

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

FELIPE MACIEL SALES

**GERMINAÇÃO DAS SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE
ESPÉCIES DE *FICUS* (MORACEAE) EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

Manaus, AM

2025

FELIPE MACIEL SALES

**GERMINAÇÃO DAS SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE
ESPÉCIES DE *FICUS* (MORACEAE) EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PPGATR), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como parte das exigências para a obtenção do grau de mestre em Agronomia Tropical.

Orientador: Dr. Hedinaldo Narciso Lima

Coorientadores: Dra. Angela Maria da Silva Mendes

Dr. Marcelo Gordo

Manaus, AM

2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S163g Sales, Felipe Maciel
Germinação das sementes e crescimento inicial de mudas de espécies de Ficus (Moraceae) em diferentes substratos / Felipe Maciel Sales. - 2025.
64 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Hedinaldo Narciso Lima.
Coorientador(a): Angela Maria da Silva Mendes.
Coorientador(a): Marcelo Gordo .
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus , 2025.

1. Restauração ecológica. 2. Espécies nativas. 3. Ficus. 4. Germinação. 5. Produção de mudas. I. Lima, Hedinaldo Narciso. II. Mendes, Angela Maria da Silva. III. Gordo, Marcelo. IV. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical. V. Título

FELIPE MACIEL SALES

**GERMINAÇÃO DAS SEMENTES E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE
ESPÉCIES DE FICUS (MORACEAE) EM DIFERENTES SUBSTRATOS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Agronomia Tropical
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Agronomia
Tropical, área de concentração Produção
Vegetal

Aprovado em 30 de setembro de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **HEDINALDO NARCISO LIMA**
Data: 02/10/2025 09:02:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente
 **MARCIEL JOSE FERREIRA**
Data: 02/10/2025 10:02:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marciel José Ferreira
Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente
 **TEREZA CRISTINA TORRES DOS SANTOS BARBOSA**
Data: 02/10/2025 12:27:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Tereza Cristina Torres dos Santos Barbosa
Universidade Federal do Amazonas

A minha avó, Maria de Lourdes
Alves Sales, por sempre acreditar em
mim

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela força e perseverança durante a execução deste trabalho.

A realização desta pesquisa não seria possível sem o apoio e incentivo de diversas pessoas, às quais gostaria de expressar minha sincera gratidão.

À minha família, em especial à minha mãe Daniely Maciel Sales, ao meu pai Cláudio Alves Sales, à minha irmã Emanuely Maciel Sales e à minha namorada Nathália Oliveira Lunière, pelo amor incondicional, apoio constante e por sempre acreditarem em mim.

Aos professores Hedinaldo Narciso Lima, Marcelo Gordo e Angela Maria da Silva Mendes, pela valiosa orientação, disponibilidade e ensinamentos durante todas as etapas de execução deste trabalho.

Aos professores Francisco Adilson dos Santos Hara e André Luiz Atroch pela contribuição para a análise estatística dos dados.

Aos meus amigos Henrique Ramos, Wesley Praia, Cleber Nunes, Wilson Matos, Tiago Costa e Wildson Brito, pela ajuda e contribuições nos momentos necessários e pelo companheirismo ao longo das etapas deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PPGATR/UFAM), pela oportunidade ímpar e pela contribuição à minha formação acadêmica e profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo indispensável fomento e concessão da bolsa de estudos que viabilizaram a execução desta pesquisa.

A todos, o meu muito obrigado.

RESUMO

A restauração ecológica é fundamental para recuperar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos de áreas degradadas, além de promover geração de renda e emprego. Espécies exóticas tem sido amplamente empregadas para esse fim, mas diminuem a biodiversidade. A escassez de informações sobre as sementes, germinação, plântulas e produção de mudas são entraves ao uso de espécies nativas em programas de restauração. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os aspectos morfológicos da germinação e do crescimento inicial das mudas de *Ficus* spp., sob diferentes substratos, visando contribuir para a restauração ecológica. Para isso, foram realizadas análises morfométricas das sementes e aspectos morfofisiológicos de plântulas das espécies: *Ficus guianensis*, *F. mathewsii*, *F. maxima*, *F. obtusifolia* e *F. paraensis*. Para a produção de mudas foram usados substrato comercial e substratos com resíduos de açaí e abacaxi com e sem areia, em delineamento experimental inteiramente casualizado, o Índice de Qualidade de Dickson das mudas foi usado como parâmetro para atestar a qualidade. As espécies possuem características morfológicas de sementes e plântulas distintas, que podem ser usadas para identificação. Mudas de maior qualidade foram obtidas nos tratamentos com resíduos e areia, nas espécies *F. guianensis* e *F. obtusifolia*. O uso de resíduos agroindustriais constitui uma alternativa viável ao uso de substratos comerciais para produção de mudas de *Ficus* e que as descrições morfológicas de sementes e plântulas contribuem para o uso dessas espécies em programas de restauração ecológica.

