

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

MARIA VITORIA ROSA ADRIANO

SEMENTES DE *Copaifera langsdorffii*: AVALIAÇÃO INTEGRADA E
SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA EM DIFERENTES CONDIÇÕES

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2024

MARIA VITORIA ROSA ADRIANO

SEMENTES DE *Copaifera langsdorffii*: AVALIAÇÃO INTEGRADA E
SUPERACÃO DE DORMÊNCIA EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia Florestal do
Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias da Universidade Federal do
Espírito Santo, como requisito parcial
para obtenção do título de Engenheira
Florestal.

Orientadora: Dra. Cristiane Coelho de
Moura

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2024

MARIA VITORIA ROSA ADRIANO

Sementes de *Copaifera langsdorffii*: Avaliação integrada e superação
de dormência em diferentes condições

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 21 de junho de 2024

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof Dr.^a Cristiane Coelho de Moura
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Dr.^a Patrícia Borges Dias
Universidade Federal do Espírito Santo
Avaliadora

Dr.^o Júlio César Tannure Faria
Universidade Federal do Espírito Santo
Avaliador

“Você vai continuar subindo e subindo, e vai ver mais e mais. E cada passo vai revelar mundos que você nem sabia que existiam.”

Flores para Algernon, Daniel Keyes

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por tornar esta graduação possível, me dando forças durante toda a caminhada.

Agradeço a minha família de forma especial meus pais, Lúcia Maria Rosa Adriano e João Baptista Adriano, meu Irmão Anderson Rosa Adriano, e meus tios Genevaldo Adriano e Maria de Lourdes Sabino Rosa pelo suporte e incentivo em todos os momentos.

Aos amigos que fiz e que tornaram mais leve e divertida a graduação, são eles: Lorena V, Lorena B, Edu e Wander, que me acolheram e foram meu grupo de trabalho durante todo o curso, e minhas amigas Jessica, Barbara, Karol e Tati, muito obrigada por tudo, levarei vocês para toda a vida, foi um enorme prazer fazer parte deste grande grupo.

A minha turma 2019/1 com quem tive o prazer de ingressar nessa jornada, e a turma 2018/1 que mais que veteranos se tornaram amigos, muito obrigada.

Aos professores, de forma especial a minha querida orientadora, professora Cristiane Coelho de Moura, agradeço por todo carinho e atenção durante os meses de pesquisa e escrita deste trabalho de conclusão de curso.

Ao Otávio, supervisor de estágio no viveiro, muito obrigada por cada experiência compartilhada, agregou muito na minha formação

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

O interesse na análise da qualidade de sementes florestais nativas tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, impulsionado pelos esforços de reflorestamento, restauração de ambientes degradados e conservação de espécies. A seleção de indivíduos arbóreos de alta qualidade é fundamentada no entendimento sobre a viabilidade das sementes. Nesse contexto, torna-se imperativo avaliar diversos fatores para determinar a qualidade das sementes. O objetivo principal deste estudo foi realizar uma avaliação integrada da viabilidade das sementes de *Copaifera langsdorffii*. Para isso, empregaram-se cinco testes de viabilidade, sendo eles: curva de embebição, teste de umidade, condutividade elétrica, tetrazólio e envelhecimento acelerado, visando identificar a melhor estratégia para superar a dormência e promover uma germinação elevada e homogênea. Adicionalmente, avaliou-se a emergência das sementes em diferentes substratos (substrato comercial TerraNutri 100% e Bio sólido) e doses de giberelina (0, 500, 1000 e 2000 mg/L). Os resultados apontam que as sementes submetidas a superação de dormência pelo método de escarificação mecânica apresentam melhor desempenho em ambos os substratos estudados (papel germitest autoclavado e areia lavada e desinfestada) tendo uma média de porcentagem de germinação de 75% no substrato arenoso. Para a emergência os melhores resultados foram obtidos no substrato comercial sendo mais eficientes nas dosagens mais baixas de (0 e 500) de ácido giberélico.

Palavras-chave: Tecnologia de sementes florestais; viabilidade; silvicultura de Nativas.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	v
1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivos gerais.....	12
1.2 Objetivos específicos.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Espécie de estudo.....	13
2.1.1 Descrição taxonômica e ocorrência natural.....	13
2.1.2 Descrição botânica.....	14
2.1.3 Biologia reprodutiva e fenologia.....	15
2.1.4 Produção de mudas.....	15
2.2 Biometria e testes de viabilidade das sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i>	16
2.2.1 Biometria.....	16
2.2.2 Curva de embebição.....	17
2.2.3 Teste de umidade.....	18
2.2.4 Teste de condutividade elétrica.....	19
2.2.5 Teste de tetrazólio.....	20
2.2.6 Teste de envelhecimento acelerado.....	21
2.3 Germinação e quebras de dormência.....	21
2.4 Emergência e doses de giberelina.....	22
3 METODOLOGIA	23
3.1 Obtenção dos lotes de sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i>	23
3.2 Experimento 1 – Análise laboratorial sobre a biometria e testes de viabilidade das sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i>	23
3.3 Experimento 2: Avaliação da germinação em diferentes substratos de <i>Copaifera langsdorffii</i> submetidas a diferentes quebras de dormência.....	26

3.4 Experimento 3: Avaliação da emergência de <i>C. langsdorffii</i> submetidas a diferentes doses de giberelina em diferentes substratos comerciais e alternativos.....	27
4 RESULTADOS.....	30
4.1 Biometria.....	30
4.2 Curva de embebição.....	33
4.3 Teste de umidade.....	35
4.4 Teste de condutividade elétrica.....	36
4.5 Teste de tetrazólio.....	37
4.6 Teste de envelhecimento acelerado.....	39
4.7 Teste de germinação.....	41
4.8 Teste de emergência.....	44
5 CONCLUSÃO.....	49
6 REFERÊNCIAS.....	50

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Dados biométricos das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) coletadas em uma Floresta Estacional Semidecidual do domínio Atlântico no ano de 2021.....30
- Tabela 2 - Peso diário das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021, porcentagem de umidade e média em relação ao desvio padrão (DP) para cada repetição.....35
- Tabela 3 - Média dos valores de condutividade elétrica de sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021 por diferentes tempos de embebição.....37
- Tabela 4 - Dados médios do envelhecimento acelerado das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021, constando os tempos de 24, 48 e 72 horas, índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG), porcentagem de germinação em relação aos tempos estudados, e seus respectivos coeficientes de variação (CV).....40
- Tabela 5 - Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021 sobre os substratos avaliados.....41

Tabela 6 - Diferentes composições de substratos testados dentro de cada dosagem de ácido giberélico em sementes de *Copaiifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, obtendo a emergência (%), o índice de velocidade de emergência e o tempo médio de emergência.....45

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Biometria das sementes sendo: (A) Comprimento (B) largura (C) Espessura das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021.....32
- Figura 2 - Curva de embebição das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021.....33
- Figura 3 - Representação diagramática das sementes encontradas no teste de tetrazólio para a *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021.....38
- Figura 4 - Sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021, em diferentes períodos de germinação no substrato areia. (A) protusão radicular inicial aos 7 dias de experimento; (B e C) crescimento da raiz; (D) início do crescimento da parte aérea 18 dias após o início do experimento; (E) desenvolvimento da parte aérea; (F) crescimento final observado findados os 30 dias de teste. Sobre escala de 1cm.....43
- Figura 5 - Análise de regressão da emergência da *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, submetidas a diferentes tipos de substratos e concentração de ácido giberélico (mg/L).....46
- Figura 6 - Análise de regressão do índice de velocidade de emergência da *Copaifera*

langsdorffii (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, submetidas a diferentes tipos de substratos e concentração de ácido giberélico (mg/L).....47

Figura 7 - Análise de regressão do tempo médio de germinação da *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, para substrato biossólido a 50 e 80% de concentração de ácido giberélico (mg/L).....47

1. INTRODUÇÃO

A espécie arbórea *Copaifera langsdorffii* Desf., pertence à família Fabaceae e ocorre naturalmente nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (FLORA DO BRASIL, 2022). Popularmente conhecida como copaíba é uma árvore nativa do Brasil, decídua ou semidecídua, heliófita seletiva xerófila, ocorre tanto na mata primária como nas formações secundárias e pode atingir altura de 10-15m com copa globosa densa (LORENZI, 1992; COSTA, 2024).

A copaíba se destaca como espécie de múltiplos usos, na região fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual, sua madeira é utilizada para construção civil, carpintaria, movelaria, compensado, laminado, artesanato, cutelaria, moirões, lenha e carvão. As sementes apresentam compostos de xiloglucanos e fenólicos cumarínicos. O óleo é usado na indústria de cosméticos, química (plásticos, tintas e vernizes), farmacêutica (antisséptico, cicatrizante, tônico) (SOUZA; SOARES, 2013).

Em virtude das ações antrópicas intensas de exploração florestal para uso dos bens produzidos, bem como uso da terra, torna-se necessária e urgente a implementação de diversas práticas que visem a restauração de áreas degradadas, destacando-se o plantio de mudas de essências nativas advindas de sementes de boa qualidade (FERREIRA, 2021), uma vez que, a restauração, aliado à conservação de ecossistemas florestais representam benefício crucial para a preservação da biodiversidade e o fornecimento de serviços ecossistêmicos essenciais à humanidade.

A silvicultura de espécies nativas é projetada para contribuir com o reflorestamento, bem como com os objetivos das convenções sobre mudanças climáticas e biodiversidade (ROLIM, et al., 2020). No Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) constatou-se que todas as trajetórias que limitam o aquecimento a 1,5°C dependem da remoção de carbono em árvores e no solo. Em curto prazo, restaurar sumidouros naturais de carbono, como as florestas, é uma abordagem já disponível e de bom custo-benefício que, se implementada de forma adequada, pode oferecer uma ampla gama de resultados positivos às comunidades próximas (SCHUMER et al., 2022).

Portanto para que se promova a silvicultura de espécies nativas, são necessárias mais informações sobre aspectos como melhor origem e qualidade na colheita de sementes, produção de sementes e mudas (ROLIM, et al., 2020). Por meio de um esforço interinstitucional foi concebido um programa de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para silvicultura de espécies nativas plantadas que pretende oferecer soluções científicas e tecnológicas em produção de sementes e mudas, propagação e melhoramento florestal (PIOTTO, et al., 2023). Nesse sentido, a compreensão da adaptação das sementes florestais nativas às condições climáticas em mudança é fundamental para garantir a resiliência dos ecossistemas florestais (BARRETO, 2024).

Além disso, a viabilidade econômica desempenha um papel crucial na promoção da produção e do uso de sementes florestais nativas. A falta de incentivos econômicos muitas vezes limita a disponibilidade e o acesso a sementes nativas de qualidade, apesar do reconhecimento da importância dessas sementes para a conservação da biodiversidade e a restauração de ecossistemas degradados (RIBEIRO; RANAL, 2014). Portanto, é essencial desenvolver estratégias que garantam a rentabilidade da produção de sementes florestais, ao mesmo tempo em que promovem a conservação e o uso sustentável da diversidade genética. O conhecimento do potencial de germinação de sementes é de suma importância para produtores de mudas (TORRES et al. 2020).

Este trabalho visa contribuir para a obtenção de informações sobre a viabilidade, germinação e emergência das sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf., afim de obter sua melhor propagação, e a partir desse conhecimento diminuir as lacunas de pesquisas em silvicultura de espécies arbóreas nativas no Brasil.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Objetivo geral deste trabalho baseia-se em investigações silviculturais por meio da caracterização biométrica, e avaliações sobre a viabilidade, germinação, quebra de dormência de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. e sua emergência em diferentes substratos e doses de giberelina.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a secagem das sementes afim de avaliar a quantidade de água presente nas sementes, quando dispersas na natureza e inferir sobre a tolerância à dessecação;
- Realizar a biometria de 100 sementes, com auxílio de paquímetro digital para avaliar a intensidade de heterogeneidade em sua dispersão;
- Obter a curva de embebição, a fim de avaliar a quantidade de água absorvida pela semente em relação tempo de embebição;
- Realizar Teste de envelhecimento acelerado, nos períodos de 24, 48 e 72 horas para avaliar a capacidade germinativa das sementes pós estresse;
- Proceder o teste de condutividade elétrica nos períodos de 24, 48 e 72 horas para avaliar o vigor de amostras de sementes;
- Realizar o teste de tetrazólio em sementes para determinar a viabilidade a partir da coloração das sementes;
- Realizar o teste de germinação com diferentes métodos de superação de dormência, para a determinação do método mais eficaz;
- Avaliar a emergência das sementes em substrato comercial TerraNutri 100% e em bio sólido, com diferentes dosagens de giberelina nas concentrações de 0, 500, 1000 e 2000 mg/L, para a determinação do mais eficaz.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espécie de estudo

2.1.1 Descrição taxonômica e ocorrência natural

A espécie *Copaifera langsdorffii* Desf., de acordo com o Sistema de Classificação de Cronquist, a taxonomia obedece à seguinte hierarquia:

Divisão: Magnoliophyta (Angiospermae)

Classe: Magnoliopsida (Dicotyledonae)

Ordem: Fabales

Família: Fabaceae (FLORA DO BRASIL, 2022).

