

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**

Mariana Couto Cruz

Resposta de espécies nativas a diferentes substratos e tamanhos de semente

Juiz de Fora
Mariana Couto Cruz

Resposta de espécies nativas a diferentes substratos e tamanhos de semente

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Alvim Carvalho

Coorientador: Prof.^a Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves

Juiz de Fora

2023

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da
Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Cruz, Mariana.

Resposta de espécies nativas a diferentes substratos e
tamanhos de semente / Mariana Cruz. -- 2023.

50 f. : il.

Orientador: Fabrício Carvalho

Coorientadora: Elzimar Gonçalves

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de
Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da
Natureza, 2023.

1. Tamanho de semente. 2. Áreas degradadas. 3.
Restauração florestal. 4. Floresta Atlântica. I. Carvalho,
Fabrício, orient. II. Gonçalves, Elzimar, coorient. III. Título.

Mariana Couto Cruz

Resposta de espécies nativas a diferentes substratos e tamanhos de semente: uma abordagem no contexto da restauração de áreas degradadas

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza.

Aprovada em 21 de julho de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabrício Alvim Carvalho - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dra. Carmem Lucas Vieira
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Tamiel Khan Baiocchi Jacobson
Universidade de Brasília

Juiz de Fora, 14/07/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Carmem Lucas Vieira, Usuário Externo**, em 21/07/2023, às 12:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabricio Alvim Carvalho, Professor(a)**, em 21/07/2023, às 12:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tamiel Khan Baiocchi Jacobson, Usuário Externo**, em 21/07/2023, às 12:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1367318** e o código CRC **D4FF5804**.

AGRADECIMENTOS

Muitas são as pessoas a quem destino a minha gratidão. Primeiramente, agradeço a Carol Mezzonato que foi quem me apresentou a possibilidade deste mestrado. Obrigada por me receber na sua casa e por todo o apoio dentro e fora dos muros da UF.

Agradeço ao meu orientador Fabrício, por todo o suporte intelectual e por ter me recebido tão bem no laboratório sem nem mesmo me conhecer. Agradeço a minha coorientadora Elzimar, que topou o desafio de fazer parte de um projeto já em andamento e trouxe contribuições enriquecedoras. Ambos me inspiram e me causam admiração.

Agradeço as mulheres especiais que conheci nessa caminhada. Kelly, minha mentora, coordenadora (chefe) e amiga. Você inspira força, justiça e sabedoria. Carmem, obrigada por toda ajuda e toda troca, aprendi tanto com você em tão pouco tempo.

Agradeço aos meus estagiários: Débora, Vinicius e Matheus. Vocês foram necessários para que esse trabalho tomasse forma.

Agradeço ao Seu Manoel, a Luana e ao Breno por todo suporte fornecido durante o experimento no Jardim Botânico.

Agradeço a todas as pessoas incríveis que conheci fazendo parte do Laboratório de Ecologia Vegetal da UFJF, principalmente: Thales, Antônio, Rinaldo, Nina, Matheus, Pietro, Walef, Helder e Marcelly. Em especial ao grupo do “Seus Uilsons”, já sinto saudades dos nossos momentos de risadas e trabalho duro na fazenda.

Agradeço ao Vitor, meu amigo do laboratório vizinho que ajudou a tornar essa caminhada mais leve. Obrigada por toda escuta, a gente se vê nos lençóis maranhenses.

Agradeço ao suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, projetos APQ-01632-21, APQ-00455/21 e APQ-02520-22), do Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, projeto 423656/2021-0) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, projeto 88887.689113/2022-00). Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação Biodiversidade e

Conservação da Natureza e ao Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo apoio logístico.

Agradeço a minha família, amigos e ao meu namorado que sempre me apoiam, me escutam e me aconselham. Obrigada a todos que contribuíram com a minha trajetória até aqui.

“A natureza é nosso bem comum. Temos de voltar a ela e desenvolver processos acessíveis a todos. É dessa forma que fazemos mudanças: pelo conhecimento.” (Ailton Krenak, 2018)

RESUMO

Os solos degradados têm seus atributos funcionais comprometidos devido a alterações em seus aspectos físicos, químicos e biológicos, o que torna complexa recomposição de áreas com essa característica, a começar pela seleção de espécies adequadas. Diversos atributos vegetais podem favorecer a restauração de áreas degradadas, como por exemplo, a utilização de sementes com maior quantidade de reservas nutricionais. Como forma de contribuir para a escolha de espécies para projetos de restauração em áreas degradadas da Floresta Atlântica, este trabalho avaliou a influência de diferentes substratos e tamanhos de sementes na germinação, na aquisição de biomassa e na sobrevivência de espécies vegetais. As espécies utilizadas foram *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, *Colubrina glandulosa* Perkins, *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz e *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake. As hipóteses são que o substrato comercial e as sementes maiores apresentarão os melhores resultados para os parâmetros avaliados. Para testar as hipóteses, efetuou-se a semeadura de indivíduos de quatro espécies de tamanhos variados de sementes em tubetes contendo os diferentes substratos (solo degradado, solo degradado com adubação fosfatada e substrato comercial Carolina Soil). Após 53 dias, porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, biomassa e sobrevivência foram medidos. Todas as variáveis, exceto a sobrevivência, foram afetadas pelo tipo de substrato, com o comercial fornecendo as respostas mais positivas. O tamanho de semente apresentou relação positiva com o acúmulo de biomassa, mas não foi uma variável decisiva na porcentagem de emergência, que foi inferior a 50 %, com exceção da *Libidibia ferrea*, cuja taxa foi de 69,4 % no substrato comercial. *Ceiba speciosa* exibiu os menores valores no substrato degradado, enquanto *Schizolobium parahyba* teve o maior e mais rápido crescimento em altura. A sobrevivência foi acima de 85 % para todas as espécies. *L. Ferrea* não mostrou grandes variações entre os substratos, o que reflete seu caráter rústico.

Palavras-chave: Tamanho de semente. Áreas degradadas. Restauração florestal. Floresta Atlântica.

ABSTRACT

Degraded soils exhibit compromised functional attributes due to alterations in their physical, chemical, and biological properties. This makes the restoration of areas with such characteristics a challenging endeavor, beginning with the selection of appropriate species. Several plant attributes can facilitate the restoration of degraded areas, one of which includes using seeds with a richer nutritional reserve. In an effort to guide species selection for restoration projects within the degraded regions of the Atlantic Forest, this study examined the influence of various substrates and seed sizes on germination, biomass acquisition, and plant species survival. The species used were *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, *Colubrina glandulosa* Perkins, *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz, and *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake. The hypotheses are that the commercial substrate and larger seeds will show the best results for the evaluated parameters. To test these hypotheses, seeds from four species of varying sizes were sown in tubes filled with different substrates: (degraded soil, degraded soil with phosphate fertilization, and commercial substrate Carolina Soil). After 53 days, emergence percentage, emergence speed index, average emergence time, biomass, and survival were measured. After 53 days, percentage of emergence, emergence speed index, mean emergence time, biomass, and survival rates were measured. Every variable, excluding survival, was influenced by the substrate type, with the commercial one providing the most positive responses. Seed size showed a positive relationship with biomass accumulation but was not a decisive variable in the emergence percentage, which was below 50%, except for *Libidibia ferrea*, which had a rate of 69.4% in the commercial substrate. *Ceiba speciosa* showed the lowest values in the degraded substrate, while *Schizolobium parahyba* had the highest and fastest height growth. Survival was above 85% for all species. *L. Ferrea* did not show significant variations between substrates, reflecting its robust nature.

Keywords: Seed size. Degraded lands. Forest restoration. Atlantic Forest.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 - Espécies nativas utilizadas no estudo e respectivos métodos de superação de dormência.	16
Figura 1 – Mapa indicando a área de coleta do solo, localizada na Fazenda Experimental da UFJF (NIASSA) (1) e a área em que ocorreu o experimento de semeadura, localizada no Jardim Botânico da UFJF (2).....	18
Tabela 2 - Resultado da estatística descritiva que contemplou a análise individual de 100 sementes de quatro espécies arbóreas nativas comuns ao domínio Atlântico. D.P. = desvio padrão; C.V. = coeficiente de variação.....	21
Tabela 3 - Resultado da pesagem de 100 sementes de quatro espécies arbóreas nativas comuns ao domínio Atlântico e respectiva classificação de tamanho com base nos valores biométricos (massa, comprimento, largura e espessura). Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$). P = pequena; M = média; G = Grande.....	22
Tabela 5 - Porcentagem de emergência de cada espécie sob cada substrato aos 53 dias após a semeadura. As espécies foram analisadas individualmente, comparando-se apenas os substratos. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$). P = Adubo fosfatado.	24
Figura 2 - Índice de velocidade de emergência de cada espécie com o respectivo erro padrão sob os diferentes substratos durante 53 dias de experimento. T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial.....	25
Figura 6 - Massa seca da raiz (g) das espécies da Floresta Atlântica em função do substrato, após 53 dias de semeadura. A - <i>Schizolobium parahyba</i> ; B - <i>Ceiba speciosa</i> ; C - <i>Colubrina glandulosa</i> ; D - <i>Libidibia ferrea</i> . T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$).....	29
Figura 7 - Massa seca da parte aérea (g) das espécies da Floresta Atlântica em função do substrato, após 53 dias de semeadura. A - <i>Schizolobium parahyba</i> ; B - <i>Ceiba speciosa</i> ; C - <i>Colubrina glandulosa</i> ; D - <i>Libidibia ferrea</i> . T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$).	30
Tabela 6 - Porcentagem de sobrevivência (%S) das espécies sob os diferentes substratos 53 dias após a semeadura. P = Adubo fosfatado.	31

Figura 8 - Emergência de apenas um indivíduo em uma repetição do substrato comercial, ilustrando a assincronicidade na emergência da espécie..... 34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 METODOLOGIA.....	16
2.1 Seleção de espécies.....	16
2.2 Biometria das sementes	17
2.3 Local do experimento	17
2.4 Caracterização da área de coleta do solo.....	17
2.5 Coleta e análise do solo	19
2.6 Delineamento experimental da semeadura	19
2.7 Montagem da estrutura e semeadura	19
2.8 Avaliação da emergência e da sobrevivência	20
2.9 Análise da biomassa das mudas.....	20
2.10 Análises estatísticas	21
3 RESULTADOS	21
3.1 Biometria das sementes	21
3.2 Análise do solo	22
3.3 Emergência	24
3.4 Biomassa.....	26
3.5 Sobrevivência	30
4 DISCUSSÃO	31
5 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a 4ª Instrução Normativa do IBAMA (2011), uma área é considerada degradada quando se encontra “impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado”. No contexto da Floresta Atlântica, as áreas degradadas formam um mosaico diversificado que inclui áreas urbanas, pastagens, agriculturas, silviculturas e pequenas ilhas de vegetação (Joly et al., 2014). As ilhas de vegetação em particular são reflexo dos processos de fragmentação provenientes do intenso desmatamento no bioma, o que leva à perda da biodiversidade, emissões de carbono para a atmosfera e degradação dos recursos naturais, principalmente água e solo.

Dentre esses impactos, a degradação do solo sobretudo resulta na diminuição de sua qualidade, funcionalidade e capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos, gerando impactos negativos nos aspectos físicos, químicos, biológicos e ecológicos (Lal, 2015).

No aspecto físico, a compactação afeta a expansão das raízes e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes (Colombi; Keller, 2019). Essa condição estrutural restringe a movimentação de ar, água e nutrientes, o que limita a produtividade biológica e econômica, assim como a integridade ecológica (Nawaz et al., 2013; Alauoi et al., 2018). Singh et al. (2015) descrevem algumas características comuns encontradas em solos compactados, como maior densidade aparente e resistência à penetração e menor condutividade hidráulica, porosidade e capacidade de infiltração.

As propriedades químicas dos solos degradados também são afetadas, principalmente quando estes foram contaminados pelo uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes (Baweja et al., 2020). A diminuição da qualidade do solo por meio dessas práticas pode ser observada através da alteração de suas propriedades, como fertilidade, pH, oxirredução, saturação por bases, capacidade de troca catiônica e teor de matéria orgânica (Bongue et al., 2019; Saravanan et al., 2022; Silva et al., 2022a).

