível concluir que:

- As sementes de *S. virgata* possuem um padrão trifásico de embebição.
- O déficit hídrico afeta negativamente a germinação.
- A hidratação descontinuada tem um efeito positivo na germinação das sementes em condições de déficit hídrico, oferecendo uma estratégia promissora para melhorar a sobrevivência das plantas em ambientes adversos.
- As sementes de *S. virgata* apresentaram indícios consistentes de possuir "memória hídrica", revelados por meio de múltiplos parâmetros analisados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCHILE, S. et al. **Biometria de frutos e sementes e determinação da curva de absorção de água de sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers.** Scientific Electronic Archives, Universidade Federal de Alagoas, v. 10, n. 5, p. 26-34, out. 2017. Disponível em: <<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=480&path%5B%5D=pdf>>. Acesso em: 12 set. 2023.

ALCANTARA CORTES, J. S. *et al.* **Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal.** Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia, v. 17, n. 32, p. 109–129, 15 nov. 2019.

ALLEN, O. N.; ALLEN, E. K. **The leguminosae: a source book of characteristics, uses and nodulation.** University of Madison, Madison, EUA. 1981. 812 p

AMARAL, M. N. DO. **Memória epigenética, transcricional e fisiológica em plantas de arroz submetidas ao estresse salino.** 133f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019. Disponível em: <<http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/4297>>.

BARROS, Yasmim Lopes de. **Influência da sazonalidade sob o acúmulo de osmorreguladores em *Pavonia varians Moric*, espécie endêmica da caatinga.** 2022. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022. Disponível em: <<https://repository.ufrpe.br/handle/123456789/4792>>.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Armazenamento de longo prazo de sementes de espécies florestais tropicais em diferentes teores de umidade e temperaturas.** Seed Science Research, v. 8, n. 4, p. 423-430, 1988. DOI: <https://doi.org/10.2307/2443896>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.

BRUCE, T. J. A. *et al.* **Stressful “memories” of plants: Evidence and possible mechanisms.** *Plant Science*, v. 173, n. 6, p. 603-608, dez. 2007. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Stressful---memories---of-plants-Evidence-and-possible-mechanisms.pdf

BUCKERIDGE, M. S.; MORTARI, L. C.; MACHADO, M. R. **Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema?** IN: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B; MORELLATO, L. P. C. *Fenologia - Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos*. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007.

CAÇULA, Bruna Tuane de Souza *et al.* **Potencial germinativo de sementes de *Feijão caupi*, cv. brs potengi, após condicionamento fisiológico.** *Diversitas Journal*. Santana do Ipanema/AL, ano 1, v. 7, p. 090-0105, 2022. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2109/1566.

CAMPOS, A. J. de M. *et al.* **Estresse hídrico em plantas: uma revisão.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i15.23155. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23155>>. Acesso em: 28 jul. 2023.

CORTE, Viviana Borges. **Alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes de *melanoxylon brauna* envelhecidas natural e artificialmente.** 139 p. Dissertação de doutorado (Ciência Floresta) - UFV, Viçosa , MG, 2008. Disponível em: < <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Viviana-Borges-Corte.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2023.

CROCKER, W.; BARTON, L. V. **Physiology of seeds: an introduction to the experimental study of seed and germination problems.** 2. ed., reimpressão. Chronica Botanica Company, 1957. 267 p. (Chronica Botanica; New series of plant science books, v. 29). ISSN 2690-8700. Original de Universidade de Wisconsin - Madison.

CUNHA, A. *et al.* **Transcriptome Responses of Wild *Arachis* to UV-C Exposure Reveal Genes Involved in General Plant Defense and Priming.** *Plants*, v. 11, n. 3, p. 408–408, 2 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11030408>

DÁCIO, Ivan Manuel Santos *et al.* **Germinação de sementes e morfologia de *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don.** Biota Amazônia, Macapá, v. 11, p. 11-14, 28 jun. 2021. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/biota>.

DICKSON, Alexander; LEAF, Albert L.; HOSNER, John F. **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries.** The Forestry Chronicle, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DUBROVSKY, J. G. **Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the sonoran desert.** Journal of the Torrey Botanical Society, v. 125, 1998, p. 33-39

GALLUSCI, P. *et al.* **Deep inside the epigenetic memories of stressed plants.** Trends in Plant Science, v. 28, n. 2, P. 142-153, Nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2022.09.004>

GOMES FILHO, A. *et al.* **Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi cv. Brs pajeú.** Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215, v. 15, n. 4, p. 60–73, 2019. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2741>.

HERNÁNDEZ-LAO, T. *et al.* **Proteomic and Metabolomic Analysis of the *Quercus ilex*–*Phytophthora cinnamomi* Pathosystem Reveals a Population-Specific Response, Independent of Co-Occurrence of Drought.** Biomolecules, v. 14, n. 2, p. 160–160, 29 jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom14020160>

HILKER M, SCHMÜLLING T. **Stress priming, memory, and signalling in plants.** Plant Cell Environ. Oxford, v. 42, p. 753 – 761, 2019. DOI: 10.1111/pce.13526. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30779228/>>. Acesso em: 11 set. 23

HORA, Igor Silva da. **Memória de hidratação no escuro de sementes: quando o fotoblastismo altera as respostas das sementes à hidratação descontínua para aumentar sua longevidade.** Orientador: Marcos Vinicius Meiado. 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) -Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/14826>. Acesso em: 6 dez. 2023.