Esta espécie, dependendo da região onde se encontra, apresenta diferentes nomes vulgares, sendo eles: bálsamo; caobi; capaíba; capaúba, em Mato Grosso do Sul; copaíba, em Minas Gerais; copai, copaúba, no Estado de São Paulo; copaíba-preta; copaíba-da-várzea; copaíba-vermelha, na Bahia e em Minas Gerais; copaibeira; copaibeira-de-minas; copaúva; cupaúva; cupiúva; oleiro; óleo, no Espírito Santo e nos Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo; pau-óleo, na Bahia, no Ceará, no Distrito Federal, em Goiás, em Mato Grosso, em Mato Grosso do Sul, em Minas Gerais, em Pernambuco, no Piauí, no Paraná e no Estado de São Paulo; pau-d'óia, no Ceará; pau-óleo-de-copaíba; pau-óleo-do-sertão, na Bahia; e podoi. (CARVALHO, 2014).

Em outros países, como no México, a espécie *C. langsdorffii* tem como nome popular copaibo, na Bolívia; cupay, na Argentina, e kupay, no Paraguai (CARVALHO, 2014).

Segundo Carvalho (2014) a ocorrência desta espécie está entre as latitudes: 2° 32' S no Maranhão a 24°50' S no Paraná. Variação altitudinal de 15 m, no Rio Grande do Norte a 1.600 m de altitude, em Minas Gerais.

Distribuição geográfica ocorre no Norte (Rondônia, Tocantins), Nordeste (Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e no Sul (Paraná, Rio Grande do Sul) (COSTA, 2024).

Estando assim presentes em diferentes domínios fitogeográficos e com diferentes fitofisionomias sendo eles: Amazônia, em Floresta Estacional Semidecidual, Floresta

Ombrófila (Floresta Pluvial), Floresta de Terra Firme e Floresta Ciliar ou Galeria, na Caatinga com a ocorrência de Campo Rupestre, no Cerrado se encontra Campo Rupestre, Cerrado (lato sensu) e Floresta Ciliar ou Galeria e na Mata Atlântica com Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila e Floresta Ciliar ou Galeria (COSTA, 2024).

2.1.2 Descrição botânica

A *Copaifera langsdorffii* é uma árvore decídua ou semidecídua, a depender do local de ocorrência, heliófila seletiva xerófita, características das formações de transição do Cerrado para a Floresta Estacional Semidecidual. Sua copa é ampla, porém com pouca folhagem, sendo difícil de ser confundida no meio natural por conta do tom de vermelho que atinge na primavera. Com 5 a 15 m de altura e 20 a 60 cm de DAP, podendo atingir 35 m de altura e 100 cm de DAP, na idade adulta, na floresta pluvial. No Cerrado e na Caatinga, apresenta porte menor, 1,80 a 10 m de altura, e nos campos rupestres, em Minas Gerais, tem porte arbustivo com 1,20 m de altura (CARVALHO, 2014; LORENZI, 1992).

Apresenta-se como características dendrológica, as folhas compostas, paripinadas, alternas, espiraladas, com 4 a 12 folíolos alternos ou opostos, elípticos ou oblongos com até 8cm de comprimento e 4 cm de largura, ápices obtusos, arredondados ou assimétricos. Na brotação, os folíolos apresentam coloração de rósea a violácea (CAMILO, 2016).

As flores são sésseis, sépalas com 4 a 5 x 2,2 a 4 mm, face externa glabra ou pubescente, face interna tomentosa, hirsuta ou glabra; estames 10, filetes com 7 a 9 mm de comprimento, anteras com 1,1 a 2,1 mm de comprimento, ovário orbicular, com 1,7 a 2 x 1,7 a 2 mm, margem glabra a pubescente, estilete com 2,8 a 5 mm de comprimento (NASCIMENTO, 2010), de coloração branca a amarelada.

O fruto é uma vagem avermelhada curta pedunculada, articular, oblíqua, comprida, aguda, carnosa, bivalves com até 25 mm de comprimento, contendo uma semente ovóide com ala em forma de saco e quase completamente coberta pelo arilo (ROSA, 2009).

As sementes de copaíba medem de 10 a 19 mm de comprimento por 7 a 10 mm de diâmetro, são classificadas de comportamento ortodoxas e podem ser conservadas a longo prazo (CARVALHO, 2014).

2.1.3 Biologia reprodutiva e fenologia

A *Copaifera langsdorffii* apresenta sistema sexual planta hermafrodita, sistema reprodutivo de acordo com as estimativas dos parâmetros do sistema de reprodução, a floração é entre os meses de outubro a abril, no Estado de São Paulo; de novembro a março, em Minas Gerais; de dezembro a janeiro, em Goiás e no Distrito Federal; de janeiro a março, no Paraná; de março a abril, no Estado do Rio de Janeiro e de junho a julho, no Ceará e em Pernambuco (CARVALHO, 2014).

Segundo Durigan et al. (1997) o processo reprodutivo inicia entre 20 e 30 anos. A dispersão de frutos e sementes é realizada por zoocoria. As aves e os macacos muriqui e macaco-prego são importantes dispersores das sementes dessa espécie, engolindo o arilo e regurgitando a semente.

2.1.4 Produção de mudas

A copaíba, por ser uma espécie nativa do Cerrado brasileiro onde os solos se caracterizam pela elevada intemperização e altos teores de Al^{+3} e H^{+} , demonstrou que o tratamento constituído apenas de solo foi mais adequado para a fase de crescimento inicial das mudas. Entretanto, quando se avalia a extração de solo para uso como substrato é importante avaliar sua disponibilidade e uso racional deste recurso (JEROMINI et al., 2017).

De modo geral, a *Copaifera langsdorffii*, na sua fase inicial de desenvolvimento, é bastante exigente em relação ao requerimento nutricional. Os macronutrientes, N, P e K foram os que mais limitaram o desenvolvimento da espécie estudada. Com relação aos micronutrientes todos foram limitantes, porém as plantas foram mais afetadas na ausência de Fe, Zn e Mn, respectivamente (HOFFIMAN et al., 2019).

Em viveiro o melhor desenvolvimento de mudas de copaíba, 270 dias após o transplante, avaliado por meio do comprimento da parte aérea e diâmetro do colo foi

obtido com o uso de recipientes de tamanhos médios (17 x 22 cm) e grandes (19,5 x 33 cm) (QUEIROZ, 2001).

Segundo Lopes et al. (2013), em um estudo de comparação do crescimento de mudas de *C. langsdorffii* em casa de vegetação e pleno sol, conclui-se que o tratamento recomendado é sol pleno, onde foi observado melhor crescimento e maior número de folhas desenvolvidas que no tratamento casa de vegetação.

A propagação vegetativa de estacas caulinares apicais dessas espécies é considerada difíceis de enraizar (SILVA FILHO et al., 1992).

A informação dos resultados deve ser dada em porcentagem de plântulas normais, plântulas anormais, sementes duras, dormentes e mortas. Deve ser feita a média das quatro repetições de 100 sementes sendo que a soma das porcentagens deve totalizar 100% (BRASIL, 2009).

2.2 Biometria e testes de viabilidade das sementes de *Copaifera langsdorffii*

2.2.1 Biometria

A biometria de frutos e sementes fornece informações que subsidiam tanto a conservação da espécie por meio da diferenciação entre espécies do mesmo gênero e entre as variedades de uma mesma espécie (CARVALHO et al., 2019). A biometria também é importante no estudo dos recursos de frutas e sementes e é uma ferramenta para determinar a diversidade genética de populações (DINIZ, 2022).

Outro grande fator relevante com a biometria é o fato de esta constituir um importante instrumento para detectar a variabilidade genética dentro de populações de uma mesma espécie, e as relações entre esta variabilidade e os fatores ambientais, como também em programas de melhoramento genético (GONÇALVES et al., 2013).

Estudos da biometria de frutos e sementes são extremamente relevantes para a diferenciação das espécies em campo, principalmente para produção de mudas com o intuito de restauração de áreas degradadas, enriquecimento florestal e arborização urbana (DINIZ, 2022). Segundo o autor supracitado, a caracterização biométrica de frutos e sementes é importante, porque por meio do entendimento do peso e dos padrões morfológicos das sementes, pode-se traçar uma estratégia para maximizar a

uniformidade de emergência das plântulas, contribuindo para obtenção de mudas de tamanho semelhante ou de maior vigor.

Os dados biométricos referentes às sementes de copaíba não são levados em consideração para a análise da dispersão das sementes, sendo a distribuição afetada de forma qualitativa, quanto maior riqueza de espécies dispersoras, maior é a diversidade de comportamento e quantitativamente pelo tamanho do fragmento (RABELLO, 2010).

2.2.2 Curva de embebição

O processo de germinação representa um elemento central neste contexto, sendo influenciado por diversos fatores ambientais, incluindo luz, oxigênio, temperatura, substrato e água (FREIRE et al., 2019; SILVA et al., 2023). A embebição das sementes constitui o primeiro estágio do processo germinativo, desencadeando alterações metabólicas que conduzem à protrusão da radícula em sementes viáveis (DIAS et al., 2019).

A investigação da curva de embebição de sementes de *Copaifera langsdorffii* é essencial para elucidar o processo de germinação dessa espécie. O entendimento desta fase é fundamental para determinar o tempo e a quantidade adequada de água necessária para a emergência da radícula em uma semente (TORRES et al., 2020). Além disso, proporciona percepções acerca do papel dos tegumentos nesse processo. Tais informações são críticas para a definição do período de embebição quando as sementes são submetidas a tratamentos pré-germinativos e para a compreensão do início do processo germinativo (TORRES et al., 2020).

O processo de germinação se inicia com a absorção de água pela semente, influenciada por diversos fatores como composição química, permeabilidade do tegumento, espécie, disponibilidade de água, área de contato e temperatura (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; SILVA et al., 2023). A água desempenha um papel crucial na reidratação dos tecidos e na intensificação das atividades respiratórias e metabólicas necessárias para o fornecimento de energia e nutrientes utilizados na retomada do crescimento do embrião (ATAÍDE et al., 2014). Estes processos são definidos como padrão trifásico, sendo a Fase I caracterizada pela intensa absorção de

água, a Fase II de estabilização e a Fase III marcada pela retomada da absorção (MARCOS FILHO, 2015; SILVA et al., 2023).

2.2.3 Teste de umidade

Para a realização do teste de umidade das sementes de *Copaifera langsdorffii*, é essencial considerar a influência da umidade na qualidade fisiológica das sementes.

A determinação do teor de umidade das sementes é importante, como um parâmetro fundamental para a conservação e armazenamento adequado, envolve a manutenção da previsão e do vigor das sementes (MACHADO et al., 2021).

A umidade das sementes pode afetar diretamente a germinação e o armazenamento, sendo um fator crítico a ser monitorado para garantir a qualidade das sementes (ARAUJO et al., 2008). Além disso, a determinação do teor de umidade das sementes de *Copaifera langsdorffii* pode ser realizada por diferentes métodos, como o teste de umidade em laboratório ou o uso de medidores de umidade.

A análise do teor de umidade das sementes de *Copaifera langsdorffii* pode ser fundamental para entender a relação entre a umidade e a qualidade fisiológica das sementes, bem como para disposições adequadas de armazenamento e conservação.

A tolerância à dessecação é uma das mais importantes propriedades da semente. As sementes de *Copaifera langsdorffii*, segundo Cunha et al, (1996) apresentam comportamento ortodoxo, indicando a possibilidade de conservação de seu germoplasma a longo prazo.

As sementes ortodoxas, em geral, apresentam elevada longevidade, podendo ser secas até baixos teores de água (entre 5 % e 7 %) e armazenadas em ambientes com baixas temperaturas por longos períodos (COSTA, 2009). Sementes recalcitrantes possuem elevado teor de água ao se desprenderem da planta-mãe, no final da maturação, e morrem quando seu grau de umidade é reduzido a valores abaixo do seu nível crítico de umidade (15 a 50%) (MEDEIROS, 2006). Segundo Medeiros (2006) as sementes intermediárias sobrevivem moderadamente à dessecação até atingirem em torno de 12% de umidade (base úmida).

É importante ressaltar ainda que espécies que liberam sementes na época seca estão sujeitas à desidratação e reidratação, dependendo da umidade do ar circundante,

especialmente para aquelas que são anemocóricas ou zoocóricas com frutos secos, como é o caso de *Copaifera langsdorffii* (PEREIRA, 2009).

