



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PGAGRO

Matheus de Miranda Ribeiro Borges

**REVESTIMENTO EM FILME E
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE *Enterolobium schomburgkii*
(Benth.) Benth**

2024
BELÉM/PARÁ

MATHEUS DE MIRANDA RIBEIRO BORGES

**REVESTIMENTO EM FILME E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
Enterolobium schomburgkii (Benth.) Benth**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito básico para o curso de Pós-graduação em agronomia: Área de concentração de Tecnologia de armazenamento de grãos e sementes, para obtenção do título de mestre em agronomia.

Orientadora: Prof. Dr. Cristiane Fernandes Lisboa.

Coorientadora: Prof. Dr. Dênmora Gomes de Araújo.

BELÉM, PARÁ
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B732r Borges, Matheus de Miranda Ribeiro
 Revestimento em filme e armazenamento de sementes de *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth.
 / Matheus de Miranda Ribeiro Borges. - 2024.
 84 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2024.
 Orientador: Profa. Dra. Cristiane Fernandes Lisboa
 Coorientador: Profa. Dra. Dênmora Gomes de Araújo.
1. Polímero. 2. Álcool Polivinílico. 3. Orelha de macaco. 4. Semeadura Direta. 5. Reflorestamento. I. Lisboa, Cristiane Fernandes, *orient.* II. Título
-

CDD 631.531

MATHEUS DE MIRANDA RIBEIRO BORGES

**REVESTIMENTO EM FILME E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE
Enterolobium schomburgkii (Benth.) Benth**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, visando a obtenção do título de mestre.

Belém (PA), 09 de fevereiro de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **CRISTIANE FERNANDES LISBOA**
Data: 16/02/2024 13:56:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cristiane Fernandes Lisboa
Orientadora – UFVJM

Documento assinado digitalmente
 **ITAMAR ROSA TEIXEIRA**
Data: 16/02/2024 14:57:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Itamar Rosa Teixeira – 1º
Examinador Externo – UEG

Documento assinado digitalmente
 **ARLINDO MODESTO ANTUNES**
Data: 16/02/2024 14:36:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Arlindo Modesto Antunes – 2º Examinador
Examinador Interno – UFRA

Documento assinado digitalmente
 **HELLEN SIGLIA DEMETRIO BARROS**
Data: 16/02/2024 15:23:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Hellen Sígla Demétrio Barros – 3º
Examinador Externo – ITERPA

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora de Nazaré por ter me dado saúde e ajudado a superar as dificuldades.

À minha mãe Maria Rute e meu pai Raimundo pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu irmão Bernardo, por possibilitar a continuidade de meus estudos desde o ensino médio e minha irmã Bárbara por me ajudar sempre que necessitei. Não conseguiria ter chegado até aqui sem vocês.

Às minhas tias Marinalva e Lúcia, por me incentivarem a persistir nos estudos e me auxiliarem na medida do possível em minha jornada acadêmica.

Às minhas avós Aurora e Benedita, e meu avô José, pelo afeto e apoio.

Ao meu namorado Leandro Muller, que esteve ao meu lado nos melhores e piores momentos, me ajudou e incentivou de todas maneiras imagináveis e, sempre que possível, me fez companhia nas noites de avaliação no laboratório. À minha sogra Elcilene Carvalho, por me dar suporte e me ajudar a frequentar o laboratório nos longos 14 meses o qual estive sem bolsa no mestrado.

As dezenas de colegas do laboratório de sementes que me ajudaram durante a coleta de dados e deixaram os dias e a jornada do mestrado mais leves. Devo nomear Paulo Castro, que foi uma irmã pra mim e me deu suporte no laboratório nos finais de semana e a noite, sem reclamar muito.

À minha orientadora, Prof. Dra. Cristiane Fernandes Lisboa, por sua paciência, orientações pertinentes ao projeto e a lidar com situações adversas, didática e maestria em moldar e minhas ideias e por me ajudar nos momentos críticos do mestrado.

À minha coorientadora, Prof. Dr. Dênmora Gomes de Araújo, por abrir as portas do Laboratório de Sementes (LABSEM) para que eu pudesse desenvolver meu projeto, pelos conselhos, puxões de orelha e orientações na escrita e como agir em situações adversas, por confiar em mim e me incentivar a perseguir meus sonhos.

Ao Prof. Dr. Antônio Vinicius Correa Barbosa, que me ajudou a realizar a análise estatística e esteve disponível para esclarecer dúvidas.

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal Rural Da Amazônia, pela oportunidade de qualificação profissional. À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas – Fapespa, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

RESUMO

A crescente demanda por sementes nativas em projetos de restauração florestal destaca a importância do conhecimento técnico e tecnológico na propagação e manutenção de espécies florestais. O revestimento de sementes pode facilitar a semeadura direta dessas espécies. No entanto, apesar de o polímero álcool polivinílico (PVA) e o plastificante glicerol serem estudados para o revestimento de sementes agrícolas, há falta de informações sobre seu comportamento em espécies florestais. Portanto, o objetivo desta pesquisa é avaliar a aplicabilidade de revestimento em filme com uso de álcool polivinílico e glicerol em sementes florestais, especificamente *Enterolobium schomburgkii* e avaliar sua influência na germinação e armazenamento. O primeiro experimento determinou formulação adequada para revestimento, para tanto foram avaliadas três concentrações de PVA (1%, 3% e 5%) e de glicerol (10%, 20% e 30%). Para avaliar o efeito dos revestimentos na germinação foi incluída uma testemunha, totalizando 40 parcelas. Conduziu-se testes de espessura, permeabilidade ao vapor d'água, solubilidade e germinação. O experimento foi fatorial 3x3 em delineamento inteiramente casualizado compreendendo 36 parcelas. Em segundo experimento, as sementes não revestidas e revestidas com a formulação selecionada no primeiro experimento foram armazenadas por seis meses. Foram aplicados testes para avaliar as propriedades físicas como tamanho e forma de sementes, massa específica aparente e unitária e porosidade. Para avaliar a qualidade fisiológica das sementes armazenadas foram empregados testes de germinação, condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. O experimento foi em fatorial 2x6, em delineamento inteiramente casualizado, totalizando 36 parcelas. O revestimento não provocou alterações nas propriedades físicas das sementes, exceto massa específica aparente e porosidade. O revestimento não reduziu a qualidade das sementes por até quatro meses. A presença de revestimento afetou o teste de envelhecimento acelerado, porém, não comprometeu a avaliação por teste de condutividade elétrica.

Palavras-Chave: Polímero, Álcool polivinílico, Orelha-de-macaco, semeadura direta, reflorestamento.

ABSTRACT

The growing demand for native seeds in forest restoration projects highlights the importance of technical and technological knowledge in the propagation and maintenance of forest species. Seed coating can facilitate direct seeding of these species. However, although the polymer polyvinyl alcohol (PVA) and the plasticizer glycerol have been studied for coating agricultural seeds, there is a lack of information about their behavior in forest species. Therefore, the objective of this research is to evaluate the applicability of film coating using polyvinyl alcohol and glycerol on forest seeds, specifically *Enterolobium schomburgkii*, and evaluate its influence on germination and storage. The first experiment determined a suitable formulation for coating, for which three concentrations of PVA (1%, 3% and 5%) and glycerol (10%, 20% and 30%) were evaluated. To evaluate the effect of coatings on germination, a control was included, totaling 40 plots. Thickness, water vapor permeability, solubility and germination tests were carried out. The experiment was a 3x3 factorial in a completely randomized design comprising 36 plots. In the second experiment, the uncoated seeds and those coated with the formulation selected in the first experiment were stored for six months. Tests were applied to evaluate physical properties such as seed size and shape, apparent and unit specific mass and porosity. To evaluate the physiological quality of stored seeds, germination, electrical conductivity and accelerated aging tests were used. The experiment was in a 2x6 factorial, in a completely randomized design, totaling 36 plots. The seed coating did not cause changes in physical properties, except apparent specific mass and porosity. The coating did not reduce seed quality for up to four months. The presence of coating affected the accelerated aging test, however, it did not compromise the evaluation by electrical conductivity test.

Keywords: Polymer, polyvinyl alcohol, Orelha-de-macaco, direct sowing, storage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas para obtenção de álcool polivinílico.....	22
Figura 2: Fórmula molecular do glicerol.....	24
Figura 3: Mapa de localização do laboratório de sementes.....	29
Figura 4: Mapa de localização do local de coleta das sementes - Ilha de Germoplasma de Tucuruí – PA.	30
Figura 5: Materiais para aplicação do revestimento e armazenamento. A: Equipamento de banho maria. B: recipiente para armazenamento das sementes, solução filmogênica e sementes de <i>E. schomburgkii</i>	31
Figura 6: Filme resultante de 20 ml de solução após 24h em estufa regulada em 50°C em molde de placa de petri.....	31
Figura 7: Processo de revestimento de sementes de <i>E. schomburgkii</i> . A: aplicação da solução filmogênica nas sementes, B: aspecto durante o processo de aplicação, C: secagem em condição ambiente, D: secagem por 24h em BOD.	32
Figura 8: Filme de revestimento em becker para determinação da permeabilidade ao vapor d'água (A) e dessecador com água destilada em BOD contendo as células de filmes (B)	34
Figura 9: Representação do parâmetro para medição dos eixos ortogonais a, b e c em sementes de <i>E. schomburgkii</i>	35
Figura 10: Determinação de condutividade elétrica (A) e Teste de Envelhecimento Acelerado (B)	40
Figura 11: Análise de regressão para espessura (A), permeabilidade ao vapor d'água (B) e solubilidade (C) de filmes de revestimento.	46
Figura 12: Germinação (%) de <i>E. schomburgkii</i> considerando emissão da raiz primária (ER) e plântula normal (PN) de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses.	62
Figura 13: IVG (A) e TMG (B) de <i>E. schomburgkii</i> considerando emissão da raiz primária (ER) e plântula normal (PN) de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses.	63
Figura 14: Comprimento de raiz (CR) (A) e parte aérea (CPA) (B) de plântulas de <i>E. schomburgkii</i> de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses.	66

Figura 15: Massa seca de raiz (MSR) (A) e parte aérea (MSPA) (B) de plântulas de *E. schomburgkii* de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses. 67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de variância das características analisadas dos filmes de revestimento resultantes da combinação de diferentes concentrações de álcool polivinílico e glicerol.	44
Tabela 2: Espessura, solubilidade e permeabilidade ao vapor d'água dos filmes de revestimento resultantes da combinação de diferentes concentrações de álcool polivinílico e glicerol.....	45
Tabela 3: Análise de variância para Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestimento com diferentes combinações de álcool polivinílico e glicerol.	48
Tabela 4: Germinação, IVG, TMG e variáveis biométricas de plântulas de <i>E. schomburgkii</i> após revestimento comparados com a testemunha pelo teste de Dunnet.	49
Tabela 5: Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestidas com diferentes combinações de álcool polivinílico e glicerol.	51
Tabela 6: Análise de variância para variáveis de desenvolvimento de plântulas de <i>E. schomburgkii</i> revestidas com diferentes combinações de álcool polivinílico e glicerol.	52
Tabela 7: Variáveis de desenvolvimento de plântulas de <i>E. schomburgkii</i> revestidas com diferentes combinações de álcool polivinílico e glicerol comparadas pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.	53
Tabela 8: Análise de variância das características físicas da semente de <i>E. schomburgkii</i> revestidas e não revestidas submetidas ao armazenamento por seis meses.	54
Tabela 9: Características físicas de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestida e não revestidas e armazenadas durante seis meses.	55
Tabela 10: Análise de variância das características físicas de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestidas e não revestidas submetidas ao armazenamento por seis meses.	56
Tabela 11: Características físicas de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestida e não revestidas armazenadas durante seis meses.	58
Tabela 12: Análise de variância para Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.....	59
Tabela 13: Germinação, IVG e TMG de plântulas de <i>E. schomburgkii</i> de sementes revestidas e não revestidas e armazenadas durante seis meses.....	61

Tabela 14: Análise de variância para variáveis de desenvolvimento de plântulas originadas de sementes <i>E. schomburgkii</i> revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.	63
Tabela 15: Comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de <i>E. schomburgkii</i> originadas de sementes revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.	65
Tabela 16: Análise de variância para teste de condutividade elétrica parâmetros do teste de envelhecimento acelerado de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.	68
Tabela 17: Teste de condutividade elétrica e parâmetros do teste de envelhecimento acelerado de sementes de <i>E. schomburgkii</i> revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.	70
Tabela 18: Análise de variância para variáveis de desenvolvimento de plântulas no teste de envelhecimento acelerado durante armazenamento de seis meses.	71
Tabela 19: Desenvolvimento de plântulas de <i>E. schomburgkii</i> submetidas ao teste de envelhecimento acelerado de sementes revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.	72

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 <i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth	16
2.2 Restauração de áreas degradadas.....	18
2.3 Revestimento de sementes florestais	20
2.4 Álcool polivinílico (PVA) e sua aplicação em revestimento de sementes	21
2.5 Glicerol e seu uso no revestimento de sementes	23
2.6 Armazenamento de sementes	25
3. OBJETIVOS	28
3.1 Geral	28
3.2 Específico	28
4. METODOLOGIA.....	29
4.1 Descrição do local do experimento	29
4.2 Obtenção do material.....	29
4.3 Produção do filme de revestimento	30
4.4 Delineamento experimental.....	32
4.4.1 Composição do revestimento e efeito na germinação de <i>E. schomburgkii</i>	32
4.4.2 Influência do revestimento sobre a qualidade física e fisiológica de sementes de <i>E. schomburgkii</i> em armazenamento	33
4.5 Análises	33
4.5.1 Avaliação das propriedades do filme de revestimento	33
4.5.1.1 Espessura do filme.....	33
4.5.1.2 Solubilidade em água do filme	34
4.5.1.3 Permeabilidade ao vapor d'água do filme	34
4.5.1.4 Teste de germinação	35
4.5.2 Avaliação física e fisiológica de sementes em armazenamento	36
4.5.2.1 Comprimento de plântula	37
4.5.2.2 Massa seca de plântula	37
4.5.2.3 Teste de Condutividade elétrica	37
4.5.2.4 Teste de Envelhecimento acelerado	38
4.5.2.5 Massa de 100 sementes.....	38
4.5.2.6 Determinação da massa ao longo do armazenamento	38
4.5.2.7 Tamanho e forma.....	38

4.5.2.8 Esfericidade e circularidade.....	39
4.5.2.9 Massa específica aparente	40
4.5.2.10 Massa específica unitária.....	40
4.5.2.11 Porosidade	41
4.6 Análise estatística	41
4.6.1 Composição do revestimento e efeito na germinação de <i>E. schomburgkii</i>	41
4.6.2 Influência do revestimento sobre a qualidade física e fisiológica de sementes de <i>E. schomburgkii</i> em armazenamento	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 Composição do revestimento e efeito na germinação de <i>E. schomburgkii</i>	43
5.1.1 Espessura, permeabilidade ao vapor d'água e solubilidade dos filmes.....	43
5.1.2 Efeito do revestimento na germinação de <i>E. schomburgkii</i>	47
5.2 Influência do revestimento sobre a qualidade física e fisiológica de sementes de <i>E. schomburgkii</i> em armazenamento	53
5.2.1 Análise das propriedades físicas durante armazenamento	53
5.2.2 Análise da qualidade fisiológica durante armazenamento	59
6. CONCLUSÃO.....	73
7. REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Sementes nativas são a base de muitos projetos de restauração florestal (NEVILL; CROSS; DIXON, 2018) sendo que o número de projetos continua a aumentar, assim, espera-se demanda por uma grande quantidade de sementes nativas (CROSS; PEDRINI; DIXON, 2020). A restauração requer conhecimento técnico sobre a propagação e manutenção de espécies florestais (BENDOR *et al.*, 2015). No entanto, a tecnologia atrelada a sementes recebe pouca atenção em restauração florestal devido aos custos de pesquisa e adaptação de tecnologias existentes para espécies florestais mais diversas e complexas, custo inicial de equipamentos e obstáculos em escalar estas tecnologias (PEDRINI *et al.*, 2020).

A aplicação técnicas de priming, revestimento e condicionamento, originadas na agricultura e adaptadas para restauração ecológica, oferece perspectivas promissoras (BROWN *et al.*, 2021). Entretanto, o revestimento de sementes, amplamente utilizado na indústria agrícola, tem sido limitado a testes experimentais em espécies agrícolas (PEDRINI *et al.*, 2020).

Dado que as sementes são recursos frequentemente escassos em programas de restauração florestal, é imperativo desenvolver tecnologias que promovam a qualidade, resiliência e confiabilidade dos lotes de sementes nativas (PEDRINI; DIXON, 2020). No entanto, apesar do impacto significativo do revestimento de sementes, a maioria das metodologias e protocolos permanece confidencial, sob controle exclusivo de grandes empresas do setor de sementes (HOWARD, 2009).

No contexto de projetos de restauração ecológica, o revestimento de sementes mostra-se aplicável a espécies florestais na prática da semeadura direta. Nesse cenário, a inclusão de uma ampla diversidade de espécies se torna não apenas recomendada, mas imprescindível para o sucesso do projeto (OLIVEIRA; VIEIRA, 2010).

O revestimento de sementes envolve a aplicação de substância exógena na superfície da semente para modificar suas propriedades ou entregar ingredientes bioativos (PEDRINI *et al.*, 2017). Para o revestimento, sementes são cobertas de substâncias que atuam como adesivos, que aderem à superfície e podem carregar nutrientes, reguladores de crescimento, protetores, indivíduos que fazem simbiose, sem alteração de forma original (SANTOS, 2016; SUN *et al.*, 2022). Geralmente, os revestimentos baseados em filmes adesivos resultam em aumento de peso na semente de até 2% (HU; GUAN, 2018).

Os materiais para revestimento são selecionados de acordo com sua estabilidade e durabilidade, flexibilidade mecânica, adesividade, capacidade de modular trocas

gasosas e efetividade de compartimentalizar, preservar e sustentar a liberação de agentes ativos (SUN *et al.*, 2022). O álcool polivinílico é um polímero sintético, não tóxico e biodegradável (VERCELHEZE *et al.*, 2019), com propriedade de adesão, alta resistência a tração e compressão e boa flexibilidade (MALI *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2014).

O glicerol é um plastificante com uma ampla gama de usos na indústria farmacêutica, de cosméticos e alimentícia. O glicerol é utilizado para alterar algumas características dos filmes de revestimento como a molhabilidade, propriedades de barreira a água, flexibilidade e solubilidade de filmes poliméricos. (CHANDRIKA; PRASAD; GODBOLE, 2019; LIM; WAN, 1994; MÜLLER; YAMASHITA; LAURINDO, 2008; TAN; ABDUL AZIZ; AROUA, 2013).

No revestimento de sementes, é recomendado que os materiais adesivos possuam solubilidade em água, que permaneçam secos e não pegajosos quando desidratados, atuem em baixas concentrações, entre outras características (NASCIMENTO *et al.*, 2009). Por conter as características desejadas, o álcool polivinílico é um dos materiais recomendados para o revestimento de sementes (GIMÉNEZ-SAMPAIO; SAMPAIO, 2009).

Para a restauração de um ecossistema é necessário o uso de espécies chave, ou seja, aquelas que ocorrem naturalmente no ecossistema, para fornecer estrutura apropriada de comunidade e fornecer maior número de espécies nativas (SALOMÃO; SANTANA; BRIENZA JÚNIOR, 2013; SER, 2010)

A espécie *Enterolobium schomburgkii* Benth (Benth.) é nativa da Amazônia e está distribuída da América Central à Amazônia, estendendo-se também até a Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia (MORIM; MESQUITA; BONADEU, 2023). Conhecida como Faveira, Grápia, Garapeira, Orelha-de-macaco, Timborana, entre outros nomes, tem uma multiplicidade de usos desde a construção civil (ZENID *et al.*, 2009), medicina tradicional (FILHO; SARTORELLI, 2016), sombreamento de pastagens (LORENZI, 2016), arborização (FERNANDES, 2023) e recuperação de áreas degradadas (ALLEN; ALLEN, 1981; FERNANDES, 2023; FILHO; SARTORELLI, 2016).

Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a aplicabilidade de revestimento em filme com uso de álcool polivinílico e glicerol em sementes florestais, especificamente *Enterolobium schomburgkii* e avaliar sua influência na germinação e armazenamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth.

A espécie *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth., pertencente à família Fabaceae, ocorre no ecossistema amazônico em regiões de terra firme, e do sul da Bahia até o Rio de Janeiro em Mata Atlântica (LORENZI, 2002), se estendendo ao sul do Brasil, Argentina, Peru, Uruguai, Bolívia, Paraguai e Venezuela (MOJENA; CHORMIAK; MIRANDA, 2016) sendo conhecida como faveira, orelha-de-macaco ou sucupira amarela. Em áreas de terra firme a árvore alcança entre dez metros e 50 metros de altura (MOJENA; CHORMIAK; MIRANDA, 2016; RAMOS; FERRAZ, 2008) e possui entre 12 cm a 80 cm DAP (Diâmetro a altura do peito) (RAMOS; FERRAZ, 2008).

A faveira é uma espécie de crescimento lento e dossel médio (LIRA, 2011), ocorre exclusivamente em florestas ombrófilas, preferencialmente em matas primárias e capoeirões com solo bem drenado (LORENZI, 2016). A espécie faz parte do grupo ecológico das espécies pioneiras ou secundárias tardias (CONDÉ; TONINI, 2013; NOGUEIRA; FERREIRA; MARTINS, 2015).

A madeira de *E. schomburgkii* é resistente ao ataque de fungos apodrecedores e altamente resistente a cupins, sendo utilizada na construção civil para confecção de caibros, vigas, marcos de portas e janelas, mobiliário de alta qualidade, lâminas decorativas, paletes, implementos e veículos agrícolas. (LORENZI, 2002; ZENID et al., 2009), além da fabricação de papel (RAMOS; FERRAZ, 2008).

Na medicina popular, as folhas da faveira são empregadas no tratamento de distúrbios estomacais e intestinais (FILHO; SARTORELLI, 2016). A espécie é indicada para a arborização de ambientes urbanos e em pastagens como fornecedora de sombra (FERNANDES, 2023; LORENZI, 2016). Além disso, é recomendado seu uso em projetos de recuperação de áreas degradadas por ser uma das espécies que fazem associação com bactérias fixadoras de nitrogênio (ALLEN; ALLEN, 1981), sua árvore é muito visitada por insetos polinizadores como abelhas e besouros (FILHO; SARTORELLI, 2016), seus frutos são consumidos por roedores (LORENZI, 2016) e depositam grande quantidade de matéria orgânica no solo (FERNANDES, 2023; FILHO; SARTORELLI, 2016).