A comunidade biológica do solo é outro ponto que sofre alterações com sua degradação, sendo esta considerada um indicador sensível às mudanças ambientais (Epelde et al., 2014; Silva et al., 2021a). Os microrganismos presentes no solo possuem capacidade de degradar substâncias, atuando em processos de ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, formação de agregados e estabilização da estrutura do solo. Por outro lado, os macrorganismos atuam no controle do meio biológico, dispersão de sementes, aeração do solo

e formação de galerias (Machado et al., 2015). Tais funções podem ser comprometidas em solos degradados.

Nesse contexto, a restauração florestal surge como uma oportunidade sustentável e promissora de recuperar solos degradados, possibilitando não só o restabelecimento dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelo solo (e. g. regulação climática, purificação da água, armazenamento de carbono e manutenção da biodiversidade), como a provisão de novos serviços provenientes da flora e, conseqüentemente, da fauna restaurada.

Todavia, a seleção de espécies adequadas para colonizar esses ambientes é desafiadora, tendo em vista a exposição à diferentes estressores ambientais, tais como mato-competição, escassez de água e nutrientes. Portanto, uma seleção adequada deve considerar uma combinação entre os atributos vegetais e as características do ambiente em que esses estão inseridos. Davidson et al. (1998) e dos Santos et al. (2006) afirmam que, em ambientes degradados, espécies pioneiras tendem a apresentar um crescimento mais rápido e uma maior taxa de sobrevivência em comparação com não-pioneiras. No entanto, esse resultado pode ser diferente quando espécies não-pioneiras derivam de sementes grandes, devido a maior quantidade de reservas que estas possuem (Hooper et al., 2002).

Moles e Westoby (2006) reiteram que o tamanho da semente está diretamente relacionado a capacidade de dispersão e sobrevivência das espécies. Segundo os autores, espécies com sementes grandes tendem a possuir baixa capacidade de dispersão, mas maior taxa de sobrevivência devido ao acúmulo de reservas. Por outro lado, Aguirre et al. (2015) demonstraram que as sementes pequenas foram as que apresentaram as maiores taxas de germinação e estabelecimento, quando comparadas àquelas de tamanho médio. A velocidade da emergência também varia de acordo com o estudo. Em alguns casos, as sementes maiores possuíram as maiores velocidades (Ferreira et al. 2009), enquanto em outros, as sementes menores foram as mais rápidas (Souza & Fagundes, 2014; Scaloppi, 2017). Portanto, conhecer o desempenho das diferentes espécies em função de tamanhos variados de sementes é importante para selecionar as espécies mais adequadas para cada contexto.

A morfologia e o padrão de alocação de recursos das espécies podem desempenhar um papel fundamental no sucesso de seu estabelecimento. Contudo, a disponibilidade dos recursos tanto acima quanto abaixo do solo exerce uma influência significativa nessa relação (Soriano et al., 2013). Diversos estudos apontam que, em condições favoráveis, há uma relação negativa entre tamanho da semente e crescimento da planta, enquanto sob condições de estresse essa relação pode ser positiva (Turnbull et al., 2012; Pereira et al., 2013; Larson et al., 2015). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de espécies para a restauração de áreas

degradadas do domínio Atlântico em função de diferentes substratos (solo degradado, solo degradado adubado com superfosfato simples e substrato comercial) e tamanhos de sementes (pequeno, médio e grande).

A hipótese é que o substrato comercial e as sementes maiores fornecerão as melhores respostas. Para testar essa hipótese, sementes de quatro espécies serão semeadas em tubetes contendo os diferentes tratamentos e serão avaliadas emergência, biomassa e taxa de sobrevivência.

2 METODOLOGIA

2.1 Seleção de espécies

As espécies utilizadas no experimento foram escolhidas de acordo com o levantamento de inventários locais (Pyles et al., 2020; Borges et al., 2020; 2021), com a disponibilidade de sementes no mercado na ocasião do experimento e com o conjunto de espécies selecionadas para o BEF Atlantic. O BEF Atlantic é um projeto central do Instituto de Ciências Biológicas da UFJF e tem como objetivo investigar os efeitos da diversidade de espécies arbóreas no sucesso da restauração ecológica de áreas degradadas da Floresta Atlântica. Esse projeto engloba 24 espécies arbóreas da flora brasileira, das quais quatro foram selecionadas para compor o presente trabalho.

As sementes foram adquiridas por meio de empresas certificadas (Renasem – Resolução nº17 (2017) – Brasil) e cada espécie derivou de um mesmo lote de sementes. Foram realizados tratamentos para superação de dormência, de acordo com informações disponíveis na literatura (Tabela 1).

Tabela 1 - Espécies nativas utilizadas no estudo e respectivos métodos de superação de dormência.

Nome científico	Nome popular	Estágio sucessional¹	Método de superação de dormência
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Guapuruvu	P	Imersão em água a 96°C e permanência fora do aquecimento, por 48 horas (Mori et al., 2012)
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Paineira-rosa	NP	Imersão em água por 48h em temperatura ambiente (Mori et al., 2012)
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	Pau-ferro	P	Imersão em ácido sulfúrico por 15 minutos (Walter et al., 2018)
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	Sobrasil	NP	Imersão em ácido sulfúrico por 2h (Lopes, 2019)

¹Divisão dicotômica de grupos sucessionais estabelecida conforme Swaine and Whitmore (1988), onde P = Pioneira e NP = Não-Pioneira.

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

2.2 Biometria das sementes

Por meio da utilização do paquímetro digital de precisão Anengtm (0,1 mm) foram medidos comprimento, determinado da base ao ápice da semente, largura e espessura, determinados a partir da linha mediana de 100 sementes de cada uma das espécies. A massa das sementes foi conferida por meio da utilização de uma balança de precisão de 0,001 g, na qual a pesagem de quatro subamostras de 25 sementes foi realizada para cada uma das espécies, totalizando 100 sementes por espécie.

A partir do cruzamento dos resultados de comprimento, largura, espessura e massa, as sementes foram classificadas em três classes de tamanho: pequeno (P), médio (M) e grande (G) e cada classe foi obrigatoriamente associada a uma espécie.

2.3 Local do experimento

O experimento foi realizado no viveiro do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) com coordenadas de 21°44'04.32"S e 43°22'10.48"W (Figura 1). O clima da região é classificado como subtropical de altitude (Cwa, sensu Köppen), composto por duas estações distintas, uma mais quente e chuvosa e outra fria e seca. Ao longo do período do experimento (24 de setembro - 16 de novembro), o índice pluviométrico total foi de 328 mm na região.

O local encontra-se dentro do domínio Atlântico, região extremamente impactada pelo desmatamento, principalmente quando se considera o recorte espacial do estado de Minas Gerais (SOS Mata Atlântica; INPE, 2022). Apesar disso, o Jardim Botânico da UFJF está inserido em área adjacente à Mata do Krambeck, um dos maiores remanescentes urbanos de Floresta Atlântica do estado, com aproximadamente 292 hectares de extensão (Cruz et al., 2020).

2.4 Caracterização da área de coleta do solo

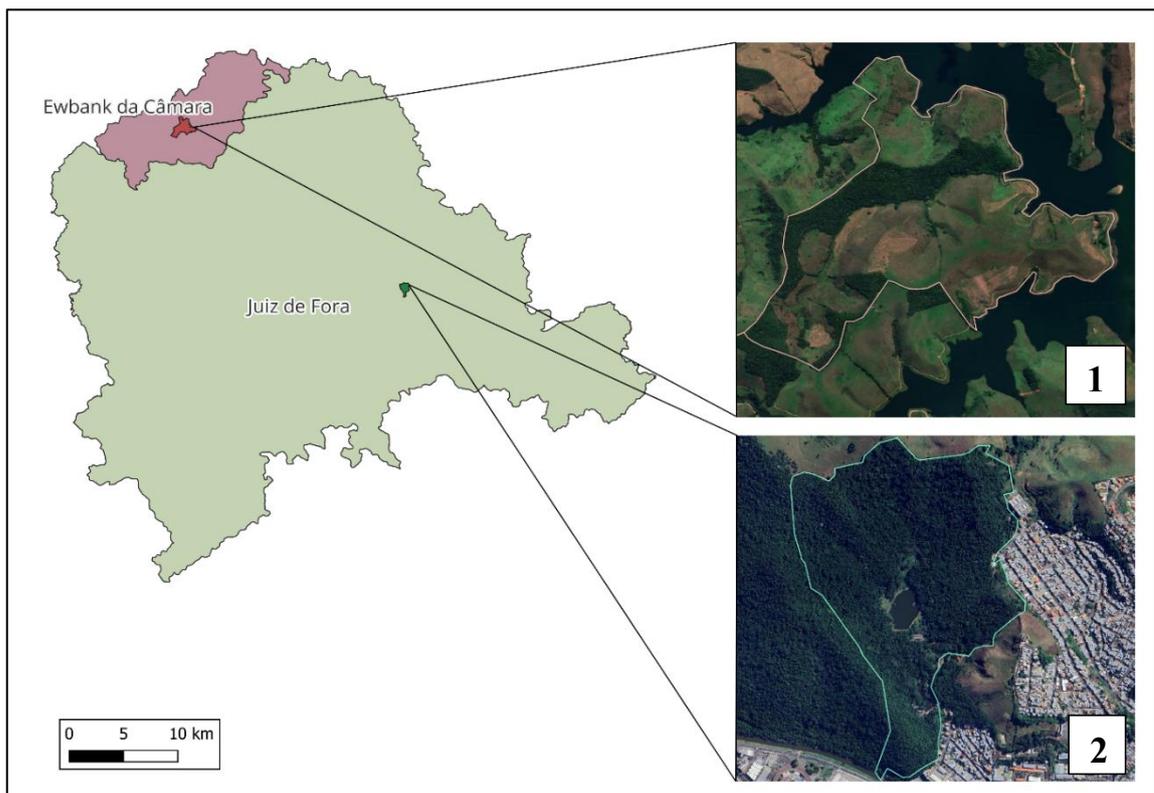
O solo degradado foi coletado na fazenda experimental da UFJF (Núcleo de Integração Acadêmica para Sustentabilidade Socioambiental (NIASSA), localizada no município de Ewbank da Câmara, Minas Gerais (Figura 1). O município é considerado uma microrregião de Juiz de Fora e abrange quase metade da extensão da represa Chapéu D'uvas, sua barragem e uma parcela de sua Bacia Hidrográfica. A Bacia apresenta alto índice de estresse hídrico, devido

ao atual uso e ocupação do solo da região, que intensificam o escoamento superficial e contribuem para o aumento de processos erosivos (Almeida et al., 2023).

A precipitação média anual na região é de aproximadamente 1.500 mm, com temperatura média anual em torno de 19°C (CESAMA, 2021). O relevo forte ondulado é predominante, abrangendo 46% do território, com declividade de 20 a 45%. Já o relevo ondulado ocupa cerca de 26% da área municipal, com declividade entre 8 e 20% (IEDE, 2019).

A Fazenda Experimental da UFJF está inserida dentro da Floresta Atlântica, em uma paisagem formada predominantemente por pastagens, com pequenos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual. A classe de solo encontrada é a Latossolo Vermelho-Amarelo (Almeida et al., 2023), que apresenta características como textura argilosa, porosidade de moderada à alta e baixa disponibilidade de água para a planta (Almeida et al., 2021). Segundo Almeida et al. (2021), essa classe de solo gera escoamento superficial acima da média e possui capacidade de infiltração abaixo da média, contendo porcentagem considerável de argila e baixa profundidade.

Figura 1 – Mapa indicando a área de coleta do solo, localizada na Fazenda Experimental da UFJF (NIASSA) (1) e a área em que ocorreu o experimento de sementeira, localizada no Jardim Botânico da UFJF (2).



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

2.5 Coleta e análise do solo

A coleta se deu por meio da utilização de um enxadão, com o qual foi retirada, em um único ponto de coleta, quantidade suficiente de solo superficial (0-20 cm de profundidade) para o enchimento dos tubetes. O solo coletado foi então homogeneizado e uma alíquota foi reservada para a adição do superfosfato simples. A adubação sucedeu em uma proporção de aproximadamente 20 g de superfosfato para 1 kg de substrato degradado, no qual o adubo foi misturado uniformemente ao solo degradado. Uma parcela dos solos foi fracionada em oito amostras de 0,5 kg (quatro para o solo degradado e quatro para o solo adubado com superfosfato) e foi encaminhada para o Laboratório de análise de solo de Viçosa, onde ocorreu a caracterização da composição química. Os métodos laboratoriais utilizados nas análises seguiram os padrões EMBRAPA (1997).