2.2.4 Teste de condutividade elétrica

Um dos métodos mais rápidos e eficientes utilizado para avaliação de vigor de sementes é o teste de condutividade elétrica. Este teste pode ser conduzido pelo método mais usual que é conhecido por condutividade de massa ou sistema de copo ou optar por uma segunda alternativa que é a avaliação individual de sementes (DA FRÉ, 2010).

O teste de condutividade elétrica baseia-se no princípio de que o vigor está relacionado à integridade do sistema de membranas celulares (MARCOS FILHO et al., 1987). Durante o processo de embebição das sementes ocorre liberação de solutos citoplasmáticos de maneira proporcional à desorganização das membranas. Durante o processo de embebição das sementes ocorre liberação de solutos citoplasmáticos de maneira proporcional à desorganização das membranas. Sendo assim, quanto mais às membranas estiverem desestruturadas e possuírem células danificadas, mais exsudados são liberados, aumentando assim a condutividade da solução, indicando que estas sementes têm baixo vigor. Baixa condutividade da solução de embebição indica que as sementes são de alta qualidade e vigor; soluções com alta condutividade, ou seja, maior saída de solutos sugere menor vigor das sementes (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Para a obtenção de melhores resultados, segundo Marcos Filho et al, (1987), no teste de condutividade elétrica o ideal é utilizar quatro repetições de 25 sementes, entretanto, Vieira e Carvalho, (1994) indicam a preferência de testar quatro repetições de 50 sementes, pois assim reduz o erro experimental. Segundo Vieira e Carvalho, (1994) após a pesagem das repetições, feitas com muita precisão, a quantidade de água destilada ou deionizada para a embebição das sementes é de 75 ml, podendo as repetições serem colocadas na câmara germinadora sob temperatura controlada de 25°C.

A leitura do condutímetro segundo Marcos Filho et al. (1987) e Vieira e Carvalho (1994) deve ser realizada após 24 horas, entretanto, Dutra et al. (2007), Dias et al. (1996), Vanzolini e Nakagawa, (1999) também realizaram a leitura do condutímetro em períodos mais curtos de embebição como por exemplo 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21 horas.

O resultado obtido no condutivímetro é expresso em ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Porém para que o valor final fique expresso com relação ao peso da amostra, o resultado indicado no condutivímetro deve ser dividido pelo peso em gramas da amostra. Sendo assim, o resultado final foi expresso em, $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$ (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

A condutividade elétrica tem sido utilizada em conjunto com o teste de germinação para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de diferentes espécies, demonstrando sua eficácia na diferenciação de lotes de sementes e na demonstração com a germinação (GUOLLO et al., 2017).

2.2.5 Teste de tetrazólio

O teste de tetrazólio permite determinar a viabilidade das sementes de germinação lenta ou que possuem sementes dormentes. Possibilita ainda uma estimativa rápida das condições fisiológicas das sementes quanto à viabilidade e ao vigor, sendo de extrema utilidade para análise de sementes dormentes, e complementa os dados obtidos num teste de germinação, auxiliando no diagnóstico das causas da deterioração das sementes (FOGAÇA et al., 2011).

O teste de tetrazólio baseia-se na alteração da coloração dos tecidos vivos das sementes quando entra em contato com uma solução de cloreto de 2,3,5-trifenil tetrazólio. A atividade das enzimas desidrogenases, particularmente a desidrogenase do ácido málico, que atua no processo de respiração, reduz o sal para uma substância de cor vermelha, estável e não-difusível denominada Formazan (DA FRÉ, 2010). Portanto, quando o sal de tetrazólio é reduzido isto indica que ocorreu atividade respiratória nas mitocôndrias significando que as células e tecidos estão viáveis. Quando os tecidos não adquirem coloração, significa que eles não são viáveis (DELOUCHE et al., 1976; MARCOS FILHO et al, 1987; VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Este teste pode ser dividido nas seguintes etapas: preparo das soluções, pré-condicionamento das sementes, preparo das sementes, desenvolvimento da coloração, avaliação das sementes e interpretação dos resultados (DA FRÉ, 2010).

O teste de tetrazólio é um teste de vigor das sementes de resposta rápida. Em sementes de *C. langsdorffii*, as melhores condições de condução do referido teste foram: sementes escarificadas e embebidas por 24 horas, a 35°C, com posterior retirada do

tegumento, submetidas a solução de tetrazólio a 0,20% por 4 horas, a 35°C, no escuro. Pela rapidez na obtenção dos resultados, o teste de tetrazólio é uma boa opção para o controle de qualidade de sementes da espécie estudada, podendo ser empregado como um complemento ao teste de germinação (FOGAÇA et al., 2011).

2.2.6 Teste de envelhecimento acelerado

O envelhecimento artificial, utilizando-se alta temperatura e alta umidade relativa do ar, promove uma rápida deterioração das sementes, permitindo uma avaliação na qualidade fisiológica de sementes em poucos dias (FERREIRA, 2004).

Quando colocadas em condições ideais para germinação, as sementes envelhecidas apresentam menor atividade das enzimas hidrolíticas, as quais são responsáveis pela mobilização das reservas para o crescimento do embrião, do que as sementes não envelhecidas (FERREIRA, 2004).

Em uma experimentação, envelhecendo artificialmente as sementes da espécie, observa-se um decréscimo significativo no percentual de sementes que emitiram radícula e de plântulas normais, à medida que as sementes foram envelhecidas (FERREIRA, 2021).

O procedimento tradicional para a interpretação dos resultados do teste de envelhecimento acelerado carece de informações complementares porque considera o grau de sobrevivência das sementes, mas não preconiza observações para detectar outros possíveis efeitos do envelhecimento (MARCOS FILHO, 2005).

2.3 Germinação e quebras de dormência

De acordo com a literatura, recomenda-se a semeadura logo que colhidas e sem nenhum tratamento, em canteiros ou diretamente em embalagens individuais contendo substrato organo-arenoso. A emergência ocorre em 20-40 dias e a taxa de germinação é superior a 60%. O desenvolvimento das mudas, bem como das plantas no campo é bastante lento, dificilmente ultrapassando 2 m aos 2 anos (LORENZI, 1992).

Segundo Carvalho (2014) a emergência é classificada como epígea, com início entre 6 a 66 dias após a semeadura. A germinação, isto é, a saída do estado de repouso do embrião e a retomada da atividade metabólica e desenvolvimento do embrião e

consequente rompimento do tegumento pela radícula, é alta, até 96%, com sementes que passaram por processos de superação de dormência e regular, até 59% com sementes sem superação de dormência. As mudas crescem lentamente, estando prontas para plantio cerca de 9 meses após a semeadura.

Para avaliar a germinação e emergência das sementes de *C. langsdorffii*, é fundamental considerar a superação da dormência e a influência de diferentes tratamentos. Os tipos de substratos mais usados para testes de germinação em laboratório são papel e areia (BRASIL, 2009).

2.4 Emergência e doses de giberelina

Segundo Pereira et al. (2009), em um estudo avaliando a emergência de plântulas de sementes recém-colhidas e armazenadas da espécie estudada, a dormência é decorrente da impermeabilidade do tegumento; dormência química em razão da presença de inibidores de germinação; e dormência fisiológica devido aos inibidores de germinação contidos no embrião.

Para a emergência de plântulas de copaíba são indicados solo, Bioplant[®], solo + areia, solo + Bioplant[®]. Sendo descartado o substrato solo + areia + cama-de-frango semidecomposta. Para o crescimento inicial, indicado pelo índice de qualidade de Dickson, o melhor substrato é o composto apenas por solo (JEROMINI et al., 2017).

Segundo Oliveira (2006) as giberelinas são uma classe de substâncias reguladoras de crescimento que controlam a hidrólise de substâncias de reserva nas sementes e influenciam a expressão gênica, ativação e síntese de várias enzimas (BEWLEY; BLACK, 1994).

De acordo com Bewley e Black (1994), o ácido giberélico é um ativador enzimático endógeno, promovendo a germinação ao aumentar a porcentagem e a velocidade de germinação.

O uso de giberelina para acelerar a emergência de *Copaifera langsdorffii* pode ser comparado com outras espécies. Kitchen e Meyer (1991) observaram um estímulo à germinação das sementes de 27 espécies de *Penstemon* sp., e Castro et al. (1999) observaram o mesmo efeito em sementes de *Guarea guidonea* (L.) Sleum. tratadas com ácido giberélico.

3. METODOLOGIA

3.1 Obtenção dos lotes de sementes de *Copaifera langsdorffii*

O estudo foi realizado em experimentos distintos e complementares, onde foram utilizados dois lotes de sementes de *Copaifera langsdorffii*. O primeiro lote foi coletado em 2021 em matrizes selecionadas nativas no domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual, pertencentes a empresa IMETAME Metalúrgica localizada em Aracruz - ES. O lote de sementes já beneficiadas, com a retirada do arilo de forma manual, foi acondicionado em embalagem de polietileno e transportadas para o Viveiro Florestal Universitário, localizado no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) - UFES, em Jerônimo Monteiro – ES, permanecendo em câmara fria, para posteriores conduções experimentais relacionadas aos testes laboratoriais sobre a qualidade e vigor das sementes, bem como a melhor quebra de dormência para elas.

Ainda, outro lote de sementes de *C. langsdorffii* foi coletado em matrizes selecionadas no domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão, localizada na região do Norte de Minas Gerais em julho de 2023. Este lote de sementes também já beneficiadas seguiu o mesmo protocolo do lote de 2021, para posterior teste de emergência delas, que foram emergidas em concentrações de giberelina a 0, 500, 1000 e 2000 mg/L e semeadas em substratos comercial TerraNutri 100% e substrato alternativo Biossólido.

3.2 Experimento 1 – Análise laboratorial sobre a biometria e testes de viabilidade das sementes de *Copaifera langsdorffii*

Para avaliar os dados biométricos, realizou-se a mensuração da altura, espessura e comprimento de 100 (cem) sementes escolhidas de forma aleatórias. As variáveis biométricas foram expostas em milímetros, determinadas com auxílio de um paquímetro universal, com precisão de 0,01mm. Os dados biométricos foram classificados por meio de distribuição de frequência e plotados em histogramas de frequência em que, o número de classes foi determinado pela regra de Sturges. A fórmula é dada por:

$$K = 1 + 3,3, \log n$$

onde:

K = número de classes;
n = número total de observações.

Para a curva de embebição foram utilizadas 100 sementes escarificadas de forma mecânica com lixa de granulometria número 80, divididas em 4 repetições de 25 sementes cada. Para a realização utilizou-se caixas de acrílico (gerbox), papel germitest, pinça, câmara de germinação do tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) à 25°C com fotoperíodo de 12 horas e água destilada.

Inicialmente foram aferidos os pesos iniciais das sementes em cada repetição. As caixas de acrílico (gerbox) foram forradas com 2 folhas de substrato o papel germitest autoclavado, em seguida as sementes foram acomodadas de forma a não se sobreponham, cobertas com uma folha de papel germitest e umedecidas com água destilada. Em seguida colocadas em câmara de germinação tipo B.O.D a 25°C com fotoperíodo de 12 horas.

A curva é obtida por meio da pesagem das sementes, em balança de precisão de 0,0001g, em intervalos de uma hora no período de doze horas, embebidas em caixas de acrílico (gerbox), posteriormente as medições se deram diariamente até a protrusão radicular. Para cada intervalo de tempo estabelecido, as sementes foram retiradas da caixa gerbox, secas em folhas de papel para retirada do excesso de água na parte externa da semente, e pesadas.

O teste de umidade de sementes é um procedimento utilizado para determinar a quantidade de água presente nas sementes. Conforme descrito na RAS (BRASIL,2009) foram utilizados recipientes de alumínio. Quatro repetições de 25 sementes foram colocadas nestes recipientes e colocados na estufa 105 °C ± 3 °C. Posteriormente realizou-se a pesagens nas sementes até a obtenção de peso constante. A umidade é calculada pela seguinte fórmula:

$$U\% = \frac{100 (P - p)}{P}$$

Onde:

U = Umidade

P = Peso inicial

p = Peso final

Para o teste de condutividade elétrica, foi utilizado um condutivímetro de bancada, câmara germinadora do tipo BOD na temperatura de 25°C com fotoperíodo de 12 horas, balança de precisão de 0,0001g, béqueres de 250 ml, e 100 ml de água destilada. As sementes estando divididas em 4 repetições com 25 sementes cada.

O procedimento inicial para a realização do teste foi a pesagem das sementes de cada repetição e a condutividade de 100ml de água destilada sem as sementes. As sementes foram colocadas no béquer de 250 ml e cobertas com 100 ml de água destilada e levadas à câmara de germinação.