Palavras-chave: Restauração ecológica. Espécies nativas. *Ficus*. Germinação. Produção de mudas.

ABSTRACT

Ecological restoration is essential for recovering biodiversity and ecosystem services in degraded areas, as well as promoting income and employment generation. Exotic species have been widely used for this purpose, but they reduce biodiversity. The lack of information about seeds, germination, seedlings, and seedling production is a barrier to the use of native species in restoration programs. Therefore, the objective of this study was to characterize the morphological aspects of germination and early seedling growth of *Ficus* spp. under different substrates, aiming to contribute to ecological restoration. For this purpose, morphometric analyses of the seeds and morphophysiological aspects of seedlings of the following species were performed: *Ficus guianensis*, *F. mathewsii*, *F. maxima*, *F. obtusifolia*, and *F. paraensis*. For seedling production, a commercial substrate and substrates containing açai and pineapple residues with and without sand were used in a completely randomized experimental design. The Dickson Quality Index of the seedlings was used as a parameter to assess quality. The species presented distinct morphological characteristics of seeds and seedlings, which can be used for identification. Higher-quality seedlings were obtained in treatments with residues and sand, particularly for *F. guianensis* and *F. obtusifolia*. The use of agro-industrial residues represents a viable alternative to commercial substrates for the production of *Ficus* seedlings, and the morphological descriptions of seeds and seedlings contribute to the use of these species in ecological restoration programs.

Keywords: Ecological restoration. Native species. *Ficus*. Germination. Seedling production. Agro-industrial waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Beneficiamento das sementes de <i>Ficus</i> spp. A – Frutos coletados. B – Extração das sementes. C – Separação das sementes do material inerte por decantação. D – Secagem das sementes.....	24
Figura 2. Captura dos dados biométricos de sementes de <i>Ficus</i> spp. A – Scanner Groundeye utilizado para análise. B – Resultados biométricos gerado pelo software Tebit acoplado ao equipamento.	25
Figura 3. Teste de germinação em sementes de <i>Ficus</i> spp. A – Captura das imagens pelo raio-X. B – Preparo do substrato. C – Semeadura em caixas gerbox. D – Acondicionamento na câmara de germinação. E – Contagem das sementes germinadas.	26
Figura 4. Preparo dos substratos para a germinação. A – Tubetes e bandejas usados. B – Substrato de abacaxi. C – Enchimento dos tubetes de acordo com os tratamentos.	31
Figura 5. Substratos utilizados para o desenvolvimento das mudas de <i>Ficus</i> spp. A – Tubetes com substrato comercial. B – Tubetes com substrato resíduo de açaí. C – Tubetes com substrato resíduo de abacaxi. D – Tubetes com substrato resíduo de açaí e areia. E – Tubetes com resíduo de abacaxi e areia.....	31
Figura 6. Repicagem de plântulas de <i>Ficus</i> spp. A – Plântulas de <i>F. mathewsii</i> com 2 meses após semeadura. B – Plântulas repicadas para os tubetes de <i>F. mathewsii</i> . C – Plântulas repicadas para os tubetes de <i>F. paraensis</i>	32
Figura 7. Avaliação do desenvolvimento das mudas de <i>Ficus</i> spp. A – Mensuração do diâmetro do coleto. B – Mensuração da altura. C – Secagem para obtenção da matéria seca. D – Pesagem da matéria seca.	33
Figura 8. Preparo das amostras para determinar o estado nutricional de mudas de <i>Ficus</i> spp. A – Amostras das mudas. B – Trituração das folhas para análise.	33
Figura 9. Aspectos morfológicos das sementes de <i>Ficus</i> spp. Primeira linha, amostra de sementes com a mesma escala. Segunda linha, máximo aumento visualizado pelo estereomicroscópio, sem escala.	36
Figura 10. Imagens de sementes de <i>Ficus</i> spp. capturadas por raio-X.....	39
Figura 11. Aspectos das plântulas de <i>Ficus</i> spp. aos 60 dias após emergência.	40
Figura 12. Detalhe das estruturas das plântulas de <i>Ficus</i> spp. aos 60 dias após emergência.....	41
Figura 13. Índice de Qualidade de Dickson das mudas de <i>Ficus</i> spp. em função dos tratamentos utilizados.	51
Figura 14. Mudas de <i>Ficus maxima</i> produzidas nos tratamentos com substratos SAA, SABA, COM e SA.	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos utilizados para teste de germinação e produção de mudas.	29
Tabela 2. Características biométricas de sementes de espécies do gênero <i>Ficus</i> . A.V = Amplitude de variação. D.P. = Desvio Padrão. (N = 50).....	35
Tabela 3. Médias das características de germinação de sementes de <i>Ficus</i> . Taxa de Germinação (TG, %), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG, dias).....	38
Tabela 4. Atributos químicos e físicos dos substratos.....	42
Tabela 5. Taxa de germinação (%) das espécies de <i>Ficus</i> nos tratamentos com substratos (COM, SA, SAA, SAB, SABA).....	44
Tabela 6. Índice de velocidade de germinação das espécies de <i>Ficus</i> nos tratamentos com substratos (COM, SA, SAA, SAB, SABA).....	45
Tabela 7. Tempo médio de germinação das espécies de <i>Ficus</i> nos tratamentos com substratos (COM, SA, SAA, SAB, SABA).....	46
Tabela 8. Médias das características de crescimento de mudas de <i>Ficus guianensis</i> , após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MAS), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	47
Tabela 9. Médias das características de crescimento de mudas de <i>Ficus mathewsii</i> , após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MAS), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	48
Tabela 10. Médias das características de crescimento de mudas de <i>Ficus maxima</i> , após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MAS), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	48
Tabela 11. Médias das características de crescimento de mudas de <i>Ficus obtusifolia</i> , após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MAS), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	49
Tabela 12. Médias das características de crescimento de mudas de <i>Ficus paraensis</i> , após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MAS), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	50
Tabela 13. Concentração de macronutriente na matéria seca das folhas das espécies de <i>Ficus</i> após 120 dias nos tratamentos.	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	13
2.1. Objetivo geral	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. Restauração ecológica: conceitos e objetivos	14
3.2. Restauração ecológica: os riscos da homogeneização e a urgência de modelos baseados em espécies nativas	14
3.3. Métodos de restauração de áreas degradadas no Brasil	16
3.4. Resíduos agroindustriais: substratos alternativos e a importância para produção de mudas de qualidade	17
3.5. O uso de sementes nativas na restauração: os desafios e importância	19
3.6. O gênero <i>Ficus</i>	20
3.7. Espécies estudadas	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Análise das características morfoométricas de sementes e morfofisiológica do desenvolvimento de plântulas de <i>Ficus</i> spp.	24
4.1.1. Espécies estudadas	24
4.1.2. Coletas dos frutos e beneficiamento das sementes	24
4.1.3. Análise dos aspectos físicos e biométricos das sementes	24
4.1.4. Caracterização morfológica das sementes	25
4.1.5. Teste de germinação em laboratório	26
4.1.6. Caracterização morfológica das plântulas	27
4.2. Avaliação da germinação e desenvolvimento de mudas de <i>Ficus</i> spp. em diferentes substratos	28
4.2.1. Coleta dos resíduos	28
4.2.2. Substrato de resíduos de abacaxi (SAB)	28
4.2.3. Substrato a base de açaí (SA)	29
4.2.4. Caracterização físico-química dos substratos	30
4.2.5. Teste de germinação nos substratos	30
4.2.6. Produção de mudas e avaliação das características biométricas	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35