INGRAM, J.; BARTELS, D. **The molecular basis of dehydration tolerance in plants.** Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, v. 47, n. 1, p. 377–403, jun. 1996. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.47.1.377>

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). **Diretrizes atualizadas para o armazenamento de sementes florestais.** 2023. Disponível em: <https://www.seedtest.org/en/home.html>.

JESUS, Thamires Soares Ricardo *et al.* **Sementes e qualidade fisiológica: reativação do metabolismo.** In: FERNANDEZ, Luzimar Gonzaga et al. *Ricinus communis L.: sementes, envelhecimento e estresse oxidativo.* Salvador: Edufba., 2021. cap. 2, p. 25-34. ISBN 978-65-5630-234-8 (E-book). Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34561>.

JONES, H.G.; JONES, M.B. **plants under stress: biochemistry, physiology and ecology and their applications to plant improvement.** Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 1-10.

KAISER, W. M.; **Reversible inhibition of the calvin cycle and activation of oxidative pentose phosphate cycle in isolated intact chloroplasts by hydrogen peroxide.** *Planta*, v.145, n.4, p.377-382, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00388364>.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas.** 3º ed. São Paulo: BASF, 1995. 978 p.

LIMA, A. T.; *et al.* **Does discontinuous hydration of *Senna spectabilis* (dc.) H.s. Irwin & barneby var. *Excelsa* (schr.) H.s. Irwin & barneby (fabaceae) seeds confer tolerance to water stress during seed germination?** *Journal of Seed Science*, v. 40, n. 1, p. 36–43, 2018. DOI: 10.1590/2317-1545v40n1182838

LINS, Taynã Maria Pinto; NÓBREGA, Ranyére Silva. **Climatologia de precipitação na região metropolitana do recife através do trmm.** XXIII CONIC, 2015. Disponível em: https://www.ufpe.br/documents/616030/847061/Climatologia_de_precipita%C3%A7%C3%A3o_na_regiao_metropolitana_do_recife.pdf.

LORENZI, H. **Manual de Botânica Florestal: Dicotiledôneas, Arbustos e Árvores**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2023.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1991. 448p.

MARCOS-FILHO, J.; CICERO, S. M.; SILVA, W. R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MASETTO, Tathiana Elisa; FARIA, José Marcio Rocha; FRAIZ, Ana Carla Resende. **perda e restabelecimento da tolerância à dessecação em sementes germinadas de *Sesbania virgata* (cav.)(pers.)**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 37, p. 313-320, 2015.

MEIADO, M.V. *et al.* **Diásporos da caatinga: uma revisão**. In: SIQUEIRA FILHO, J.A. (Org.). **Flora das caatingas do rio São Francisco: história natural e conservação**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, 2012, p.306-365.

MENDONÇA, Márcia Silva De. **Respostas agronômicas e fisiológicas de genótipos de amendoim forrageiro submetidos ao déficit hídrico**. 121 p. Dissertação mestrado (Produção Vegetal) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco - AC, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218501/1/27074.pdf>.

NASCIMENTO, G. R. do; LOPES, J. C.; ALEXANDRE, R. S. **Biometria e embebição de sementes de *Passiflora spp.* submetidas a tratamentos para superação de dormência tegumentar**. Research, Society and Development, v. 11, n. 2, 6 fev. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26107/22888>.

OLIVEIRA, Letícia Kenia Bessa De. **Tolerância de cultivares de feijão-caupi ao déficit hídrico na fase germinativa: alterações fisiológicas, bioquímicas e citoquímicas**. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Bosco de Oliveira. 103 f. Dissertação de mestrado (Mestre em Agronomia/Fitotecnia.) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/52936>.

OLIVEIRA, A. K. M.; GUALTIERI, S. C. J. **Trocas gasosas e grau de tolerância ao estresse hídrico induzido em plantas jovens de *Tabebuia aurea* submetidas a alagamento.** *Ciência Florestal*, v. 27, n. 1, p. 181-191, 2017.

OLIVEIRA, Rayssa Beatriz da Silva. **Simulação de área de coleta de sementes em um fragmento florestal amazônico.** Orientador: Paulo Cesar Flôres Junior. 2023. 32 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) - UFRA / Campus Belém, Amazônia. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/3115>.

PARISOTTO, Emanuelle Iaçana Berté. **Análise experimental e modelagem matemática da cinética de morte térmica de *Sitophilus zeamais* e da desinfestação de grãos de milho por micro-ondas.** Orientador: Prof. Dr. Bruno Augusto Mattar Carciofi.. 135 p. Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina., Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216620>.

PEGORIN, P. **Memória fisiológica a partir do estresse hídrico em *Sorghum bicolor* (L.) moench com expressão da aquaporina pip2;5.** 2021; 52 p. Dissertação (Pós-graduação: Fisiologia Vegetal) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho”, BOTUCATU – SP, 2021. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/217741/pegorin_p_me_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 11 set. 2023.