2.6 Delineamento experimental da semeadura

O delineamento experimental foi dividido em três substratos e quatro espécies nativas. Cada espécie possuía quatro repetições de nove réplicas, em um total de 432 unidades amostrais. Os tratamentos se dividiram em T1 - substrato degradado, T2 - substrato degradado adubado com superfosfato simples em pó e T3 - substrato comercial Carolina Soil®. O superfosfato simples é um adubo mineral composto, em média, por 18% de pentóxido de fósforo (P_2O_5) solúvel em água e 40% de gesso agrícola ($(CaSO_4)2H_2O$), sendo 20% de Cálcio e 10-12% de Enxofre (Bená Filho et al., 2015). Já o substrato comercial utilizado é composto por turfa, vermiculita e calcário, possui pH de 5,5 e condutividade elétrica de 0,7 mS/cm, de acordo com informações do fabricante.

A opção pelo uso do adubo superfosfatado é justificada pela reunião de características como disponibilidade no mercado, composição nutricional adequada para o desenvolvimento inicial de plântulas e compatibilidade com o solo coletado, tendo em vista que o Latossolo Vermelho-Amarelo possui naturalmente teor de fósforo baixo, com indicação de adubação fosfatada (Almeida et al., 2021).

2.7 Montagem da estrutura e semeadura

Uma parcela de cada um dos três substratos foi inserida dentro de tubetes de 180 ml contendo, ao fundo, um pedaço de tecido não tecido (TNT) de aproximadamente 4 cm² para controle da lixiviação. Os tubetes foram dispostos sobre três mesas gradeadas (um substrato por mesa), arranjadas em fileiras e colocadas sob sombrite com 50% de sombreamento. As sementes foram plantadas respeitando-se o número de uma semente por recipiente, já que sementes grandes, como as de *S. parahyba*, não permitiam a semeadura de maiores quantidades no recipiente utilizado. A profundidade de enterro foi de aproximadamente o dobro do tamanho da semente. A irrigação foi realizada por meio do método de gotejamento e ocorreu diariamente, de uma a duas vezes ao dia durante todo o período do experimento.

2.8 Avaliação da emergência e da sobrevivência

A emergência foi conferida em dias alternados com o objetivo de determinar a porcentagem de emergência (%), o índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de emergência (TME).

O IVE foi calculado de acordo com metodologia de Maguire (1962), através da fórmula $IVE = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$, onde IVE = índice de velocidade de emergência; G = número de plântulas normais computadas nas contagens; N = número de dias da semeadura à 1^a, 2^a... 8^a avaliação. O TME foi calculado com base na metodologia de Labouriau e Valadares (1976), por meio da fórmula: $t = \sum n_i t_i / \sum n_i$, onde: t = tempo médio de emergência; n_i = número de sementes emergidas por dia; t_i = tempo de incubação (dias).

Foram consideradas emergidas as plântulas que se apresentavam expostas acima da superfície do substrato. A porcentagem de sobrevivência (%) foi obtida no final dos 53 dias de experimento (24 de setembro de 2022 - 16 de novembro de 2022), quando houve estabilização da emergência.

2.9 Análise da biomassa das mudas

No 53^o dia de experimento, foram coletadas aleatoriamente 9 mudas de cada espécie em cada um dos substratos, com o objetivo de comparar a biomassa adquirida em cada tratamento. As mudas coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Vegetal da UFJF, onde foram aferidos os seguintes parâmetros: altura da parte aérea (H cm), diâmetro do coleto (DC mm), massa seca da raiz (MSR g) e massa seca da parte aérea (MAS g). Massa seca da

raiz e massa seca da parte aérea foram avaliadas após secagem das partes em estufa a 65° C por 48 horas e posterior pesagem em balança de precisão de 0,001 g. A altura da parte aérea foi medida com o auxílio de uma régua graduada, enquanto o diâmetro do coleto foi medido por meio de um paquímetro digital de precisão.

2.10 Análises estatísticas

Os dados da biometria das sementes foram submetidos a análises descritivas, com a obtenção dos valores mínimos e máximos, da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação de cada espécie.

Os dados de emergência, massa da semente e biomassa das mudas foram submetidos à diferentes testes de normalidade. Constatada a rejeição da normalidade, os dados foram analisados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e os grupos de tratamentos comparados pelo teste de Mann Whitney, a 5% de probabilidade, com auxílio do programa computacional PAST. A espécie *Ceiba speciosa* não alcançou o número mínimo de emergentes no substrato degradado, impossibilitando aplicação de testes de múltiplas amostras, sendo utilizado somente o Mann Whitney.

3 RESULTADOS

3.1 Biometria das sementes

Os resultados de comprimento, largura e espessura das sementes são exibidos na Tabela 2. A junção desses valores com a massa das sementes permitiu a classificação de tamanhos por espécie, apresentada na Tabela 3.

Os resultados de comprimento, largura e espessura das sementes são exibidos na Tabela 3. A junção desses valores com a massa das sementes permitiu a classificação de tamanhos por espécie, apresentada na Tabela 3.

Tabela 2 - Resultado da estatística descritiva que contemplou a análise individual de 100 sementes de quatro espécies arbóreas nativas comuns ao domínio Atlântico. D.P. = desvio padrão; C.V. = coeficiente de variação.

	Mín.	Máx.	Média (±D.P.)	C.V. (%)
Comprimento (mm)				
<i>C. glandulosa</i>	3,3	4,4	3,87 (±0,18)	5
<i>S. parahyba</i>	21,5	33,7	28,76 (±2,72)	9
<i>C. speciosa</i>	5,3	7,8	6,49 (±0,39)	6
<i>L. ferrea</i>	6,6	11,3	9,30 (±0,91)	10
Largura (mm)				
<i>C. glandulosa</i>	2,4	3,5	2,82 (±0,23)	8
<i>S. parahyba</i>	13,8	18,7	16,65 (±1,09)	7
<i>C. speciosa</i>	3,9	7,2	5,16 (±0,45)	9
<i>L. ferrea</i>	5	7,9	6,12 (±0,56)	9
Espessura (mm)				
<i>C. glandulosa</i>	2	2,7	2,42 (±0,15)	6
<i>S. parahyba</i>	2,9	4,8	3,86 (±0,40)	10
<i>C. speciosa</i>	4	7,1	5,50 (±0,55)	10
<i>L. ferrea</i>	3	5,9	4,38 (±0,57)	13

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Tabela 3 - Resultado da pesagem de 100 sementes de quatro espécies arbóreas nativas comuns ao domínio Atlântico e respectiva classificação de tamanho com base nos valores biométricos (massa, comprimento, largura e espessura). Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$). P = pequena; M = média; G = Grande.

Espécie	Massa (g)	Classificação
<i>C. glandulosa</i>	1,36a	P
<i>L. ferrea</i>	13,40b	M
<i>C. speciosa</i>	12,85b	M
<i>S. parahyba</i>	116,03c	G

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

3.2 Análise do solo

Tanto o solo degradado quanto o degradado adubado com superfosfato apresentaram pH ácido (em água), com valor médio de 4,98 no solo degradado e 4,68 no solo adubado (Tabela 2). A textura do substrato degradado variou de franco-argilosa a argilo-arenosa enquanto a do adubado variou de franco-argilosa a puramente argilosa, sendo ambos enquadrados no tipo de solo argiloso de acordo com os parâmetros das Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (Alvarez et al., 1999).

Segundo a metodologia de Alvarez et al. (1999), os teores de potássio (K) foram baixos em ambos os substratos, no entanto, conforme o esperado, o valor de fósforo (P) foi superior no substrato adubado, sendo considerado “muito bom” de acordo com os parâmetros dos autores. A quantidade de cálcio trocável (Ca^{2+}) foi considerada baixa no substrato degradado e muito boa no substrato adubado, enquanto a de magnésio trocável (Mg^{2+}) variou de muito baixa no substrato degradado à média no adubado. O valor de alumínio trocável (Al^{3+}) divergiu entre as amostras, mas se mostrou majoritariamente baixo tanto no substrato degradado quanto no adubado, com valor médio em uma das amostras provenientes do substrato degradado. O teor de matéria orgânica (MO) foi médio em ambos os substratos. O substrato adubado apresentou valores maiores de capacidade de troca catiônica (CTC) e de soma das bases (SB) em comparação com o substrato degradado. Além disso, considerando a saturação por bases (V), o solo degradado apresentou um perfil distrófico e pouco fértil ($< 50\%$), enquanto o solo adubado apresentou um perfil eutrófico e altamente fértil ($\geq 50\%$) (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultado da análise dos substratos provenientes da coleta de solos degradados localizados em Ewbank da Câmara, MG. C.V. = coeficiente de variação; D.P. = desvio padrão; P = Adubo fosfatado. Os métodos laboratoriais utilizados nas análises seguiram os padrões EMBRAPA (1997).

Parâmetro	Degradado				Mín. n.	Degradado + P		
	Mín.	Máx.	Média (\pm D.P.)	C.V. (%)		Máx.	Média (\pm D.P.)	C.V. (%)
P (mg/dm^3)	1,5	2,6	2,26 \pm 0,46	20	172 ,6	283,3	259,56 \pm 0,48	19
K (mg/dm^3)	26	30	28,8 \pm 1,64	6	31	43	37,4 \pm 4,34	12
MO (%)	2,7	3	2,9 \pm 0,14	5	3,1	3,2	3,14 \pm 0,05	2
Al^{3+} (cmolc/dm^3)	0,4	0,6	0,46 \pm 0,09	19	0,2	0,4	0,3 \pm 0,10	33

Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,56	0,89	0,67 ± 0,15	22	9,8 5	20,5	15,7 ± 4,03	26
Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	0,13	0,16	0,15 ± 0,01	9	0,2 8	0,47	0,38 ± 0,08	22
H + Al (cmolc/dm ³)	3,96	5,61	4,62 ± 0,70	15	5,9 4	7,26	6,46 ± 0,50	8
SB (cmolc/dm ³)	0,76	1,13	0,958 ± 0,18	19	10, 21	21,06	16,18 ± 0,14	25
CTC (cmolc/dm ³)	4,96	6,73	5,58 ± 0,71	13	16, 48	28,32	22,65 ± 4,45	20
V (%)	13,3	22,2	17,34 ± 3,79	22	62	74,4	70,72 ± 5,24	7

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

3.3 Emergência

Os resultados mostraram que a espécie que apresentou maiores taxas de emergência em todos os substratos foi *Libidibia ferrea* (Tabela 5), tendo o substrato comercial maior porcentagem de emergência (69,43%), não só nesta como em todas as outras espécies. O substrato comercial foi significativamente superior ($p < 0,05$) ao degradado na performance germinativa, porém, este último não diferiu significativamente do substrato adubado na comparação por pares. *Libidibia ferrea* e *Colubrina glandulosa* não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e a maior diferença foi encontrada na comparação entre o solo degradado e o substrato comercial da espécie *Ceiba speciosa* ($p = 0,003$).

Tabela 5 - Porcentagem de emergência de cada espécie sob cada substrato aos 53 dias após a semeadura. As espécies foram analisadas individualmente, comparando-se apenas os substratos. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$). P = Adubo fosfatado.