A leitura da condutividade foi realizada nos períodos de 24, 48 e 72 horas de embebição. Concluído cada período de embebição, as repetições são retiradas da câmara de germinação, agitadas de forma suave e realizada a leitura com o condutivímetro modelo NI CVM, que expressa os dados em $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para que o valor final fique expresso com relação ao peso da amostra, o resultado indicado no condutivímetro foi dividido pela massa em gramas da amostra. Sendo assim, o resultado expresso em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$.

O teste de tetrazólio foram utilizando 200 sementes escarificadas manualmente com lixa de granulometria número 80, retiradas ao acaso de uma amostra representativa, subdivididas em quatro repetições de 50 sementes cada. Após o procedimento de assepsia em hipoclorito por 2 minutos, as sementes foram colocadas em caixa gerbox pretas (*i.e.* ausência de luz) e submergidas em uma solução de tetrazólio a uma concentração de 0,5% a 1% (*i.e.*, tratamentos), e deixá-las embebidas na solução por um período de tempo de 2 e 4 horas (*i.e.*, tratamentos), em germinador do tipo BOD sob luz branca fluorescente com fotoperíodo controlado de 12h, ajustado na temperatura de 40°C. Após o período de coloração para cada tratamento testado, as sementes foram lavadas em água corrente, seccionadas longitudinalmente do centro do eixo embrionário e analisadas em microscópio estereoscópico de quatro aumentos, quando necessário. A interpretação foi baseada na localização e intensidade de coloração dos tecidos embrionários, presença e localização de danos, e as sementes foram classificadas em viáveis e não viáveis.

Sementes de alta qualidade geralmente apresentam células e tecidos internos com coloração rosada uniforme, indicando a presença de células vivas e saudáveis. Já sementes inviáveis, de baixa qualidade ou danificadas apresentam células e tecidos internos sem coloração ou com coloração irregular ou manchas vermelhas escuras, indicando a presença de células mortas ou danificadas.

O teste de envelhecimento acelerado realizado em câmaras de germinador do tipo BOD sob luz branca fluorescente com fotoperíodo controlado de 12h, ajustado na temperatura de 40°C. As sementes foram colocadas em caixas de acrílico (gerbox) com tela de aço inox, tendo seu fundo preenchido com 100 ml de água, e sobre a tela foram colocadas as 25 sementes em cada repetição, submetendo as sementes a um ambiente de alta umidade relativa do ar e temperatura, por um período de 24, 48 e 72 horas.

Após o período de envelhecimento, as sementes são retiradas do ambiente e submetidas a um teste de germinação para avaliar sua qualidade fisiológica. A germinação ocorrerá em germinador do tipo BOD sob luz branca fluorescente com fotoperíodo controlado de 12h, ajustado na temperatura de 25°C, em gerbox cobertas com substrato areia lavada e desinfestada, onde as sementes foram avaliadas diariamente durante 30 dias ou até a protrusão radicular total.

3.3 Experimento 2: Avaliação da germinação em diferentes substratos de *Copaifera langsdorffii* submetidas a diferentes quebras de dormência

O presente estudo foi montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial (5 diferentes métodos de quebra de dormência e 2 substratos). Em razão da espécie em estudo possuir dormência, devido à impermeabilidade do tegumento à água, para o teste de germinação foram realizados diferentes tratamentos pré-germinativos para verificar a melhor superação da dormência da mesma, sendo: escarificação mecânica manual; imersão em água a 100°C por 1 minuto; embebição em água destilada por 48 horas; ácido sulfúrico 100% por 5 minutos; e tratamento controle, isto é, sem a utilização de nenhum método de superação da dormência tegumentar.

A escolha dos tratamentos pré-germinativos foi baseada em uma revisão prévia da literatura, com o objetivo de identificar, através de leves variações nas concentrações testadas, um método eficaz de quebra de dormência que seja de fácil reprodução. Visando proporcionar os melhores resultados, permitindo que o público com pouco acesso a equipamentos especializados possa recriar a metodologia com sucesso.

O teste de germinação foi realizado em quatro repetições de 25 sementes (100 sementes) por tratamento, semeadas em caixas de acrílico (gerbox) tendo-se como substrato o papel germitest autoclavado e areia lavada e desinfestada (*i. e.*, Fator 2), umedecidos com água destilada, feito em germinador do tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio) sob luz branca fluorescente com fotoperíodo controlado de 12h, ajustado na temperatura de 25°C.

A avaliação da germinação foi realizada diariamente, sendo iniciada no primeiro dia após a instalação do experimento e encerrada no 30º dia, adotando como critério de germinação a protrusão radicular. A análise da germinação foi realizada por meio do cálculo da porcentagem de germinação (G%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG).

Para análise estatística, os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homoscedasticidade (teste de Bartlett) foram testados a um nível de 5% de significância e os dados submetidos ao teste F para análise de variância ao nível de significância de 5%, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro.

3.4 Experimento 3: Avaliação da emergência de *Copaifera langsdorffii* submetidas a diferentes doses de giberelina em diferentes substratos comerciais e alternativos

Esta pesquisa foi conduzida com o segundo lote de sementes de *Copaifera langsdorffii* coletadas em diferentes matrizes selecionadas do domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão. Ainda, ele foi conduzido em ambiente protegido de casa de vegetação, com temperatura e umidade controladas, no Viveiro Florestal Universitário, localizado no Horto Florestal, pertencente ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Ufes.

As sementes, já beneficiadas, terão sua dormência física inativada, por meio do melhor tratamento para quebra da dormência obtida no “*experimento 2*” que tem por objetivo identificar o melhor tratamento para esta finalidade para a espécie em estudo.

Para a avaliação da emergência, foram semeadas duas sementes por recipiente. Foram utilizados tubetes de plástico rígido cônico de 280 cm³ de capacidade e como substratos (*i.e.*, Fator 1): a) Substrato comercial TerraNutri 100% (*i.e.*, Tratamento controle), dado que se trata de um substrato comercial cuja qualidade e ausência de elementos fitotóxicos são certificados pela empresa produtora, tornando-o um dos substratos mais empregados na produção em larga escala de mudas nativas de alta qualidade, e b) Utilização do Biossólido (*i.e.*, substrato alternativo, sustentável e inovador); ambos com adição de fertilizante a 8 g.L⁻¹ do formulado de liberação controlada Basacote® na proporção de N-P-K (15-9-12), em diferentes proporções: 1:0; 0:1; 4:1; 1:1; 1:4, ou seja, cinco diferentes proporções destes substratos.

O Biossólido utilizado no experimento foi doado pelo Serviço Autônomo De Água e Esgoto - SAAE (ETE de Jerônimo Monteiro, ES).

Ainda como tratamentos, foram testados quatro concentrações de ácido giberélico (Fator 2): 0, 500, 1000 e 2000 mg.L⁻¹. As sementes beneficiadas e tratadas com a melhor quebra de dormência (*i.e.*, *experimento 2*) foram colocadas em caixas do tipo gerbox pretas, submersas nestas diferentes concentrações de GA e colocadas em BOD por um período de 24h à temperatura de 25°C constante no escuro. Após o período de embebição pré-estabelecido, as sementes foram enxaguadas em água corrente e semeadas nos substratos determinados (Fator 1). O ácido giberélico (GA) é um hormônio vegetal que desempenha um papel importante na regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma de suas funções é estimular a germinação de sementes e promover o crescimento dos embriões dentro delas. O ácido giberélico pode ser usado para quebrar a dormência das sementes e promover a germinação, especialmente em espécies que requerem tratamento especial para emergir.

As sementes do tratamento da dose 0 mg/L de giberelina não ficarão submersas em água destilada por 24h. Elas foram semeadas nos diferentes substratos logo após a quebra de dormência física.

O presente estudo foi montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, com 20 tratamentos, ou seja, cinco composições de substratos (Fator 1) e quatro doses de GA (Fator 2). Cada tratamento terá cinco repetições, sendo que para cada repetição foi considerada a média de cinco tubetes semeados. Para a realização do teste de emergência, a contagem do número de plântulas emergidas do 1º ao 40º dia foram registradas diariamente no mesmo horário, após a instalação do experimento. O desempenho da emergência de plântulas foi avaliado por meio da porcentagem de emergência (%), Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo Médio de Emergência (TME).

Para análise estatística, os pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e de homoscedasticidade (teste de Bartlett) foram testados a um nível de 5% de significância e os dados submetidos ao teste F para análise de variância ao nível de significância de 5%, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade do erro. Os percentuais de emergência (%) avaliados em diferentes doses de GA foram submetidos ao teste F para análise de variância ao nível de significância de 5% e, dando interação significativa ($p < 0,05$), foram realizadas análises de regressão e teste de identidade de modelo.

Para todas as análises, foram utilizado o software estatístico gratuito R-4.1.0 (2021), e os pacotes adicionais “ExpDes” (Experimental Designs) (FERREIRA et al., 2013), “agricolae” (MENDIBURU, 2016) e “forestmangr” (BRAGA et al., 2019). Para os resultados que não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) foi utilizado a análise descritiva por meio de médias e gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Biometria

Os resultados referentes à biometria apresentados a partir dos dados de comprimento, largura e espessura das sementes de *Copaifera langsdorffii* expostos na (Tabela 1), foram encontradas médias de comprimento inferiores a 1 cm de comprimento, largura de 7,70 mm de largura e 6,40 mm de espessura das sementes.

Tabela 1 - Dados biométricos das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021

Determinação (mm)	Média	Desvio Padrão	Limite Superior	Limite Inferior
Comprimento	9,58	1,21	12,14	6,76
Largura	7,70	0,54	9,19	6,29
Espessura	6,40	0,67	7,89	4,77

Fonte: Autora, 2024.

Para o comprimento das sementes (Figura 1A), é possível observar que a classe que melhor representou os dados foi a classe 3, com 26%. No gráfico seguinte (Figura 1B) pode-se observar elevada variação, tendo a classe 4 apresentado maior concentração de dados com 35% e outras três classes com baixa concentração.

Para a espessura das sementes (Figura 1C) apresentam-se apenas 6 classes, pois não obteve uma heterogeneidade de espessura para o alcance de 7 classes com os demais, pode-se constatar que a classe 4 também se sobressaiu em relação às demais, onde 29% dos valores ficaram entre o intervalo de 6,33 a 6,85 mm. Apresenta ainda baixa concentração nas classes externas.

As sementes apresentam uma heterogeneidade em seu tamanho, em seu estudo Crestana e Beltrati (1988) encontraram valores para a espécie que variaram de 13,0-19,0 mm de comprimento por 7,0-10,0mm de diâmetro. Enquanto Guerra et al (2006) encontrou valores de comprimento, largura e espessura variando de 9,93-15,29 mm, de 7,41- 9,56 mm e de 7,02-11,00 mm, respectivamente.

Guerra et al (2006) em seu estudo utilizou o corante ácido *Xylidine Ponceau* que evidencia proteínas, corando em vermelho estas substâncias, e as sementes de *C.*

langsdorfii, apresentaram em seu conteúdo citoplasmático cotiledonar inúmeros corpúsculos corados, revelando assim substâncias de natureza protéica. Ainda avaliou a germinação das sementes, que teve início cinco dias após a semeadura, com rápido desenvolvimento da raiz primária, inicialmente engrossada sofrendo afinamento com a dilatação da base.

Sendo assim, o comprimento das sementes está diretamente relacionado com a quantidade de tecido de reservas nutricionais presente nas sementes e podem influenciar nas taxas de germinação e sobrevivência inicial, com sementes com maior reserva obtendo melhores resultados.