5.1.	Análise morfométrica das sementes de <i>Ficus</i> spp. -----	35
5.2.	Análise do processo de germinação e aspectos morfológicos das plântulas de <i>Ficus</i> spp. -----	37
5.3.	Análise das características químicas e físicas dos substratos -----	42
5.4.	Análise do processo de germinação e produção de mudas de <i>Ficus</i> spp. 44	
6.	CONCLUSÃO -----	56
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	57

1. INTRODUÇÃO

A intensificação da degradação ambiental no mundo, como na Amazônia a partir da década de 1970 (Cruz *et al.*, 2021), tem gerado crescentes preocupações, principalmente em relação a mudança climática. Em resposta a este cenário, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou 2021 como marco inicial da década de restauração de ecossistemas degradados em todos os continentes (UNEP, 2019). Alinhado a essas medidas, o Brasil, por meio do acordo de Paris, assumiu o compromisso de recuperar 12 milhões de hectares degradados até 2030, medida que estimula o desenvolvimento sustentável do país (Lima *et al.*, 2022).

Entre os métodos de restauração mais empregados no Brasil destaca-se o plantio de mudas, que permite o desenvolvimento de plantas em condições controladas, visando diminuir o ataque de pragas e doenças e acelerar o estabelecimento da vegetação florestal (Rolim *et al.*, 2019). Assegurar a sobrevivência das mudas no campo é crucial para o sucesso do método e dos programas, ressaltando a importância da utilização de mudas com elevado padrão de qualidade (Grossnickle; MacDonald, 2018).

Mudas de espécies exóticas, como eucalipto (*Eucalyptus* spp.), são amplamente empregadas em programas de restauração devido a disponibilidade comercial, de informações técnicas de manejo e exigências, o que facilita a produção de mudas de maior qualidade (Cruz *et al.*, 2021). No entanto, estudos recentes alertam que essa prática pode resultar em homogeneização de áreas, pois desconsideram a biodiversidade local dos ecossistemas a serem restaurados (Toma *et al.*, 2024).