Segundo Nogueira *et al* (2015), avaliando a sobrevivência e estabelecimento de espécies florestais em plantio para recuperação de áreas degradadas no Amazonas, *E. schomburgkii* apresentou alta taxa de crescimento em área de copa e 100% de sobrevivência após 10 meses de plantio, favorecendo a rápida cobertura da área, sombreamento das espécies arbóreas menos tolerantes à alta irradiância e controle da matocompetição. Este comportamento foi corroborado por Salomão *et al* (2014), que encontrou taxa de sobrevivência de 84,7% após 13 anos de plantio em área de restauração após mineração na Amazônia. Neste estudo, a espécie apresentou incremento periódico anual do DAP e altura, sendo considerada como de “boa” aptidão ecológica no reflorestamento avaliado.

O fruto de *E. schomburgkii* é um legume nucóide, caracterizado por ser longo, sublenhoso, polispérmico, achatado, com base e ápice arredondados, contendo em média 16 sementes sadias, sendo o quilo composto por 17.109 sementes. As sementes de *E. schomburgkii* possuem uma forma elipsoidal ou ovóide, com ápice arredondado e base levemente arredondada, afinada ou obtusa. Além disso, apresentam um pleurograma apical-basal nas duas faces. (RAMOS; FERRAZ, 2008). A germinação é do tipo epígea fanerocotiledonar (ALBUQUERQUE, 1993; RAMOS; FERRAZ, 2008), sendo a plântula normal desenvolvida entre 7 e 15 dias após a semeadura. Plântulas anormais apresentam eófilos atrofiados e/ou despigmentados, hipocótilo ou raiz contorcidos (RAMOS; FERRAZ, 2008).

Segundo Souza e Varela (1989), as sementes de *E. schomburgkii* possuem dormência física. A dormência física é caracterizada pela presença de envoltório impermeável a água (BASKIN; BASKIN, 2004). Assim, para a espécie, é recomendado uso de desponte (LINHARES; VASCONCELOS; ALVES, 2020), escarificação química com ácido sulfúrico concentrado (MOTA; ARAÚJO; DOBBSS, 2019) e escarificação mecânica com lixa (SAUTU *et al.*, 2006; SOUZA; VARELA, 1989).

Em relação ao armazenamento, a espécie é considerada ortodoxa, tolerando o dessecamento a 5% de teor de água (LIMA *et al.*, 2014). A viabilidade de *E. schomburgkii* é conservada em armazenamento hermético a 11,9% de teor de água e 5°C (HORING; MOJENA; PELISSARI, 2012; LIMA *et al.*, 2014), no entanto, no referido artigo não há informações sobre o tempo de armazenamento nestas condições. Segundo Sautu *et al* (2006), sementes da espécie armazenadas em sacos de papel a 20°C e 60% de umidade relativa mantiveram-se viáveis por 18 meses, apresentando 38% de germinação

considerando-se a emissão da raiz primária. Porém, não há estudos abordando diferentes embalagens para o armazenamento da espécie.

2.2 Restauração de áreas degradadas

O Brasil é um dos países com maior cobertura vegetal no mundo, desse total, 40% se encontram em áreas de conservação de domínio público ou em terras indígenas, sendo que, 91% dessa fração se concentra na Amazônia (SOARES-FILHO, 2014). Contudo, apesar da queda de 22,3% no desmatamento em 2023, em comparação com 2022, ainda registrou-se uma perda alarmante de 9.001 km² de floresta na Amazônia (INPE, 2023).

Para proteger o que resta da cobertura vegetal do país, instrumentos jurídicos foram atualizados a fim de fornecer maior segurança a biodiversidade. O chamado “Código Florestal” brasileiro, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa estabelece diretrizes para a conservação da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos, determinação de áreas de Reserva Legal, regularização ambiental, incentivos à preservação, entre outros.

Em uma de suas disposições, a Lei nº 12.651 obriga todo proprietário de imóvel rural a manter na região Amazônica, a título de Reserva Legal (RL), 80% de área com vegetação nativa. A Lei também dispõe sobre Áreas de Preservação Permanente (APP) como as faixas marginais de cursos d’água, as áreas no entorno de lagos, reservatórios d’água e nascentes; as encostas, chapadas e topos de morro; além das restingas, manguezais e veredas onde a vegetação nativa deve ser mantida ou recomposta em caso de supressão (BRASIL, 2012).

Outro instrumento governamental para a recuperação de áreas degradadas é o Plano Nacional de Recuperação de Vegetação Nativa – PLANAVEG, este é uma estratégia nacional elaborada pelo Governo Federal, em conjunto com órgãos ambientais e a sociedade civil, com o objetivo de promover a recuperação de áreas degradadas e aumentar a cobertura vegetal nativa do país.

O PLANAVEG estima a recuperação de 4,8 milhões de hectares na Amazônia até 2030, através da recuperação da vegetação nativa em áreas em APPs, RL e de terras degradadas e com baixa produtividade. A maior parte da meta de recuperação definida está concentrada na Amazônia e Mata Atlântica (76%) (MMA, 2017).

Além disso, o desbloqueio dos recursos do Fundo Amazônia, concedidos pela Noruega, Alemanha e Petrobrás, totalizando até agora R\$ 5,5 bilhões em doações, visa, entre outros objetivos, recuperar áreas desmatadas na região (SALVIANO, 2023; TORTELLA, 2023).

Porém, para que os objetivos traçados pelos planos e programas governamentais sejam alcançados, o conhecimento técnico aplicado ao processo é imprescindível. No entanto, quando se trata do insumo primordial, a semente, ainda há lacunas de conhecimentos relacionadas à produção e tecnologia, o que torna a situação mais desafiadora, uma vez que as sementes estão no início da cadeia produtiva (CALVI; FERRAZ, 2014).

A semente apresenta-se como fator crucial e limitante, por seu papel de insumo primordial para o processo de recuperação vegetal. No entanto, este recurso não está em quantidade e qualidade suficiente para subsidiar as iniciativas para a restauração florestal na Amazônia e atender demandas legais.

De fato, atualmente, o volume de produção e coleta de sementes florestais da Amazônia é incipiente para atender as requisições dos projetos. A requisição para os próximos 30 anos, para reflorestar todo o Estado do Pará, é de até 2.116 toneladas de sementes para produção de mudas e de 21.743 toneladas para semeadura direta (NUNES *et al.*, 2020). Este valor está muito além da capacidade dos viveiros instalados e da capacidade de coleta na natureza (IPEA, 2015; MOREIRA DA SILVA *et al.*, 2017; NUNES *et al.*, 2020). Além disso, o custo de usar mudas produzidas em viveiro e de plantar manualmente é elevado (DOMEVSCIK *et al.*, 2022; KARLSSON; NILSSON, 2005).

Normalmente, os modelos de recuperação florestal baseiam-se na sucessão secundária, predominantemente por meio do plantio de mudas associado aos diferentes grupos sucessionais. No entanto, a semeadura direta surge como uma alternativa promissora para a recuperação de matas ciliares e áreas degradadas, devido à sua praticidade, economia e agilidade na implantação (FERREIRA *et al.*, 2007; SANTOS JÚNIOR, 2000; SANTOS *et al.*, 2012).

Assim, visando facilitar o processo de restauração florestal, a semeadura direta de sementes em campo é vista como uma alternativa para reduzir custos (RAUPP *et al.*, 2020), acelerar o adensamento de plântulas (FREITAS *et al.*, 2019) e reduzir o estabelecimento de gramíneas exóticas, facilitando o estabelecimento de espécies tardias (RODRIGUES *et al.*, 2019).

No entanto, mais pesquisas devem ser feitas para melhorar o vigor, emergência e estabelecimento de sementes nativas, além de incorporar tecnologias para uma maior variedade de espécies (FREITAS *et al.*, 2019).

2.3 Revestimento de sementes florestais

Segundo Halmer (2008), melhorias para sementes compreende os chamados “tratamentos funcionais para sementes” que podem ser aplicados para melhorar as propriedades físicas, fisiológicas ou sanitárias que afetam o armazenamento, germinação e etapas seguintes. A aplicação destas tecnologias para espécies nativas poderia solucionar algumas das deficiências na restauração ecológica com estas sementes (PEDRINI, 2018).

O revestimento de sementes é uma ferramenta biológica tanto para o estabelecimento quanto para estimular a qualidade das sementes (HAZRA; PATANJALI, 2016). É uma técnica confiável para aplicar materiais exógenos (como biopolímeros, colorantes, agentes de controle biológico e microrganismo) próximos a sementes germinando (ADAK *et al.*, 2016).

Os materiais podem ser incorporados através de incrustamento, peletização e aplicação de camada fina entre as camadas de revestimento, alternativamente, o revestimento em filme é usado para a entrega de produtos como fungicidas e inseticidas em sementes nuas ou pré-peletizadas (HALMER, 2008).

O revestimento em filme é a técnica de encapsular sementes em uma fina camada consistindo de polímeros, plastificantes, pigmentos e solventes (MA, 2019). A camada não modifica significativamente o tamanho ou peso da semente, mas facilita o manuseio e reduz ou elimina liberação de poeira de produtos químicos (TAYLOR; ECKENRODE; STRAUB, 2001).

É previsto que o mercado global de materiais para recobrimento de sementes (colorantes, polímeros, material inerte e aditivos) alcance o valor de 3 bilhões de dólares em 2025 (AFZAL *et al.*, 2020). Atualmente, o revestimento de sementes é aplicado quase exclusivamente em cultura de grãos e variedades de legumes e hortaliças, a aplicação em

espécies nativas raramente é explorada pelas companhias envolvidas no desenvolvimento e aplicação dos revestimentos (PEDRINI *et al.*, 2017).

Nesse sentido, deve-se citar poucos trabalhos envolvendo o revestimento de *Pinus sylvestris* (DOMEVSCIK *et al.*, 2022; SILVA-CASTRO *et al.*, 2018), gramíneas como *Pseudoroegneria spicata* (MADSEN *et al.*, 2012), *Brachiaria brizantha* (SANTOS *et al.*, 2010), *Bromus marginatus*, *Koeleria cristata*, *Eriogonum heracleoides* e *Achillea millefolium* (WILLIAMS *et al.*, 2016), além de frutíferas como *Solanum sessiliflorum* (SPREY; FERREIRA; SPREY, 2019).

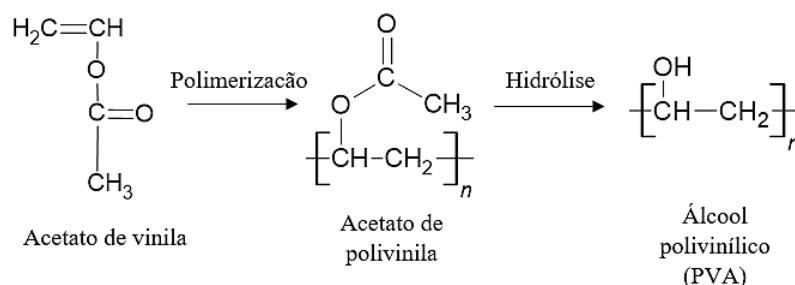
Para espécies florestais, nativas ou exóticas, também há escassez de estudos. Destaca-se o trabalho de Almeida (2004), que avaliou o uso de peletização para as espécies florestais *Cedrela fissilis*, *Copaifera langsdorffii*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Guazuma ulmifolia*, *Lithraea molleoides*, *Piptadenia gonoacantha*, *Senna macranthera*, *Senna multijuga*, *Sesbania virgata*, *Solomon granuloso-leprosum*, *Tabebuia serratifolia* e *Trema micrantha*. Após isso, poucos trabalhos no tema foram desenvolvidos, como o de Montanhin *et al.*, (2014) avaliando a peletização de sementes de *Bowdichia virgilioides* e Pozitano (2011), avaliando o recobrimento de *Senna macranthera*.

No Brasil, os estudos com recobrimento de sementes de espécies florestais ainda são inexpressivos e a sua ausência está provavelmente ligada ao alto custo deste processo e a falta de tradição em semeadura direta com espécies florestais (ALMEIDA, 2004; SANTOS, 2016).

2.4 Álcool polivinílico (PVA) e sua aplicação em revestimento de sementes

Álcool polivinílico é um polímero sintético usado desde o início da década de 1930 em uma ampla gama de aplicações industriais, comerciais, médicas e alimentícias, incluindo resinas, vernizes, fios cirúrgicos e aplicações de contato com alimentos (DEMERLIS; SCHONEKER, 2003). A descoberta do PVA remonta a 1924, quando uma solução de álcool polivinílico foi obtida pela saponificação de poli(éster vinílico) com solução de soda cáustica (HAEHNEL; HERRMANN, 1924).

Figura 1: Etapas para obtenção de álcool polivinílico



Fonte: elaboração do autor.

A particularidade do polímero de PVA é seu potencial biodegradável, raro entre polímeros sintéticos e, entre os polímeros de vinil, ser o único capaz de servir de fonte de alimento e energia para microrganismos (BEN HALIMA, 2016; SAKAI; HAMADA; WATANABE, 1986; SHIMAO, 2001; SHIMAO *et al.*, 1983).

O PVA apresenta propriedades físico-químicas versáteis, como viscosidade, formação de filme, emulsificação, flexibilidade, é adesivo e termoestável, em virtude disso, é utilizado em ampla gama de indústrias, entre estas, filmes para embalagem e agricultura (BEN HALIMA, 2016; KAWAI; HU, 2009; SHIMAO, 2001).

A aplicação do álcool polivinílico na agricultura estende-se até o uso de soluções poliméricas para revestimento de sementes. Em estudo sobre a inoculação de rizóbio em nanofibras de PVA, usando a técnica de electrospinning em sementes de soja (*Glycine max*), foi possível verificar que o PVA propiciou maior taxa de nódulos formados quando comparado a sementes inoculadas de forma tradicional (DAMASCENO *et al.*, 2013).

A aplicação de revestimento contendo PVA na formulação, também usando a técnica de electrospinning, permitiu melhorar a efetividade de bioinoculante em sementes de canola (*Brassica napus* L.) (HUSSAIN *et al.*, 2019) e soja (*Glycine max*) (DE GREGORIO *et al.*, 2017), associar hormônios vegetais no revestimento para melhorar a germinação e vigor de plântulas de feijão-mungo (*Vigna mungo* L.) e amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em condições de estresse hídrico (RAJA *et al.*, 2021) e infundir fungicida tebuconazole nas nanofibras de PVA para revestir sementes de feijão-mungo (*Vigna mungo* L.), controlando a infestação por *Macrophomina phaseolina*, causadora da podridão da raiz (LATHA *et al.*, 2022).

Em demais trabalhos, o álcool polivinílico obteve êxito em servir como carregador de nanopartículas de óxido de zinco em revestimento para reduzir os efeitos adversos do

estresse causado pela salinidade em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) (GOHARI *et al.*, 2023), em manter a atividade de bacteriófagos em sementes revestidas e armazenadas em até sete meses, possibilitando a redução da infecção por *Clavibacter michiganensis* em milho (*Zea mays* L.) (KIMMELSHUE; GOGGI; CADEMARTIRI, 2019), encapsulando microorganismos benéficos e promovendo o desenvolvimento de plântulas, com resultados promissores em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (TU *et al.*, 2016) e servir como meio para a aplicação de esporos de *Bacillus pumilus*, associado a revestimento duplo com “Benmoly” (mistura em pó de trióxido de molibdênio, óxido de ferro e PVA), resultando na promoção de crescimento na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) (AGAKE *et al.*, 2021).

Assim, o álcool polivinílico apresenta-se como um polímero de grande potencial para uso no revestimento de sementes florestais, com alta adesividade, biodegradabilidade, baixo custo e fácil acesso.

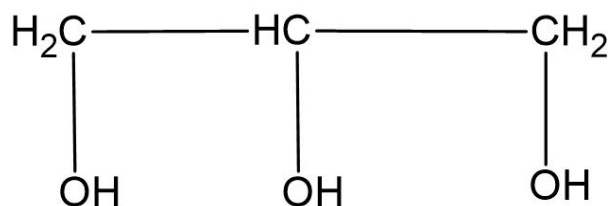
2.5 Glicerol e seu uso no revestimento de sementes

Uma gama de plastificantes são empregados na formulação de filmes de PVA, como glicerol (LI *et al.*, 2013), sorbitol (PARK *et al.*, 2005) e ácido ascórbico (YOON, 2014), com a finalidade de melhoria das propriedades mecânicas (BOONSUK *et al.*, 2020).

O glicerol (Figura 2), também conhecido como glicerina ou propano-1,2,3-triol, é um químico que tem uma infinidade de usos farmacêuticos, cosméticos e em indústrias alimentícias (TAN; ABDUL AZIZ; AROUA, 2013). Apresenta baixa toxicidade e consiste em uma cadeia de três carbonos com um grupo hidroxila ligado a cada carbono. É derivado de matérias-primas naturais ou petroquímicas (DONKIN, 2008; TAN; ABDUL AZIZ; AROUA, 2013).

O glicerol pode ser gerado como um subproduto da produção do biodiesel, mas quando purificado tem múltiplas aplicações em cosméticos, farmacêutica e em polímeros (SHAH *et al.*, 2008). Em relação aos polímeros, a incorporação de agentes plastificantes é necessária para reduzir as forças intermoleculares, aumentando a mobilidade da cadeia polimérica e melhorando as características mecânicas do filme (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2016).

Figura 2: Fórmula molecular do glicerol



Fonte: Elaboração do autor

A utilização de glicerol em matrizes poliméricas aprimora a molhabilidade dos filmes de revestimento, pois reduz a tensão superficial e mantém o equilíbrio entre grupos polares e apolares. Isso possibilita uma dispersão mais uniforme na superfície da semente (CHANDRIKA; PRASAD; GODBOLE, 2019). Plastificantes, como o glicerol, também afetam as propriedades de barreira a água destes filmes (MÜLLER; YAMASHITA; LAURINDO, 2008).

Nos filmes de PVA, as moléculas de glicerol têm a capacidade de estabelecer pontes de hidrogênio, o que contribui para aumentar a flexibilidade do material. Além disso, devido à sua natureza hidrofílica, o glicerol amplia a solubilidade dos filmes de PVA, por sua própria dissolução em meio aquoso quanto pela mudança no PVA, tornando-o mais permissível à água (LIM; WAN, 1994). O glicerol também atua destruindo a ligação entre moléculas de PVA, reduzindo a cristalinidade e ponto de fusão do polímero (XIAN-CAI et al., 2013).

A propriedade plastificante do glicerol pode ser associada aos seus grupos hidroxila e ao baixo peso molecular, resultando na criação de interações polímero-plastificante em oposição às interações polímero-polímero (MOHSIN; HOSSIN; HAIK, 2011). Como consequência do efeito plastificante do glicerol, há aumento da permeabilidade ao vapor d'água, em decorrência do favorecimento da adsorção e absorção de moléculas de água (COUPLAND et al., 2000; SU et al., 2010).

Assim, uma vez que propriedades como solubilidade e permeabilidade ao vapor d'água são cruciais para a germinação e armazenamento no revestimento de sementes há a necessidade da avaliação do efeito de doses de glicerol no desempenho de sementes revestidas.

2.6 Armazenamento de sementes

O objetivo do armazenamento apropriado de sementes é reduzir ou retardar a deterioração, o qual tem início no campo, quando a semente alcança a maturidade fisiológica (COSTA, 2012). O tempo de armazenamento de sementes difere-se de acordo com a finalidade, podendo-se determinar quatro tipos de armazenamento: de sementes comerciais, de estoques reguladores, de sementes básicas e de banco de germoplasma (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

As sementes comerciais compreendem aquelas cujo período de armazenamento estende-se da colheita à semeadura da próxima safra, este tipo de armazenamento é o menos rigoroso quanto as condições ambientais (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O período de armazenamento depende da cultura e da região, como exemplo, as sementes de grandes culturas como milho (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merr.) são armazenadas pelo período de sete a oito meses, porém, o armazenamento de sementes de citrus pode ser de poucos dias (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; SILVA, 2019).

O armazenamento de sementes em estoques reguladores é de um a três anos, e visa permitir sementes de qualidade para quando houver alta demanda para semeadura. Este tipo de armazenamento requer ambiente climatizado, com controle de temperatura e umidade. (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A supervisão das condições de armazenamento é mais rigorosa quando se trata de sementes básicas, devido ao período prolongado de armazenamento. Isso ocorre porque temperaturas e umidades inadequadas podem resultar na formação de espécies reativas de oxigênio, provenientes do estresse oxidativo, as quais podem comprometer a qualidade das sementes. Assim, neste tipo de armazenamento, quando controlado, utiliza-se umidade em torno de 50% e temperatura entre 5°C e 10°C (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MORAIS, 2015; SILVA, 2019).

Por fim, o armazenamento em bancos de germoplasma visa formar uma base genética de sementes para o uso por melhoristas, preservando a viabilidade pelo maior período possível. A preservação da qualidade genética é imprescindível, assim, o controle das condições é o mais rígido entre os tipos de armazenamento, utilizando-se de baixas temperaturas e umidade. Técnicas como a criopreservação (secagem em fases da semente e resfriamento até a temperatura do nitrogênio líquido), quando adequada para a espécie, são aplicadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; SILVA, 2019).

Os principais fatores que afetam o armazenamento são o teor de água das sementes, relacionado à umidade relativa do ambiente, e as condições de temperatura (HARRINGTON, 1972). A umidade relativa do ar regula o conteúdo de água das sementes, ao passo que a temperatura influencia a velocidade dos processos bioquímicos (GOLDFARB; QUEIROGA, 2013).

Diferentes teores de água afetam a semente de formas distintas, por exemplo, teores acima de 45-60% permitem a germinação, entre 12-14% e 18-20% beneficia a proliferação de fungos e entre 8-9% e 12-14% há redução ou supressão da atividade de insetos (POPINIGIS, 2023). Assim, as sementes devem ser colhidas com teor de água apropriado, entre 18% e 26%, de acordo com a espécie, depois secas, beneficiadas e armazenadas em condições adequadas (FRANCO et al., 2016). A secagem correta melhoraria a longevidade das sementes, onde para cada 1% de redução no teor de água a longevidade das sementes pode dobrar (HARRINGTON, 1972).

Considerando que a umidade, teor de água e temperatura estão adequados, fatores como a condição inicial das sementes, estágio de maturação, condições físicas das sementes e a espécie cultivada podem ser fatores que influenciam a longevidade da semente armazenada (GOLDFARB; QUEIROGA, 2013).