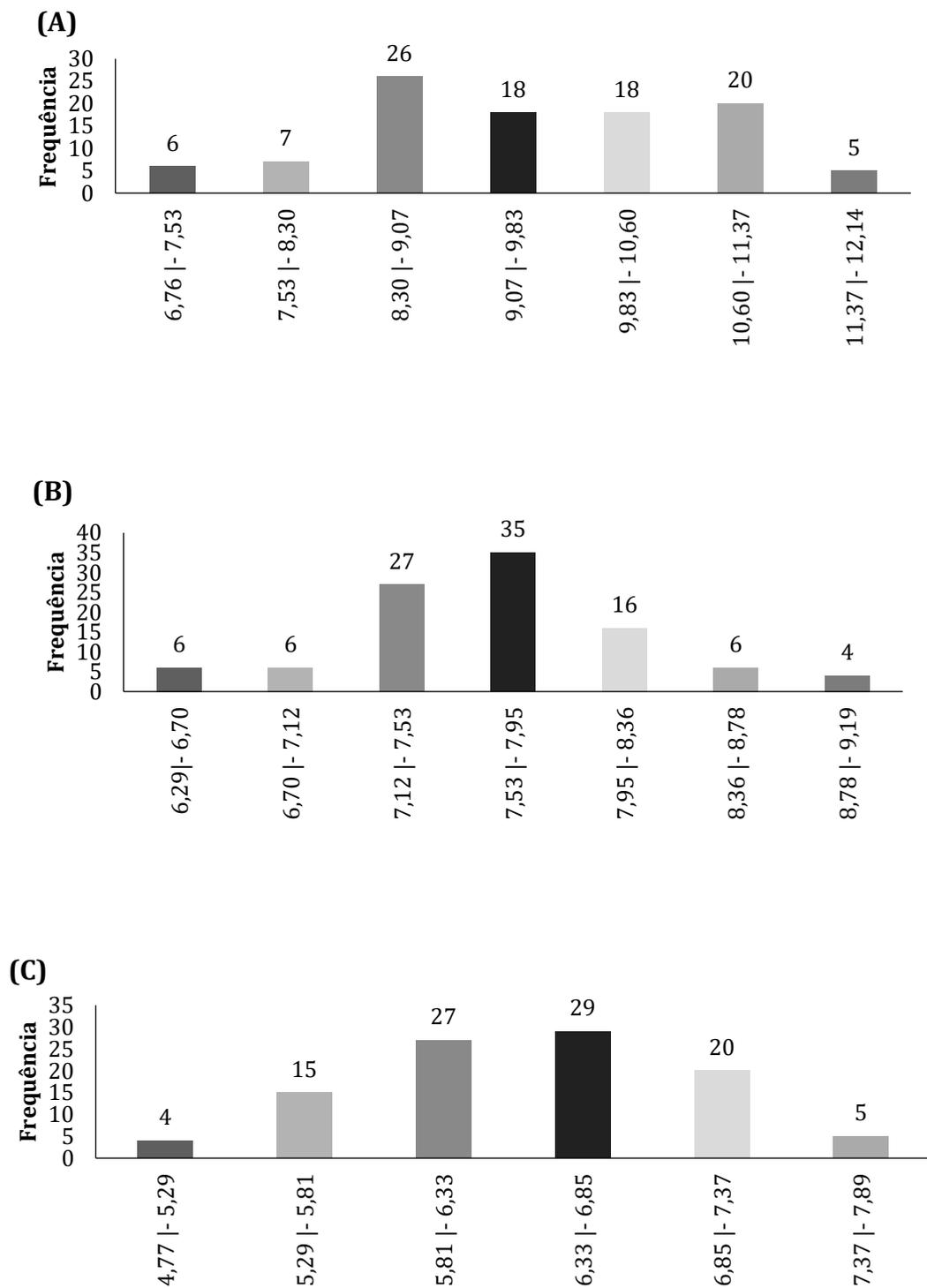


Figura 1 - Biometria das sementes sendo: (A) Comprimento (B) largura (C) Espessura das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021

Fonte: Autora, 2024.

Poucos estudos analisam a forma de distribuição das sementes levando em conta os dados biométricos, a distribuição é afetada de forma qualitativa, quanto maior a riqueza de espécies dispersoras, maior é a diversidade de comportamento e quantitativamente pelo tamanho do fragmento (RABELLO, 2010).

4.2 Curva de embebição

A absorção de água pelas sementes de *Copaifera langsdorffii* foi acompanhada por um período de 240 horas, período que corresponde ao início da embebição (sementes secas) a estabilização da curva.

Na figura 2, é possível observar a relação entre o peso da semente de acordo com a quantidade de água embebida e o tempo em horas de realização da embebição.

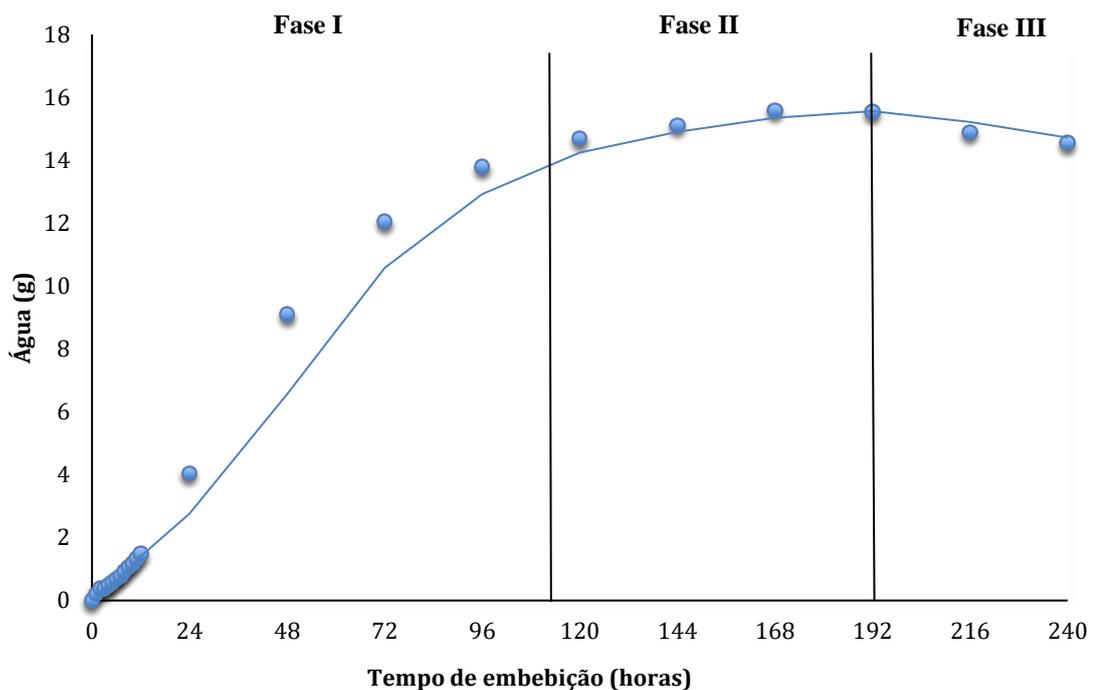


Figura 2 - Curva de embebição das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021

Fonte: Autora, 2024.

As sementes não demonstraram o padrão trifásico, havendo uma maior embebição nas primeiras horas (fase I) seguindo o esperado, a fase II (estacionária) com

pouco ganho em massa e na fase III, onde é esperado um novo aumento de massa, este não ocorreu, se opondo a tendência esperada.

Segundo Noleto (2010) nas sementes de *C. langsdorffii*, Além disso, o tempo necessário para a completa embebição das sementes é muito maior do que encontrado na maioria das espécies, O padrão encontrado em *C. langsdorffii* de, primeira fase é caracterizada pela lenta absorção de água entre 0 e 18 horas, tornando-se mais rápida entre 18 a 60 horas e alcançando estabilização da curva entre 60 a 78 horas (Fase II), deve-se, provavelmente, ao alto teor de xiloglucanos (40%) nos cotilédones, que exercem papel de matrizes hidrofílicas.

Com o decorrer das 240 horas que se passou o teste as sementes não apresentaram protusão radicular e sim um apodrecimento, possivelmente ocasionado pelo excesso de umidade. O que indica que a quebra de dormência por escarificação mecânica para a realização da curva de embebição das sementes, não é se mostra como um método ideal para a realização da curva de embebição.

Analisando o trabalho de Oliveira et al (2016) a curva de embebição com sementes em natura, ou seja, sem a realização de nenhum método de superação da dormência, as sementes atingiram o padrão trifásico para os três tempos de armazenamento sendo eles na aquisição das sementes, um mês após a aquisição e três meses após a aquisição das sementes, mostrando a viabilidade das sementes durante este período. As sementes recém coletadas foram as que atingiram a fase III de absorção de água em um período mais curto, mostrando que sementes recém coletadas tendem a iniciar o processo de germinação mais rapidamente.

Segundo o trabalho de Oliveira (2006) a curva de embebição das sementes intactas indicou que o tegumento das sementes recém-colhidas é impermeável, propiciando baixo incremento de massa após 96 horas de embebição, quando as sementes foram escarificadas, observou-se um aumento de massa das mesmas devido à embebição.

4.3 Teste de umidade

O Teste de umidade foi analisado em quatro dias, como exposto na tabela 2, quando as repetições obtiveram o peso constante, as sementes apresentaram decréscimo no peso com o decorrer dos dias, devido a sua perda de água.

A segunda repetição obteve menor peso inicial de 10,48 g e chegando a uma redução de 1,15 g em quatro dias. Por sua vez repetição quatro foi a que apresentou o maior peso inicial de 12,57 g reduzindo à 10,80 g ao final da pesagem.

O desvio padrão demonstra a baixa variação em torno da média, oscilando entre 0,62 e 0,87 nos quatro dias avaliados, apresentando baixa dispersão e tendendo a normalidade.

Tabela 2 - Peso diário das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021, porcentagem de umidade e média em relação ao desvio padrão (DP) para cada repetição

Peso das sementes (g)					
Repetições	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	U%
R1	11,18	9,99	9,93	9,90	11,46
R2	10,48	9,45	9,35	9,33	10,97
R3	11,59	10,43	10,29	10,25	11,63
R4	12,57	11,30	11,18	10,80	14,12
Média ± DP	11,46±0,87	10,29±0,78	10,19±0,76	10,07±0,62	12,04±1,14

Fonte: Autora, 2024.

A umidade média apresentada pelas sementes corresponde, como indicado na tabela 1, a um valor de 12,04% de água perdida pelas sementes, este comportamento apresentando corresponde ao comportamento fisiológico de sementes intermediárias, em que as sementes sobrevivem moderadamente à dessecação até atingirem em torno de 12% de umidade. Segundo Medeiros (2006) o comportamento fisiológico interfere na forma de armazenamento das sementes que devem ser armazenadas em ambientes bem definidos e bem controlados, por um período não muito longo.

A umidade das sementes obteve maior redução nas primeiras 24 horas em estufa, com uma média de 1,16% tendo uma posterior redução menor a cada pesagem, chegando à estabilidade.

O que pode interferir na quantidade de água na dispersão das sementes é o período de frutificação e o domínio fitogeográfico da matriz, podendo fazer com que as sementes provenientes da Mata Atlântica apresentem um nível mais elevado de umidade em comparação com as sementes do Cerrado, o que pode impactar no teor de umidade das sementes quanto na classificação de sua tolerância à dessecação.

No estudo de Pereira (2011) com a espécie *Tapirira obtusa* onde foram avaliadas a germinação das sementes após serem submetidas a secagem, sendo as sementes proveniente de diferentes tipos de vegetação sendo eles cerrado e campo rupestre e mata ciliar, mostra que a germinação de sementes do cerrado e do campo rupestre tiveram sua germinação significativamente influenciada pela velocidade de secagem e pelo grau de umidade e que não houve influência da velocidade de secagem nem do grau de umidade sobre a germinação de sementes oriundas de mata ciliar.

4.4 Teste de condutividade elétrica

Os resultados de condutividade elétrica podem ser observados na tabela 3, os quais mostram, a quantidade de solutos lixiviados pela semente durante os períodos de embebição. Quanto maior forem estes valores, menor é a vigor dessa semente.

Pode-se observar (tabela 3) que durante o decorrer dos diferentes períodos de embebição começou a aumentar a condutividade elétrica (expressa em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$) da solução devido á liberação de solutos das membranas deterioradas.

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais. De acordo com o teste de bartlett a 5% de significância, as variâncias podem ser consideradas homogêneas. $\text{CV} = 45.65 \%$.

Este aumento considerável atingiu o valor de 72,15 observado quando se analisa a última avaliação as 72 horas, logo é visível a perda de vigor das sementes quando submetidas as um longo período de embebição.

Tabela 3 - Média dos valores de condutividade elétrica de sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021, em diferentes tempos de embebição. Em que: DP = desvio padrão da média.

Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$					
TEMPO (h)	R1	R2	R3	R4	MÉDIA \pm DP
24	6,87	8,05	5,59	20,74	10,31 \pm 22,81 b
48	26,63	18,80	18,03	46,54	27,50 \pm 13,56 ab
72	52,36	34,99	36,68	72,15	49,05 \pm 15,65 a

Médias seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autora, 2024.

Segundo Ferreira (2004) que avaliou a condutividade em 24 horas, detectou-se um aumento significativo na quantidade de lixiviados, com a desestruturação do sistema de membranas das organelas celulares, evidenciado pelo aumento progressivo na quantidade de lixiviados, as sementes tornam-se mais susceptíveis aos efeitos deletérios do O_2 , que promove a oxidação dos compostos e, também à ação de enzimas.

4.5 Teste de tetrazólio

As sementes de *C. langsdorffii*, devido a dormência tegumentar, foi necessário realizar a escarificação mecânica das sementes, para melhor embebição da solução de tetrazólio.