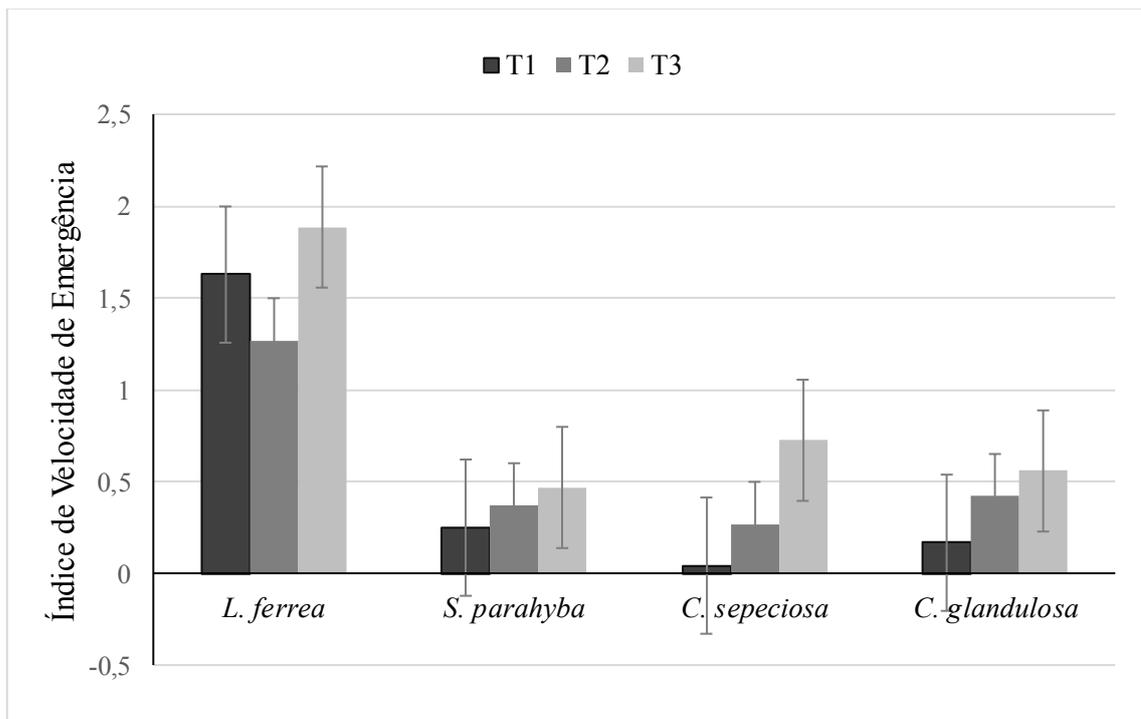
Espécie	Substrato	%E
<i>Libidibia ferrea</i>	Degradado	63,9 a
	Degradado + P	52,8 a
	Comercial	69,4 a
<i>Schizolobium parahyba</i>	Degradado	19,4 b
	Degradado + P	30,6 bc
	Comercial	44,4 c

<i>Ceiba speciosa</i>	Degradado	2,8 d
	Degradado + P	8,3 de
	Comercial	27,8 e
<i>Colubrina glandulosa</i>	Degradado	11,1 f
	Degradado + P	33,3 f
	Comercial	36,1 f

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Em relação ao IVE, *Libidibia ferrea* também apresentou o maior índice em todos os substratos (Figura 2). *Ceiba speciosa* foi a espécie de segundo maior índice no substrato comercial (0,7243), porém a de menor índice no substrato degradado (0,0417). O IVE foi maior para todas as espécies no substrato comercial, quando comparado aos outros dois.

Figura 2 - Índice de velocidade de emergência de cada espécie com o respectivo erro padrão sob os diferentes substratos durante 53 dias de experimento. T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial.

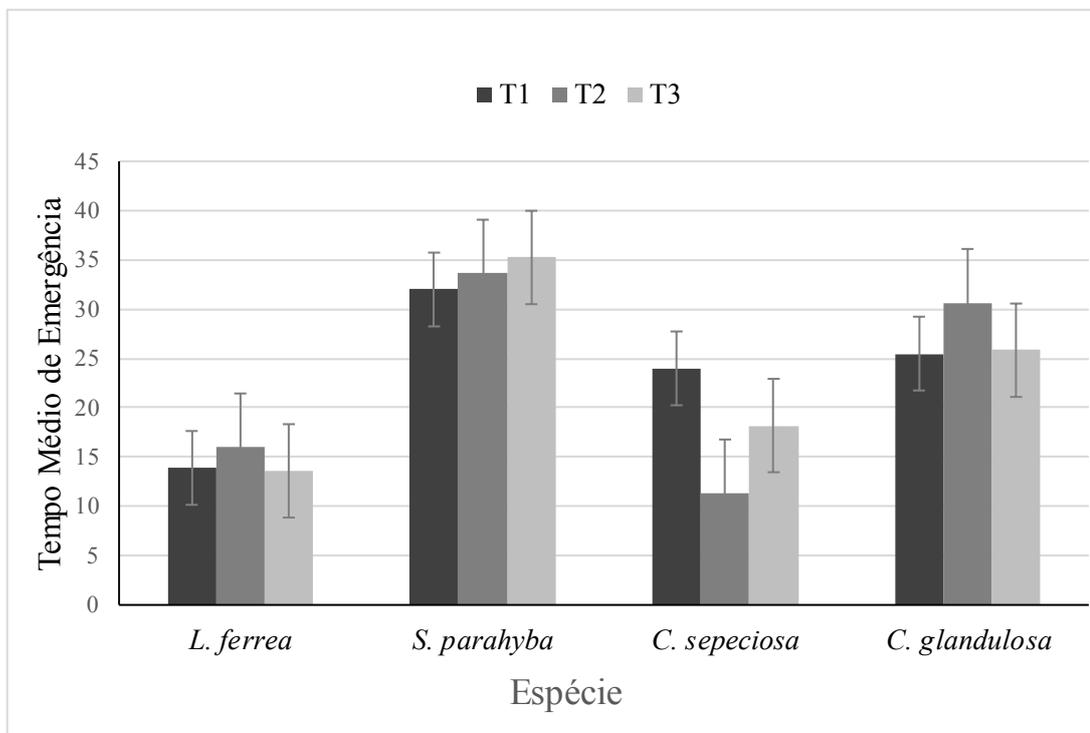


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

De modo geral, *Ceiba speciosa* apresentou o menor Tempo Médio de Emergência com 11,33 dias no substrato adubado (Figura 3). Todavia, julgando pelos 3 substratos, *Libidibia*

ferrea apresentou o menor valor de TME, com média de 14,5 dias entre os tratamentos. A espécie com maior TME foi *Schizolobium parahyba*, necessitando de no mínimo 32 dias para a emergência completa das plântulas.

Figura 3 - Tempo médio de emergência (TME) de cada espécie com o respectivo erro padrão sob os diferentes substratos durante 53 dias de experimento. T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial.

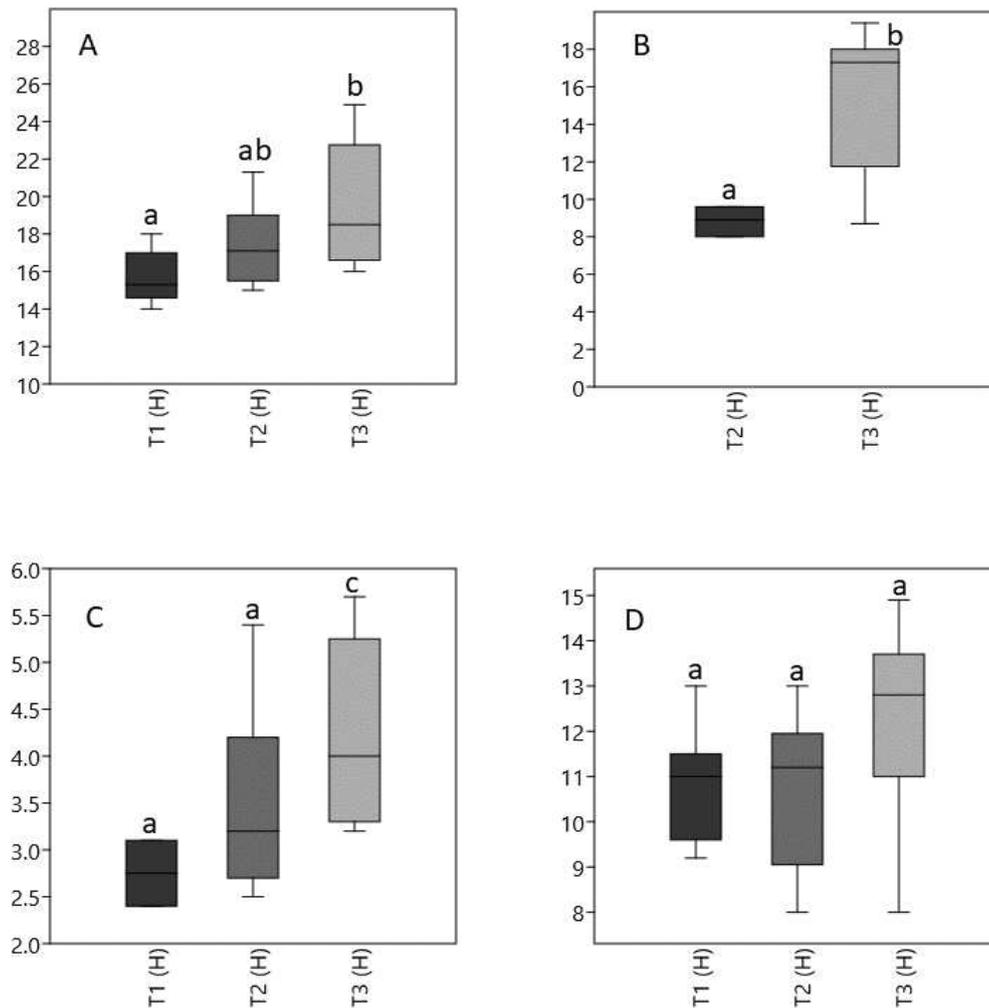


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.4 Biomassa

Quanto à altura dos indivíduos, somente *Libidibia ferrea* não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Figura 4). Na comparação por pares, *Schizolobium parahyba* mostrou-se maior no tratamento 3 em comparação ao 1 ($p < 0,05$), enquanto *Colubrina glandulosa* apresentou diferenças significativas tanto na comparação do substrato degradado com o comercial ($p < 0,01$), quanto na comparação do substrato adubado com o comercial ($p < 0,05$).

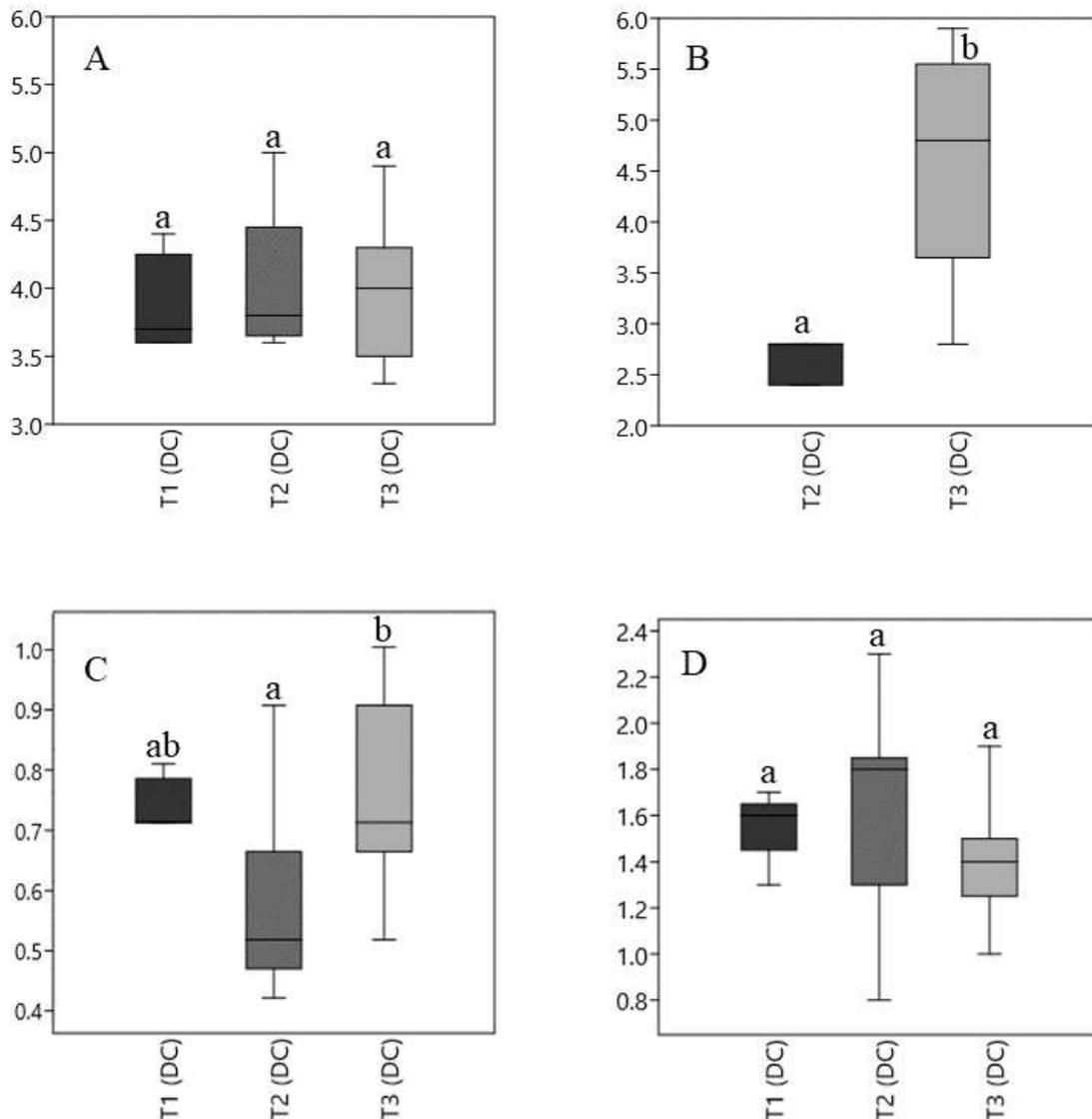
Figura 4 - Altura (cm) das espécies da Floresta Atlântica em função do substrato, após 53 dias de semeadura. A - *Schizolobium parahyba*; B - *Ceiba speciosa*; C - *Colubrina glandulosa*; D - *Libidibia ferrea*. T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O diâmetro do coleto (DC) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para *Schizolobium parahyba* nem para *Libidibia ferrea* (Figura 5). No entanto, *Ceiba speciosa* apresentou valores maiores de DC no substrato comercial, quando comparado ao adubado ($p < 0,05$). O mesmo ocorreu com *Colubrina glandulosa*, onde o diâmetro do coleto foi maior no substrato comercial ($p < 0,05$).