A embalagem utilizada também pode afetar a longevidade das sementes, protegendo-as do ambiente e contato com insetos e animais, facilitando manuseio e aproveitamento de espaço. A permeabilidade da embalagem intermedia o contato do vapor d'água e as sementes, podendo ser classificadas em permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis (COSTA, 2012). As embalagens porosas (permeáveis) permitem as trocas gasosas do ar com a semente (sacos de algodão, juta e papel), as embalagens tolerantes ou resistentes (semipermeáveis) permitem passagem limitada ao vapor d'água (sacos de papel multifoliado, polietileno fino de 0,075 a 0,125 mm de espessura, poliéster) e as embalagens à prova de permeação do vapor d'água são aquelas cujo o vapor de água do ambiente não entra em contato com as sementes (recipientes laminados de alumínio e sacos de plástico, com mais de 0,125 mm de espessura selados ao calor, latas e papel celofane)(BAUDET, 2003; FRANCO et al., 2016; POPINIGIS, 2023)

De acordo com sua tolerância à dessecação, as sementes podem ser classificadas em ortodoxas, intermediárias e recalcitrantes (COSTA, 2009). Ao final da maturação, observam-se dois comportamentos em relação ao teor de água: no primeiro, presente na maioria das sementes ortodoxas, há uma rápida redução do teor de água, tornando o ambiente inapto à germinação (quiescência). No segundo, comum em sementes

recalcitrantes, o teor de água permanece alto, permitindo germinação, por vezes ocorrendo ainda na planta-mãe (viviparidade) (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998).

As sementes ortodoxas atualmente compreendem grande parte das espécies cultivadas (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998), apresentam elevada longevidade, podendo ser secas a baixos teores de água (5% a 7%) e armazenadas em baixas temperaturas (COSTA, 2009). Há uma associação entre o comportamento no armazenamento e o grupo ecológico, com as espécies pioneiras geralmente apresentando sementes pequenas, com dormência e ortodoxas (CARVALHO; SILVA; DAVIDE, 2006).

As intermediárias se caracterizam por pequena resistência a baixas temperaturas, mas certa tolerância à dessecação (entre 7% a 10%). Apesar da maioria das sementes de hortaliças cultivadas serem ortodoxas, estas variam em relação ao armazenamento, com algumas espécies como beterraba (*Beta vulgaris* L.), cenoura (*Daucus carota* L.), espinafre (*Spinacia oleracea* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) e melancia (*Citrullus lanatus*) sendo consideradas de longevidade intermediária (COSTA, 2009, 2012)

As espécies recalcitrantes geralmente possuem sementes maiores e não sofrem dessecação natural na planta-mãe, sendo dispersas com alto teor de água que se reduzido ocasiona morte. Estas sementes não toleram secagem pelo método tradicional e mesmo armazenadas com alto teor de água perdem a viabilidade rapidamente (BEWLEY; BLACK, 1994; COSTA, 2009; ROBERTS, 1973). Muitas espécies de plantas frutíferas e florestais têm sementes recalcitrantes, dificultando a conservação do germoplasma devido à desafios de armazenamento (GOLDFARB; QUEIROGA, 2013).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Desenvolver revestimento em filme de álcool polivinílico (PVA) e glicerol para aplicação em sementes de *Enterolobium schomburgkii*.

3.2 Específicos

Analisar as propriedades dos filmes de revestimento;

Determinar a influência da concentração de PVA e plastificante na germinação e desenvolvimento de plântula para obtenção do filme de revestimento adequado a espécie;

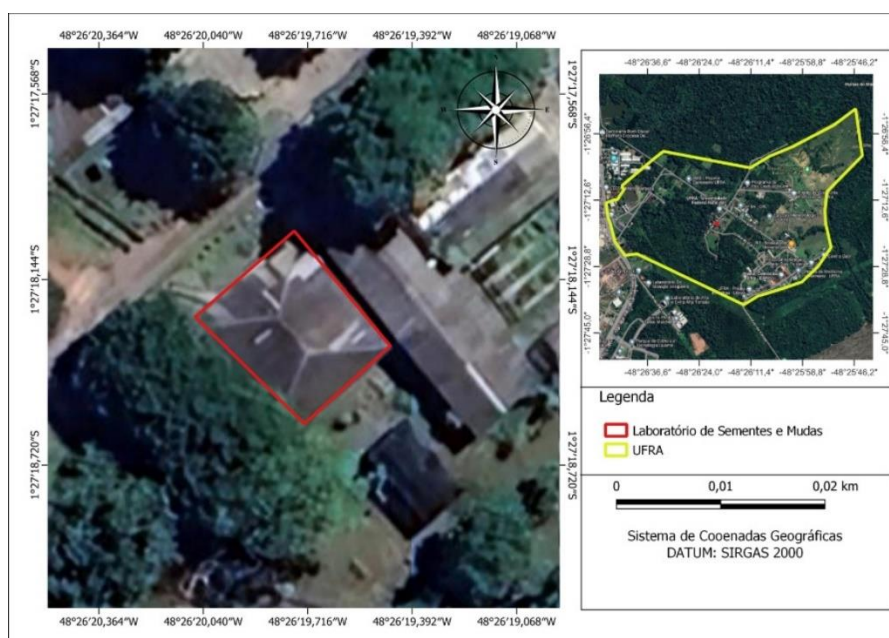
Avaliar a influência do revestimento selecionado nas propriedades físicas e qualidade fisiológica das sementes armazenadas.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição do local do experimento

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará, no Laboratório de Sementes (LABSEM) (Figura 3) no período de janeiro de 2023 a novembro de 2023. A temperatura média em ambiente de laboratório foi de 25°C + 2°C.

Figura 3: Mapa de localização do laboratório de sementes.



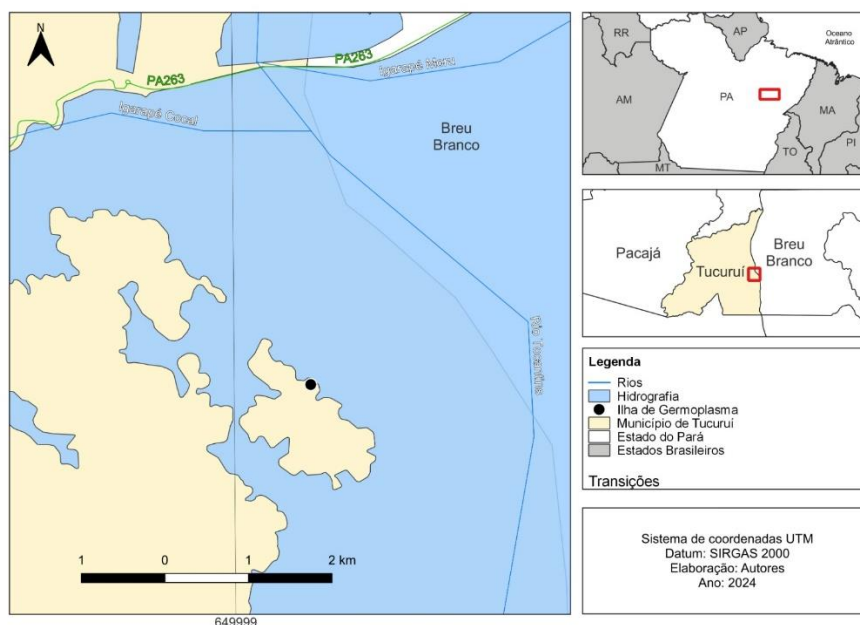
Fonte: Elaboração do autor.

4.2 Obtenção do material

As sementes de *Enterolobium schomburgkii* utilizadas foram obtidas de matrizes localizadas na Ilha de Germoplasma da Eletrobrás no município de Tucuruí – PA (Figura 4). No teste para avaliar o efeito do revestimento em sementes desta espécie, foram usadas sementes armazenadas por dois meses. Para o experimento de armazenamento, foi necessário empregar um lote maior de sementes que estava armazenado por 18 meses. Ambos os lotes estavam em embalagem semipermeável (plásticos transparentes com

espessura média de 0,07 mm) em sala refrigerada com temperatura média de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 50% de umidade relativa do ar.

Figura 4: Mapa de localização do local de coleta das sementes - Ilha de Germoplasma de Tucuruí – PA.

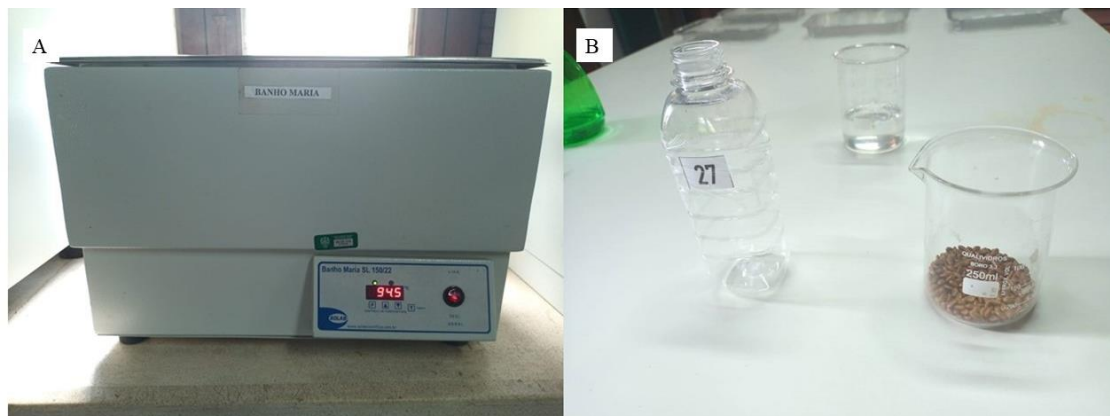


Fonte: Elaboração do autor.

4.3 Produção do filme de revestimento

O polímero para revestimento utilizado foi o álcool polivinílico (PVA) para síntese (P.S) ACS Científica e o plastificante glicerina bidestilada P.A da ACS Científica. Foram avaliadas três concentrações de polímero (1%, 3% e 5%) e três concentrações de plastificante (10%, 20% e 30% em relação a concentração de polímero) por 100 ml de solução. Os revestimentos foram obtidos através do aquecimento sob agitação constante do álcool polivinílico e glicerol em equipamento banho maria (Figura 5) regulado em temperatura de 95°C por 30 minutos, até completa dissolução do polímero (VERCELHEZE et al., 2019)

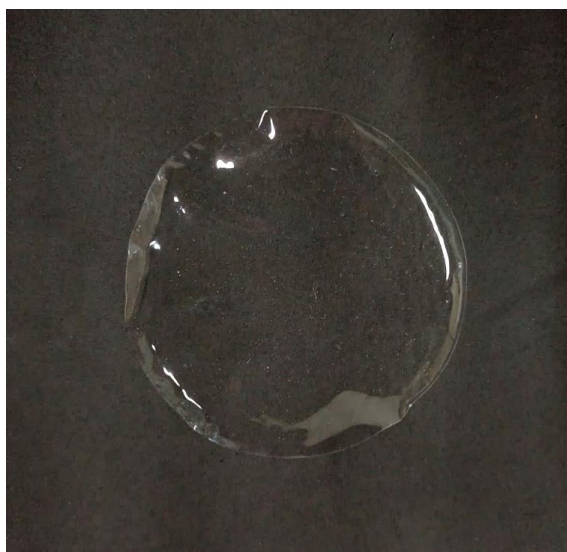
Figura 5: Materiais para aplicação do revestimento e armazenamento. A: Equipamento de banho maria. B: recipiente para armazenamento das sementes, solução filmogênica e sementes de *E. schomburgkii*.



Fonte: Elaboração do autor.

Para a análise das propriedades dos revestimentos, 20 ml de solução foi pipetada em placas de petri e seca pelo método de casting (evaporação do solvente) em estufa de circulação de ar forçada a 50°C por 24 horas para formação do filme (MÜLLER; YAMASHITA; LAURINDO, 2008; VERCELHEZE *et al.*, 2019). Em seguida, o filme de revestimento (Figura 6) foi destacado em amostras de dimensão 2 cm x 2 cm para análise das propriedades de cada formulação.

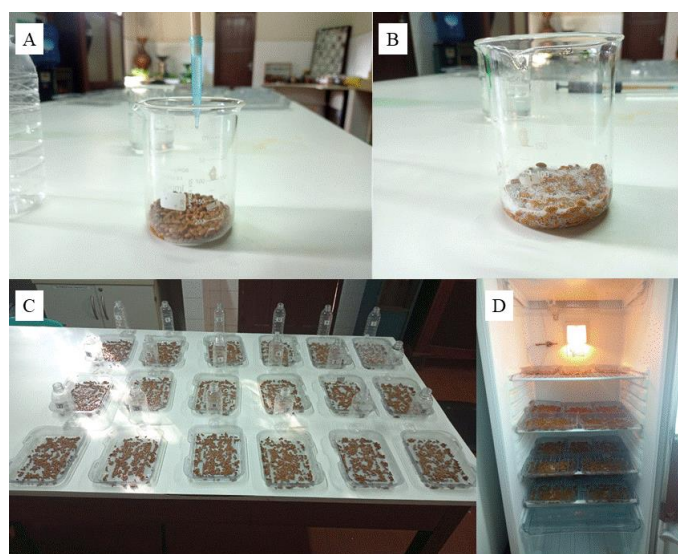
Figura 6: Filme resultante de 20 ml de solução após 24h em estufa regulada em 50°C em molde de placa de petri



Fonte: Elaboração do autor.

As sementes foram revestidas na proporção de 10 ml da solução filmogênica para cada 100 sementes, para cada tratamento. Em seguida, colocadas para secar em local arejado em temperatura ambiente por 2h e depois em BOD a 25°C por 24h até completamente secas. Após o processo de secagem, as sementes foram inseridas em recipientes de plástico hermeticamente fechados e selados por cera, posteriormente armazenados em sala refrigerada a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (Figura 7).

Figura 7: Processo de revestimento de sementes de *E. schomburgkii*. A: aplicação da solução filmogênica nas sementes, B: aspecto durante o processo de aplicação, C: secagem em condição ambiente, D: secagem por 24h em BOD.



Fonte: Elaboração do autor.

4.4 Análises

4.4.1 Avaliação das propriedades do filme de revestimento

4.4.1.1 ESPESSURA DO FILME

Determinou-se a espessura com o auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01mm. As avaliações de espessura foram efetuadas na parte central e nas quatro extremidades de três amostras de filme, o resultado consistiu da média dos pontos avaliados, expressos em milímetros (mm) (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

4.4.1.2 SOLUBILIDADE EM ÁGUA DO FILME

A porcentagem de massa seca inicial de cada filme foi determinada após secagem em estufa regulada a 100°C durante 24 horas, em seguida, as amostras foram pesadas, imersas em 50 ml de água destilada por 24 horas a 25°C. Posteriormente, as amostras foram retiradas e secas em estufa regulada a 100°C por 24 horas para determinar o peso da massa seca que não foi solubilizado em água. O peso da massa seca solubilizada foi calculado subtraindo-se o peso da massa seca final do peso da massa seca inicial. (GONTARD; GUILBERT; CUQ, 1992). As determinações foram realizadas em quatro repetições de duas amostras de filme.

4.4.1.3 PERMEABILIDADE AO VAPOR D'ÁGUA DO FILME

A taxa de permeabilidade ao vapor de água foi determinada segundo método proposto por Gontard (1991), baseado no teste ASTM E96-80. Os filmes foram fixados em células de permeabilidade contendo sílica gel na base, mantendo-se uma distância superior a 6,0 mm entre o filme e o dessecante. As células então foram inseridas em dessecador contendo água destilada na base e acondicionado em BOD a 25 °C (Figura 8). O peso das células foi registrado em intervalos de 24 horas durante sete dias em balança de precisão. A taxa de permeabilidade ao vapor de água foi calculada empregando-se a Equação (1).

$$Tva = \frac{g}{tA} (1)$$

Onde:

A: é a área de permeação (m²).

g/t: é o coeficiente angular da equação de regressão linear entre os pontos de ganho de peso e tempo, no regime constante (SOBRAL, 2000).

Em seguida, a permeabilidade ao vapor de água (Pva) foi calculada utilizando-se a equação 2:

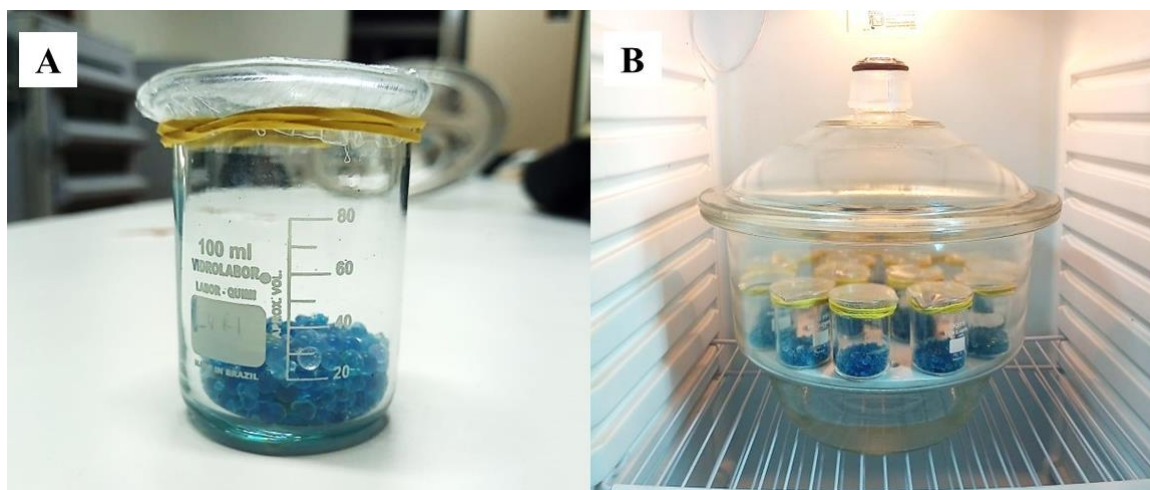
$$Pva = \frac{g}{tA} \cdot \frac{x}{DP} (2)$$

Onde:

x: é a espessura média dos filmes (mm);

DP: é a diferença de pressão de vapor do ambiente contendo sílica gel (0) e contendo água destilada pura (3.169 kPa, a 25°C).

Figura 8: Filme de revestimento em becker para determinação da permeabilidade ao vapor d'água (A) e dessecador com água destilada em BOD contendo as células de filmes (B)



Fonte: Elaboração do autor.

4.4.2 Avaliação física e fisiológica de sementes em armazenamento

4.4.2.1 MASSA DE 100 SEMENTES

Para esta análise foi realizada a pesagem de quatro repetições de 100 sementes, para determinar a massa de 100 sementes.

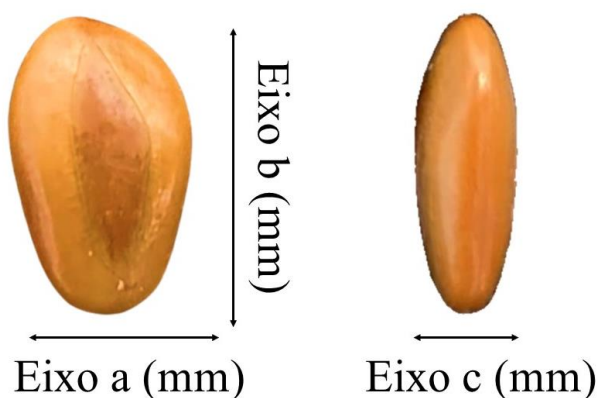
4.4.2.2 DETERMINAÇÃO DE MASSA AO LONGO DO ARMAZENAMENTO

A determinação da massa foi obtida pela pesagem de quatro repetições de 100 sementes para cada período de armazenamento.

4.4.2.3 TAMANHO E FORMA

Para a determinação de tamanho e forma foram medidas as dimensões dos eixos ortogonais, sendo eixo a (comprimento), eixo b (largura) e eixo c (espessura), com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 10), para tanto, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes (SOUZA; SEGATO, 2016).

Figura 9: Representação do parâmetro para medição dos eixos ortogonais a, b e c em sementes de *E. schomburgkii*.



Fonte: Elaboração do autor.

4.4.2.4 ESFERICIDADE E CIRCULARIDADE

Após a determinação das medidas dos eixos ortogonais, a esfericidade foi calculada utilizando equação sugerida por Mohsenin (1980), equação 6:

$$S = \frac{(a \times b \times c)^{1/3}}{a} \quad (6)$$

Onde:

S: esfericidade (%);

a: medida do maior eixo do grão, (mm);

b: medida do eixo normal ao eixo a (mm);

c: medida do eixo normal aos eixos a e b (mm).

A circularidade das sementes foi calculada pela equação 7, considerando a posição de repouso natural das sementes.

$$C = \frac{d_i}{d_c} * 100 \quad (7)$$

Onde:

C: circularidade (%);

d_i: diâmetro do maior círculo inscrito (eixo b) (mm);

d_c: diâmetro do menor círculo circunscrito (eixo a) (mm).

4.4.2.5 MASSA ESPECÍFICA APARENTE

Para determinação da massa específica aparente foi utilizando um copo becker de volume conhecido e uma balança de precisão de 0,01g. Em seguida, o recipiente foi pesado com as sementes, sendo desconsiderado o peso do recipiente no cálculo. A equação utilizada foi a equação 8:

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (8)$$

Onde:

ρ_{ap} : massa específica aparente (kg m^{-3});

m: massa do produto (kg);

V: volume do recipiente (m^3).

4.4.2.6 MASSA ESPECÍFICA UNITÁRIA

Para determinar a massa específica unitária, as sementes foram pesadas individualmente em balança analítica de precisão, em seguida, medidos os eixos ortogonais (a, b, c) que posteriormente foram inseridos na fórmula para obter o volume individual das sementes. A massa específica unitária foi calculada dividindo-se a massa de cada semente pelo seu respectivo volume, em Kg.m^{-3} (Equação 9).

$$\rho_u = \frac{m}{V} \quad (9)$$

Onde

ρ_u : massa específica unitária (kg m^{-3});

m : massa individual de cada semente (kg);

V : volume individual de cada semente (m^3).

O volume de cada semente foi estimado, conforme a expressão sugerida por Mohsenin (1978), equação 10:

$$V = \frac{\pi(abc)}{6} \quad (10)$$

Onde:

a: medida do maior eixo do grão, (mm);

b: medida do eixo normal ao eixo a (mm);

c: medida do eixo normal aos eixos a e b (mm).

4.4.2.7 POROSIDADE

A porosidade foi estimada utilizando-se a equação 11, sugerida por Mohsenin (1978), onde a porosidade é resultante da relação entre a massa específica aparente e a massa específica unitária:

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\rho_{ap}}{\rho_u} \right) * 100 \quad (11)$$

Onde:

ε : porosidade (%);

ρ_{ap} : massa específica aparente (kg m^{-3});

ρ_u : massa específica unitária (kg m^{-3}).

A cada período de avaliação foram realizados testes para determinar as propriedades físicas e a qualidade fisiológica das sementes com e sem revestimento, assim, caracterizando a influência do filme de revestimento nas propriedades físicas e qualidade fisiológica das sementes armazenadas.

Para determinação a qualidade fisiológica foram empregadas as avaliações de teste de germinação (G%), teste de primeira contagem (TPC), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), comprimento de plântula (cm), massa seca de plântulas (g.planta^{-1}), teste de condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm/g}$) e envelhecimento acelerado.