A figura 3 é uma representação das colorações encontradas nas sementes, sendo sua viabilidade descrita como:

A Inviável: semente totalmente com coloração vermelha intensa, indicando processo acentuado de deterioração;

B Viável: sementes com coloração rósea uniforme e todos os tecidos com aspecto normal;

C Inviável: semente totalmente branca e leitosa, apresentando tecidos flácidos;

D inviável: semente totalmente branca e leitosa, apresentando tecidos flácidos, com coloração vermelha na área escarificada;

E Viável: sementes com coloração rósea uniforme, com coloração vermelha na área escarificada;

F Inviável: semente totalmente branca e leitosa, apresentando coloração rósea na área escarificada.

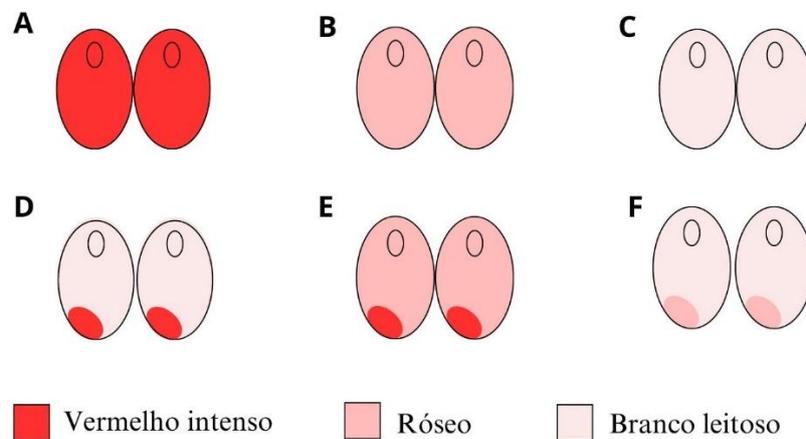


Figura 3 - Representação diagramática das sementes encontradas no teste de tetrazólio para a *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021

Fonte: Autora, 2024.

Devido a escarificação realizada, parte das sementes obtiveram coloração apenas na área escarificada (figura 3 D, E e F), não sendo levado em consideração na contagem para análise da viabilidade das sementes.

Por apresentar dureza, parte das sementes não foram analisadas por não ser possível realizar o corte necessário.

No período de duas horas na concentração de 1% da solução de tetrazólio, duas sementes apresentaram coloração rósea, duas vermelhas e dezessete permaneceram brancas. No período de 4 horas na mesma concentração apresentaram coloração rósea nove sementes, dezesseis vermelhas e quatro brancas.

Na concentração de 0,5% da solução de tetrazólio, as sementes que permaneceram por duas horas, sete sementes apresentaram coloração rósea, nenhuma coloriu de vermelha e sete permaneceram brancas. Na mesma concentração no período de 4 horas, 8 sementes coloriram de rósea, outras 8 de vermelho e 9 de branco.

Em sementes de *C. langsdorffii*, as melhores condições para realizar o teste, segundo Fogaça et al (2011) são com sementes escarificadas e embebidas por 24 horas, a 35°C, com posterior retirada do tegumento, submetidas a solução de tetrazólio a 0,20% por 4 horas, a 35°C, no escuro.

4.6 Teste de envelhecimento acelerado

No teste de envelhecimento acelerado observou-se que as sementes submetidas ao envelhecimento por 24 horas apresentaram maior índice de velocidade de germinação, maior tempo médio de germinação e maior porcentagem de germinação, o que diminui progressivamente com o decorrer do tempo de exposição às condições de umidade e temperatura (Tabela 4).

No teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) que apresentou valor-p: 0.2534329 a significância de 5%, os resíduos podem ser considerados normais.

Os coeficientes de variação do índice de velocidade de germinação indicam uma variação relativamente maior em relação a média que a germinação. Em relação aos demais, o tempo médio de germinação e menos variável.

Assim como neste estudo, para CARVALHO et al., (2006) o envelhecimento artificial empregado nas sementes de *C. langsdorffii* interferiu diretamente na sua qualidade fisiológica onde até 24 horas de envelhecimento, não se observou diferença em relação ao controle (0 hora), no entanto, a partir desse período, pode-se constatar uma maior redução no índice de velocidade de germinação (IVG).

Tabela 4 - Dados médios do envelhecimento acelerado das sementes de *Copaifera langsdorffii* com tempos de 24, 48 e 72 horas, índice de velocidade de germinação (IVG), Tempo médio de germinação (TMG), porcentagem de germinação em relação aos tempos estudados, e seus respectivos coeficientes de variação (CV)

TEMPO (h)	IVG	TMG^{ns}	GERMINAÇÃO (%)
24	1,813a	10,335	73a
48	1,421ab	9,653	46b
72	0,927b	9,106	27b
CV (%)	24,3	6,61	23,96

Valores seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autora, 2024.

Segundo Ferreira (2004) em seu estudo sobre a qualidade fisiológica de sementes de *Copaifera langsdorffii* a redução da qualidade fisiológica das sementes, a partir de 48 horas de envelhecimento provavelmente, está associada ao processo de deterioração das sementes, quando submetidas às condições de altas temperaturas e alta umidade.

4.7 Teste de germinação

As sementes submetidas ao substrato arenoso, apresentaram desempenho superior em relação ao papel germitest (tabela 5).

A germinação obteve coeficiente de variação de 45,54% enquanto o índice de velocidade de germinação foi de 45,84 %. Os resíduos podem ser considerados normais.

Tabela 5 - Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Atlântico em Floresta Estacional Semidecidual no ano de 2021, sobre os substratos avaliados.

	Germinação (%)		IVG	
	Areia	Papel	Areia	Papel
Choque térmico a 100°C	18 aC	0 b ^{ns}	0,363 C ^{ns}	0 ^{ns}
Embebição em H ₂ O por 48 horas	45 aB	2 b ^{ns}	1,025 aB	0,038 b ^{ns}
Ácido Sulfúrico por 5 minutos	33 aBC	3 b ^{ns}	0,746 aA	0,076 b ^{ns}
Escarificação mecânica com lixa n°80	75 aA	10 b ^{ns}	1,984 aA	0,2402 b ^{ns}
Testemunhas	48 aB	1 b ^{ns}	1,009 aB	0,023 b ^{ns}
<i>Coeficiente de variação (%)</i>	45,54		45,84	

Valores seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas indica que os substratos não diferem entre si, valores seguidos pelas mesmas letras maiúsculas mostra que os tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Seguidos por ns não obteve significância estatística.

Fonte: Autora, 2024.

Na germinação na areia, foi superior o tratamento com sementes escarificadas de forma mecânica com lixa, obtendo uma média de germinação de 75%. O tratamento com imersão em água a 100°C apresentou baixo desempenho de germinação, alcançando apenas 18% das sementes germinadas. As sementes submetidas à imersão em água por 48 horas apresentaram média de germinação pouco desejada, tendo apenas 45% das sementes germinadas. As sementes submetidas a ácido sulfúrico por 5 minutos igualmente não obtiveram resultados desejáveis, alcançando 40% de germinação. Por fim as sementes testemunhas, que não passaram por nenhum método de superação de

dormência apresentaram a segunda melhor porcentagem de germinação com 48% das sementes germinadas.

As sementes postas sobre o papel germitest por sua vez obtiveram um baixo desempenho geral, com baixa média porcentual de germinação, sendo o maior de 10%, que ocorreu nas sementes com tratamento de escarificação mecânica com lixa. As sementes imersas em água a 100°C não obtiveram nenhuma germinação, logo não possui dados a serem analisados no tratamento. O tratamento de imersão em água por 48 horas obteve 8% de germinação, o que corresponde a duas sementes em uma das repetições, o que enfatiza a baixa eficiência da superação da dormência por método de imersão das sementes. Nas sementes submetidas a ácido sulfúrico por 5 minutos a média de germinação foi de 3%. E por fim as sementes testemunhas obtiveram apenas 1 semente germinada no papel, o que enfatiza a necessidade de um método de superação da dormência das sementes.

O índice de velocidade de germinação foi superior nas sementes sobre substrato arenoso, sobretudo nas sementes escarificadas, na figura 4 é possível avaliar a evolução da germinação das sementes escarificadas mecanicamente.

A copaíba apresentou um tempo médio de germinação sem interação significativa entre os fatores e foi analisado os efeitos simples. O TMG na areia foi maior, com 11 dias enquanto no papel foi de 4 dias para a estabilização. O baixo tempo para a estabilização das sementes no substrato de papel, bem como a baixa germinação, ocorre devido ao apodrecimento das mesmas durante a realização dos testes, ocasionada pelo excesso de umidade. Os testes de médias evidenciam que, para os tratamentos aplicados de quebra de dormência tegumentar, não houve estatísticas entre eles apresentando-se com um tempo médio de germinação de 8 dias.

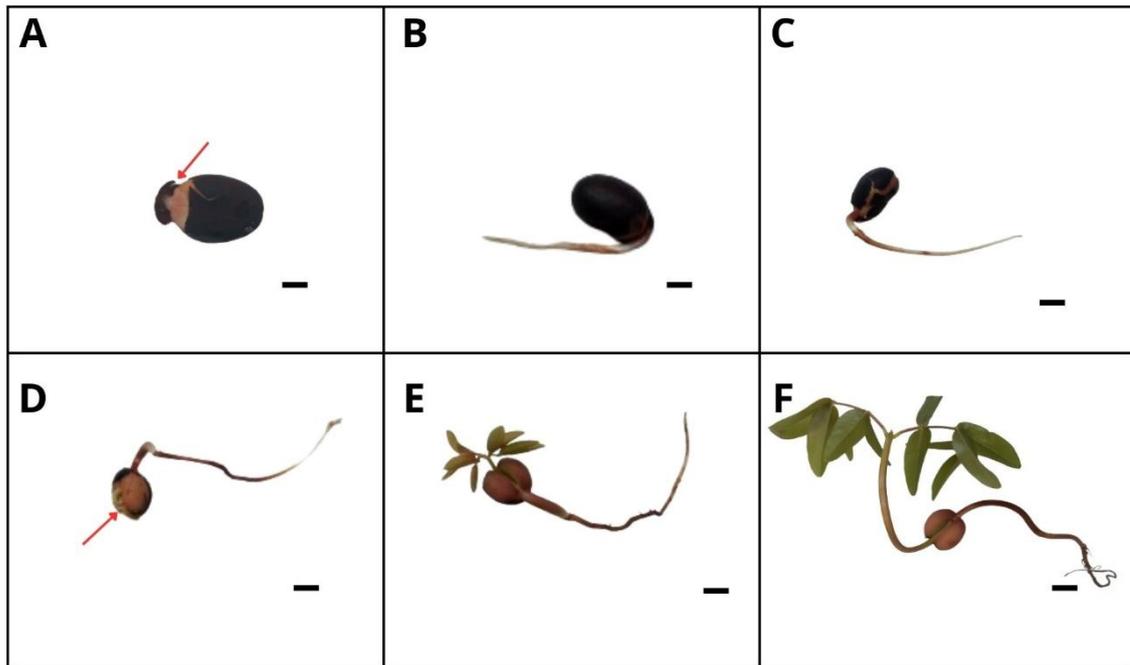


Figura 4 - Sementes de *C. langsdorffii* em diferentes períodos de germinação no substrato areia. (A) protusão radicular inicial aos 8 dias de experimento; (B e C) crescimento da raiz; (D) início do crescimento da parte aérea 18 dias após o início do experimento; (E) desenvolvimento da parte aérea; (F) crescimento final observado findados os 30 dias de teste. Sobre escala de 1cm.

Fonte: Autora, 2024.

Quando não realizado o tratamento pré-germinativo para superar a dormência, as sementes apresentam germinação de 12% a 59%, e com tratamento da germinação pode alcançar até 81% (Borges et al., 1982).

Assim com os resultados encontrados neste estudo, o método de escarificação mecânica por lixa d'água nº 80 é recomendado para promover o aumento da germinação das sementes de *C. langsdorffii*, quando comparadas a sementes in naturas (SIDIÃO et al, 2018).

Segundo Junior (2014) em seu trabalho sobre superação da dormência de sementes de três essências florestais nativas, um dos melhores tratamentos encontrados para *Copaifera langsdorffii* foram a imersão em ácido sulfúrico por 10 minutos. Estes resultados diferem dos encontrados, o que provavelmente se dá pelas diferenças na concentração e no tempo de imersão das sementes em ácido sulfúrico.

4.8 Teste de emergência

Pela análise estatística, os dados apresentaram normalidade dos resíduos, a análise de variância foi significativa ($p\text{-valor} < 0,05$) e houve interação significativa.

Os resultados expostos em tabelas apresentam as diferentes composições de substratos testadas dentro de cada dosagem de ácido giberélico. A tabela 6 onde se encontra os dados referentes a porcentagem de emergência é possível observar que os melhores resultados foram obtidos quando utilizado o substrato comercial, sendo que apenas a maior dosagem de ácido giberélico (2000 mg/L) não demonstrou variação significativa.