Figura 5 - Diâmetro do coleto (mm) das espécies da Floresta Atlântica em função do substrato, após 53 dias de semeadura. A - *Schizolobium parahyba*; B - *Ceiba speciosa*; C - *Colubrina glandulosa*; D - *Libidibia ferrea*. T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$).

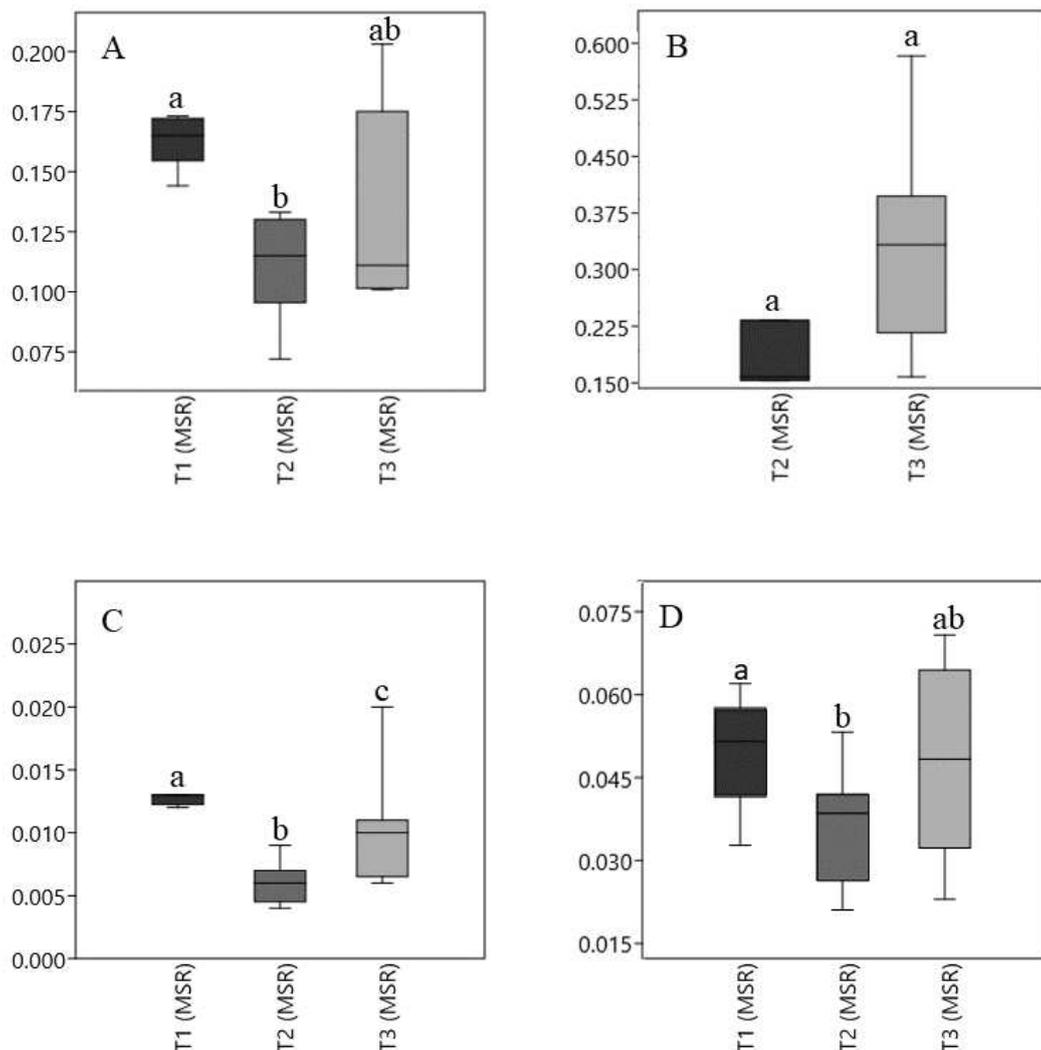


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O peso da massa seca da raiz (MSR) não apresentou diferença significativa para a espécie *Ceiba speciosa* (Figura 6). Tanto para *Schizolobium parahyba*, quanto para *Libidibia ferrea*, houve diferenças significativas entre os tratamentos 1 e 2 ($p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente), sendo os maiores valores apresentados no tratamento 1. Em ambas as espécies, o peso apresentou maiores valores no substrato comercial e menores no substrato adubado. *Colubrina glandulosa*, por outro lado, apresentou diferenças significativas entre todos

os tratamentos ($p < 0,01$), sendo os maiores valores de MSR encontrados no substrato comercial, seguido pelo degradado.

Figura 6 - Massa seca da raiz (g) das espécies da Floresta Atlântica em função do substrato, após 53 dias de semeadura. A - *Schizolobium parahyba*; B - *Ceiba speciosa*; C - *Colubrina glandulosa*; D - *Libidibia ferrea*. T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$).

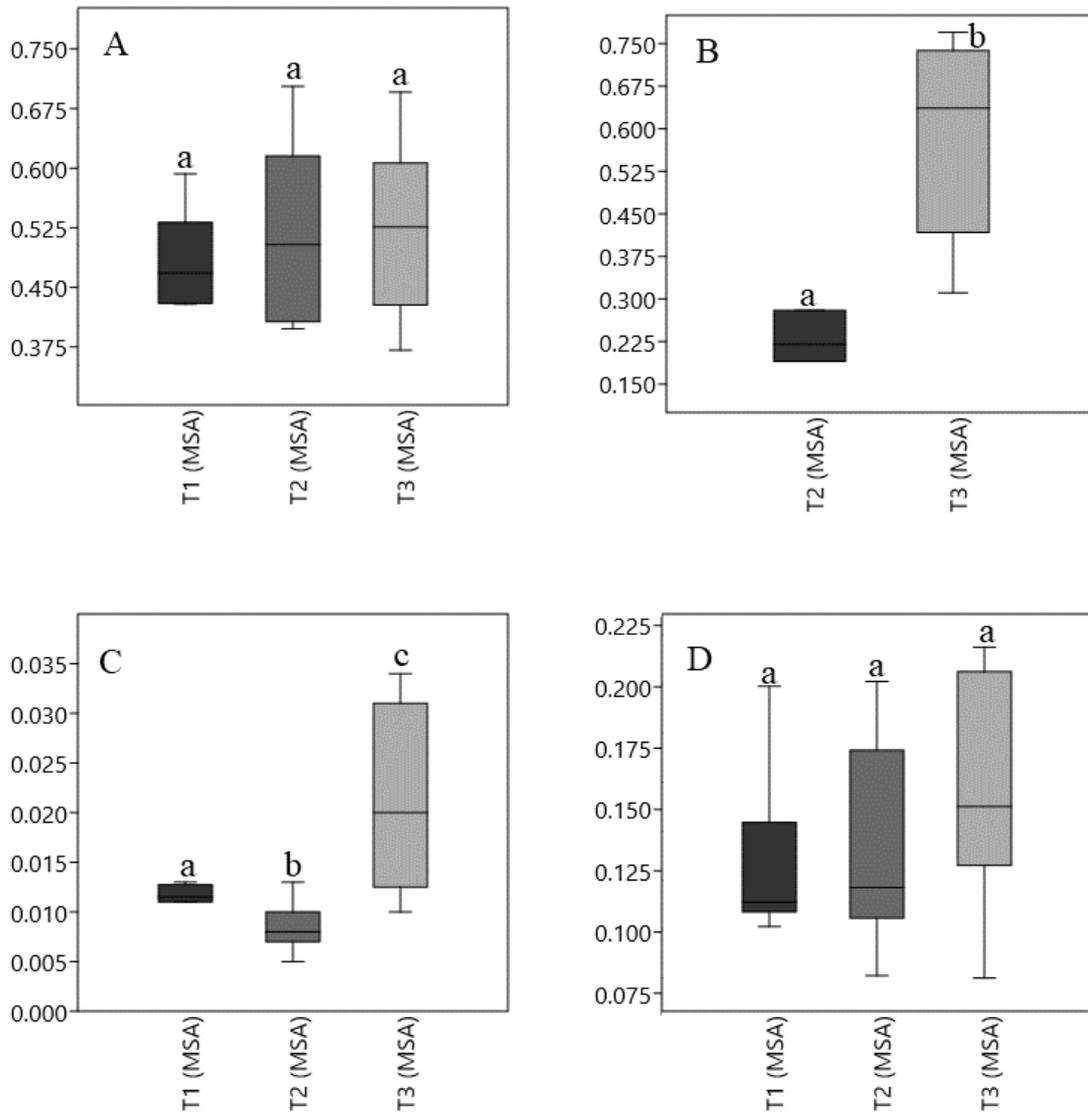


Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Colubrina glandulosa apresentou o mesmo comportamento no variável peso da massa seca da parte aérea (MSA), onde houve diferenças significativas entre todos os tratamentos, com dominância de valores no substrato comercial seguido pelo degradado ($p < 0,01$) (Figura 7). Para esta variável, não houve diferenças significativas entre os tratamentos para as espécies

Schizolobium parahyba e *Libidibia ferrea*, somente para *Ceiba speciosa*, que mostrou valores superiores no substrato comercial ($p < 0,05$).

Figura 7 - Massa seca da parte aérea (g) das espécies da Floresta Atlântica em função do substrato, após 53 dias de semeadura. A - *Schizolobium parahyba*; B - *Ceiba speciosa*; C - *Colubrina glandulosa*; D - *Libidibia ferrea*. T1 - degradado; T2 - adubado; T3 - comercial. Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si de acordo com o Mann-Whitney pairwise ($p < 0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

3.5 Sobrevivência

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$), quanto à sobrevivência, que foi superior a 85%. A espécie *Colubrina glandulosa* apresentou 100% de sobrevivência em todos os substratos (Tabela 6).

Tabela 6 - Porcentagem de sobrevivência (%S) das espécies sob os diferentes substratos 53 dias após a semeadura. P = Adubo fosfatado.