A determinação das propriedades físicas foi realizada através do cálculo de forma e tamanho das sementes, porosidade (%), esfericidade (%) e circularidade (%), massa específica aparente e unitária (kg.m^{-3}), além da perda de massa ao longo do armazenamento e teor de água (%).

4.4.2.8 TESTE DE GERMINAÇÃO

Para o teste de germinação as sementes foram previamente assepsiadas com imersão em solução de hipoclorito de sódio a 5 % da solução comercial durante três minutos. Devido à dormência tegumentar presente nas sementes, foi necessário realizar o procedimento de quebra de dormência (BRASIL, 2009), para isto foi empregada escarificação mecânica com lixa na parte oposta ao hilo (SOUZA; VARELA, 1989).

O teste consistiu de quatro repetições de 25 sementes em rolo de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção 2,5 vezes seu peso seco. Os rolos foram acondicionados em câmara de germinação tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) regulada a temperatura de 25°C, com primeira contagem aos três dias após a semeadura (DAS) e última aos 15 dias após a semeadura para *E. schomburgkii* (BRASIL, 2013). Foram considerados o parâmetro botânico e técnico para a germinação, emissão da raiz primária em 2 mm e formação de plântula normal, respectivamente.

Foram contabilizados Porcentagem de Germinação:

$$G (\%) = \left(\frac{N}{A} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

N: número de sementes germinadas;

A: número de sementes na amostra (BRASIL, 2009),

Índice de Velocidade de Germinação (MAGUIRE, 1962):

$$IVG = \sum \left(\frac{n_i}{t_i} \right) \quad (4)$$

Onde:

n_i : número de sementes que germinaram no tempo “ i ”;

t_i : tempo após instalação do teste;

Tempo Médio de Germinação:

$$TMG (dias) = \left(\frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i} \right) \quad (5)$$

Onde:

n_i : número de sementes germinadas por dia;

t_i : tempo de incubação.

Teste de primeira contagem:

Foi conduzido em conjunto com o teste de germinação, considerando a porcentagem de plântulas normais presentes no 15º DAS para *E. schomburgkii*.

Para mensurar o comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas nos testes de germinação, utilizou-se uma régua graduada (em centímetros). Para determinar a massa seca das plântulas, estas foram separadas em raiz e parte aérea, acondicionadas em sacos de papel kraft e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura constante de 65°C, até atingirem peso constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas em uma balança de precisão com uma precisão de 0,001 g.

4.4.2.9 COMPRIMENTO DE PLÂNTULA

O comprimento de plântula foi determinado com a medição das plântulas normais ao final do teste de germinação com o auxílio de régua graduada, sendo os resultados expressos em centímetros (cm) por plântula.

4.4.2.10 MASSA SECA DE PLÂNTULAS

As plântulas consideradas normais foram secas em estufa para determinar a massa ao fim do teste de germinação. A massa seca foi determinada após acondicionamento das plântulas normais de cada repetição em estufa com circulação de ar forçada, regulada a 65 ° até peso constante. Após a secagem das plântulas, foi realizada a pesagem do material em balança analítica de bancada e os resultados foram expressos em gramas por plântula (NAKAGAWA, 1999).

4.4.2.11 TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

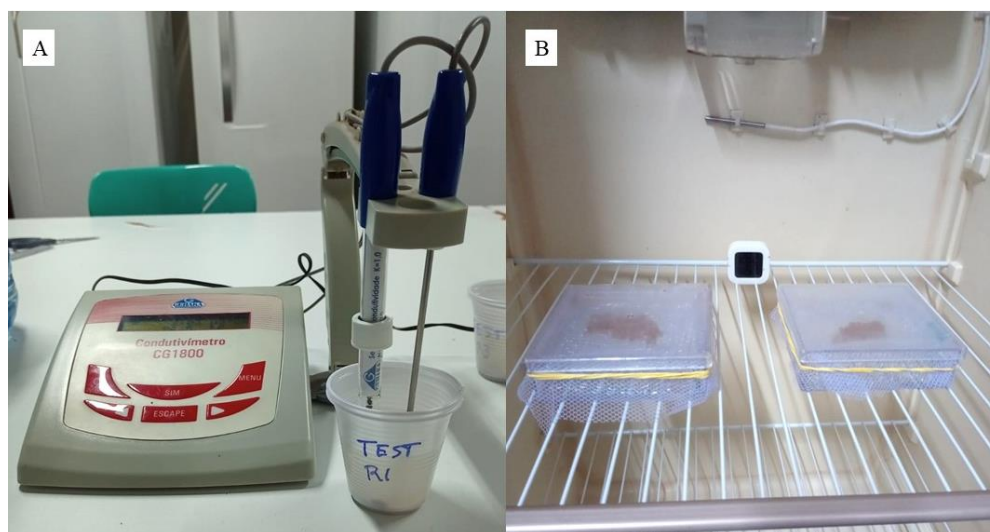
Inicialmente, a massa de cada repetição composta de 50 sementes foi determinada e, em seguida, adicionado 70 mL de água deionizada nos recipientes contendo a massa

de sementes de cada repetição. Os recipientes foram armazenados em câmara tipo BOD com temperatura a 25 ± 2 °C durante 24 horas (CARVALHO *et al.*, 2020b). Após esse período foi efetuada a leitura da condutividade elétrica por meio de um condutivímetro de bancada, modelo CG 1800 (Figura 1). O resultado foi expresso em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$, pois o valor da leitura é dividido pela massa de sementes de cada repetição.

4.4.2.12 TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

Para o envelhecimento acelerado foram distribuídas 100 sementes sobre a superfície de tela metálica fixada no interior de caixa plástica tipo gerbox, contendo 40 ml de água destilada autoclavada. As caixas foram mantidas a 42°C e 100% de umidade relativa por 72 horas em câmara tipo BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) (Figura 9) (CARVALHO *et al.*, 2020a). Decorrido esse período as sementes foram submetidas ao teste de germinação como descrito em 4.5.1.4.

Figura 10: Determinação de condutividade elétrica (A) e Teste de Envelhecimento Acelerado (B)



Fonte: Elaboração do autor.

4.5 Análise Estatística

4.5.1 Composição do revestimento e efeito na germinação de *E. schomburgkii*

O primeiro experimento determinou a concentração ideal de polímero e plastificante para o revestimento das sementes. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial $3 \times 3 + 1$ com quatro repetições.

Os tratamentos foram compostos por três concentrações de polímero (1%, 3% e 5%), três concentrações de plastificante (10%, 20% e 30%) e testemunha (sem revestimento). A avaliação da influência do revestimento ocorreu através de teste de germinação. O teste de germinação consistiu de quatro repetições de 25 sementes, totalizando 40 parcelas

Os dados pertinentes as características dos filmes de revestimento como espessura, permeabilidade ao vapor d'água e solubilidade foram submetidos a teste de normalidade Shapiro-wilk e homoscedasticidade dos dados pelo teste de Bartlett, quando não normais, os dados foram transformados por box-cox e submetidos a teste de normalidade Jarque-Bera e homoscedasticidade Breusch Pagan e em seguida submetidos a análise de variância e teste de médias.

Os dados dos testes de germinação com filme de revestimento, em porcentagem, foram transformados segundo $\text{Arcsen } \sqrt{x}/100$. Em seguida, avaliados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-wilk e comparados em relação ao grupo controle através do teste de Dunnet. As combinações também foram comparadas entre si através do teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Os dados referentes a IVG, TMG, comprimento de raiz, parte aérea e massa seca foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de tukey ao nível de 5% de probabilidade com uso software R. Todos os dados foram avaliados quanto a análise de regressão.

4.5.2 Influência do revestimento sobre a qualidade física e fisiológica de sementes de *E. schomburgkii* em armazenamento

O segundo experimento determinou o período em meses que as sementes revestidas podem ser armazenadas, seu efeito nas propriedades físicas e na qualidade fisiológica das sementes armazenadas. O referido experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2×6 com três repetições.

Os tratamentos foram compostos por dois tipos de aplicação de revestimento (com e sem revestimento) e seis períodos de armazenamento (1, 2, 3, 4, 5 e 6 meses), com três repetições, totalizando 36 parcelas experimentais.

Os dados dos testes de germinação e envelhecimento acelerado, em porcentagem, foram transformados segundo $\text{Arcsen } \sqrt{x}/100$. Em seguida, avaliados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-wilk e homoscedasticidade dos dados pelo teste de Bartlett, e em seguida submetidos a análise de variância e teste de médias. Adicionalmente, os dados foram avaliados por meio de análise de regressão.

Os dados referentes a IVG, TMG, comprimento de raiz, parte aérea e massa seca de raiz e parte aérea, condutividade elétrica e parâmetros físicos da qualidade de sementes como circularidade, esfericidade, porosidade e teor de água foram avaliados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-wilk e homoscedasticidade dos dados pelo teste de Bartlett, e em seguida submetidos a análise de variância e teste de médias. Adicionalmente, todos os dados foram avaliados por meio de análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição do revestimento e efeito na germinação de *E. schomburgkii*

5.1.1 Espessura, permeabilidade ao vapor d'água e solubilidade dos filmes

O resultado da análise de variância para as propriedades dos filmes de revestimento indicou significância estatística pelo teste F ($p \leq 0,05$) em função do fator PVA para todas as características, no entanto, o uso de glicerol causou influencia (Tabela 1).

Entre os atributos físicos dos filmes de revestimento aplicados às sementes, destaca-se a espessura dos filmes, a qual pode impactar a germinação e o desenvolvimento das plântulas. Revestimentos muito espessos podem ser prejudiciais, causando atrasos, anomalias ou toxicidade às sementes, enquanto revestimentos muito finos podem se desintegrar antes do plantio ou não conter ingredientes ativos suficientes (QIU et al., 2020).

A espessura dos filmes é influenciada pelo conteúdo adicionado à matriz polimérica, como por exemplo, antocianinas (QIN et al., 2020; ZHAI et al., 2017), betalaínas (QIN et al., 2020), partículas de nano-titânia (LIN et al., 2018), celulose (CAZÓN; VELAZQUEZ; VÁZQUEZ, 2019) e de forma geral, esta influência varia de acordo com o material acrescentado (ABEDI-FIROOZJAH et al., 2023). No entanto, a oscilação na porcentagem de plastificante não influenciou a espessura dos filmes de revestimento (Tabela 1). Este resultado é similar ao encontrado por Petry *et al* (2024) para o efeito de plastificante sorbitol em filmes de PVA.

Os resultados do teste de médias para as características avaliadas dos filmes estão expressos na tabela 2. Ainda em relação à espessura, a aplicação de 3% e 5% de PVA na formulação do revestimento resultou em espessura entre 0,14 mm e 0,17 mm.

O aumento na concentração de PVA também influenciou a espessura em filmes compostos de celulose-glicerol-PVA (CAZÓN; VÁZQUEZ; VELAZQUEZ, 2018) e de filmes de PVA-sericina de seda para revestimento de sementes de *Lablab purpureus* (SONJAN et al., 2021).

Tabela 1: Análise de variância das características analisadas dos filmes de revestimento resultantes da combinação de diferentes concentrações de álcool polivinílico e glicerol.

Fator de variação	G.L	QM		
		Espessura (mm)	Solubilidade em água (%)	Permeabilidade ao vapor d'água (%)
PVA (P)	2	0,0136 *	6845.1 *	18504721,4 *
Glicerol (G)	2	0,0001 ^{ns}	326.0 *	2253043,6 *
P*G	4	0,0005 ^{ns}	305.7 *	1669548,3 *
Erro	18	0,004	742.4	7240,7
CV%	-	15,2	9,58	6,07

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo.

A espessura dos filmes de revestimento afeta diretamente características como a transmissão de luz e permeabilidade ao vapor d'água (ABEDI-FIROOZJAH et al., 2023). A luz atua como um regulador da germinação através de sua interação com fotorreceptores, como fitocromos, que sinalizam internamente o início de processos fisiológicos na semente, com os hormônios giberelina e ácido abscísico assumindo papéis centrais na indução ou inibição do processo germinativo (SEO et al., 2009). O aumento da espessura de filmes contendo altas concentrações de PVA reduzem sua transparência (CAZÓN; VÁZQUEZ; VELAZQUEZ, 2018), podendo esta característica afetar a germinação. No entanto, neste estudo, a transparência dos filmes não foi avaliada.

Pela análise de regressão, nota-se tendência de aumento da espessura com aumento do glicerol em filmes de 1%, porém, esse comportamento inverte-se quando utilizadas concentrações de 3% e 5% (Figura 11)

A concentração de PVA, glicerol e a interação entre estes fatores influenciou a permeabilidade ao vapor d'água dos filmes de revestimento (Tabela 1). O cálculo da permeabilidade ao vapor d'água é essencial para determinar a taxa de penetração de umidade pela matriz polimérica (ABEDI-FIROOZJAH et al., 2023).

O teor de água das sementes e a temperatura ambiente são fatores muito importantes durante o armazenamento. O teor de água, por sua vez, é determinado pela umidade relativa do ambiente de armazenamento e por características específicas das sementes (TAYLOR, 2020).

A conservação da semente armazenada está atrelada a seu teor de água, que tende a entrar em equilíbrio com a umidade do ambiente de armazenamento. Assim, a higroscopicidade do material de revestimento afeta a conservação da qualidade fisiológica, uma vez que se o material for altamente higroscópico pode atuar como “ponte”, absorvendo umidade do meio e transferindo para a semente (SILVA, 1997).

É importante observar a permeabilidade ao vapor d’água dos filmes com o objetivo de garantir a hidratação da semente, e assim, possibilitar o início do processo germinativo (OLIVEIRA et al., 2009). Em geral, o teor mais elevado de PVA contribuiu significativamente para a maior permeabilidade, o que também foi observado com o aumento de glicerol, embora com acréscimos ligeiramente menores. Uma exceção ocorreu com o acréscimo de 20% para 30% de glicerol na concentração de 5% de PVA, o qual resultou em mais que o dobro do ganho em permeabilidade (Tabela 2).

Tabela 2: Espessura, solubilidade e permeabilidade ao vapor d’água dos filmes de revestimento resultantes da combinação de diferentes concentrações de álcool polivinílico e glicerol.

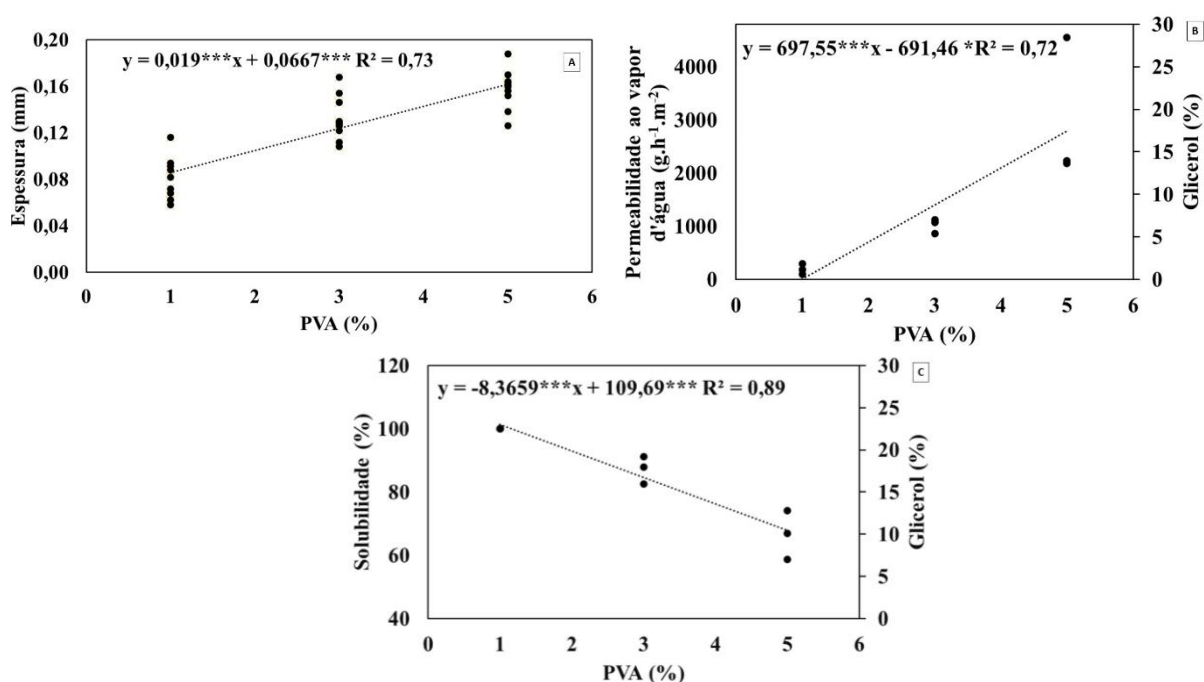
PVA (%)	Espessura (mm)		
	Glicerol (%)		
	10	20	30
1	0,07 Ba	0,08 Ba	0,09 Ba
3	0,14 Aa	0,014 Aa	0,12 Aba
5	0,17 Aa	0,15 Aa	0,15 Aa
PVA (%)	Permeabilidade ao vapor d’água ($\text{g.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$)		
	10	20	30
	10	20	30
1	104,68 Cb	188,9 Cab	298,4 Ca
3	858,6 Bb	1125,7 Ba	1071,5 Ba
5	2181,1 Ab	2230,1 Ab	4551,3 Aa
PVA (%)	Solubilidade em água (%)		
	10	20	30
	10	20	30
1	100 Aa	100 Aa	100 Aa
3	82,61 Bb	91,16 Ba	87,94 Bab
5	58,61 Cb	66,85 Cab	74,13 Ca

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O uso de plastificantes polióis, como o glicerol, é conhecido por aumentar, entre outras características, a permeabilidade ao vapor d’água em decorrência de seu caráter hidrofílico (KAHVAND; FASIHI, 2019). O PVA é um polímero sintético também

hidrofílico (FARIA; VERCELHEZE; MALI, 2012), assim, o aumento de sua concentração, além de aumentar a espessura, pode aumentar a permeabilidade ao vapor d'água, o que ocorreu neste estudo. A análise de regressão pertinente à permeabilidade dos filmes indica tendência de crescimento exponencial ao utilizar 5% de PVA e maiores doses de glicerol (Figura 11).

Figura 11: Análise de regressão para espessura (A), permeabilidade ao vapor d'água (B) e solubilidade (C) de filmes de revestimento.



Legenda: *** Significativo a 01% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Elaboração do autor.

No que diz respeito à solubilidade dos filmes, observou-se uma elevada taxa de solubilidade ao empregar concentrações de 1% e 3% de PVA. Quanto ao uso de 5% de polímero, verificou-se uma diminuição na solubilidade, a qual aumentou com o acréscimo do teor de plastificante (Figura 11).

A solubilidade de filmes de PVA no revestimento de sementes é um ponto de preocupação, visto que a umidade do solo pode levar a dissolução das fibras do polímero, acelerando a liberação de ingredientes ativos (PIRZADA et al., 2020). O PVA é um polímero hidrofílico comercializado com alto grau de hidrólise (>98,5%) (HASSAN; PEPPAS, 2000), assim, a presença de grupos hidroxila livres na cadeia polimérica permite que estes façam ligação com moléculas de água, aumentando a permeabilidade

ao vapor d'água, solubilidade e intumescimento dos filmes (JAIN; SINGH; CHAUHAN, 2017).

5.1.2 Efeito do revestimento na germinação de *E. schomburgkii*

Após analisar as características dos filmes produzidos a partir das diferentes combinações de PVA e glicerol, esses foram utilizados posteriormente em sementes de *E. schomburgkii*. A análise de variância dos parâmetros avaliados de Germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) de sementes revestidas encontram-se na Tabela 3.

O PVA afetou a porcentagem de emissão da raiz primária, porém, sem diferença significativa pelo teste F ($p \geq 0,05$) em comparação com a testemunha. Também considerando a emissão da raiz primária, parâmetros como IVG e TMG foram influenciados pela presença de PVA, glicerol, a combinação entre fatores e diferiram da testemunha (Tabela 3).

Ao considerar a formação de plântulas normais, observa-se que o uso de PVA não exerceu influência sobre os parâmetros avaliados, porém, o fator glicerol proporcionou diferença para IVG e TMG e houve significância estatística em comparação com o grupo controle.

A água é um dos fatores que afeta a germinação e, consequentemente, o IVG. A escassez de água pode atrasar ou impedir a hidratação mínima dos tecidos para início dos processos metabólicos (VERSLUES et al., 2006), por outro lado, o acúmulo de água pode limitar a aeração e prejudicar a germinação (ISTA, 2004). Assim, as propriedades hidrofílicas do PVA e glicerol podem ter assumido papel regulador do processo germinativo a partir do acúmulo de água na superfície da semente, influenciando a velocidade e tempo médio de emissão da raiz primária.

Tabela 3: Análise de variância para Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de *E. schomburgkii* revestimento com diferentes combinações de álcool polivinílico e glicerol.

Fator de variação	QM						
	Emissão da raiz				Planta Normal		
	G. L	G	IVG	TMG	G	IVG	TMG
PVA (P)	2	0,029 *	1,012 *	0,472 *	0,015 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,012 ^{ns}
Glicerol (G)	2	0,011 ns	0,782 *	0,281 *	0,012 ^{ns}	0,081 *	0,749 *
P*G	4	0,005 ns	1,473 *	0,706 *	0,001 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,387 *
Test x Comuns	1	0,027 ns	14,691 *	7,500 *	0,018 ^{ns}	0,195 *	1,004 *
Erro	30	0,007	0,209	0,042	0,013	0,021	0,114
CV (%)	-	6,62	6,94	5,65	9,14	6,73	3,17

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo.

Para avaliar o efeito do uso de polímero com sementes não revestidas, as médias para germinação, IVG, TMG e desenvolvimento de plântulas foram comparadas com o grupo controle pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade (Tabela 4). O uso dos filmes de revestimento ocasionou valores inferiores para germinação, porém, sem significância estatística. Para IVG e TMG, todas combinações não causaram efeito exceto 3% PVA – 20 % glicerol e 5% PVA – 20 % glicerol, as quais resultaram em valores desfavoráveis.

Na literatura encontra-se resposta variável do efeito isolado de PVA na germinação de sementes. O uso de 3% de PVA em sementes de dois genótipos de milho não prejudicou a germinação (VERCELHEZE et al., 2019). A natureza hidrofílica do PVA é creditada pelo aumento da germinação de feijão mungo e amendoim (RAJA et al., 2021). O revestimento de sementes de soja com PVA associado a rizobactéria *Pantoea agglomerans* promoveu maior germinação pois, segundo os autores, por ser um polímero biodegradável o PVA serve como alimento para as rizobacterias (DE GREGORIO et al., 2017). Para *E. schomburgkii*, as concentrações de PVA não incidiram redução estatisticamente significativa na germinação, IVG e TMG.