Tabela 6 - Diferentes composições de substratos testados dentro de cada dosagem de ácido giberélico em sementes de *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, obtendo a emergência (%), o índice de velocidade de emergência e o tempo médio de emergência.

<i>Composição de Substratos / Ácido Giberélico (mg/L)</i>	Emergência (%)			
	0	500	1000	2000
<i>Substrato comercial</i>	84 a	88 a	80 a	28 ^{ns}
<i>100% Biossólido</i>	0 c	0 c	0 b	0 ^{ns}
<i>20% Biossólido</i>	52 b	44 b	8 b	20 ^{ns}
<i>50% Biossólido</i>	28 bc	20 bc	0 b	4 ^{ns}
<i>80% Biossólido</i>	44 b	4 c	0 b	8 ^{ns}
<i>Coefficiente de variação</i>	64,90%			
<i>Composição de Substratos / Ácido Giberélico (mg/L)</i>	Índice de Velocidade de Emergência			
	0	500	1000	2000
<i>Substrato comercial</i>	0,329 a	0,358 a	0,321 a	0,089 ^{ns}
<i>100% Biossólido</i>	0 c	0 c	0 b	0 ^{ns}
<i>20% Biossólido</i>	0,178 b	0,163 b	0,024 b	0,083 ^{ns}
<i>50% Biossólido</i>	0,101 bc	0,072 bc	0 b	0,012 ^{ns}
<i>80% Biossólido</i>	0,153 b	0,025 c	0 b	0,024 ^{ns}
<i>Coefficiente de variação</i>	66,45%			
<i>Composição de Substratos / Ácido Giberélico (mg/L)</i>	Tempo Médio de Emergência			
	0	500	1000	2000
<i>Substrato comercial</i>	10,503 a	14,247 a	13,227 a	13,800 a
<i>100% Biossólido</i>	0 b	0 b	0 b	0 c
<i>20% Biossólido</i>	15,347 a	13,967 a	6,800 ab	10,100 ab
<i>50% Biossólido</i>	11,400 a	5,600 ab	0 b	3,400 bc
<i>80% Biossólido</i>	15,500 a	1,600 b	0 b	6,800 abc
<i>Coefficiente de variação</i>	72,90%			

Valores seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autora, 2024.

As equações significativas obtidas pelas análises de regressão estão expostas na figura 5. Devido à ausência de emergência na composição de substrato realizada com 100% de Biossólido, não houve modelo para efetuar a regressão para nenhum parâmetro analisado (*i.e.*, Emergência (%), IVE e TME).

Em relação ao Tempo Médio de Emergência (TME) a composição de substrato de 20% Biossólido e 80% de substrato comercial, os modelos, bem como os betas para determinação da equação não foram significativos (p -valor > 0,05), e por isso não está apresentado no gráfico de dispersão. Ainda, para a composição de substrato de 100% de substrato comercial as médias do tempo médio de regressão são estatisticamente iguais, não possuindo também uma regressão que representasse o comportamento do TME conforme o aumento das dosagens de ácido giberélico aplicada, considerando uma média de TME igual para todas as dosagens de 13 dias.

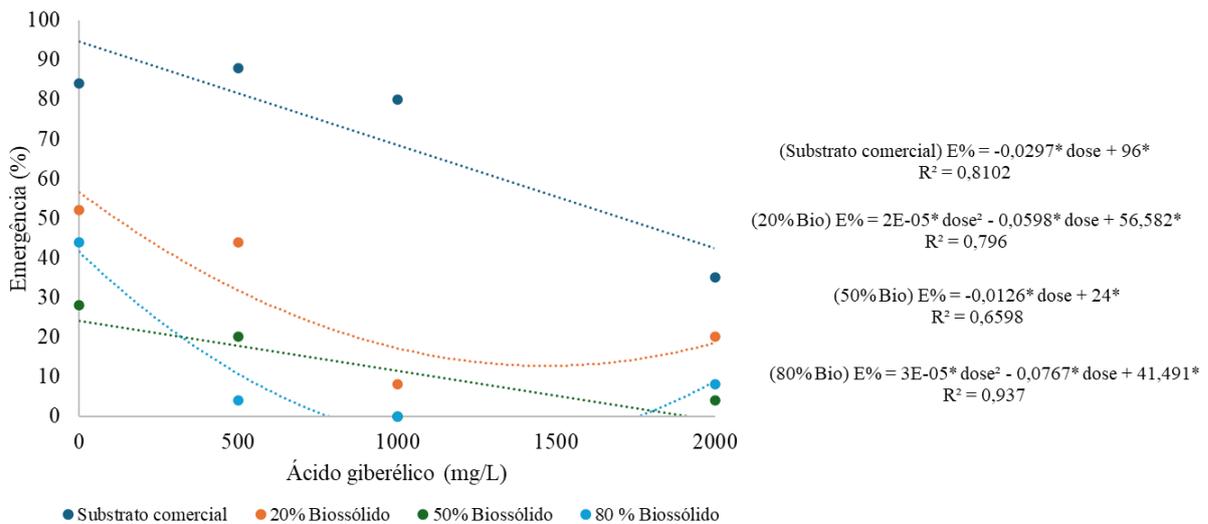


Figura 5 - Análise de regressão da emergência da *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, submetidas a diferentes tipos de substratos e concentração de ácido giberélico (mg/L)

Fonte: Autora, 2024.

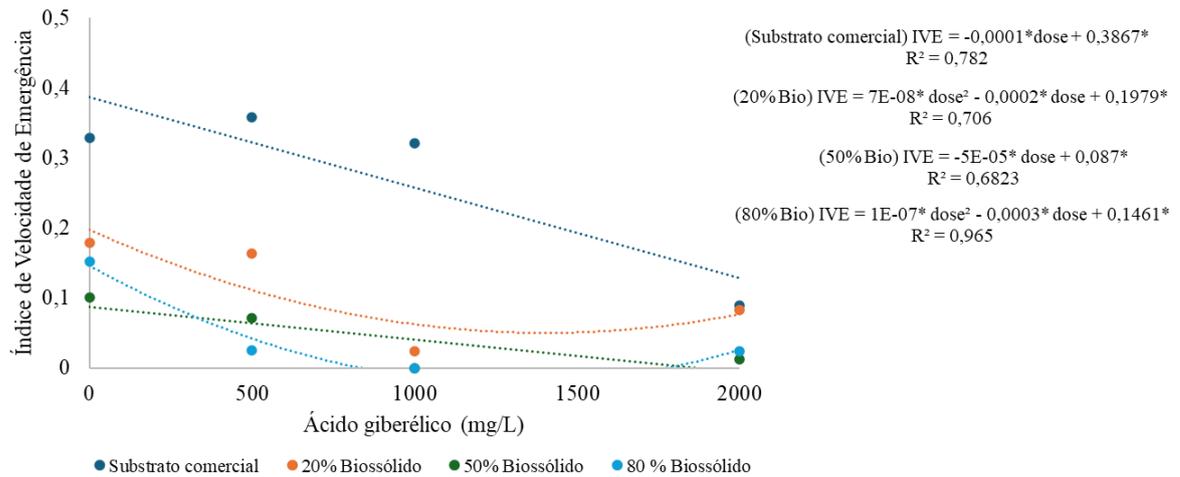


Figura 6 - Análise de regressão do índice de velocidade de emergência da *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, submetidas a diferentes tipos de substratos e concentração de ácido giberélico (mg/L)

Fonte: Autora, 2024.

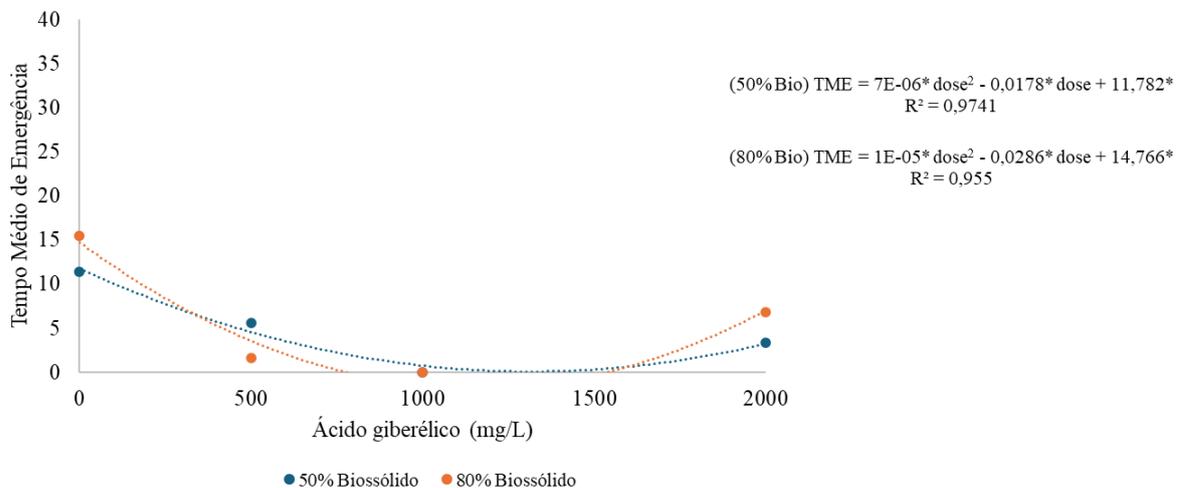


Figura 7 - Análise de regressão do tempo médio de germinação da *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae), coletas em diferentes matrizes selecionadas em domínio Cerrado em fitocenose de Cerradão no ano de 2023, para substrato biossólido a 50 e 80% de concentração de ácido giberélico (mg/L)

Fonte: Autora, 2024.

No trabalho de Oliveira (2006) que avaliou a escarificação e o ácido giberélico na emergência de plântulas de copaíba, o percentual de emergência das plântulas de

Copaifera langsdorffii não diferiu significativamente com a escarificação. Por outro lado, ainda segundo Oliveira (2006) a embebição em GA3 a $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ diminuiu o tempo médio de emergência em aproximadamente 10 dias.

Comparando ainda a estudos realizados com outras espécies Tramontini et al (2017) encontrou em seu estudo com *Acacia mearnsii*, que os tratamentos com ácido giberélico não afetaram a germinação, o índice de velocidade de germinação e o comprimento da raiz, não havendo diferença estatística entre as concentrações de GA testadas para essas variáveis. Quando compara a este estudo observa-se em grandes concentrações o ácido giberélico não apresenta resultados significante.

As sementes de *C. langsdorffii* apresentou baixa emergência no substrato biossólido, sobretudo no tratamento sem a dosagem de ácido giberélico. O biossólido é um material que contém matéria orgânica, que é um componente cuja finalidade básica é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas (BUENO, 2020).

Como analisado neste trabalho, para a superação da dormência, quando submetidas a excesso de água por tempo prolongado, as sementes não apresentam boa resposta. O excesso de umidade faz com que as sementes ao invés de germinarem entraram em processo de deterioração.

5. CONCLUSÃO

A curva de embebição das sementes não apresentou um padrão trifásico, a escarificação mecânica com lixa número 80 não demonstrou eficácia na produção radicular das sementes.

Condutividade elétrica houve a perda de vigor das sementes quando submetidas a um longo período de embebição, não sendo recomendado submeter as sementes a grandes períodos de embebição.

Teste de tetrazólio a quantidade de sementes que atingiram a coloração rósea, que apresenta sementes viáveis, foi baixa tendo como máximo 9 sementes em 4 horas.

Para a germinação a escarificação mecânica se mostrou eficiente nos dois substratos analisados, sendo o método de superação de dormência recomendado para a espécie.

A emergência com substrato comercial se mostrou eficiente, apresentando melhor taxa de emergência nas doses de ácido giberélico com concentração de 0, 500 e 1000 mg/L.

A utilização de bio sólido em altas concentrações não é recomendado visto o baixo desempenho na emergência das sementes de *Copaifera langsdorffii*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, R. F., Araújo, E. F., Cecon, P. R., & Sofiatti, V. (2008). **Conservação de sementes de café (*coffea arabica* L.) despulpado e não despulpado**. Revista Brasileira De Sementes, 30(3), 71-78.
- ATAÍDE, G. M. et al, **Avaliação preliminar da embebição de sementes de jacarandá-da-bahia**. Pesquisa Florestal Brasileira, v.34, n.78, p.133-139, 2014.
- BARRETO. **A relação entre mudança climática e escassez de sementes nativas**. Revista Cultivar. 2024.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009.p. 309, 315, 316.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BORGES, E. E. de L. e; BORGES, R. de C. G.; C NDIDO, J. F.; GOMES, J. M. **Comparação de métodos de quebra de dormência de sementes de copaíba**. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 4., n. 1, p. 9-12, 1982.
- BUENO, Mateus Marques et al. **Produção de mudas de espécies florestais da Mata Atlântica, utilizando manejo automático da irrigação, substrato com biossólido e níveis de sombreamento**. 2020.
- CAMILLO, J. *Copaifera langsdorffii*. In: Vieira, R. F.; Camillo, J.; Coradin, L. (Eds.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - Região Centro-Oeste**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016, cap. 5, pp. 731-746.
- CARVALHO, D. et al. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae Caesalpinioideae)**. Revista Árvore, v.30,n.1, p.19-24, 2006.
- CARVALHO, M. S. de. **Biometria e tratamentos pré-germinativos de sementes de sapoti (*Manilkara zapota* L.)**. Orientador: Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. 640 p.
- CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. **Espécies arbóreas brasileiras**. 2014.
- CASTRO, E. M.; ALVARENGA, A. A.; ALMEIDA, L. P. **Influência do ácido**

giberélico e do nitrato de potássio na germinação de *Guarea guidonia* (L.) Sleum. Revista Árvore, Viçosa, v.23, n.2, p.255-258, 1999.