Espécie	Substrato	%S
<i>Libidibia ferrea</i>	Degradado	91,31
	Degradado + P	94.74
	Comercial	100
<i>Schizolobium parahyba</i>	Degradado	85.72
	Degradado + P	90.91
	Comercial	100
<i>Ceiba speciosa</i>	Degradado	100
	Degradado + P	100
	Comercial	90
<i>Colubrina glandulosa</i>	Degradado	100
	Degradado + P	100
	Comercial	100

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

4 DISCUSSÃO

A utilização de superfosfato simples é muito comum nos plantios de espécies florestais e agrícolas, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento, já que sua falta nesse período pode restringir o crescimento da planta e causar impactos na cultura (Silva et al., 2022b). Isso porque o fósforo está ligado a processos de armazenamento e transferência de energia, sendo parte integrante da molécula de ATP (Marschner, 2012 apud Benati, 2019). Além disso, é também conhecido por promover o desenvolvimento radicular, aumentando a superfície de contato da raiz com o solo e, conseqüentemente, possibilitando maior absorção de água e nutrientes (Hoffman et al., 2017). Contudo, neste trabalho não foram observadas diferenças significativas na utilização desse elemento como adubo no que diz respeito à

porcentagem de emergência, apesar da clara diferença encontrada nas propriedades químicas do solo adubado quando comparado ao sem adubo. Isso pode ser explicado pelo fato de nessa fase inicial as plantas ficarem restritas a utilização da própria reserva para se desenvolverem (Pereira et al., 2015; Penfield, 2017). Portanto, os nutrientes advindos do adubo não seriam requeridos, diminuindo as diferenças entre o solo com adubação e o solo degradado.

A restrição à utilização dos nutrientes da própria reserva nas fases iniciais de desenvolvimento e o fato desta ser constantemente relacionada ao tamanho da semente indica a importância de compreender a influência da variável tamanho da semente na emergência de plântulas. Neste trabalho, com exceção de *Libidibia ferrea*, nenhuma espécie apresentou mais de 50% de emergência, o que configura um baixo potencial germinativo. *Ceiba speciosa* apresentou as menores taxas, especialmente no solo degradado (2,77%). Esses resultados indicam que as taxas de emergência não estão condicionadas ao tamanho da semente, já que a espécie de maior porcentagem de emergência e a de menor porcentagem de emergência possuem a mesma classificação de tamanho e massas bastante similares. Segundo Gomez Beltran (2017) quando se trata de ambientes estressantes, diversas forças podem atuar ao mesmo tempo, o que dificulta a quantificação do efeito de cada fator separadamente na performance das plantas. Portanto, de acordo com os dados desse estudo, a porcentagem de emergência provavelmente está relacionada a outras características e preferências das espécies.

Lorenzi (2002) já havia relatado a preferência de *C. speciosa* por solos férteis, principalmente aqueles de planícies aluviais e fundos de vale, enquanto Carvalho (2003) apontou uma predileção da espécie por solos bem drenados. Ambas as características não foram apresentadas pelo solo degradado utilizado neste trabalho, que é infértil e compactado, o que influencia diretamente na qualidade da drenagem. Carvalho (2003) cita também que a espécie apresenta uma taxa de germinação que varia de 30 a 100%. Esta ampla faixa de variação foi similar a encontrada por Roveri Neto e Paula (2017), cujo experimento apresentou uma porcentagem de 29 a 100% de germinação, de acordo com a matriz utilizada como fonte das sementes. No entanto, o experimento de Roveri Neto e Paula (2017) ocorreu em ambiente controlado de laboratório. Quando plantada em solos degradados, mudas de *C. speciosa* apresentaram uma taxa de 10,6% de estabelecimento (emergência + sobrevivência), seis meses após a semeadura (Isernhagen, 2010). Aguirre et al. (2015) apontaram germinação de 12,87% para *C. speciosa* quando plantada diretamente em uma área degradada, com condições similares à do tratamento 1 (solo degradado) aplicado nesta pesquisa. Já Engel e Parrota (2001) mostraram uma germinação que variou de 4,5 a 13,1% para *C. speciosa*, quando semeada em três diferentes tipos de solos degradados. Portanto, acredita-se que a baixa porcentagem de

emergência encontrada neste trabalho é um somatório de fatores genéticos, com as condições edáficas estabelecidas para a sementeira e com a tolerância de cada espécie a estas condições.

Sobretudo em relação às matrizes, sabe-se que estas podem ter um impacto significativo na capacidade de germinação das sementes e no posterior desenvolvimento das plantas. Isso ocorre porque o ambiente em que as sementes são produzidas pode afetar drasticamente sua composição química e está diretamente relacionado às condições edafoclimáticas em que as plantas matrizes cresceram durante a fase de produção (Carvalho; Nakagawa, 2012). Segundo Galviz et al. (2020), sementes possuem “memória vegetal”, ou seja, carregam consigo informações acerca das características ambientais do local de origem, herdadas da planta-mãe.

No entanto, ainda que haja essa dependência genética, é possível estabelecer estratégias para obter uma maior taxa de germinação ou emergência em solos degradados. Por exemplo, Silva et al. (2015) mostraram que, ao realizarem a sementeira direta de *Colubrina glandulosa* em canteiros, sob condições similares às encontradas neste trabalho para o tratamento 1 (substrato degradado e quebra de dormência com ácido sulfúrico), houve uma porcentagem de emergência de 3,3% quando não utilizada serapilheira como cobertura. Essa porcentagem foi menor do que a encontrada no presente estudo, que obteve uma taxa de 11,11% de emergência. No entanto, ao utilizar sementeira direta paralelamente à transposição de serapilheira, a emergência de *C. glandulosa* se mostrou favorável com uma taxa de 54%. Portanto, a sementeira somada à algum tipo de cobertura vegetal pode ser uma estratégia válida para melhorar o desempenho germinativo da espécie em solos degradados.

Além de *C. speciosa* e de *C. glandulosa*, *S. parahyba* também não obteve altos valores de emergência, apesar de chegar próximo aos 50% no substrato comercial. Sabe-se que esta espécie tem critérios em comum com *C. speciosa*, como a preferência por solos férteis e bem drenados (Carvalho, 2006), o que pode explicar o fato de o menor resultado de emergência ter sido no substrato degradado. Somado isso, um estudo de Engel and Parrota (2001) mostrou que a germinação da espécie em diferentes tipos de solos degradados variou de 18,8 a 30,6%, após 45 dias da sementeira. Esses valores vão de encontro aos resultados obtidos neste trabalho e mostram que, para que a sementeira direta em solos degradados seja compensatória, deve-se plantar uma grande quantidade de sementes de *S. parahyba*.

Quanto ao TME, *Ceiba speciosa* apresentou variações significativas entre os substratos. No entanto, essa irregularidade ocorreu também dentro de um mesmo substrato (Figura 8), o que vai de encontro ao trabalho de Carvalho (2003), que descreve a germinação da espécie como sendo “variável” e “bastante irregular”. A assincronicidade na emergência da espécie

também foi levantada por Ferreira et al. (2022), os quais afirmaram ser um mecanismo de sobrevivência comum entre espécies florestais.

Figura 8 - Emergência de apenas um indivíduo em uma repetição do substrato comercial, ilustrando a assincronicidade na emergência da espécie.



Fonte: A autora (2022).

Considerando que o menor TME dessa espécie ocorreu no solo degradado com adição de superfosfato simples, pode-se sugerir que esta necessita de um tempo menor de emergência quando há maiores concentrações de fósforo no solo. Apesar da necessidade de um menor tempo de emergência ser importante para o estabelecimento da espécie no campo, a porcentagem de emergência apresentada por *C. speciosa* se mostrou maior no substrato comercial, bem como o IVE. Talvez um substrato comercial com adição de adubo fosfatado possa ser o mais interessante para o desenvolvimento dessa espécie. Portanto, é necessário considerar as diferentes variáveis envolvidas no processo germinativo para o planejamento de projetos de restauração e produção de mudas.

Libidibia ferrea apresentou o menor TME e o maior IVE. Quando somadas ao considerável percentual de emergência encontrado neste trabalho, essas características refletem um alto vigor e uma eficaz mobilização das reservas energéticas das sementes. Tal resultado está relacionado a um potencial intrínseco da espécie, já que não houve diferenças entre os

substratos para esses parâmetros. Autores como Garwood (1989) afirmam que pioneiras que tiverem sua porcentagem máxima de germinação até a sexta semana pós sementeira são consideradas espécies de rápida germinação. Dessa forma, *L. ferrea* se enquadra nesse critério, pois além de pioneira (Carvalho, 2010), teve sua emergência totalmente finalizada em menos de quatro semanas após a sementeira. Essa rápida emergência pode ser uma vantagem quando se considera que, quanto mais lenta a emergência, maior a exposição da semente a condições ambientais desfavoráveis (e.g. insetos fitófagos e microrganismos fitopatogênicos, predação e pisoteio).

A partir dessas informações, observa-se que os menores tempos médios de emergência foram obtidos por sementes de tamanho médio, bem como o maior índice de velocidade de emergência. Esses resultados, divergem dos encontrados por Ferreira et al. (2009), onde as sementes que emergiram mais rápido foram as de maior massa específica e tamanho. No entanto, é importante esclarecer que são raros os estudos que correlacionam essas variáveis ao tamanho de semente por meio da comparação interespecífica. A maior parte dos trabalhos correlacionam o tamanho das sementes com outros parâmetros apenas dentro de uma mesma espécie ou população.

Em relação a biomassa, a variável altura mostrou melhor resposta no substrato comercial para praticamente todas as espécies. Determinada por padrões ambientais e genéticos, a altura é um dos parâmetros mais utilizados na definição da qualidade de mudas de espécies florestais (Luca et al., 2010). Apesar de não haver um consenso quanto ao padrão ideal de tamanho das mudas, Ritchie et al. (2010) afirmam que, em condições ambientais menos favoráveis como a presença de mato competição, o plantio de mudas com pelo menos 30 cm de altura deve ser priorizado. Neste trabalho, *S. parahyba* foi quem chegou mais próximo desse valor, com mudas de até 25 cm no substrato comercial. É importante observar que *S. Parahyba* foi a espécie que teve o maior TME e o menor IVE, se considerarmos a média dos três substratos, ou seja, apesar de ter sido a espécie que emergiu de forma mais lenta, foi a que obteve os maiores valores de altura. Esse rápido crescimento pode estar relacionado ao tamanho da semente já que, neste trabalho, as sementes de *S. parahyba* foram classificadas com o tamanho G, por obterem os maiores valores em todos os parâmetros biométricos. Alguns estudos afirmam que sementes maiores proporcionam maiores e mais aceleradas taxas de crescimento, devido a uma melhor otimização de suas reservas, o que eleva a probabilidade de estabelecimento em campo (Pereira et al., 2011; Lucena et al., 2017, Karasakal, 2021). Apresentar taxa de crescimento acelerada é uma característica desejável em projetos de restauração de áreas degradadas, tendo em vista que além de proteger o solo de processos erosivos, uma rápida cobertura acelera o processo de

sucessão, facilita o desenvolvimento do estrato de regeneração natural e cria uma barreira ao desenvolvimento de gramíneas invasoras (Silva et al., 2016).

Um outro ponto que pode ter influenciado nos resultados de altura foi a limitação proporcionada pelo tamanho do tubete, que pode ter impedido maior crescimento das mudas. Figueiró et al. (2017) mostraram a influência do tamanho dos recipientes nas medidas da biomassa de *S. parahyba*, indicando que quanto maior o recipiente maior a altura, o diâmetro do coleto e a relação parte aérea-raiz. Schmidt (2008) afirma que uma muda média de 40 cm de altura pode ter um tamanho de raiz até 100 vezes menor quando semeada em recipientes como tubetes ou vasos, em comparação àquela produzida por meio de semeadura direta.

O diâmetro do coleto não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos para algumas espécies, porém, quando houve diferença, essa variável apresentou melhor resposta ao substrato comercial, o que já era esperado. Tal qual a altura, o DC não é um parâmetro destrutivo, portanto, é bastante indicado como medida de diagnóstico de qualidade das mudas (Avelino et al. 2021). *C. glandulosa*, foi a espécie que teve menor valor de DC, no entanto, esta espécie apresentou os menores valores em todos os outros parâmetros relacionados a biomassa, expressando proporcionalidade entre as medidas. Esse resultado também pode estar relacionado ao tamanho da semente, o que reforça a relação positiva entre tamanho da semente e aquisição de biomassa encontrada neste trabalho, que se manteve a mesma independente do tipo de substrato utilizado.