Tabela 4: Germinação, IVG, TMG e variáveis biométricas de plântulas de *E. schomburgkii* após revestimento comparados com a testemunha pelo teste de Dunnett.

Concentração PVA x glicerol	Variáveis						
	G (%)	IVG	TMG (dias)	CR (cm)	CPA (cm)	MSR (g)	MSPA (g)
1% PVA + 10% G	92 ^{ns}	2,26 ^{ns}	10,38 ^{ns}	5,35 ^{ns}	6,26 ⁻	0,0023 ^{ns}	0,014 ^{ns}
1% PVA + 20% G	90 ^{ns}	2,12 ^{ns}	10,84 ^{ns}	4,04 ^{ns}	5,58 ⁻	0,0021 ^{ns}	0,015 ^{ns}
1% PVA + 30% G	91 ^{ns}	2,16 ^{ns}	10,77 ^{ns}	4,18 ^{ns}	5,86 ⁻	0,0020 ^{ns}	0,015 ^{ns}
3% PVA + 10% G	90 ^{ns}	2,14 ^{ns}	10,79 ^{ns}	3,73 ^{ns}	6,13 ⁻	0,0022 ^{ns}	0,015 ^{ns}
3% PVA + 20% G	85 ^{ns}	2,00 ⁻	10,89 ⁺	4,89 ^{ns}	6,33 ⁻	0,0028 ^{ns}	0,016 ^{ns}
3% PVA + 30% G	88 ^{ns}	2,16 ^{ns}	10,35 ^{ns}	3,95 ^{ns}	6,70 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	0,015 ^{ns}
5% PVA + 10% G	92 ^{ns}	2,17 ^{ns}	10,93 ⁺	5,97 ⁺	6,85 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	0,015 ^{ns}
5% PVA + 20% G	87 ^{ns}	2,01 ⁻	11,09 ⁺	2,63 ⁻	5,50 ⁻	0,0021 ^{ns}	0,015 ^{ns}
5% PVA + 30% G	89 ^{ns}	2,23 ^{ns}	10,16 ^{ns}	5,38 ^{ns}	6,43 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	0,015 ^{ns}
Controle	94	2,37	10,17	4,26	7,01	0,00252	0,0159
CV (%)	9,14	6,73	3,17	13,78	5,1	12,31	3,54

Legenda: + Significativo e superior à testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade;
 -: Significativo e inferior à testemunha, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade; ns: Não significativo, pelo teste de Dunnett, em nível de 5% de probabilidade.

As variáveis de desenvolvimento da plântula indicam resultados inferiores ou não significativos dos tratamentos com polímero em comparação ao grupo controle, com exceção do comprimento de raiz, que foi superior à testemunha quando utilizado a combinação 5% de PVA e 10% de glicerol. O comprimento de parte aérea observado nos tratamentos com revestimento foi inferior ao do controle em todas as formulações de filme (Tabela 4).

A presença do revestimento pode impor restrição mecânica à germinação, diminuindo não apenas a taxa de germinação, mas também o desenvolvimento subsequente das plântulas (SUNG; CHIU, 1995). Além disso, componentes presentes no revestimento podem também influenciar negativamente a germinação (PILARIZQUIERDO et al., 2012). Assim, é possível inferir que o uso de revestimento em PVA não restringe o processo germinativo, porém, pode infligir redução do comprimento de parte aérea.

A aplicação de PVA em sementes de *E. schomburgkii* não abrangeu o uso de ingredientes ativos como microorganismos benéficos, nutrientes ou hormônios, assim, houve pouco ou nenhum efeito positivo em relação à testemunha, além do observado na combinação 5% de PVA e 10% de glicerol.

O impacto isolado do PVA no crescimento de plântulas é geralmente pouco explorado na literatura, sendo comumente vinculado a microrganismos benéficos e nutrientes. O uso de revestimento de PVA com a rizobactéria *P. agglomerans* resultou em aumento do comprimento e massa seca de raiz, possivelmente devido à maior colonização da bactéria no PVA, que agiu como um substrato e a nutriu (DE GREGORIO et al., 2017). A propriedade hidrofílica de absorção e retenção de água do PVA e de nutrição de microrganismos também foi atrelada a maior emergência, comprimento de raiz, parte aérea e vigor de plântulas de amendoim revestidas com nanofibras de PVA e bactéria fixadora de nitrogênio *Methylobacterium aminovorans* (MUKIRI et al., 2022). A aplicação de revestimento de PVA com nutrientes resultou em maior germinação, altura da planta, rendimento de grãos e o rendimento de colheita em *Vigna radiata* (MOHANRAJ; SUBRAMANIAN K.S; SHARMILA, 2022).

Quando comparados entre si, os tratamentos com polímero não demonstram distinção na porcentagem de protusão da raiz primária e formação de plântulas normais, sendo os dois parâmetros de germinação estatisticamente iguais (Tabela 5). O IVG para emissão da raiz primária variou entre combinações, não sendo possível indicar um padrão de comportamento, mas de forma geral, o uso de 5% de PVA combinado com 10% e 30% de glicerol incidiram os maiores valores de IVG. Este parâmetro foi estatisticamente igual quando considerado a formação de plântulas normais

Considerando a emissão da raiz primária, a aplicação de revestimento afetou de forma difusa o TMG, não sendo possível determinar um padrão neste parâmetro. Para a mesma análise, considerando a formação de plântulas normais, o menor tempo foi alcançado na concentração 5% de PVA e 30% de glicerol.

Em síntese, a análise dos parâmetros de germinação indicou pouca influência destes em relação a testemunha. A germinação considerando a emissão da raiz primária ou plântulas normais não foi afetada pelo aumento da concentração de PVA ou glicerol, podendo-se considerar que para *E. schomburgkii* o uso de PVA até 5% e glicerol até 30% não prejudicam a germinação da espécie.

Tabela 5: Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de *E. schomburgkii* revestidas com diferentes combinações de álcool polivinílico e glicerol.

Emissão da raiz				Plântula Normal		
PVA (%)	Germinação (%)			Germinação (%)		
	Glicerol (%)			Glicerol (%)		
	10	20	30	10	20	30
1	94 Aa	92 Aa	91 Aa	92 Aa	90 Aa	91 Aa
3	90 Aa	85 Ba	88 Aa	90 Aa	85 Aa	88 Aa
5	94 Aa	90 Aa	93 Aa	92 Aa	87 Aa	89 Aa
IVG				IVG		
PVA (%)	10	20	30	10	20	30
1	6,79 Aba	6,45 Aa	6,36 Ba	2,26 Aa	2,12 Aa	2,16 Aa
3	6,05 Bb	6,90 Aa	7,26 Aa	2,14 Aa	2,00 Aa	2,16 Aa
5	7,48 Aa	6,30 Ab	7,55 Aa	2,27 Aa	2,01 Aa	2,23 Aa
TMG (dias)				TMG (dias)		
PVA (%)	10	20	30	10	20	30
1	3,57 Ba	3,81 Aa	3,81 Aa	10,38 Aa	10,84 Aa	10,77 Aa
3	4,02 Aa	3,14 Bb	3,04 Bb	10,79 Aa	10,89 Aa	10,32 ABa
5	3,23 Bb	3,76 Aa	3,12 Bb	10,93 Aa	11,09 Aa	10,16 Bb

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise de variância para o desenvolvimento de plântulas revelou que o PVA teve um efeito isolado significativo no comprimento da parte aérea, na massa seca da raiz e na massa seca total. Em relação ao glicerol, observou-se impacto nos comprimentos da raiz, da parte aérea e no total. A interação entre PVA e glicerol apresentou diferença estatística em todos os parâmetros avaliados; contudo, apenas o comprimento da parte aérea mostrou diferença significativa em relação à testemunha (Tabela 6).

Tabela 6: Análise de variância para variáveis de desenvolvimento de plântulas de *E. schomburgkii* revestidas com diferentes combinações de álcool polivinílico e glicerol.

Fator de variação	G.L	QM					
		CR	CPA	MSR	MSPA	CT	MST
PVA (P)	2	0,757 ^{ns}	0,768 [*]	0,943 [*]	0,695 ^{ns}	1,112 ^{ns}	1,888 [*]
Glicerol (G)	2	3,536 [*]	1,321 [*]	0,085 ^{ns}	0,891 ^{ns}	8,926 [*]	0,697 ^{ns}
P*G	4	5,498 [*]	0,693 [*]	0,726 [*]	1,031 [*]	9,600 [*]	2,602 [*]
Test x Comuns	1	0,168 ^{ns}	2,467 [*]	0,006 ^{ns}	0,821 ^{ns}	1,346 ^{ns}	0,973 ^{ns}
Erro	30	0,376	0,102	0,093	0,300	0,689	0,409
CV (%)	-	13,78	5,10	12,31	3,52	7,74	3,56

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Comprimento de raiz (CR) (cm), Comprimento de parte aérea (CPA) (cm), Massa seca de raiz (MSR) (mg), Massa seca de parte aérea (MSPA) (mg), Comprimento total (CT) (cm) e Massa seca total (MST) (mg).

O uso de 5% de PVA e 10% de glicerol destacou-se na promoção de valores maiores de comprimento de raiz, comprimento de parte aérea, comprimento total e massa seca de raiz (Tabela 7). Para massa seca da parte aérea e massa seca total, a combinação não proporcionou os melhores resultados, porém, foi estatisticamente igual aos tratamentos com resultados superiores.

Segundo Vercelheze *et al* (2019), filmes com alta permeabilidade ao vapor d'água, baixa solubilidade, distribuição uniforme nas sementes e sem efeito deletério relacionado à germinação, indicando potencial para suprir o fornecimento de água, são interessantes para o revestimento de sementes.

Assim, considerando as propriedades observadas de baixa solubilidade, boa permeabilidade ao vapor d'água, ausência de efeito deletério a germinação e promoção do comprimento da raiz e parte aérea, bem como massa seca de raiz, a combinação de 5% de PVA e 10% de glicerol mostrou-se mais adequada para o revestimento de sementes de *E. schomburgkii*.

Tabela 7: Variáveis de desenvolvimento de plântulas de *E. schomburgkii* revestidas com diferentes combinações de álcool polivílico e glicerol comparadas pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

PVA (%)	CR (cm)			CPA (cm)		
	Glicerol (%)			Glicerol (%)		
	10	20	30	10	20	30
1	5,20 Aa	4,04 Ba	4,18 ABb	6,26 Ba	5,58 Bb	5,86 Bab
3	3,80 Bb	4,89 Aa	3,95 ABb	6,13 Bb	6,33 Aab	6,70 Aa
5	5,97 Aa	2,79 Bb	5,38 Aa	6,85 Aa	5,50 Bb	6,43 Aa
PVA (%)	MSR (mg)			MSPA (mg)		
	10	20	30	10	20	30
	10	20	30	10	20	30
1	2,31 Ba	2,19 Ba	2,05 Ba	14,92 Aa	15,02 Ba	15,87 Aa
3	2,21 Bb	2,83 Aa	2,52 ABab	15,15 Ab	16,45 Aa	15,50 Aab
5	3,09 Aa	2,14 Bb	3,00 Aa	15,25 Aa	15,2 Ba	15,42 Aa
PVA (%)	CT (cm)			MST (mg)		
	10	20	30	10	20	30
	10	20	30	10	20	30
1	11,46 Aa	9,62 Bb	10,05 Bab	17,24 Aa	17,21 Ba	17,93 Aa
3	9,93 Ba	11,23 Aa	10,65 Aba	17,36 Ab	19,28 Aa	18,02 Ab
5	12,83 Aa	8,29 Bb	11,82 Aa	18,34 Aa	17,34 Ba	18,42 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Comprimento de raiz (CR) (cm), Comprimento de parte aérea (CPA) (cm), Massa seca de raiz (MSR) (mg), Massa seca de parte aérea (MSPA) (mg), Comprimento total (CT) (cm) e Massa seca total (MST) (mg).

5.2 Influência do revestimento sobre as propriedades físicas e fisiológicas de sementes de *E. schomburgkii* em armazenamento

5.2.1 Análise das propriedades físicas durante armazenamento

As sementes de *E. schomburgkii* foram revestidas com a formulação para revestimento previamente determinada e em seguida armazenadas. Os resultados da análise de variância das características físicas das sementes revestidas armazenadas estão apresentados na Tabela 8. Não houve influência do revestimento, do tempo de armazenamento ou de interações entre esses fatores para nenhuma característica avaliada.

A manutenção do formato das sementes corrobora com o encontrado na literatura para o efeito de revestimento em filme. Segundo AVELAR et al. (2012) o revestimento em filme de sementes não ocasiona alterações em seu formato original.

Tabela 8: Análise de variância das características físicas da semente de *E. schomburgkii* revestidas e não revestidas submetidas ao armazenamento por seis meses.

Fator de variação	G. L	QM					
		Eixo A	Eixo B	Eixo C	Massa	MCS	Teor de água
Revestimento (R)	1	0,085 ^{ns}	0,094 ^{ns}	0,031 ^{ns}	5,39 ^{ns}	13,254 ^{ns}	2,788 ^{ns}
Tempo (T)	5	0,126 ^{ns}	0,195 ^{ns}	0,017 ^{ns}	12,972 ^{ns}	3,247 ^{ns}	1,174 ^{ns}
R*T	5	0,082 ^{ns}	0,104 ^{ns}	0,025 ^{ns}	31,300 ^{ns}	4,642 ^{ns}	0,511 ^{ns}
Erro	24	0,189	0,080	0,011	24,456	3,864	1,071
CV%	-	5,87	7,13	4,18	8,33	3,26	12,37

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Comprimento da semente (mm) (Eixo A); Largura da semente (mm) (Eixo B); Espessura da semente (mm) (Eixo C); Massa da semente (mg) e Massa de 100 sementes (mg) (MCS).

A massa e a massa de 100 sementes não diferiram entre sementes revestidas e não revestidas, assim como durante o período de armazenamento, dessa forma, pode-se inferir que o revestimento com filme de PVA e glicerol não aumentou a massa das sementes ou incidiu redução por aumento da respiração e consumo de reservas no período avaliado. A aplicação de revestimento em filme pode causar incremento de até 2% na massa das sementes (AVELAR et al., 2012; KUNKUR et al., 2007), o que não foi verificado no presente trabalho. A massa e o tamanho das sementes estão diretamente relacionados à quantidade de reservas que a mesma pode armazenar; assim, sementes maiores e mais pesadas tendem a resultar em plantas mais vigorosas (FERREIRA et al., 2009).

Com relação ao teor de água das sementes não ocorreu alteração dessa característica em decorrência do uso de revestimento em filme de PVA e glicerol durante o armazenamento (Tabela 7). A qualidade fisiológica das sementes ao longo do tempo de armazenamento é influenciada pelas condições de umidade relativa e temperatura, nas quais as sementes atingem o equilíbrio higroscópico (BORGES et al., 2009).

Há poucos estudos acerca da influência da natureza hidrofílica de polímeros no comportamento de sementes armazenadas, porém, partindo do princípio que a semente possui comportamento higroscópico e seu teor de água flutua com a umidade relativa do ambiente, resultando em deterioração, a resposta de polímeros hidrofílicos e variações de umidade relativa na qualidade de sementes armazenadas precisa ser estudada (BUITINK et al., 2000; JACOB et al., 2016; MURTHY; KUMAR; SUN, 2003).

Não foram encontrados na literatura, estudos abordando a avaliação do teor de água em sementes revestidas e armazenadas com filme de PVA. Em experimento

avaliando a aplicação fungicidas e peliculização de sementes de soja, Pereira *et al* (2011) observaram que aplicação de revestimento polimérico comercial não demonstrou ter influência no teor de água para. Segundo Avelar *et al* (2011), quando utilizado polímero em pó houve redução da perda de água em armazenamento em sementes de soja armazenadas. Assim, o efeito do polímero no teor de água está associado às propriedades deste, podendo-se considerar que o revestimento em PVA e glicerol na espécie estudada não afeta o teor de água das sementes armazenadas.

Tabela 9: Características físicas de sementes de *E. schomburgkii* revestida e não revestidas e armazenadas durante seis meses.

Presença de revestimento	Eixo B (mm)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	4,10 Aa	3,89 Aa	4,29 Aa	4,09 Aa	3,99 Aa	3,86 Aa
Sem	3,92 Aab	3,87 Aab	3,99 Aab	4,41 Aa	3,56 Ab	3,87 Aab

Presença de revestimento	Eixo C (mm)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	2,55 Aab	2,56 Aab	2,72 Aa	2,58 Aab	2,41 Bb	2,58 Aab
Sem	2,59 Aa	2,62 Aa	2,69 Aa	2,61 Aa	2,72 Aa	2,52 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O revestimento teve impacto significativo na massa específica unitária e aparente, assim como na porosidade da massa de sementes. O tempo de armazenamento afetou a esfericidade, massa específica aparente e unitária das sementes. A interação entre os fatores revestimento e tempo influenciou a esfericidade e massa específica aparente. (Tabela 10).

Dados relativos às propriedades físicas, especialmente as propriedades geométricas de sementes e grãos são importantes para o desenvolvimento de projeto de máquinas agrícolas (GONELI et al., 2011). As alterações nas propriedades físicas dos grãos agrícolas são atribuídas principalmente às variações volumétricas dos produtos, resultantes da redução do teor de água (OLIVEIRA; SANTOS; RUFATTO, 2014).

Tabela 10: Análise de variância das características físicas de sementes de *E. schomburgkii* revestidas e não revestidas submetidas ao armazenamento por seis meses.

Fator de variação	G. L	QM					
		PM	Circ.	Esfer.	Pup	Pap	Porosidade
Revestimento (R)	1	5,39 ^{ns}	0,094 ^{ns}	0,146 ^{ns}	75486,3 *	174584,6 *	1073,566 *
Tempo (T)	5	12,972 ^{ns}	1,106 ^{ns}	0,706 *	24434,7 *	4288,6 *	16,665 ^{ns}
R*T	5	31,300 ^{ns}	0,974 ^{ns}	0,616 *	24323,8 *	1560,2 ^{ns}	15,941 ^{ns}
Erro	24	24,456	0,687	0,190	2237,5	996,1	15,710
CV%	-	8,33	1,56	5,67	2,94	3,39	10,34

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Circunferência (%) (Circ.), Esfericidade (%) (Esfer.), Massa específica unitária (kg.m⁻³) (Pup), Massa específica aparente (kg.m⁻³) (Pap) e Porosidade (%).

A circularidade das sementes revestidas e não revestidas não diferiu em função do revestimento, porém, foi observada pequena oscilação nesta variável ao longo do armazenamento para sementes revestidas (Tabela 11). A circularidade é um índice que indica quão semelhante a um círculo perfeito uma partícula é, esta informação é aplicada no dimensionamento de máquinas para beneficiamento, classificação e mecanismos dosadores de sementes (DA COSTA JÚNIOR et al., 2021; VOLTARELLI; PAIXÃO; ANGELO, 2019).

A modificação do teor de água pode influenciar a circularidade das sementes de maneiras diversas, dependendo da espécie em análise. Houve uma diminuição da circularidade observada nas sementes de mamona (GONELI et al., 2011) e amendoim (ARAUJO et al., 2013), enquanto ocorreu um aumento nas sementes de feijão (RESENDE et al., 2005). Em algumas espécies, como o maracujá (DE ARAUJO et al., 2020) e o trigo (CORRÊA et al., 2006), não foram observados efeitos na circularidade com a variação do teor de água. Assim, a ausência de variância nos teores de água das sementes armazenadas pode estar associada a baixa variação desta característica ao longo do armazenamento.

A esfericidade das sementes revestidas de *E. schomburgkii* variou ao longo do armazenamento sem um padrão crescente ou decrescente (Tabela 11). Na literatura encontram-se informações distintas quanto à influência do teor de água na esfericidade. Quando reduzido teor de água, houve redução da esfericidade de grãos de amendoim (ARAUJO et al., 2013), mamona (GONELI et al., 2011), feijão (JESUS et al., 2013) e milho (VAZQUEZ et al., 2011), no entanto, a esfericidade aumentou quando reduzido o teor de água para soja (GUEDES et al., 2011a). É possível inferir que as oscilações no

teor de água das sementes armazenadas, apesar de não estatisticamente significativas (tabela 9), possam ter influenciado a característica de esfericidade.

Tanto a massa específica unitária e aparente, quanto a porosidade são características importantes para a comercialização e o dimensionamento eficaz de silos, secadores, depósitos, sistemas de transporte e máquinas beneficiadoras (COUTO et al., 1999; SILVA, 2008).

Ao longo dos meses, não houve um padrão claro de crescimento ou redução na massa específica das sementes, exceto após cinco meses de armazenamento, onde sementes revestidas e não revestidas mostraram diferença estatística. (Tabela 11). Vários são os elementos que influenciam a massa específica unitária dos materiais vegetais, sendo alguns dos principais o teor de água, a forma e a superfície dos produtos (ARAÚJO et al., 2013). Com pouca variação no teor de água durante o armazenamento e parâmetros de tamanho e forma pouco alterados e com diferenças estatísticas, pode haver correlação entre esse comportamento e as variáveis de teor de água, tamanho e forma.

A massa específica aparente de sementes revestidas foi inferior a observada para sementes não revestidas durante o período de armazenamento (Tabela 11). O conceito de massa específica aparente é importante para atividades como comercialização de sementes, dimensionamento de silos, depósitos e sistemas de transporte. Além disso, pode ser empregado na determinação de teores de água, avaliação de danos causados por insetos e identificação da deterioração fúngica em produtos armazenados (SILVA, 2008).

Ao observar que as sementes com menor massa específica aparente estavam revestidas, podemos inferir que o revestimento em PVA e glicerol ocupou espaço na massa de sementes, porém, sem acrescentar uma quantidade considerável de massa. Dessa forma, isso resultou em uma menor massa específica aparente, cujo cálculo considera a relação entre a massa e o volume das sementes avaliadas.

A porosidade da massa de sementes aumentou entre 7% e 15% com o uso de revestimento, (Tabela 11). A porosidade está relacionada à resistência que a camada de produtos apresenta à circulação do ar, sendo amplamente empregada em projetos de equipamentos para secagem e armazenamento de grãos e sementes (SILVA, 2008)

Quando armazenados em silos, recipientes ou sacos, os grãos se organizam em uma massa porosa composta por eles mesmos e pelo espaço preenchido pelo ar, representando aproximadamente 40 a 45% do volume total (SENAR, 2018). Não foram encontrados estudos na literatura sobre o efeito do revestimento em filme de PVA e glicerol na porosidade da massa de sementes florestais. No entanto, considerando a

estabilidade do teor de água e a redução da massa específica aparente nas sementes revestidas, pode-se inferir que a porosidade foi influenciada pelo revestimento, que aumentou os espaços entre as sementes.

Tabela 11: Características físicas de sementes de *E. schomburgkii* revestida e não revestidas armazenadas durante seis meses.