COSTA, Caroline Jácome. **Armazenamento e conservação de sementes de espécies do Cerrado.** 2009.

COSTA. ***Copaifera* in Flora e Funga do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2024.

CRESTANA, C. M.; BELTRATI, C. M. **Morfologia e anatomia das sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae – Caesalpinioideae).** Naturalia, São Paulo, n. 13, p. 45-54, 1988.

CUNHA, R.; PRADO, M. A.; ANDRADE, A. C. S. **Efeito do armazenamento sobre a viabilidade de sementes desidratadas de *Copaifera langsdorffii* Desf. e *Eriotheca pubescens* Schott et Endl.** In: Seminário Panamericano de Semillas, 1996. Anais.15p.

DA FRÉ, MAURÍCIO. **AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO, VIABILIDADE E VIGOR DE SEMENTES DE *Calophyllum brasiliense* Camb.**2010

DIAS, L., Queiroz, P., Ferreira, L., Santos, W., Freitas, M., Silva, P., ... & Leão-Araújo, É. (2019). **Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico.** Revista Brasileira De Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences, 14(2), 1-8. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5641>

DINIZ, Adriane Yasmin de Sena; OLIVEIRA, Thiago Nascimento de. **Biometria de frutos, sementes e plântulas de *cenostigma tocaninum* Ducke.** 2022.

DELOUCHE, J.C.; STILL, T.W.; RASPET, M.; LIENHARD, M.. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente.** Brasília: Ministério da Agricultura, AGIPLAN, 1976.

DOS SANTOS PEREIRA, Regina et al. **Emergência de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf.** Revista Brasileira de Biociências, v. 5, n. S2, p. 1005-1007, 2007.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. de O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais.** São Paulo: Páginas & Letras, 1997. 65 p

FREIRE, F. C. de J. et al. **Estudo da germinação e de alguns fatores condicionantes de semente de *Adenantha pavonina* L. e sua importância para a recuperação de áreas degradadas.** Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 11, p. 25958-25971, 2019.

FERREIRA, Gabriel Simoni. ***Copaifera langsdorffii* Desf.: uma espécie de uso múltiplo do cerrado: uma revisão de literatura.** 2021.

FERREIRA, Robério Anastácio et al. **Qualidade fisiológica de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf.(Leguminosae Caesalpinioideae) envelhecidas artificialmente.** Revista Ciência Agronômica, v. 35, n. 1, p. 82-86, 2004.

FOGAÇA, A. C., KROHN N. G., SOUZA, M. A., PAULA, R. C. **Teste de Tetrazólio em Sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Schizolobium parahyba***. Floresta, Curitiba, PR, v. 41, n. 4, 2011. p. 895 - 904, out./dez. 2011

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> . Acesso em: 05 abr. 2024

GUERRA, Maria Elane de Carvalho; MEDEIROS FILHO, Sebastião; GALLÃO, Maria Izabel. **Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorffii* Desf.**(Leguminosae-Caesalpinioideae). Cerne, v. 12, n. 4, p. 322-328, 2006.

GUOLLO, K., Possenti, J. C., Felippi, M., Quiqui, E. M. D., & Loiola, T. M. (2017). **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica**. Colloquium Agrariae, 13(1), 86-92.

HOFFMAN, W. R.; SILVA A. A.; NOGUEIRA, D. W. R.; PRUDENCIO, G. A. **Resposta a adubação de mudas de copaíba na omissão de nutrientes em solução nutritiva**. Scientia Naturalis, Rio Branco, v. 1, n. 5, p. 23-34, 2019.

JEROMINI, T. S.; FACHINELLI, R.; SILVA, G. Z. da; PEREIRA, S. T. S.; SCALON, S. de P.Q. **Emergência de plântulas e crescimento inicial de copaíba sob diferentes substratos**. Pesquisa Florestal Brasileira, [S. l.], v. 37, n. 90, p. 219–223, 2017.

JUNIOR, Roberto Andreani et al. **Superação da dormência de sementes de três essências florestais nativas**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 12, n. 1, p. 470-479, 2014.

KITCHEN, S. G.; MEYER, S. E. **Seed germination of intermountain penstemons as influenced by stratification and GA3 treatments**. Journal of Enviromental Horticulture, Washington, v.9, n.1, p.51-56, 1991.

LOPES, J. E. L.; SANTOS, M. A. M.; OLIVEIRA, A. L. T.; PINHEIRO, J. V.; BEZERRA, A.M. E. **Comparação dos tratamentos sol pleno e casa de vegetação no crescimento de Copaíba *Copaifera langsdorffii* Desf.** Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, Fortaleza, v.7, n. 1, p. 9-21, jan-jun, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil 01**. São Paulo: Editora Plantarum, 1992. 152p.

MACHADO, M., Souza, N., Krinski, D., Gonçalves, G., & Ming, L. (2021). **Determinação da umidade em sementes da figueira (*ficus adhatodifolia* schott ex spreng. - moraceae) armazenadas por dois anos e meio / moisture determination in fig tree (*ficus adhatodifolia* schott ex spreng. - moraceae) seeds stored for two and a half years**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 4(2), 1642-1647.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba:

FEALQ, 2015. 495p.

MEDEIROS, AC de S.; DA EIRA, M. T. S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas.** 2006.

MEDEIROS, Renato Vieira et al. **QUALIDADE DE SEMENTES DE *Copaifera langsdorffii* Desf. SOB EFEITOS DE TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS.** 2022.

NASCIMENTO, Manoel Euclides et al. **Caracterização anatômica em diferentes ambientes e óleos essenciais de cinco espécimes de *Copaifera langsdorffii* Desf.** 2010. Tese de Doutorado. UFRA.

NICOLA, P. A., Kaminski, N. J., Franke, M. C., Pereira, L. C. M., & Nogueira, A. C. (2012). **Efeitos da temperatura na germinação de sementes de prunus brasiliensis (cham. & schlecht.) d. dietrich, provenientes do solo e das fezes de brachyteles arachnoides (e. geoffroy, 1806) (atelineae – primates).** Estudos De Biologia, 34(82).

NOLETO, Leonardo Gonçalves; PEREIRA, Maria de Fátima Rodrigues; AMARAL, Lourdes Isabel Velho Do. **Alterações estruturais e fisiológicas em sementes de *Copaifera Langsdorffii* DESF.-Leguminosae-Caesalpinioideae submetidas ao tratamento com hipoclorito de sódio.** Revista Brasileira de Sementes, v. 32, p. 45-59, 2010.

OLIVEIRA, Evellyn Couto. **EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE *Copaifera langsdorffii* Desf.** 2006.

OLIVEIRA, Sabrina Gonçalves De; TURMINA, Adriana Cristina; SILVA, Camila Andrade; SILVA, Erica das Graças; SILVA, Rômulo Bueno Da; SILVA, Ana Carolina Andrade. **CURVA DE EMBEBIÇÃO DE ÁGUA EM SEMENTES DE COPAÍBA (*Copaifera langsdorffii*) SOB ARMAZENAMENTO.** 67° CNBOT. 2016

PAULA, J. E. de. **Estudo das estruturas internas das madeiras de dezesseis espécies da flora brasileira, visando seu aproveitamento para produção de álcool, carvão, coque e papel.** Brasil Florestal, Brasília, v. 11, n. 47, p. 23-50, 1981

PAWLETT, S. **Brazilian trees provide basis for diesel fuel.** Canadian Forest Industries, Ottawa, v. 100, n. 3, p. 74-75, 1980.

PEREIRA, R. S., SANTANA, D. G., RANAL, M. A. **Emergência de Plântulas oriundas de sementes recém-colhidas e armazenadas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpinioideae), Triângulo mineiro, Brasil.** Revista Árvore, Viçosa – MG, v.33, n.4, p.643-652, 2009.

PEREIRA, WILSON VICENTE SOUZA. **Tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* e *Tapirira obtusa*.** 2011.

PIOTTO, Daniel et al. **P&D de silvicultura de espécies nativas-Programa pré-competitivo para o setor florestal do Brasil, 2023.** Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1161020/1/Eventos-Anais-Iufro-AL-23-final-139.pdf>

QUEIROZ, J. A. L.; BIANCHETTI, A. **Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de copaíba (*Copaifera* spp.)**. Comunicado Técnico. Embrapa, Amapá, Macapá, 2001. AP. 5p.

RABELLO, A.; RAMOS, F. N.; HASUI, Érica. **Efeito do tamanho do fragmento na dispersão de sementes de Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Delf.)**. Biota Neotropica, v. 10, p. 47-54, 2010.

RIBEIRO, J.; RANAL, M. (2014). **Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor?**. Ciência Florestal, 24(3), 771-784.

RIZZINI, C. T. **Contribuição ao conhecimento das floras nordestinas**. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 28, n. 41, p. 137-193, 1976.

ROLIM, S.G. et al., 2020. **“Prioridades e lacunas de pesquisa e desenvolvimento em silvicultura de espécies nativas no Brasil”**. Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. Disponível em <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes>

ROSA, Júlio Cardoso; GOMES, A. M. S. **Os aspectos etnobotânicos da copaíba**. Rev. Geogr, v. 4, p. 59-77, 2009.

SALGADO, M. A.; REZENDE, A. V.; FELFILI, J. M. **Comportamento de mudas de *Copaifera langsdorffii* (Desf.) sombreadas em viveiro**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 48., 1997, Crato. Resumos. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1997. p. 84.

SIDIÃO, W.B.; MENDES, D.B.; DE OLIVEIRA, L.R.; BARBOZA, F.S.; CONEGLIAN, A. **Superação de dormência em sementes de Copaíba submetidas a escarificação mecânica**. Open Journal Systems, Resumo Expandido. v. 15 (2018). Disponível em: <https://www.anais.ueg.br/index.php/seciag/article/view/11198>

SILVA FILHO, N. L. da; BARBOSA, L. M.; SCAF, M. de F.; KANASHIRO, S. **Expedição científica a Rondônia (RO): estudos de viabilidade de propagação de espécies vegetais**. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. Anais. São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 609-619. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v. 4, pt. 2, 1992.

SILVA, Valéria Alencar et al. Curva de embebição e influência da água sobre a germinação de sementes de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 16, n. 10, p. 21836-21849, 2023.

SOUZA, Agostinho Lopes de, 1952- **Florestas nativas: estrutura, dinâmica e manejo**/Agostinho Lopes de Souza e Carlos Pedro Boechat Soares - Viçosa, MG: Ed.

UFV,2013. 322P. il. ;29cm.

SOUZA, M. L., Silva, D. R. P., Fantecelle, L. B., & Filho, J. P. d. L. (2015). **Key factors affecting seed germination of *copaifera langsdorffii*, a neotropical tree.** Acta Botanica Brasilica, 29(4), 473-477.

TRAMONTINI, Miguel Pesch et al. **Germinação e crescimento de plântulas de *Acacia mearnsii* de Wildeman com uso de giberelina e diferentes métodos de produção de sementes.** Espacios, n. 47, p. 21-30, 2017.

TONETTI, O. A. O., Davide, A. C., & Silva, E. A. A. d. (2006). **Qualidade física e fisiológica de sementes de *eremanthus erythropappus* (dc.) mac. leish.** Revista Brasileira De Sementes, 28(1), 114-121.

TORRES, Maria Fernanda Oliveira et al. **CURVA DE EMBEBIÇÃO E VIABILIDADE DE SEMENTES DE *Sapindus saponaria* L.** Global Science and Technology, v. 13, n. 1, 2020.

V,IEIRA, R.D.; CARVALHO N.M. **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP,1994. 164p.

VIVIAN, R., Gomes, F. G., Chamma, H. M. C. P., Silva, A., Fagan, E. B., & Ruiz, S. (2008). **Efeito da luz e da temperatura na germinação de *alternathera tenella*, *conyza bonariensis* e *digitaria ciliaris*.** Planta Daninha, 26(3), 507-513.