A massa seca da parte aérea, quando houve diferenças significativas entre os substratos, apresentou maiores valores no substrato comercial. Contudo, contrariando o esperado, para a espécie *C. glandulosa* o segundo melhor tratamento foi o substrato degradado e não o adubado. O mesmo ocorreu com a massa seca da raiz, onde os menores valores foram encontrados no substrato adubado. Este último resultado é ainda menos esperado, pois o fósforo possui papel fundamental no desenvolvimento das raízes (Hoffman et al., 2017). Uma explicação possível para isso, está na dose de superfosfato aplicada neste experimento que, de acordo com a análise do solo, é possível observar que proporcionou altos valores de fósforo no tratamento com adubação. Lima et al. (2011) afirmam que doses de fósforo elevadas podem provocar redução no crescimento da planta, especialmente da área foliar e das raízes, prejudicando a qualidade das mudas. Portanto, a alta dose desse nutriente somada às condições encontradas no substrato degradado pode ter causado efeito fitotóxico no desenvolvimento da MSA e MSR, sendo necessários mais estudos para avaliar esse comportamento.

A taxa de sobrevivência para todas as espécies foi superior a 85% de indivíduos estabelecidos, independente do substrato utilizado. Conforme observado em campo, a causa da

mortalidade dos indivíduos pode estar relacionada com a alta taxa de umidade no substrato, ocasionando o surgimento de fungos e apodrecimento da raiz (Figura 9). Segundo Machado (2000), o retardo na emergência de plântulas prolonga a exposição das sementes à patógenos presentes no solo, o que aumenta a possibilidade de infecção e a colonização do eixo embrionário. Apesar do experimento ter ocorrido por um curto período, Camargo et al. (2002) afirmam que a fase inicial do estabelecimento de plantas em ambientes degradados é a mais crítica para sua sobrevivência. Dessa forma, os altos valores de sobrevivência encontrados neste estudo podem ser um indicativo do potencial dessas espécies na colonização de áreas degradadas.

Figura 9 - Exemplo de indivíduo de *Schizolobium parahyba* contaminado por fungos.



Fonte: A autora (2022).

A literatura evidencia uma forte correlação entre o tamanho das sementes e a sobrevivência de plantas. De modo geral, espécies com sementes grandes possuem vantagem no estabelecimento, mas essa vantagem pode ser compensada por uma maior produção de sementes pequenas e pela maior facilidade de dispersão destas (Moles e Westoby, 2004; Fenner and Thompson, 2005; Muller-Landau et al., 2008). Uma limitação observada neste estudo é a imprevisibilidade da sobrevivência antes dos indivíduos emergirem à superfície. Por exemplo, *C. glandulosa* foi a única espécie onde não houve nenhum indivíduo morto após a emergência, todavia, sabe-se que sementes pequenas, quando isoladas, apresentam maior suscetibilidade a

predação (Fenner, 1985). Assim, é possível que indivíduos tenham morrido ainda na fase de germinação e não foram contabilizados, já que esta espécie não teve uma emergência considerada satisfatória.

Apesar do substrato ter exercido influência na maioria dos parâmetros, essa influência não interferiu na relação do tamanho das sementes com as variáveis analisadas, diferente dos resultados encontrados em outros trabalhos, onde o desempenho dos indivíduos em função do tamanho das sementes dependeu do ambiente em que estavam inseridos (Müller-Landau, 2010; Gomez Beltran, 2017). Além disso, embora o substrato comercial tenha proporcionado os melhores valores para a maioria dos parâmetros, não houve unanimidade quanto ao tamanho ideal de semente, tampouco este deve ser o único atributo considerado na seleção de espécies. O substrato com adição de superfosfato se mostrou igual ou mesmo pior que o substrato degradado para alguns parâmetros, o que pode ser explicado pela Lei do Mínimo, onde o desenvolvimento de plantas é limitado pelo nutriente faltante, independentemente de haver outros nutrientes em quantidades adequadas no solo. Dessa forma, somente a adição de fósforo poderia não ser suficiente para trazer o equilíbrio nutricional necessário ao desenvolvimento das plântulas.

De forma geral, *L. ferrea* e *S. parahyba* foram as espécies que apresentaram as melhores respostas neste trabalho. Tais espécies apresentam características em comum, como o fato de serem pioneiras e pertencerem a família Fabaceae. Ainda que não haja indícios de que façam nodulação com os microrganismos presentes no solo (Gaiad; Carpanezzi, 1984; Oliveira, 1999; Carvalho, 2010), o fato de serem leguminosas arbóreas é relevante quando o assunto é a recuperação de pastagens degradadas, já que estas apresentam um sistema radicular profundo que possibilita uma melhor infiltração de água, auxiliando no controle da erosão e na fertilidade do solo (Cruz et al., 2011).

O desempenho da espécie *Libidibia ferrea* em especial merece destaque, uma vez que ela obteve resultados favoráveis em praticamente todas as avaliações. Além de possuir as melhores taxas de emergência, esta espécie apresentou respostas positivas em todos os tratamentos, não exibindo variações significativas entre eles. O bom desempenho nos substratos degradados reflete o comportamento rústico da espécie, que pode ser definido como a capacidade de se estabelecer em lugares que possuem características como alta declividade, solos rasos, pedregosos, com baixa infiltração e pobres em nutrientes (Baylão Junior et al., 2011). Além disso, há também a já conhecida preferência da espécie por solos argilosos (Maia, 2012; Queiroz, 2009), textura predominante nos substratos degradados utilizados neste trabalho.

L. ferrea é uma espécie melífera, de copa densa, ampla distribuição e baixa densidade populacional (Lorenzi, 2002). Possui grande potencial econômico, principalmente na indústria madeireira e farmacêutica (Carvalho, 2010). Dispõe de alguns atributos importantes, como a capacidade de suporte forrageiro (Machado, 2018) e a alta densidade de sua madeira (Oliveira et al., 2015). Segundo Machado (2018), *L. ferrea* possui potencial para enriquecimento do solo pela deposição e decomposição de serapilheira, devido à queda antecipada das folhas no período chuvoso induzir uma alta taxa de decomposição deste material, uma vez que a disponibilidade de umidade influencia a taxa de decomposição. De modo complementar, um estudo de Primo et al. (2021) mostrou que *L. ferrea* apresentou as maiores taxas de deposição de macronutrientes (N, P K e S) e de micronutrientes (Cu e Zn) no solo em comparação a outras espécies nativas.

Portanto, de acordo com os resultados deste trabalho, *L. ferrea* e *S. parahyba* demonstraram ter características relevantes para a restauração de áreas degradadas do domínio Atlântico, quando considerados fatores como porcentagem de emergência, sobrevivência, rápido crescimento e baixa exigência nutricional. A utilização de *L. ferrea* em especial é recomendada, principalmente na composição de plantios diversificados, já que sua presença fornece melhores condições para o estabelecimento de outras espécies.

5 CONCLUSÃO

Considerando as variáveis analisadas, o tamanho da semente mostrou relação positiva e diretamente proporcional ao tamanho das mudas produzidas. Esse ponto é bastante relevante quando se trata de recuperação de áreas degradadas, tendo em vista que um crescimento acelerado fornece vantagem na competição com o estrato herbáceo. Além disso, um rápido desenvolvimento pode ser benéfico no contexto da produção e comercialização de mudas ou mesmo no contexto das mudanças climáticas, já que espécies de rápido crescimento, também assimilam carbono mais rapidamente. Sendo assim, em situações específicas, optar pela semeadura com espécies de sementes maiores pode ser mais eficaz. Em outras situações, pode apenas restringir a aquisição de sementes de diferentes espécies em um mercado já limitado.

Não houveram diferenças significativas na utilização de adubo fosfatado para a maioria das variáveis analisadas. Ainda que a fase de desenvolvimento das plantas possa ter influenciado nesse resultado, é importante que haja mais estudos considerando outras dosagens e outros estágios de desenvolvimento da planta.

As leguminosas *Schizolobium parahyba* e *L. ferrea*, apresentaram respostas superiores quanto a semeadura em solos degradados entre as espécies estudadas. Sugere-se que esse

resultado sirva como um ponto de partida na elaboração de uma lista de espécies recomendadas para a recuperação de áreas degradadas, já que não foi identificado nenhum documento similar que considerasse o recorte da zona da mata mineira.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, A. G., LIMA, J. T., TEIXEIRA, J., & GANDOLFI, S. Potencial da semeadura direta na restauração florestal de pastagem abandonada no município de Piracaia, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 4, p. 629–640, 2015.

ALAOUI, A.; ROGGER, M.; PETH, S.; BLÖSCHL, G. Does soil compaction increase floods? A review. *Journal of hydrology*, v. 557, p. 631-642, 2018.

ALMEIDA, E. P. C.; DOS SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. Latossolos Vermelho-Amarelos, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelho-amarelos> Acessado em 22 de outubro de 2023.

ALMEIDA, T. A.; DA SILVA, A. P. M.; DE ALMEIDA, M. R. R. Alterações no uso e ocupação do solo como um fator de estresse hídrico em mananciais de abastecimento de água: o caso da Represa Chapéu D’uvas, 2023.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG. 1999. p. 25-32.

AVELINO, N. R.; SCHILLING, A. C.; DALMOLIN, Â. C.; SANTOS, M. S. dos.; MIELKE, M. S. Alocação de biomassa e indicadores de crescimento para a avaliação da qualidade de mudas de espécies florestais nativas. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p. 1733–1750, 2021.

BAWEJA, P.; KUMAR, S.; KUMAR, G. Fertilizers and Pesticides: Their Impact on Soil Health and Environment. In: SCHARZ, S. **Soil biology**. Springer, 2020. p. 265-285.

BAYLÃO JUNIOR, H. F.; VALCARCEL, R.; ROPPA, C.; NETTESHEIM, F. C. Study of rustic species in a pasture area and in the Atlantic Forest remnants in Piraí, State of Rio de Janeiro, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 50-59, 2011.

BENÁ FILHO, N. B.; FIOROTTI, J. L.; MAZIERO, R.; BOF, T. S. Avaliação do superfosfato simples em pó ($3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 7\text{CaSO}_4$) como produto sustentável. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 27, 2015.

BENATI, J. A. **Crescimento e estado nutricional do araçazeiro em resposta a aplicação de calcário e fósforo em pré-plantio**. 2019, 63 p. Master dissertation Universidade Federal de Pelotas.

BONGUE, D.; GASPAR, M. G S.; CHITOMBI, A. N., JOÃO, P. G.; FERREIRA, J. C. (2019). Degradação química do solo da Funda. **Brazilian Applied Science review**, v. 3, n. 2, p. 1417 – 1432, 2019.

BORGES, E. R.; DEXTER, K. G. ; BUENO, M. L.; PONTARA, V. ; CARVALHO, F. A. The evolutionary diversity of urban forests depends on their land-use history. **Urban Ecosystems**, v. 23, p. 1-13, 2020.

BORGES, E. R. ; DEXTER, K. G. ; PYLES, M. V. ; BUENO, M. L. ; SANTOS, R. M. ; FONTES, M. A. L. ; CARVALHO, F. A. . The interaction of land-use history and tree species diversity in driving variation in the aboveground biomass of urban versus non-urban tropical forests. **Ecological Indicators**, v. 129, p. 107915, 2021.

CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K.; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology, Washington**, v. 10, p. 636 - 644, 2002.

CARVALHO, P. E. R. Paineira: *Chorisia speciosa*; Guapuruvu: *Schizolobium parahybae*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 690-698.

CARVALHO, P. E. R. Jucá: *Caesalpinia ferrea var. ferrea*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2010. v. 4, p. 304-313.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Ed. 5, Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CESAMA, Companhia de Saneamento Municipal. Hidrografia em Juiz de Fora. Disponível em: <https://www.cesama.com.br/pesquisa-escolar/hidrografia-em-juiz-de-fora> Acesso em 21 de outubro de 2023.

COLOMBI, T.; KELLER, T. Developing strategies to recover crop productivity after soil compaction—A plant eco-physiological perspective. **Soil and Tillage Research**, v. 191, p. 156-161, 2019.

COSTA, H. L. de S. **Desenvolvimento e nodulação de leguminosas arbóreas forrageiras em solos do semiárido potiguar**. 2015, 49 p. Master dissertation Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. Macronutrientes na produção de mudas de canafistula em Argissolo Vermelho Amarelo da região da Zona da Mata, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 445 - 457, 2011.

CRUZ, L. A.; BRAIDA, F.; COLCHETE FILHO, A. Unidades de Conservação Estaduais da Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v.16, n. 6, 2020.