Presença de revestimento	Circularidade (%)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	52,67 Aab	52,04 Ab	54,25 Aab	53,73 Aab	53,42 Aab	52,83 Aab
Sem	53,41 Aa	53,39 Aa	53,46 Aa	53,15 Aa	53,34 Aa	52,80 Aa
Presença de revestimento	Esfericidade (%)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	56,81 Aac	55,95 Bc	57,63 Aa	57,23 Aab	57,16 Aab	56,48 Abc
Sem	57,19 Aa	57,25 Aa	57,21 Aa	57,07 Aa	56,80 Aa	56,52 Aa
Presença de revestimento	ρ_u (Kg m ⁻³)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	1612,5 Abc	1620,8 Aa	1509,1 Ac	1657,1 Ab	1621,6 Abc	1637,1 Ab
Sem	1592,2 Aa	1552,0 Aa	1524,2 Aa	1510,6 Ba	1605,4 Aa	1580,9 Aa
Presença de revestimento	ρ_{ap} (Kg m ⁻³)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	907,3 Ba	868,0 Bab	826,6 Bb	892,0 Bab	838,6 Bab	829,3 Bab
Sem	1005,3 Aa	1000,3 Aa	948,0 Aa	1026,6 Aa	996,0 Aa	1021,3 Aa
Presença de revestimento	Porosidade (%)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	41,20 Aa	43,06 Aa	42,27 Aa	43,29 Aa	45,58 Aa	47,23 Aa
Sem	33,05 Ba	32,26 Ba	35,48 Ba	28,74 Ba	35,13 Ba	32,43 Ba

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Massa específica unitária (kg.m⁻³) (Pup), Massa específica aparente (kg.m⁻³) (Pap).

5.2.2 Análise da qualidade fisiológica durante armazenamento

A análise de variância indicou efeito do revestimento apenas na porcentagem de plântulas normais. O fator tempo ocasionou diferença significativa nos parâmetros de germinação, IVG e TMG considerando a emissão da raiz primária até 2mm e formação de plântulas normais. A interação entre o fator revestimento e tempo influenciou apenas a formação de plântulas normais (Tabela 12).

Tabela 12: Análise de variância para Germinação, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG) de sementes de *E. schomburgkii* revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.

Fator de variação	G.L	QM					
		Emissão da raiz			Plântula Normal		
		G	IVG	TMG	G	IVG	TMG
Revestimento (R)	1	0,006 ^{ns}	0,571 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,055 [*]	0,275 ^{ns}	0,029 ^{ns}
Tempo (T)	5	0,0303 [*]	8,000 [*]	3,061 [*]	0,084 [*]	0,731 [*]	1,549 [*]
R*T	5	0,0057 ^{ns}	0,164 ^{ns}	0,084 ^{ns}	0,030 [*]	0,166 ^{ns}	0,345 ^{ns}
Erro	24	0,0060	0,179	0,035	0,0061	0,114	0,246
CV (%)	-	6,34	6,63	5,16	7,81	18,54	4,98

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Germinação (G) (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) (dias).

Não se observou diferença na germinação considerando o critério botânico (emissão da raiz primária) com relação à presença de revestimento, com manutenção dos valores observados no início do armazenamento até o quinto mês. O parâmetro de emissão da raiz é considerado por botânicos para caracterizar a germinação, por sua vez, o parâmetro técnico ou agrônômico é adotado pela Regras de Análise de Sementes e compreender a formação de plântula normal.

Considerando-se o parâmetro técnico (plântula normal), os resultados mostram influência do revestimento na porcentagem de plântulas normais a partir do quinto mês com redução de 26% da germinação de sementes revestidas em relação as não revestidas. Reforça-se que as Regras para Análise de Sementes (RAS) considera a germinação em teste de laboratório como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando aptidão para produzir planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009).

A deterioração da qualidade das sementes foi refletida no teste de germinação, onde a redução da porcentagem de plântulas normais e redução do IVG foi notada no

quinto mês de armazenamento para sementes revestidas e no sexto mês para sementes não revestidas.

Estudos avaliando o impacto exclusivo do PVA na germinação durante o armazenamento de sementes são limitados, e para espécies florestais, não foram encontrados estudos abordando essa temática. Segundo Kimmelshue *et al* (2019), avaliando o efeito de revestimento em PVA com bacteriófagos em sementes de milho não observou efeito isolado do revestimento em PVA na germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas por até sete meses de armazenamento. No trabalho de Santos *et al* (2010), o revestimento com areia + PVA e areia + CaSiO₃ + PVA ou polímero, tratadas quimicamente, conservaram a qualidade fisiológica de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu ao longo dos 12 meses de armazenamento. Dessa forma, os resultados alcançados no teste de germinação mostraram-se distintos dos apresentados dos autores supracitados, porém, é necessário considerar a distinção entre as sementes agrícolas e florestais.

A redução da porcentagem de plântulas normais, a partir do quinto mês para sementes revestidas e sexto mês para não revestidas, pode estar relacionada a qualidade do lote utilizado, onde questões como, as condições de armazenamento, temperatura, umidade relativa, embalagem e teor de água das sementes podem influenciado a longevidade das sementes.

Segundo Delouche *et al* (1973), as condições ideais para armazenamento de estoques reguladores (até 18 meses) em temperatura acima de 10°C até 20°C são de no máximo 50% de umidade relativa e até 12% de teor de água para cereais e até 8% para oleaginosas. No entanto, para armazenamento por longos períodos (três a cinco anos), condições de até 10°C e 45% de umidade relativa são mais adequadas.

Sementes de diversas espécies florestais tolerantes à desidratação mantêm viabilidade por até dois anos, mesmo quando armazenadas em condição ambiente (CARVALHO, 1994) com uso de aparelho de ar condicionado (temperatura entre 18°C a 22°C), considerando que estas foram desidratadas para valores baixos e adequados (5% a 7% de teor de água) e embaladas hermeticamente (MEDEIROS, 2001).

Tabela 13: Germinação, IVG e TMG de plântulas de *E. schomburgkii* de sementes revestidas e não revestidas e armazenadas durante seis meses.

Presença de revestimento	Germinação (%) (Emissão da raiz)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	90,00 Aa	85,00 Aa	85,33 Aa	90,66 Aa	85,66 Aa	84a A
Sem	90,30 Aa	84,66 Aab	88,33 Aa	90,66 Aa	86,66 Aa	71 Bb
Presença de revestimento	IVG (Emissão da raiz)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	7,30 Aa	6,67 Aa	6,87 Aa	6,80 Aa	6,79 Aa	4,37 Ab
Sem	7,43 Aa	6,95 Aab	6,74 Aab	6,82 Aab	6,05 Bb	3,85 Ac
Presença de revestimento	TMG (Dias) (Emissão da raiz)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	3,14 Ab	3,10 Ab	3,32 Ab	3,54 Ab	3,39 Bb	5,18 Aa
Sem	3,06 Ac	3,29 Ac	3,40 Abc	3,51 Abc	3,80 Ab	4,90 Aa
Presença de revestimento	Germinação (%) (Plântula normal)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	77,66 Aa	78,66 Aa	76,83 Aab	75,00 Aa	57,33 Bbc	49,00 Ac
Sem	86,33 Aa	78,00 Aab	70,83 Abc	63,66 Abc	80,00 Aab	57,5 Ac
Presença de revestimento	IVG (Plântula normal)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	2,13 Aa	2,11 Aa	1,73 Aab	1,89 Aab	1,37 Bab	1,17 Ab
Sem	2,44 Aa	1,98 Aab	1,81 Aab	1,65 Ab	2,00 Aab	1,45 Ab
Presença de revestimento	TMG (Dias) (Plântula normal)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	9,35 Ab	9,70 Aab	10,05 Aab	10,11 Aab	10,10 Aab	10,66 Aa
Sem	8,68 Ab	10,22 Aa	10,05 Aa	9,87 Aab	10,57 Aa	10,24 Aa

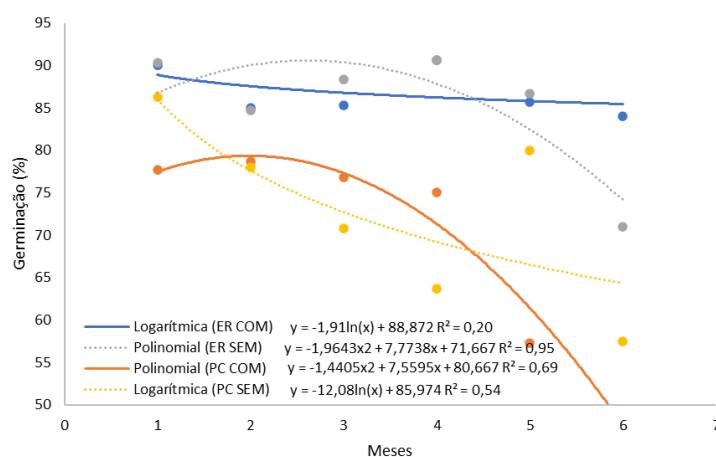
Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a espécie ortodoxa *Enterolobium contortisiliquum* o armazenamento por até 12 meses em embalagem de papel a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ resultou em redução do potencial germinativo (SCALON et al., 2005), no entanto, quando armazenadas em embalagem plástica (espessura não fornecida pelo autor) em temperatura de $6^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ e $60\% \pm 5\%$ de umidade relativa foi possível manter a viabilidade das sementes por até 10 anos (TORRES et al., 2020). Assim, as condições de armazenamento podem influenciar fortemente a qualidade fisiológica do lote de sementes.

Portanto, considerando que as sementes de *E. schomburgkii* utilizadas estavam armazenadas por 18 meses em embalagem semiporosa (saco de polietileno fino) com 8-9% de teor de água em $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ antes do início do experimento, pode-se inferir que as condições não eram ideais para preservar a viabilidade das sementes por períodos superiores aos previstos nessas circunstâncias, culminando em redução da germinação, principalmente quando considerada a formação de plântulas normais (Figura 12).

Desta forma, pode-se inferir que para *E. schomburgkii*, o revestimento não contribuiu para a deterioração das sementes por quatro meses, todavia, após isso, o revestimento associado a qualidade reduzida do lote incidiu redução da germinação.

Figura 12: Germinação (%) de *E. schomburgkii* considerando emissão da raiz primária (ER) e plântula normal (PN) de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses.

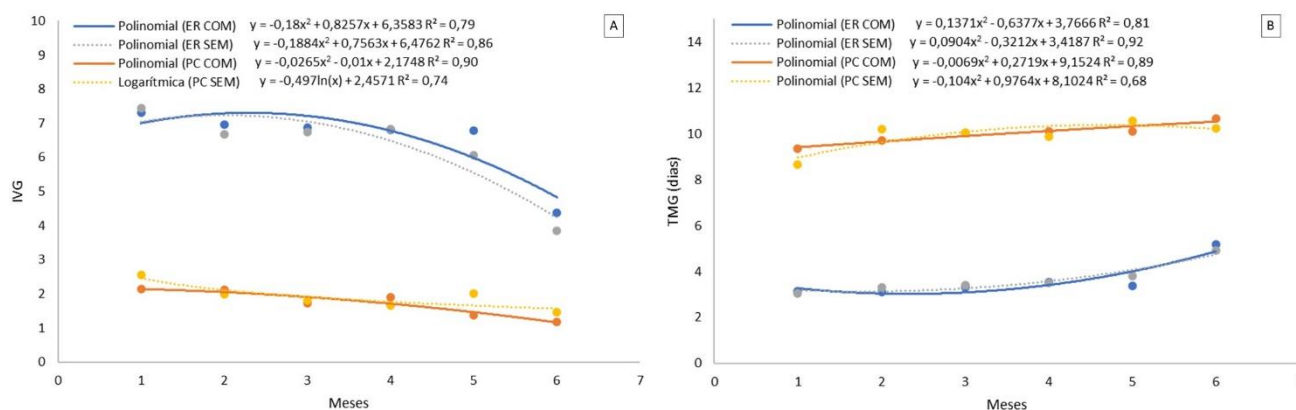


Fonte: elaboração do autor

Ao fim do estudo as sementes completaram 24 meses armazenadas, seis desses em embalagem impermeável. Porém, possivelmente a embalagem apenas reduziu a

velocidade de deterioração. A perda de viabilidade foi espelhada pelo IVG e TMG ao longo do armazenamento, indicando maior tempo para conclusão e menor velocidade do processo germinativo (Figura 13).

Figura 13: IVG (A) e TMG (B) de *E. schomburgkii* considerando emissão da raiz primária (ER) e plântula normal (PN) de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses.



Fonte: Elaboração do autor.

Quanto ao desenvolvimento das plântulas, o revestimento demonstrou influência no comprimento da raiz, na massa seca da raiz e na parte aérea. O tempo e a interação entre os fatores em estudo também apresentaram efeito em todas as variáveis analisadas, (Tabela 14).

Tabela 14: Análise de variância para variáveis de desenvolvimento de plântulas originadas de sementes *E. schomburgkii* revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.

Fator de variação	G.L	QM			
		CR	CPA	MSR	MSPA
Revestimento (R)	1	1,69 *	0,106 ^{ns}	0,0009 *	0,0088 *
Tempo (T)	5	7,81 *	16,977 *	0,0008 *	0,0411 *
R*T	5	0,313 *	0,867 *	0,0002 *	0,0041 *
Erro	24	0,105	0,092	0,0000	0,0009
CV (%)	-	15,47	5,39	7,93	14,25

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Comprimento de raiz (CR) (cm), Comprimento de parte aérea (CPA) (cm), Massa seca de raiz (MSR) (g) e Massa seca de parte aérea (MSPA) (g).

A análise dos parâmetros de desenvolvimento de plântulas é pouco explorada quando se considera a associação exclusiva com o PVA. Kimmelshue *et al*, (2019),

trabalhando com o revestimento para biocontrole de *Clavibacter michiganensis* (álcool polivinílico + bacteriófagos) não observaram diferença significativa com relação ao parâmetro vigor de plântulas de milho. O uso de PVA resultou em valores superiores em trabalho de Damasceno *et al* (2013), o qual observou que a imobilização de rizóbio em nanofibras de PVA em sementes de soja promoveu incremento em biomassa de plântulas.

Quanto ao comprimento das raízes, foi observada uma discreta diferença entre sementes com e sem revestimento. No entanto, notou-se que, até o quinto mês de armazenamento, as sementes revestidas apresentaram uma massa seca de raiz inferior àquelas sem revestimento (Tabela 15). Esse resultado provavelmente está associado à presença do revestimento em sementes de menor vigor, o que, devido ao baixo vigor, atua como uma barreira mecânica ao desenvolvimento da raiz primária.

As variáveis de comprimento de parte aérea e massa seca de parte aérea também indicou leve diferença entre plântulas de sementes revestidas e não revestidas, porém sem um padrão definido durante o armazenamento, indicando que esta variável é pouco afetada pela presença de revestimento. O vigor está associado ao desempenho das sementes em constituir plântulas mais desenvolvidas, uma vez que sementes de alto vigor apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, emissão mais rápida e uniforme da raiz primária e parte aérea (MINUZZI *et al.*, 2010; SCHUCH; NEDEL; ASSIS, 1999). Assim, considerando não haver um padrão para esta variável em função do revestimento, é possível que a diferença observada ao longo do armazenamento esteja relacionada a diferença de vigor entre sementes no lote avaliado.

No experimento para avaliar a composição do revestimento e efeito na germinação de *E. schomburgkii* (experimento 1), o revestimento possibilitou desenvolvimento de raízes mais compridas que a do grupo controle, no entanto, é importante ressaltar que o lote utilizado no experimento de armazenamento demonstrou decréscimo de massa seca de plântulas ao longo do período avaliado, indicando redução do vigor das sementes (Tabela 15). É possível que o revestimento prejudique o desenvolvimento de plântulas de sementes menos vigorosas.

Tabela 15: Comprimento de raiz (CR), comprimento de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de *E. schomburgkii* originadas de sementes revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.

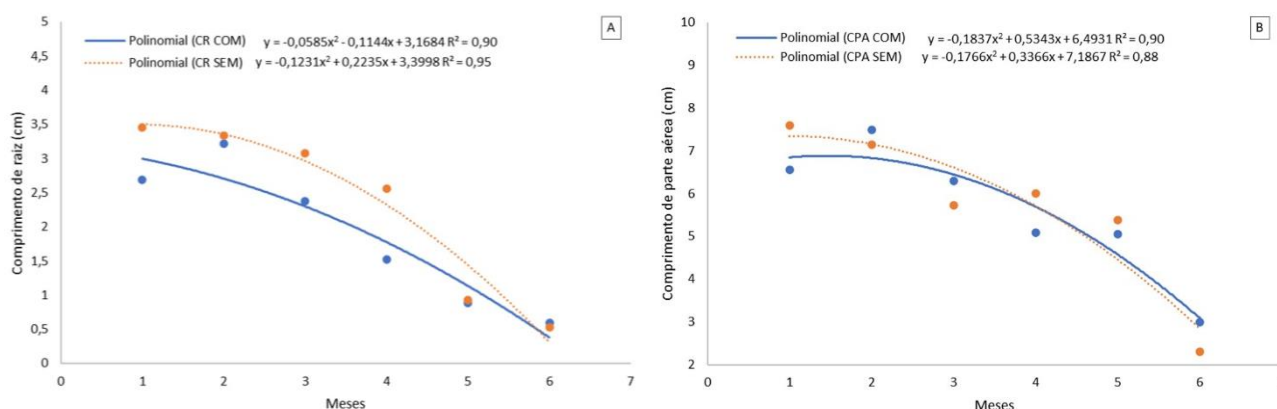
Presença de revestimento	Comprimento da raiz (cm)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	2,69 Bab	3,21 Aa	2,37 Bb	1,52 Bc	0,88 Acd	0,59 Ad
Sem	3,45 Aa	3,33 Aab	3,07 Aab	2,56 Ab	0,92 Ac	0,53 Ac
Presença de revestimento	Comprimento da parte aérea (cm)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	6,55 Bb	7,49 Aa	6,28 Ab	5,08 Bc	5,05 Ac	2,99 Ad
Sem	7,59 Aa	7,13 Aa	5,71 Bb	5,99 Ab	5,37 Ab	2,29 Bc
Presença de revestimento	Massa seca da raiz (g)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	0,031 Ba	0,035 Ba	0,033 Ba	0,030 Aa	0,017 Bb	0,019 Ab
Sem	0,047 Ab	0,056 Aa	0,050 Aab	0,034 Ac	0,027 Ad	0,011 Be
Presença de revestimento	massa seca da parte aérea (g)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	0,26 Ba	0,28 Aa	0,22 Aab	0,17 Abc	0,14 Bcd	0,06 Ad
Sem	0,34 Aa	0,28 Aab	0,19 Ac	0,20 Ac	0,24 Abc	0,07 Ad

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não foram encontrados estudos na literatura abordando o efeito isolado de revestimento em álcool polivinílico e glicerol no desenvolvimento de plântulas de sementes armazenadas. Segundo Pragathi *et al* (2022), o uso de revestimento em nanofibras de PVA- Quitosana infundida com bactéria *M. aminovorans* promoveu maior comprimento de raiz, parte aérea e produção de massa seca. Para Raja *et al* (2021), a aplicação de revestimento em nanofibras de PVA com giberelina e ácido indolacético (uma auxina) promoveu o vigor de sementes de amendoim e feijão mungo. Para Tu *et al* (2016), a encapsulação de *Bacillus subtilis* em revestimento de PVA-Algina promoveu a altura de mudas de algodão (*Gossypium hirsutum*).

A diminuição do comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas de *E. schomburgkii* durante o armazenamento pode ser visualizada na Figura 14. Embora haja uma redução mais pronunciada no comprimento da raiz das sementes revestidas, pode notar-se que, aos seis meses de armazenamento, ambas as condições se equiparam. Em relação ao comprimento de parte aérea houve redução nos valores observados, tanto para sementes revestidas quanto nuas. Esse comportamento explicita a perda de vigor do lote avaliado ao longo do armazenamento.

Figura 14: Comprimento de raiz (CR) (A) e parte aérea (CPA) (B) de plântulas de *E. schomburgkii* de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses.



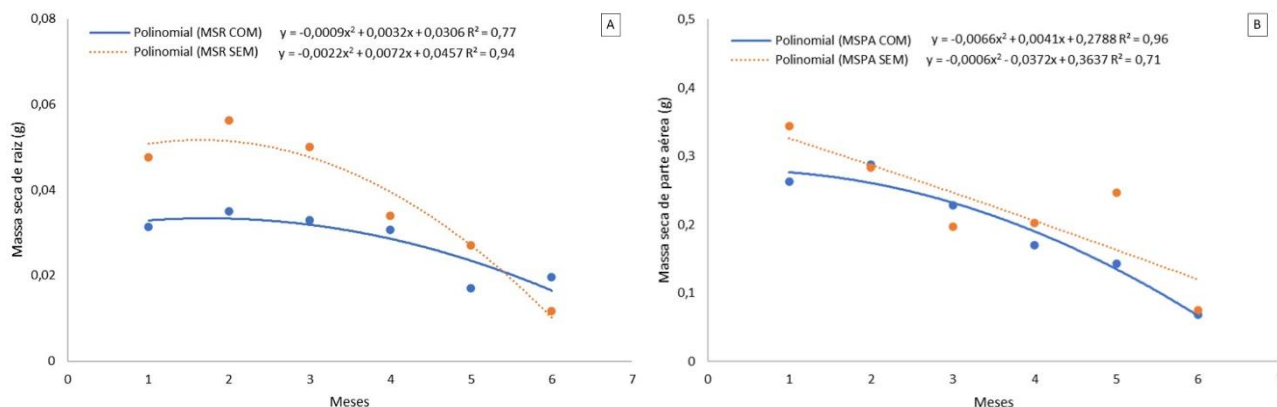
Fonte: Elaboração do autor

A massa seca de raiz de plântulas armazenadas seguiu o mesmo comportamento do comprimento de raiz, com maiores valores constatados durante o armazenamento para sementes não revestidas, porém, equiparando-se aos valores encontrados para sementes revestidas ao fim do período avaliado.

Assim como notado nas variáveis relacionadas ao desenvolvimento da raiz, o comprimento e a massa seca da parte aérea das plântulas de *E. schomburgkii* apresentaram um comportamento semelhante entre si, evidenciando uma redução constante nos valores obtidos.

A análise do comprimento ou da massa seca das plântulas representa um parâmetro significativo de vigor (MARCOS-FILHO, 2016). O teste de massa seca de plântulas permitiu uma maior diferenciação do lote por sua capacidade de detectar pequenas diferenças em vigor de sementes (AOSA, 2009).

Figura 15: Massa seca de raiz (MSR) (A) e parte aérea (MSPA) (B) de plântulas de *E. schomburgkii* de sementes revestidas (COM) e não revestidas (SEM) durante armazenamento de seis meses.