PINHEIRO J. S. *et al.* **Drought-stress tolerance in three semi-arid species used to recover logged areas.** *Brazilian Journal of Botany*, v. 39, n. 4, p. 1031- 1038, 2016.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** Brasília: AGIPLAN, 1985. 289 p.

POTT, Arnildo; POTT, Vali J. **Plantas do pantanal.** 1º. ed. Brasília, DF: EMBRAPA -CPAP, 1994. 320 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/783791>. Acesso em: 18 set. 2023.

QUEIROZ, R.T. 2017. **Sesbania in flora do brasil** 2023. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29852>>. Acesso em: 18 set. 2023

R-4.3.2 para Windows. R-4.3.2. 31 out. 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>.

ROBERTS, H. A. **Seed banks in soils.** Advances in Applied Biology, New York, v.6, n.1, p.1-55, 1981.

RODRIGUES, Edson Henrique Picolo. **Espécies florestais para o uso econômico na reserva legal e propostas de modelos para implementação.** 80 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em engenharia florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <<http://www.engenhariaflorestal.ufpr.br/engflorestalcoord/tcc/002%20EDSON%20H%20P%20RODRIGUES.pdf>>.

ROSA, Genesio Mario da *et al.* **Ações antrópicas e o advento das ciências ambientais.** Revbea - Revista Brasileira de educação ambiental, São Paulo, v. 17, n. 1º, p. 180 - 197, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/12027/9354>. Acesso em: 6 dez. 2023.

SILVA, E. A. da; *et al.* **Adaptação fisiológica de sementes de espécies florestais tropicais ao armazenamento em baixa umidade: uma revisão.** Revista Brasileira de Botânica, v. 46(2), p. 283-294, 2023.

SILVA, Karina Barroso. **Características químicas, físicas e biológicas de solos sob *Sesbania virgata* (Cav.) Pers.** 124 p. Dissertação de mestrado (Ciência do solo) - UFLA, Lavras, MG, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/690/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Caracter%C3%ADsticas%20qu%C3%ADmicas%2C%20f%C3%ADsticas%20e%20biol%C3%B3gicas%20de%20solos%20sob%20Sesbania%20virgata%20%28Cav.%29%20Pers.pdf>. Acesso em: 18 set. 2023.

SILVA, Laura Prado da. **Interação entre o déficit hídrico e a disponibilidade de nitrogênio nas trocas gasosas e no metabolismo secundário de *Amaranthus cruentus* L.** Orientador: Inês Cechin. 51 f. TCC - (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/214457>.

SIRCAR, S; PAREKH, N. **Meta-analysis of drought-tolerant genotypes in *Oryza sativa*: a network-based approach.** PLoS UM, v. 14, n.5, p. 0216068, 6 maio 2019, Califórnia. DOI <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216068>. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0216068>>. Acesso em: 11 set. 2023.

SOUZA, Danilo Diego de. **Adaptações de plantas da caatinga.** 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2020. 96 p. ISBN 978-65-86235-02-9.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

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

THELLIER, M.; LÜTTGE, U. **Plant memory: a tentative model.** Plant Biology, German Botanical Society and The Royal Botanical Society of the Netherlands, v. 15, n.1, p. 1-12, 2013. DOI <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2012.00674.x>. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1438-8677.2012.00674.x>> Acesso em: 11 set. 2023.

TREWAVAS, A. **The foundations of plant intelligence.** Interface Focus, v. 7, n. 3, 2017. DOI: 10.1098/rsfs.2016.0098.

WADDINGTON, C. H. **Towards a Theoretical Biology.** Nature, v. 218, n. 5141, p. 525–527, maio 1968. DOI: <https://doi.org/10.1038/218525a0>

WALTER, J. *et al.* **Ecological stress memory and cross stress tolerance in plants in the face of climate extremes.** Environmental and Experimental Botany, v. 94, 2013.

WITZANY, G. **Memory and learning as key competences of living organisms**. In: Baluska, F., Gagliano, M., Witzany, G. (eds) *Memory and Learning in Plants. Signaling and Communication in Plants*. Springer, Cham. P.1-16, 2018. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-75596-0_1.

YI, X. P.; *et. al.* **Rapid recovery of photosynthetic rate following soil water deficit and re-watering in cotton plants (*Gossypium herbaceum* L.) is related to the stability of the photosystems**. *Journal of plant physiology*, v.194, <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.01.016>. n.1, p.23-34, 2016. *Revista Científica Rural, Bagé-RS*, volume25, nº1, ano 2023 ISSN 2525-6912

ZHU, J.-K. **Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants**. *Cell*, v. 167, n. 2, p. 313–324, out. 2016. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.cell.2016.08.029>

ZULOAGA, Fernando O.; BELGRANO, Manuel J.; ZANOTTI, Christian A. **Actualización del catálogo de las plantas vasculares del cono sur**. 2. ed. Córdoba: Darwiniana, Nueva Serie, 2019. 208–278. p. v. 7. Disponível em: <<http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/861/1170>>. Acesso em: 18 set. 2023.