DAVIDSON, R., GAGNON, D., MAUFFETTE, Y., HERNANDEZ, H. Early survival, growth and foliar nutrients in native Ecuadorian trees planted on degraded volcanic soil. **For. Ecol. Manage**, v. 105, p. 1–19, 1998.

DOS SANTOS, U.M., GONCALVES, J.F.D., FELDPAUSCH, T.R. GROWTH, leaf nutriente concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia. **For. Ecol. Manage**, v. 226, p. 299–309, 2006.

EMBRAPA. Manual de métodos para análise de solos. Centro Nacional de Pesquisa do Solo, Rio de Janeiro, Ed. 2ª, 1997.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for restoration of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.152, p.169-181, 2001.

EPELDE, L.; BURGESS, A.; MIJANGOS, I.; GARBISU, C. Microbial properties and attributes of ecological relevance for soil quality monitoring during a chemical stabilization field study. **Applied Soil Ecology**, v. 75, p. 1 - 12, 2014.

FENNER, M. Seed Ecology. London: Chapman and Hall. 1985.

FENNER, M.; THOMPSON, K. The ecology of seeds. Cambridge: Cambridge University Press. 2005.

FERREIRA, R. A., SANTOS, P. L., ARAGÃO, A. G., SANTOS, T. I. S., SANTOS NETO, E. M., REZENDE, A. M. S. Direct sowing for the implantation of a riparian forest at the lower San Francisco River in Sergipe State, Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 37, p. 37–46, 2009.

FERREIRA, W. R.; RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. Reference values for germination and emergence measurements. **Botany**, v. 100, n. 5, p. 461-471, 2022.

FIGUEIRÓ, C.; MACEDO, F. F.; FIALHO L. F.; SILVA, C. M.; CÂNDIDO, W. Efeito do recipiente e do método de superação de dormência no crescimento de mudas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) SF Blake. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14. n. 25, p. 490-497, 2017.

GAIAD, S.; CARPANEZZI, A. A. Ocorrência de *Rhizobium* em leguminosas de interesse silvicultural para a Região Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, p. 156-158, 1984.

GALVIZ, Y. C. F.; RIBEIRO, R. V.; SOUZA, G. M. Yes, plants do have memory. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v.32, n.3, p.195-202, 2020.

GARWOOD, N. C. Tropical soil seed bank: a review. In Ecology of soil seed banks. Edited by M. A. Leck, V. T. Parker and R. L. Simpson. **Academic Press**, p. 149–209, 1989.

GOMEZ BELTRAN, L. A. D. **A interação entre a fertilidade do solo e a massa da semente influencia os atributos funcionais de espécies arbóreas tropicais?** 2017, p. 55. Master dissertation Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

HOFFMAN, Á.; COLOMBO, J. N.; KRAUSE, M. R.; HADDADE, I. R.; MATIELLO, H. N. Produção de mudas de tomate em substrato comercial enriquecido com superfosfato simples. **Agrotropica** v. 29, n. 3, p. 251 - 258, 2017.

HOOPER, E.; CONDIT, R.; LEGENDRE, P. Responses of 20 native tree species to reforestation strategies for abandoned farmland in Panama. **Ecological Applications**, v. 12, p. 1626– 1641, 2002.

IEDE-MG, Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais. Catálogo de dados Espaciais. Disponível em: <http://iede.fjp.mg.gov.br/Catalogo.html> Acesso em 22 de setembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa nº 4, de 13 de abril de 2011. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

ISERNHAGEN, I. **Uso de sementeira direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas, sudeste do Brasil.** 2010. 123 p. PhD Thesis Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytol.*, 204, p. 459-473, 2014.

KARASAKAL, A. Production of Wheat Seed Through Various Plantation Practices in Maternal Environment. **Biosci. Biotechnol. Res. Commun.** v. 14, p. 549–552, 2021.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v.48, n.2, p.263-284, 1976.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*. V. 7, p. 5875-5895, 2015.

LARSON, J. E., SHELEY, R. L., HARDEGREE, S. P., DOESCHER, P. S., JAMES, J. J. Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. ***Journal of applied ecology***, v. 52, n. 1, p. 199-209, 2015.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; GHEYI, H. R.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. ***Revista Ciência Agrônômica***, v. 42, n. 4, p. 950–956, 2011.

LOPES, Y. S. **Aspectos ecofisiológicos da germinação de sementes de *Colubrina glandulosa* Perkins**. 2019, 69 p. Master dissertation Universidade Federal Rural de Pernambuco.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. 384 p.

LUCA, E. F.; REBECCHI, R. J.; SCHORN, L. A. Crescimento e qualidade de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo) em viveiro, mediante diferentes técnicas de produção. ***Revista do Instituto Florestal***, v. 22, n. 2, p. 189-199, 2010.

LUCENA, E. O.; LÚCIO, A. M. F.; BAKKE, I. A.; PIMENTA, M. A. C.; RAMOS, T. M. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Marth.) de diferentes matrizes do semiárido paraibano. ***ACSA***, Patos-PB, v. 13, n. 4, p. 275-280, 2017.

MACHADO, J. C. Patologia de sementes: significado e atribuições. In: CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 588, 2000.

MACHADO, D; PEREIRA, M. G; CORREIA, M. E. F; DINIZ, A. R; MENEZES, C. E. G. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do rio Paraíba do Sul - RJ. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 91 - 106, 2015.

MACHADO, F. A. *Libidibia ferra*: Jucá. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. **Frans Germain Corneel**, Série Biodiversidade, v. 51, p. 542-547, 2018.

MAIA. G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora Ltda, Ed. 2, p. 413, 2012.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962.

MORI, E. D.; PIÑA-RODRIGUES; F. C. M.; FREITAS, N. C. **Sementes florestais: Guia para germinação de 100 espécies nativas**. Instituto Refloresta, p. 83, 2013.

MOLES, A. T.; WESTOBY, M. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. **Journal of Ecology**, v. 92, p. 372–383, 2004.

MOLES, A. T.; WESTOBY, M. Seed size and plant strategy across the whole life cycle. *Oikos*, v. 113, n.1, p. 91-105, 2006.

MULLER-LANDAU, H. C.; WRIGHT, S. J.; CALDERÓN, O.; CONDIT, R.; HUBBELL, S. P. Interspecific variation in primary seed dispersal in a tropical forest. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 4, p. 653-667, 2008.

NAWAZ, M.F., BOURRIE, G., TROLARD, F. Soil compaction impact and modelling. A review. *Agron. Sustain. Dev.* V. 33, n. 2, 291–309, 2013.

OLIVEIRA, D. M. T. Morfologia de plântulas e plantas jovens de 30 espécies arbóreas de leguminosae. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 263-269, 1999.

OLIVEIRA, C.C.; ZANDAVALLI, R.B.; LIMA, A.L.A.; RODAL, M.J.N. Functional groups of woody species in semi-arid regions at low latitudes. **Austral Ecology**, v. 40, n. 1, p. 40-49, 2015.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa, MG: UFV, Ed. 2, 2000, 69p.

PEREIRA, S. R.; GIRALDELLI, G. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Tamanho de frutos e de sementes e sua influência na germinação de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* var. *stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Leguminosae- Caesalpinoideae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v. 33, n. 1, p. 141-148, 2011.

PEREIRA, S. R., LAURA, V. A., SOUZA, A. L. Establishment of Fabaceae tree species in a tropical pasture: influence of seed size and weeding methods. **Restoration ecology**, v. 21, n.1, 67-74, 2013.

PEREIRA, W. A.; PEREIRA, S. M. A.; DIAS, D. C. F. S. Dynamics of reserves of soybean seeds during the development of seedlings of different commercial cultivars. **Journal of Seed Science**, v.37, n.1, p.63-69, 2015.

PENFIELD, S. Seed dormancy and germination. **Current Biology**, v. 27, n. 17, p. R874-R878, 2017.

PRIMO, A. A.; ARAÚJO, M. D. M.; SILVA, K. F.; SILVA, L. A.; PEREIRA, G. A. C.; FERNANDES, F. E. P.; POMPEU, R. C. F. F.; NATALE, W.; SOUZA, H. A. Litter production and nutrient deposition from native woody species in the Brazilian semi-arid region. **Agroforest Systems**, v. 95, p. 1459–1464, 2021.

PYLES, M. V.; MAGNAGO, L. F.S.; BORGES, E. R.; VAN DEN BERG, E.; CARVALHO, F. A. Land use history drives differences in functional composition and losses in functional diversity and stability of Neotropical urban forests. **Urban forestry & urban greening**, v. 49, p. 126608, 2020.

QUEIROZ, L.P. **Leguminosas da caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana; Kew, Royal Botanic Gardens; Associação Plantas do Nordeste, 2009. 467p.

RITCHIE, G. A.; LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. Assessing plant quality. In: **The container tree nursery manual**, v. 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting. Washington, DC: Agric. Handbk. p. 19 - 81. 2010.

ROVERI, A.; PAULA, R. C. de. Variabilidade entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil para características de frutos e sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 318-327, 2017.

SARAVANAN, A.; KUMAR, P. S.; JEEVANANTHAM, S.; ANUBHA, M.; JAYASHREE, S. Degradation of toxic agrochemicals and pharmaceutical pollutants: Effective and alternative approaches toward photocatalysis. **Environmental Pollution**, v. 298, p. 118844, 2022.

SWAINE, M. D; WHITMORE, T. C. On definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetation**, n.75, 1988.p. 81-86.

SILVA, K. D. A.; MARTINS S. V., MIRANDA NETO, A.; CAMPOS, W. H. Semeadura direta com transposição de serapilheira como metodologia de restauração ecológica. **Revista Árvore**, v. 39, p. 811-820, 2015.

SILVA, K. D. A.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; DEMOLINARI, R. D. A.; LOPES, A. T. Restauração florestal de uma mina de bauxita: avaliação do desenvolvimento das espécies arbóreas plantadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 309-319, 2016.

SILVA, C. F.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES, L. A. D. S.; TEODORO, S. A.; FONTES, M. A.; GAIA-GOMES, J. H.; SILVA, E. M. R. D. Soil attributes as indicators of the stabilization process of erosion in gullies at different formation stages in the southeast region of Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 16, 2021.

SILVAa, C. C.; SOUZA, M. F.; PASSOS, A. B. R. J.; SILVA, T. S.; BORGES M. P. S.; SANTOS, M. S.; SILVA, D. V. Risk of environmental contamination due to the hexazinone application in agricultural soils in northeastern Brazil. **Geoderma Regional**, v. 28, p. e00481, 2022.

SILVA, O. M. D. C.; NIERI, E. M.; SANTANA, L. S.; ALMEIDA, R. S.; ARAÚJO, G. D. C. R.; BOTELHO, S. A.; MELO, L. A. D. Adubação fosfatada no crescimento inicial de sete espécies florestais nativas destinadas à recuperação de uma área degradada. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 371-394, 2022.

SINGH, J.; SALARIA, A.; KAUL, A. Impact of soil compaction on soil physical properties and root growth: A review. **International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences**, v. 5, n. 1, p. 23-32, 2015.

SCALOPPI, J. C. **Influência do solo e do tamanho de semente no crescimento e sobrevivência de nove espécies arbóreas tropicais em área ripária degradada**. 2017, p. 55. Master dissertation Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

SCHMIDT, L. A review of direct sowing versus planting in tropical afforestation and land rehabilitation. Frederiksberg: Museum Tusulanum. **Development and Environment Series** n. 10, p. 47, 2008.

SORIANO, D.; HUANTE, P.; BUEN, A.G., SEGOVIA, A.O. Seed reserve translocation and early seedling growth of eight tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. **Plantecology**, v. 214, n. 11, p. 1361- 1375, 2013.

SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2022. Available at: <https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica/> Accessed in: April 24th 2023.

SOUZA, M.; FAGUNDES, M. Seed Size as Key Factor in Germination and Seedling Development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). **American Journal of Plant Sciences**, v. 5, p. 2566-2573, 2018.

TURNBULL, L. A., PHILIPSON, C. D., PURVES, D. W., ATKINSON, R. L., CUNNIFF, J., et al. Plant growth rates and seed size: a re-evaluation. **Ecology**, v. 93, n. 6, p. 1283-1289, 2012.

WALTER, L. S.; SANTOS, C. A.; OLIVEIRA, L. S.; SILVA, E. C. A. Influência de tratamentos pré-germinativos e crescimento inicial de plântulas de *Libidibia ferrea*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.