Fonte: Elaboração do autor

Na Tabela 16 consta os resultados da análise de variância para o teste de condutividade elétrica e os parâmetros do teste de envelhecimento acelerado, onde pode ser identificado um impacto significativo do tempo, além de uma interação relevante entre os fatores de revestimento e tempo afetando os resultados da condutividade elétrica.

O revestimento influenciou efeito no TMG da emissão da raiz primária no teste de envelhecimento. O tempo afetou a germinação e IVG nesta variável. Quando considerada a plântula normal todos os parâmetros foram influenciados pelo revestimento e tempo, enquanto a interação entre estes fatores afetou apenas o IVG.

Segundo Marcos Filho (2015), o teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio de que sementes menos vigorosas apresentam uma maior liberação de solutos, devido à menor velocidade de restabelecimento das membranas durante a embebição. A comparação entre as leituras de condutividade entre lotes pode indicar diferenças de vigor das sementes.

Tabela 16: Análise de variância para teste de condutividade elétrica parâmetros do teste de envelhecimento acelerado de sementes de *E. schomburgkii* revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.

Fator de variação	QM							
	Envelhecimento acelerado							
	G.L	CE	Emissão da raiz			Plântula normal		
			G	IVG	TMG	G	IVG	TMG
Revestimento (R)	1	67,604 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,308 ^{ns}	0,0016 [*]	950,69 [*]	1,432 [*]	3,469 [*]
Tempo (T)	5	1330,43 [*]	0,114 [*]	9,145 [*]	0,525 ^{ns}	3000,69 [*]	3,106 [*]	1,768 [*]
R*T	5	68,061 [*]	0,004 ^{ns}	0,290 ^{ns}	0,010 [*]	182,04 ^{ns}	0,272 [*]	0,616 ^{ns}
Erro	24	23,025	0,006	0,314	0,012	103,95	0,042	0,307
CV (%)	-	2,58	7,60	9,27	3,43	16,87	11,29	6,45

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) (CE), Germinação (G) (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) (dias).

O teste de condutividade elétrica tem se mostrado adequado para a determinação da qualidade de sementes florestais como *Aspidosperma parvifolium*, *Aspidosperma polyneuron*, *Cabralea canjerana*, *Cariniana legalis*, *Gallesia integrifolia*, *Handroanthus chrysotrichus*, *Lonchocarpus campestris* e *Pterogyne nitens* (GUOLLO et al., 2017), *Albizia hassleri* (GONZALES; PAULA; VALERI, 2009), *Dalbergia nigra* (MARQUES, 2001), *Schinus molle* (DELAZERI; GARLET; SOUZA, 2016), *Bowdichia virgilioides* (DALANHOL et al., 2014), *Sebastiania commersoniana* (SANTOS; PAULA, 2005) e *Pterogyne nitens* (ATAIDE et al., 2012).

Segundo Carvalho et al (2020a), o teste de condutividade elétrica é um dos testes de vigor adequados para a diferenciação da qualidade fisiológica de lotes de *E. schomburgkii*, no entanto, a metodologia indicada no referido trabalho não conseguiu distinguir os lotes durante o armazenamento.

Como indicado anteriormente, o fator tempo ocasionou diferença estatística no teste de condutividade elétrica, no entanto, as oscilações apresentadas nesta avaliação não indicaram deterioração gradual do lote, não seguindo um padrão crescente ou decrescente da lixiviação de eletrólitos (Tabela 17). Este resultado difere do encontrado por Carvalho et al (2020a), avaliando o teste de condutividade elétrica para a referida espécie.

Determinados fatores como tratamento químico, tempo e temperatura de embebição, teor de água, tamanho do recipiente de embebição e qualidade e volume de

água podem influenciar no resultado obtido no teste de condutividade elétrica (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999), assim, é possível que as supracitadas condições possam ter interferido na acurácia do teste de condutividade aplicado neste estudo.

O teste de envelhecimento acelerado foi eficaz em indicar a perda de qualidade das sementes, com redução constante dos parâmetros avaliados, observando-se deterioração das sementes em decorrência do tempo de armazenamento (Tabela 17).

Houve distinção entre sementes revestidas e não revestidas nos parâmetros de germinação, IVG e TMG de plântula normal, com deterioração das sementes não revestidas a partir do segundo mês de armazenamento, enquanto as sementes revestidas conseguiram manter valores próximos dos iniciais até o quinto mês. A partir do quinto mês, não houve diferença estatisticamente significativa no desempenho entre as sementes revestidas e não revestidas.

O envelhecimento acelerado é um teste indireto de avaliação de resistência ao estresse, sendo um dos mais sensíveis para avaliar o vigor de lotes de sementes (MARCOS FILHO, 2015). O processo envolve expor as sementes a elevadas temperaturas e níveis de umidade relativa, seguido pelo subsequente teste de germinação (DELOUCHE; BASKIN, 1973).

O teste de envelhecimento acelerado tem se mostrado adequado para a avaliação do vigor de lotes de sementes florestais como *Tabernaemontana fuchsiaefolia* (MORAES et al., 2016), *Anadenanthera colubrina* (GARCIA; NOGUEIRA; ABREU, 2005), *Anadenanthera peregrina* (PINHO; LIMA E BORGES; PONTES, 2010), *Sebastiania commersoniana* (SANTOS; PAULA, 2007), *Apuleia leiocarpa* (SANTOS; ATAÍDE; PIRES, 2019), *Dalbergia nigra* (GUEDES et al., 2011b) e *Mabea fistulifera* (GOMES JÚNIOR; LOPES, 2017).

A presença de polímero promoveu melhores resultados no teste de envelhecimento considerando a formação de plântula normal. Segundo Silva *et al* (2018), a presença de polímero na superfície da semente permitiu proteção às condições de alta temperatura e umidade relativa do envelhecimento acelerado em sementes de amendoim. Para Silva *et al* (2020), a maior disponibilidade de água decorrente do uso de polímero em sementes de soja reduziu o estresse causado por fungos no envelhecimento acelerado e, para Junior *et al* (2012), também discutindo o efeito de polímero na proteção de sementes de soja durante o teste de envelhecimento acelerado atribuíram o maior vigor de sementes revestidas à barreira mecânica causada pelo revestimento na proteção contra patógenos.

Tabela 17: Teste de condutividade elétrica e parâmetros do teste de envelhecimento acelerado de sementes de *E. schomburgkii* revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.

Presença de revestimento	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	210,81 Aa	186,34 Ab	163,12 Ac	179,82 Bb	179,37 Ab	188,93 Ab
Sem	208,42 Aa	182,49 Ab	163,23 Ac	194,23 Ab	185,73 Ab	190,73 Ab
Presença de revestimento	Germinação (%) (Emissão da raiz)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	88,00 Aa	85,33 Aab	82,50 Aab	79,67 Aab	67,33 Abc	55,00 Ac
Sem	89,00 Aa	81,67 Aab	76,83 Aab	72,00 Aab	63,16 Abc	54,33 Ac
Presença de revestimento	IVG (Emissão da raiz)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	7,27 Aa	7,06 Aa	6,79 Aa	6,52 Aab	5,26 Abc	3,91 Ac
Sem	7,36 Aa	6,79 Aab	6,26 Aab	5,74 Ab	5,70 Ab	3,86 Ac
Presença de revestimento	TMG (Dias) (Emissão da raiz)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	3,03 Ab	3,03 Ab	3,05 Ab	3,07 Ab	3,54 Aa	3,76 Aa
Sem	3,04 Ac	3,00 Ac	3,11 Ac	3,22 Abc	3,47 Aab	3,71 Aa
Presença de revestimento	Germinação (%) (Plântula normal)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	85,00 Aa	82,33 Aa	79,66 Aa	74,33 Aa	48,83 Ab	23,33 Ac
Sem	88,66 Aa	62,00 Bb	59,16 Bb	56,33 Bbc	40,66 Acd	25,00 Ad
Presença de revestimento	IVG (Plântula normal)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	2,7 Aa	2,57 Aa	2,45 Aa	2,21 Aa	1,47 Ab	0,73 Ac
Sem	2,9 Aa	1,74 Bb	1,65 Bbc	1,56 Bbc	1,19 Acd	0,70 Ad

Presença de revestimento	TMG (Dias) (Plântula normal)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	8,03 Aa	8,18 Ba	8,35 Ba	8,70 Ba	8,35 Aa	8,03 Aa
Sem	7,96 Abc	9,27 Aab	9,49 Aa	10,00 Aa	8,80 Aac	7,86 Ac

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Assim, é possível que o revestimento tenha protegido as sementes das condições adversas do teste de envelhecimento e proliferação de patógenos até o quarto mês, porém, mais estudos acerca desta hipótese devem ser realizados para confirmar ou negá-la.

A análise de variância dos parâmetros de desenvolvimento de plântulas do teste de envelhecimento acelerado encontra-se na Tabela 18. A presença de revestimento indicou efeito na massa seca de raiz e parte aérea, o tempo de armazenamento e a combinação de fatores possibilitou a detecção de diferença estatística em todas as análises de desenvolvimento de plântula no envelhecimento acelerado.

Tabela 18: Análise de variância para variáveis de desenvolvimento de plântulas no teste de envelhecimento acelerado durante armazenamento de seis meses.

Fator de variação	G.L	QM			
		CR	CPA	MSR	MSPA
Revestimento (R)	1	0,063 ^{ns}	0,375 ^{ns}	0 *	0,0003 *
Tempo (T)	5	1,773 *	16,331 *	0,0009 *	0,0793 *
R*T	5	0,487 *	0,522 *	0,0001 *	0,0020 *
Erro	24	0,1326	0,092	0	0,0001
CV (%)	-	19,7	5,92	13,26	4,82

**Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F, ns: Não significativo. Comprimento de raiz (CR) (cm), Comprimento de parte aérea (CPA) (cm), Massa seca de raiz (MSR) (g) e Massa seca de parte aérea (MSPA) (g).

A presença de filme de revestimento possibilitou a obtenção de menor massa seca de raiz, provavelmente em decorrência do menor comprimento obtido nas raízes, o qual não ocasionou diferença estatística, mas influenciou os valores de massa seca para essa característica (Tabela 19). Este padrão foi observado no teste de germinação e possivelmente está associado a ação do revestimento como barreira física ao desenvolvimento da raiz em sementes menos vigorosas.

Tabela 19: Desenvolvimento de plântulas de *E. schomburgkii* submetidas ao teste de envelhecimento acelerado de sementes revestidas e não revestidas durante armazenamento de seis meses.

Presença de revestimento	Comprimento da raiz (cm)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	2,28 Bab	2,09 Aab	1,91 Aab	2,49 Aa	1,47 Ab	1,64 Aab
Sem	3,06 Aa	2,61 Aab	2,16 Aab	2,00 Ab	0,79 Bc	1,76 Ab
Presença de revestimento	Comprimento da parte aérea (cm)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	7,13 Aa	6,12 Ab	5,11 Bc	6,37 Ab	2,95 Ad	3,69 Ad
Sem	6,89 Aa	6,33 Aab	5,77 Abc	5,33 Bc	2,70 Ad	3,13 Bd
Presença de revestimento	Massa seca da raiz (g)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	0,030 Bab	0,024 Bbc	0,018 Bcd	0,034 Aa	0,003 Ae	0,012 Ad
Sem	0,039 Aa	0,032 Ab	0,024 Ac	0,026 Bbc	0,004 Ad	0,008 Ad
Presença de revestimento	Massa seca da parte aérea (g)					
	Tempo de armazenamento (meses)					
	1	2	3	4	5	6
Com	0,30 Aa	0,21 Bb	0,11 Bc	0,22 Ab	0,01 Ae	0,03 Ad
Sem	0,31 Ab	0,24 Ab	0,16 Ac	0,17 Bc	0,02 Ad	0,03 Ad

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A variação nos valores do comprimento da parte aérea e na massa seca da parte aérea, sem um padrão consistente em relação ao revestimento, pode estar relacionada à disparidade de vigor entre sementes do mesmo lote. Nesse contexto, é importante notar que essa variabilidade não é influenciada pela presença do revestimento.

6 CONCLUSÃO

A formulação de 5% de PVA e 10% de glicerol foi mais adequada para o revestimento de sementes de *E. schomburgkii* por sua baixa solubilidade, boa permeabilidade ao vapor d'água e ausência de efeito deletério à germinação da espécie.

O revestimento de sementes de *E. schomburgkii* não promove alterações no tamanho, forma, massa de cem sementes, massa unitária e teor de água durante o armazenamento, mas aumenta a massa específica aparente e a porosidade da massa de sementes.

A presença de revestimento afetou o teste de envelhecimento acelerado, possivelmente protegendo as sementes contra as condições adversas ou inibindo a proliferação de patógenos até os quatro meses de armazenamento.

As sementes de *E. schomburgkii* podem ser revestidas e armazenadas por até quatro meses com filme de PVA e glicerol sem perdas da qualidade fisiológica e vigor.

7 REFERÊNCIAS

- ABEDI-FIROOZJAH, R. et al. PVA/starch films: An updated review of their preparation, characterization, and diverse applications in the food industry. **Polymer Testing**, v. 118, p. 107903, jan. 2023.
- ADAK, T. et al. Role of nano-range amphiphilic polymers in seed quality enhancement of soybean and imidacloprid retention capacity on seed coatings. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 13, p. 4351–4357, out. 2016.
- AFZAL, I. et al. Modern Seed Technology: Seed Coating Delivery Systems for Enhancing Seed and Crop Performance. **Agriculture**, v. 10, n. 11, p. 526, 5 nov. 2020.
- AGAKE, S. et al. Seed coating by biofertilizer containing spores of *Bacillus pumilus* TUAT1 strain enhanced initial growth of *Oryza sativa* L. **Agronomy Journal**, v. 113, n. 4, p. 3708–3717, 8 jul. 2021.
- ALBUQUERQUE, J. M. DE. **IDENTIFICAÇÃO E GERMINAÇÃO DE SEMENTES AMAZÔNICAS**. 1. ed. Belém, Pará: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP, 1993.
- ALLEN, O. .; ALLEN, E. . **The leguminosae: A source book of characteristics, uses and nodulation**. Wisconsin: University of Wisconsin Press, 1981.
- ALMEIDA, N. O. DE. **Implantação de matas ciliares por plantio direto utilizando-se sementes peletizadas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004.
- AOSA. **Seed Vigor Testing Handbook. Contribution n. 32**. Lincoln: Association of Official Seed Analyst (AOSA), 2009.
- ARAUJO, W. D. et al. Propriedades físicas dos grãos de amendoim durante a secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 279–286, 2013.
- ATAIDE, G. M. et al. Adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de *Pterogyne nitens* Tull. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 4, p. 635–640, 5 dez. 2012.
- AVELAR, S. A. G. et al. Armazenamento de sementes de soja tratadas com fungicida, inseticida e micronutriente e recobertas com polímeros líquido e em pó. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1719-1725, 2011.
- AVELAR, S. A. G. et al. The use of film coating on the performance of treated corn seed. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 186–192, jun. 2012.
- BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 2, p. 145–164, ago. 1998.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v. 14, n. 1, p. 1–16, 22 mar. 2004.
- BAUDET, L. M. L. Armazenamento de sementes. In: **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas, RS: Ed. Universitária – UFPel, 2003. p. 370-418.
- BEN HALIMA, N. Poly(vinyl alcohol): review of its promising applications and insights into biodegradation. **RSC Advances**, v. 6, n. 46, p. 39823–39832, 2016.
- BENDOR, T. et al. Estimating the Size and Impact of the Ecological Restoration Economy. **PLOS ONE**, v. 10, n. 6, p. e0128339, 17 jun. 2015.
- BEWLEY, J. .; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 3. ed. New York and London: Plenum Press, 1994.

- BOONSUK, P. et al. Modified cassava starch/poly(vinyl alcohol) blend films plasticized by glycerol: Structure and properties. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 137, n. 26, 10 jul. 2020.
- BORGES, S. et al. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Florestalis**, v. 37, n. 84, p. 475–481, 2009.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento., 2009.
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Brasília, DF: Diário Oficial da União - Seção 1, p.1, 2012.
- BROWN, V. S. et al. A global review of seed enhancement technology use to inform improved applications in restoration. **Science of The Total Environment**, v. 798, p. 149096, dez. 2021.
- BUITINK, J. et al. The effects of moisture and temperature on the ageing kinetics of pollen: interpretation based on cytoplasmic mobility. **Plant, Cell & Environment**, v. 23, n. 9, p. 967–974, 25 set. 2000.
- CALVI, G. P.; FERRAZ, I. D. K. Levantamento das espécies florestais de interesse econômico e o cenário da produção de sementes e mudas na Amazônia Ocidental. **Informativo ABRATES**, v. 24, p. 24–75, 2014.
- CARVALHO, C. A. et al. Teste de envelhecimento acelerado para analisar o vigor de sementes de orelhinha de macaco (*Enterolobium schomburgkii* Benth). **Revista Thema**, v. 17, n. 2, p. 346–353, 30 jun. 2020a.
- CARVALHO, C. A. DE et al. Sementes de orelhinha de macaco (*Enterolobium schomburgkii* Benth) submetidas ao teste de condutividade elétrica. **SCIENTIA NATURALIS**, v. 2, n. 1, p. 33–37, 2020b.
- CARVALHO, L. R. DE; SILVA, E. A. A. DA; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 15–25, 2006.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. 1. ed. Brasília, DF.: EMBRAPA, 1994.
- CAZÓN, P.; VÁZQUEZ, M.; VELAZQUEZ, G. Cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol composite films for food packaging: Evaluation of water adsorption, mechanical properties, light-barrier properties and transparency. **Carbohydrate Polymers**, v. 195, p. 432–443, set. 2018.
- CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; VÁZQUEZ, M. Novel composite films from regenerated cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol: Mechanical and barrier properties. **Food Hydrocolloids**, v. 89, p. 481–491, abr. 2019.
- CHANDRIKA, K. S. V. P.; PRASAD, R. D.; GODBOLE, V. Development of chitosan-PEG blended films using *Trichoderma*: Enhancement of antimicrobial activity and seed quality. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 126, p. 282–290, abr. 2019.
- CONDÉ, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 3, p. 14, 2013.
- COSTA, C. J. Conservação de Sementes. **Armazenamento e conservação de sementes do Cerrado**, p. 265, 2009.

- COSTA, C. J. **Deterioração e armazenamento de sementes de hortaliças**. 1. ed. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2012.
- COUPLAND, J. N. et al. Modeling the effect of glycerol on the moisture sorption behavior of whey protein edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 43, n. 1, p. 25–30, jan. 2000.
- COUTO, S. M. et al. MASSA ESPECÍFICA APARENTE E REAL E POROSIDADE DE GRÃOS DE CAFÉ EM FUNÇÃO DO TEOR DE UMIDADE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 61–68, abr. 1999.
- CROSS, A. T.; PEDRINI, S.; DIXON, K. W. Foreword: International Standards for Native Seeds in Ecological Restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, n. S3, 18 ago. 2020.
- DA COSTA JÚNIOR, J. R. et al. FORMA E TAMANHO DE SEMENTES DE DUAS VARIEDADES DE ABÓBORAS DURANTE A SECAGEM. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 01–08, 17 fev. 2021.
- DALANHOL, S. J. et al. Teste de Condutividade Elétrica em Sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 69–77, 2014.
- DAMASCENO, R. et al. Rhizobia survival in seeds coated with polyvinyl alcohol (PVA) electrospun nanofibres. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 59, n. 11, p. 716–719, nov. 2013.
- DE GREGORIO, P. R. et al. Beneficial rhizobacteria immobilized in nanofibers for potential application as soybean seed bioinoculants. **PLOS ONE**, v. 12, n. 5, p. e0176930, 4 maio 2017.
- DELAZERI, P.; GARLET, J.; SOUZA, G. F. Teste de Condutividade Elétrica em Lotes de Sementes de *Schinus molle* L. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 413–417, 24 maio 2016.
- DELOUCHE, J. C. et al. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. **Seed Sci. & Technol.**, v. 1, p. 671–700, 1973.
- DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Sci. & Technol.**, v. 1, p. 427–452, 1973.
- DEMERLIS, C. ; SCHONEKER, D. . Review of the oral toxicity of polyvinyl alcohol (PVA). **Food and Chemical Toxicology**, v. 41, n. 3, p. 319–326, mar. 2003.
- DOMEVSCI, M. et al. Large-scale assessment of artificially coated seeds for forest regeneration across Sweden. **New Forests**, 10 maio 2022.
- DONKIN, S. S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. spe, p. 280–286, jul. 2008.
- FARIA, F. DE O.; VERCELHEZE, A. E. S.; MALI, S. Propriedades físicas de filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca, álcool polivinílico e montmorilonita. **Quím. Nova**, v. 35, n. 3, p. 6, 2012.
- FERNANDES, J. M. **Leguminosas Neotropicais - As espécies dos gêneros *Enterolobium*, *Leucochloron* sensu lato e *Robrichia***. 1. ed. Ponta Grossa - PR: Editora Atena, 2023.
- FERREIRA, R. A. et al. ireta com espécies arbóreas...SEMEADURA DIRETA COM ESPÉCIES ARBÓREAS PARA RECUPERAÇÃO DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS. **Cerne**, v. 13, n. 3, p. 271–279, 2007.
- FERREIRA, R. A. et al. Semeadura direta com espécies florestais na implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 81, p. 37–46, 2009.
- FILHO, E. M. C.; SARTORELLI, P. A. R. **Guia de Indentificação de espécies-chave para a restauração florestal na região de Alto Teles Pires- Mato Grosso**. 1. ed. São Paulo: The Nature Conservancy, 2016.

- FRANCO, D. F. et al. **Armazenamento de Sementes**. Pelotas, RS: [s.n.].
- FREITAS, M. G. et al. Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration over ten years. **Forest Ecology and Management**, v. 438, p. 224–232, abr. 2019.
- GARCIA, L. C.; NOGUEIRA, A. C.; ABREU, D. C. A. Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan – Mimosaceae. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 85–90, 30 mar. 2005.
- GIMÉNEZ-SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N. . Recobrimento de sementes de hortaliças. In: **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília: **Embrapa Hortaliças**. [s.l: s.n.]. p. 275–306.
- GOHARI, N. R. et al. The application of hydrophilic polyvinyl alcohol coatings filled with different loadings of zinc oxide nanoparticles to mitigate salinity stress of the wheat seeds. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 140, n. 19, 15 maio 2023.
- GOLDFARB, M.; QUEIROGA, V. DE P. Considerações sobre o armazenamento de sementes. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, v. 7, n. 3, p. 71–74, 2013.
- GOMES JÚNIOR, D.; LOPES, J. C. TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAR O POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE CANUDO-DE-PITO. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1105–1115, 11 dez. 2017.
- GONELI, A. L. D. et al. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, 2 mar. 2011.
- GONZALES, J. L. S.; PAULA, R. C. DE; VALERI, S. V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) burkart. fabaceae-mimosoideae. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 625–634, ago. 2009.
- GUEDES, M. A. et al. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE GRÃOS DE SOJA UTILIZANDO-SE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 3, p. 279–294, 30 set. 2011a.
- GUEDES, R. et al. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 443–450, 12 jul. 2011b.
- GUOLLO, K. et al. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES FLORESTAIS ATRAVÉS DO TESTE DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA. **Colloquium Agrariae**, v. 13, n. 1, p. 86–92, 27 abr. 2017.
- HAEHNEL, W.; HERRMANN, W. . **German Patent** ., 1924.
- HALMER, P. SEED TECHNOLOGY AND SEED ENHANCEMENT. **Acta Horticulturae**, n. 771, p. 17–26, jul. 2008.
- HARRINGTON, J. . Seed storage and longevity. In: **Seed Biology**. 3. ed. New York: New York: Academic Press, 1972. p. 119–152.
- HASSAN, C. M.; PEPPAS, N. A. Structure and Applications of Poly(vinyl alcohol) Hydrogels Produced by Conventional Crosslinking or by Freezing/Thawing Methods. In: **Biopolymers · PVA Hydrogels, Anionic Polymerisation Nanocomposites**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2000. p. 37–65.
- HAZRA, D. K.; PATANJALI, P. K. Seed Coating Formulation Technologies: An Environmental Biology Friendly Approaches for Sustainable Agriculture. **Bioscience Methods**, 2016.
- HORING, R. .; MOJENA, P. .; PELISSARI, F. **Qualidade fisiológica de sementes e estudos morfológicos de plântulas de *Enterolobium shomburgkii* (Benth.)**. Anais 4o Congresso Florestal Paranaense. **Anais...Curitiba - PR**: 2012.

- HOWARD, P. Visualizing Consolidation in the Global Seed Industry: 1996–2008. **Sustainability**, v. 1, n. 4, p. 1266–1287, 8 dez. 2009.
- HU, J.; GUAN, Y. The Application of High Polymer Materials in the Aspects of Seed Technology. In: **Polymer Gels**. [s.l: s.n.]. p. 55–69.
- HUSSAIN, Z. et al. Electrospun Microbial-Encapsulated Composite-Based Plasticized Seed Coat for Rhizosphere Stabilization and Sustainable Production of Canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 18, p. 5085–5095, 8 maio 2019.
- INPE. **Estimativa de desmatamento na Amazônia Legal para 2023 é de 9.001 km²**. São José dos Campos - SP: [s.n.].
- IPEA. **Diagnóstico da Produção de Mudas Florestais Nativas no Brasil**. Brasília, DF.: IPEA, 2015.
- ISTA. Germination. In: **International Rules for Seed Testing**. Bassersdorf: ISTA, 2004. p. p.5.1-5.5; 5A.1-5A.50.
- JACOB, S. R. et al. Hydrophilic polymer film coat as a micro-container of individual seed facilitates safe storage of tomato seeds. **Scientia Horticulturae**, v. 204, p. 116–122, jun. 2016.
- JAIN, N.; SINGH, V. K.; CHAUHAN, S. A review on mechanical and water absorption properties of polyvinyl alcohol based composites/films. **Journal of the Mechanical Behavior of Materials**, v. 26, n. 5–6, p. 213–222, 20 dez. 2017.
- JESUS, F. F. DE et al. PROPRIEDADES FÍSICAS DE SEMENTES DE FEIJÃO EM FUNÇÃO DE TEORES DE ÁGUA. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA - REVENG**, v. 21, n. 1, p. 09–18, 1 mar. 2013.
- JUNIOR, J. C. B. et al. Physiological quality of soybeans seeds treated with fungicide and coating with polymers. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 269–273, 2012.
- KAHVAND, F.; FASIHI, M. Plasticizing and anti-plasticizing effects of polyvinyl alcohol in blend with thermoplastic starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 140, p. 775–781, nov. 2019.
- KARLSSON, M.; NILSSON, U. The effects of scarification and shelterwood treatments on naturally regenerated seedlings in southern Sweden. **Forest Ecology and Management**, v. 205, n. 1–3, p. 183–197, fev. 2005.
- KAWAI, F.; HU, X. Biochemistry of microbial polyvinyl alcohol degradation. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 84, n. 2, p. 227–237, 10 ago. 2009.
- KIMMELSHUE, C.; GOGGI, A. S.; CADEMARTIRI, R. The use of biological seed coatings based on bacteriophages and polymers against *Clavibacter michiganensis* subsp. *nebraskensis* in maize seeds. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 17950, 29 nov. 2019.
- KUNKUR, V. et al. Effect of seed coating with polymer, fungicide and insecticide on seed quality in cotton during storage. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 20, n. 1, p. p.137-139, 2007.
- LATHA, M. et al. Polyvinyl alcohol (PVA) nanofibre matrix encapsulated with tebuconazole fungicide: a smart delivery system against dry root rot disease of black gram. **Polymer Bulletin**, 12 out. 2022.
- LI, J. et al. Comparative study on the blends of PBS/thermoplastic starch prepared from waxy and normal corn starches. **Starch - Stärke**, v. 65, n. 9–10, p. 831–839, 13 set. 2013.
- LIM, L. Y.; WAN, L. S. C. The Effect of Plasticizers on the Properties of Polyvinyl Alcohol Films. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, v. 20, n. 6, p. 1007–1020, 20 jan. 1994.

- LIMA, M. DE J. et al. Classification of seed storage behaviour of 67 Amazonian tree species. **Seed Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 363–392, 1 dez. 2014.
- LIN, D. et al. Physico-mechanical and structural characteristics of starch/polyvinyl alcohol/nano-titanium photocatalytic antimicrobial composite films. **LWT**, v. 96, p. 704–712, out. 2018.
- LINHARES, A. C. C.; VASCONCELOS, R. G.; ALVES, S. R. M. Methods to overcome dormancy of seeds of *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. **Agropecuária Técnica**, v. 41, n. 1–2, p. 36–40, 6 ago. 2020.
- LIRA, L. P. DE. **AGRUPAMENTO ECOLÓGICO E FUNCIONAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA AMAZÔNIA CENTRAL**. [s.l.] Universidade Federal do Amazonas, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. [s.l.] Nova Odessa : Editora Plantarum, 2002.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras - Vol. 2. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: [s.n.].
- MA, Y. Seed coating with beneficial microorganisms for precision agriculture. **Biotechnology Advances**, v. 37, n. 7, p. 107423, nov. 2019.
- MADSEN, M. D. et al. Agglomerating seeds to enhance native seedling emergence and growth. **Journal of Applied Ecology**, v. 49, n. 2, p. 431–438, 14 abr. 2012.
- MAGUIRE, J. D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor¹. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176–177, mar. 1962.
- MALI, S. et al. Polyvinyl alcohol films with different degrees of hydrolysis and polymerization. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 40, n. 2, p. 169, 18 dez. 2019.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.
- MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2016.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1. ed. Londrina, PR: ABRATES, 2015.
- MARQUES, M. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* Fr. Allem. (Jacarandá-da bahia)**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2001.
- MEDEIROS, A. C. DE S. **Armazenamento de Sementes de Espécies Florestais Nativas. Documentos 66** Colombo, PREmbrapa Florestas, , 2001.
- MINUZZI, A. et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 176–185, 2010.
- MMA. **Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativ**. Brasília, DF: [s.n.].
- MOHANRAJ, J.; SUBRAMANIAN K.S; SHARMILA, C. R. Enhancing Multinutrients Delivery and Seed Coating with Biodegradable Based Electrospun Nanofibre. **Madras Agricultural Journal**, v. 109, n. March, 2022.
- MOHSIN, M.; HOSSIN, A.; HAIK, Y. Thermal and mechanical properties of poly(vinyl alcohol) plasticized with glycerol. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 122, n. 5, p. 3102–3109, 5 dez. 2011.
- MOJENA, P. A.; CHORMIAK, D. I. G.; MIRANDA, Y. Harvest season and physiological quality of *Enterolobium schomburgkii* seeds. Benth. **Scientific Electronic Archives**, v. 9, n. 4, p.

20–25, 2016.

MONTANHIM, G. C. et al. Uso de biomassa de algas para a peletização de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 867–877, out. 2014.

MORAES, C. E. et al. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A. DC EM FUNÇÃO DO TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO¹. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 213–223, 31 mar. 2016.

MORAIS, T. DE C. **Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de girassol submetidas ao estresse hídrico e à deterioração**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2015.

MOREIRA DA SILVA, A. P. et al. Can current native tree seedling production and infrastructure meet an increasing forest restoration demand in Brazil? **Restoration Ecology**, v. 25, n. 4, p. 509–515, jul. 2017.

MORIM, M. P.; MESQUITA, A. L.; BONADEU, F. **Enterolobium in Flora e Funga do Brasil**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB22964>>. Acesso em: 22 dez. 2023.

MOTA, D. A.; ARAÚJO, K. V. DE; DOBBSS, L. B. ESCARIFICAÇÃO ÁCIDA NA SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA DE *Enterolobium schomburgkii*. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 4, n. 2, p. 16–23, 10 maio 2019.

MUKIRI, C. et al. Immobilization of beneficial microbe *Methylobacterium aminovorans* in electrospun nanofibre as potential seed coatings for improving germination and growth of groundnut *Arachis hypogaea*. **Plant Growth Regulation**, v. 97, n. 2, p. 419–427, 4 jun. 2022.

MÜLLER, C. M. O.; YAMASHITA, F.; LAURINDO, J. B. Evaluation of the effects of glycerol and sorbitol concentration and water activity on the water barrier properties of cassava starch films through a solubility approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 72, n. 1, p. 82–87, abr. 2008.

MURTHY, U. M. N.; KUMAR, P. P.; SUN, W. Q. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 384, p. 1057–1067, 1 mar. 2003.

NASCIMENTO, W. et al. Germinação de sementes de cenoura osmoticamente condicionadas e peletizadas com diversos ingredientes. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 012–016, 2009.

NEVILL, P. G.; CROSS, A. T.; DIXON, K. W. Ethical seed sourcing is a key issue in meeting global restoration targets. **Current Biology**, v. 28, n. 24, p. R1378–R1379, dez. 2018.

NOGUEIRA, W. L. P.; FERREIRA, M. J.; MARTINS, N. O. DE A. Estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 4, p. 365–371, 2015.

NUNES, S. et al. Challenges and opportunities for large-scale reforestation in the Eastern Amazon using native species. **Forest Ecology and Management**, v. 466, p. 118120, jun. 2020.

OLIVEIRA, D. E. C.; SANTOS, M. N. S.; RUFATTO, S. Forma e Tamanho dos Grãos de Milho da Cultivar P3646 Submetidos a Diferentes Condições de Ar de Secagem. **Nativa**, v. 2, n. 3, p. 162–165, 28 set. 2014.

OLIVEIRA, A. F. DE et al. Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1845–1849, 2009.

OLIVEIRA, R. DE; VIEIRA, G. **Viabilidade Da Utilização De Sementes Peletizadas Em Projetos De Restauração Ecológica**. Anais do III Workshop da Rede Ct-Petro. **Anais...** Manaus: 2010.

PARK, H.-R. et al. Properties of Starch/PVA Blend Films Containing Citric Acid as Additive. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 13, n. 4, p. 375–382, out. 2005.

PEDRINI, S. et al. Seed Coating: Science or Marketing Spin? **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 2, p. 106–116, fev. 2017.

PEDRINI, S. **Seed enhancement research for improving ecological restoration**. [s.l.] Curtin University, dez. 2018.

PEDRINI, S. et al. Seed enhancement: getting seeds restoration-ready. **Restoration Ecology**, v. 28, n. S3, 13 ago. 2020.

PEDRINI, S.; DIXON, K. W. International principles and standards for native seeds in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, n. S3, 20 ago. 2020.

PEREIRA, C. E. et al. Tratamento fungicida e peliculização de sementes de soja submetidas ao armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 158–164, fev. 2011.

PETRY, J. M. et al. Plasticizer concentration effect on films and coatings based on poly(vinyl alcohol) and cationic starch blends. **Food Chemistry**, v. 438, p. 137977, abr. 2024.

PILAR-IZQUIERDO, M. C. et al. Barley seed coating with free and immobilized alkaline phosphatase to improve P uptake and plant growth. **The Journal of Agricultural Science**, v. 150, n. 6, p. 691–701, 2012.

PINHO, D. S.; LIMA E BORGES, E. E. DE; PONTES, C. A. Avaliação da viabilidade e vigor de sementes de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. submetidas ao envelhecimento acelerado e ao osmocondicionamento. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 425–434, jun. 2010.

PIRZADA, T. et al. Recent advances in biodegradable matrices for active ingredient release in crop protection: Towards attaining sustainability in agriculture. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v. 48, p. 121–136, ago. 2020.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 3. ed. Brasília, DF.: Ministério da Agricultura, 2023.

POZITANO, M. **Conservação da viabilidade de sementes de *Senna macranthera* por meio de recobrimento**. [s.l.] UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, UNICAMP, 2011.

PRAGATHI, G. et al. Methylorubrum aminovorans infused Chitosan/PVA composite nanofibre seed coating to improve germination and seedling vigour in cotton. **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 7, 2022.

QIN, Y. et al. Comparison of the physical and functional properties of starch/polyvinyl alcohol films containing anthocyanins and/or betacyanins. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 163, p. 898–909, nov. 2020.

QIU et al. Biostimulant Seed Coating Treatments to Improve Cover Crop Germination and Seedling Growth. **Agronomy**, v. 10, n. 2, p. 154, 22 jan. 2020.

RAJA, K. et al. Electrospun polyvinyl alcohol (PVA) nanofibers as carriers for hormones (IAA and GA3) delivery in seed invigoration for enhancing germination and seedling vigor of agricultural crops (groundnut and black gram). **Polymer Bulletin**, v. 78, n. 11, p. 6429–6440, 24 nov. 2021.

RAMOS, M. B. P.; FERRAZ, I. D. K. Estudos morfológicos de frutos, sementes e plântulas de *Enterolobium schomburgkii* Benth. (Leguminosae-Mimosoideae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 2, p. 227–235, jun. 2008.

RAUPP, P. P. et al. Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration. **Ecological Engineering**, v. 148, p. 105788, abr. 2020.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, 1973.

RODRIGUES, S. B. et al. Direct seeded and colonizing species guarantee successful early restoration of South Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 451, p. 117559, nov. 2019.

SAKAI, K.; HAMADA, N.; WATANABE, Y. Degradation Mechanism of Poly(vinyl alcohol) by Successive Reactions of Secondary Alcohol Oxidase and β -Diketone Hydrolase from *Pseudomonas* sp. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 989–996, 9 abr. 1986.

SALOMÃO, R. P.; JÚNIOR, S. B.; ROSA, N. A. DINÂMICA DE REFLORESTAMENTO EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO APÓS MINERAÇÃO EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NA AMAZÔNIA. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 24, 2014.

SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; BRIENZA JÚNIOR, S. Seleção de espécies da floresta ombrófila densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 139–151, 27 mar. 2013.

SALVIANO, M. **Em reunião com Lula, premiê do Reino Unido anuncia R\$ 500 milhões para o Fundo Amazônia**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/politica/noticia/2023/05/05/em-reuniao-com-lula-primeiro-ministro-do-reino-unido-fala-em-doar-r-500-milhoes-para-o-fundo-amazonia.ghtml>>. Acesso em: 19 maio. 2023.

SANTOS, S. R. G. DOS. Peletização de Sementes Florestais no Brasil: Uma Atualização. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 286–294, 22 jan. 2016.

SANTOS, S. R. G. DOS; PAULA, R. C. DE. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs - Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 136–145, dez. 2005.

SANTOS, S. R. G. DOS; PAULA, R. C. DE. TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE LOTES DE SEMENTES DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs (BRANQUILHO) – EUPHORBIACEAE. **Rev. Inst. Flor**, v. 19, n. 1, p. 1–12, 2007.

SANTOS, F. C. et al. Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Bracharia brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 69–78, set. 2010.

SANTOS JÚNIOR, N. **Estabelecimento inicial de espécies florestais nativas em sistemas de semeadura direta**. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, 2000.

SANTOS, M. M.; ATAÍDE, G. DA M.; PIRES, R. M. Qualidade fisiológica de sementes de garapa (*Apuleia leiocarpa*) submetidas ao envelhecimento acelerado. **Biotemas**, v. 32, n. 4, p. 11,17, 2019.

SANTOS, P. L. et al. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 237–245, abr. 2012.

SAUTU, A. et al. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 1–3, p. 245–263, out. 2006.

SCALON, S. DE P. Q. et al. Armazenamento, germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 107–112, 2005.

SCHUCH, L. O. B. ; NEDEL, J. .; ASSIS, F. . Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n. 1, p. p.229-234, 1999.

- SENAR. **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café**. Brasília, DF.: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural., 2018.
- SEO, M. et al. Interaction of light and hormone signals in germinating seeds. **Plant Molecular Biology**, v. 69, n. 4, p. 463–472, 25 mar. 2009.
- SER. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. SER and Tucson: Society for Ecological Restoration International., 2010. Disponível em: <<https://www.ser.org/>>
- SHIMAO, M. et al. Properties and Roles of Bacterial Symbionts of Polyvinyl Alcohol-Utilizing Mixed Cultures. **Appl. Environ. Microbiol.**, v. 46, p. 605–610, 1983.
- SHIMAO, M. Biodegradation of plastics. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 12, n. 3, p. 242–247, jun. 2001.
- SILVA-CASTRO, I. et al. Application of Bioactive Coatings Based on Chitosan and Propolis for Pinus spp. Protection against Fusarium circinatum. **Forests**, v. 9, n. 11, p. 685, 2 nov. 2018.
- SILVA, A. M. P. et al. Soybean (Glycine max L.) seed quality treated with timbó (Magonia pubescens A.St.-Hil) seed coat. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 87, 2020.
- SILVA, G. R. DA. **Produção, Tecnologia e Armazenamento de Sementes**. 1. ed. Londrina, PR: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2019.
- SILVA, R. M. DA et al. Performance of coated Peanuts seeds during storage. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 19, n. 2, 2018.
- SILVA, J. B. C. **Avaliação de métodos e materiais para a peletização de sementes**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008.
- SOARES-FILHO, B. S. **Impacto da revisão do código florestal: como viabilizar o grande desafio adiante?** Belo HorizonteSecretaria de Assuntos Estratégicos, 2014. Disponível em: <https://site-antigo.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/nsa/arquivos/artigo-codigo-florestal_britaldo_soares_sae_2013pdf.pdf>
- SONJAN, S. et al. Biodegradable Hydrophilic Film of Crosslinked PVA/Silk Sericin for Seed Coating: The Effect of Crosslinker Loading and Polymer Concentration. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 29, n. 1, p. 323–334, 16 jan. 2021.
- SOUZA, S. G. A. DE; VARELA, V. P. Tratamentos pré-germinativos em sementes de Faveira-orelha-de-macaco (Enterolobium schomburgkii Benth). **Acta Amazonica**, v. 19, p. 19–26, 1989.
- SPREY, L. M.; FERREIRA, S. A. DO N.; SPREY, M. M. Physiological quality of pelleted Cubiu (Solanum sessiliflorum Dunal) seeds. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 1, 2019.
- SU, J.-F. et al. Moisture sorption and water vapor permeability of soy protein isolate/poly(vinyl alcohol)/glycerol blend films. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 2, p. 266–276, mar. 2010.
- SUN, H. et al. Biomaterials Technology for AgroFood Resilience. **Advanced Functional Materials**, 2022.
- SUNG, J. M.; CHIU, K. Y. Hydration effect on seedling emergence strength of watermelon seeds differing in ploidy. **Plant Science**, v. 110, n. 1, p. 6, 1995.
- TAN, H. W.; ABDUL AZIZ, A. R.; AROUA, M. K. Glycerol production and its applications as a raw material: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 118–127, nov. 2013.
- TAYLOR, A. G. Seed storage, germination, quality, and enhancements. In: **The physiology of vegetable crops**. UK: CABI, 2020. p. 1–30.

- TAYLOR, A. G.; ECKENRODE, C. J.; STRAUB, R. W. Seed Coating Technologies and Treatments for Onion: Challenges and Progress. **HortScience**, v. 36, n. 2, p. 199–205, abr. 2001.
- TORRES, M. F. O. et al. Seed Longevity of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.
- TORTELLA, T. **Entenda o que é o Fundo Amazônia e suas atribuições**. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/entenda-o-que-e-o-fundo-amazonia-e-suas-atribuicoes/>>. Acesso em: 19 maio. 2023.
- TU, L. et al. Preparation of Microencapsulated *Bacillus subtilis* SL-13 Seed Coating Agents and Their Effects on the Growth of Cotton Seedlings. **BioMed Research International**, v. 2016, p. 1–7, 2016.
- VAZQUEZ, G. H. et al. Influência do tamanho e da forma da semente de milho sobre o desenvolvimento da planta e a produtividade de grãos. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 16–24, 2011.
- VERCELHEZE, A. E. S. et al. Development of biodegradable coatings for maize seeds and their application for *Azospirillum brasilense* immobilization. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 103, n. 5, p. 2193–2203, 26 mar. 2019.
- VERSLUES, P. E. et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, n. 4, p. 523–539, 26 fev. 2006.
- VIEIRA, R. .; KRZYZANOWSKI, F. . Teste de condutividade elétrica. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 1. ed. Brasília, DF.: ABRATES, 1999. p. 1–26.
- VOLTARELLI, M. A.; PAIXÃO, C. S.; ANGELO, E. P. NOÇÕES BÁSICAS PARA PROJETOS DE MECANISMO DOSADORES DE SEMENTES. In: **NOVAS TECNOLOGIAS DA ENGENHARIA PARA APROVEITAMENTO DO AMENDOIM**. Jaboticabal, SP: Associação Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de Jaboticabal (AREA), 2019. p. 67.
- WANG, S. et al. Properties of polyvinyl alcohol/xylan composite films with citric acid. **Carbohydrate Polymers**, v. 103, p. 94–99, mar. 2014.
- WILLIAMS, M. I. et al. Can biochar be used as a seed coating to improve native plant germination and growth in arid conditions? **Journal of Arid Environments**, v. 125, p. 8–15, fev. 2016.
- XIAN-CAI, J. et al. Melt Processing of PVA with Magnesium Chloride and Polyethylene Glycol as the Complex Plasticizer. **Chem. J. Chinese Universities**, v. 34, n. 10, 2013.
- YOON, S.-D. Cross-Linked Potato Starch-Based Blend Films Using Ascorbic Acid as a Plasticizer. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 8, p. 1755–1764, 26 fev. 2014.
- ZENID, G. J. et al. **Madeira : uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009.
- ZHAI, X. et al. Novel colorimetric films based on starch/polyvinyl alcohol incorporated with roselle anthocyanins for fish freshness monitoring. **Food Hydrocolloids**, v. 69, p. 308–317, ago. 2017.