Nesse contexto, o uso de espécies nativas surge como uma alternativa aos programas de restauração ecológica. O gênero *Ficus* (Moraceae) reúne espécies de ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais, e desempenham papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na dinâmica de ecossistemas florestais. Além da importância ecológica, diversas espécies do gênero apresentam potencial para uso na recuperação de áreas degradadas, devido à sua adaptabilidade as condições adversas e ao rápido crescimento inicial (Pelissari; Neto, 2013; Shanahan *et al.*, 2001; Hendrayana *et al.*, 2025).

Para viabilizar programas de conservação da diversidade biológica de espécies do gênero *Ficus*, é preciso pesquisar as diferentes espécies plantadas em diferentes regiões, realizando uma descrição morfológica completa que forneça as diferenças precisas entre

essas variantes biológicas, além de fornecer uma árvore filogenética para descrever a relação evolutiva entre elas (Ali *et al.* 2021).

Não obstante, produzir mudas de qualidade é um dos desafios ao emprego das espécies nativas, especialmente em relação a escassez de informações técnicas de manejo e exigências, resultando em pouca disponibilidade no mercado (Smiderle; Souza, 2022; Souza *et al.*, 2023). Associa-se a isso, a escassez de sementes viáveis, sazonalidade das espécies, acesso as matrizes e informações sobre a qualidade sanitária, fisiológica e genética das sementes.

Fatores como o tipo de substrato e recipiente também exercem influência na qualidade final das mudas. E nesse cenário, há uma crescente valorização ao uso de substratos alternativos e sustentáveis, com menor impacto ambiental e custo reduzido em relação aos substratos comerciais. E devido aos problemas físicos e químicos que estes apresentam, muitos resíduos orgânicos como casca de arroz, fibra de coco e açaí tem sido estudados como boas alternativas de substratos, que possuam boas características físicas e químicas para a produção de mudas florestais nativas (Zorzeto, 2011; Teixeira; Mendes, 2023).

Portanto, compreender as características germinativas de espécies nativas, explorar substratos alternativos, fornecer informações relacionadas aos tipos de manejos adequados são fundamentais para produção de mudas com alto padrão de qualidade, o que facilita seu uso e emprego em programas de restauração ecológica.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Caracterizar os aspectos morfológicos da germinação e do crescimento inicial das mudas de *Ficus* spp., sob diferentes substratos alternativos, como contribuição para a restauração ecológica de áreas degradadas.

2.2. Objetivos específicos

1. Analisar os aspectos físicos, biométricos e de viabilidade de sementes de *Ficus* spp.
2. Descrever as características morfológicas das sementes e plântulas de *Ficus* spp.
3. Avaliar a germinação de sementes de *Ficus* spp. em diferentes substratos.
4. Avaliar o crescimento das mudas de *Ficus* spp. em resposta ao uso de diferentes substratos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Restauração ecológica: conceitos e objetivos

Segundo a Society for Ecological Restoration (SER, 2004), restauração ecológica é o processo que auxilia o restabelecimento de um ecossistema após ter sido perturbado ou degradado, no qual os objetivos são a reintrodução de espécies nativas, o restabelecimento dos processos ecológicos essenciais como a ciclagem de nutrientes, a infiltração hídrica e a reconexão de fragmentos de habitats por meio de corredores ecológicos.

Este conceito é aceito pela Sociedade Brasileira de Restauração Ecológica (SOBRE) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), e abrange outros conceitos como: recuperação, restauração, reabilitação, reflorestamento e recomposição, conforme Sampaio *et al.* (2021).

Para Sampaio *et al.* (2021), a restauração ecológica está diretamente relacionada a práticas cujo objetivo é a conservação da biodiversidade local, envolvendo métodos, técnicas, espécies e conhecimentos silviculturais aplicados para estimular processos ecológicos de sucessão, que permitem que os ecossistemas voltem a ser funcionais (Schneider *et al.*, 2023).

Além dos aspectos ecológicos, a restauração também pode incorporar dimensões sociais e culturais, especialmente quando envolve comunidades locais no planejamento e execução das ações (Aronson; Sasha, 2013). Dessa forma, a restauração ecológica representa uma estratégia fundamental para a conservação da biodiversidade, a mitigação das mudanças climáticas e a recuperação dos serviços ecossistêmicos.

3.2. Restauração ecológica: os riscos da homogeneização e a urgência de modelos baseados em espécies nativas

Apesar desses conceitos serem bem estabelecidos, a prática corrente de restauração na Amazônia, no entanto, muitas vezes se afasta desse ideal. A degradação ambiental é um problema global que atinge todos os continentes, sendo um processo diretamente relacionado à expansão agropecuária, às disputas territoriais e étnicas e ao crescimento econômico e ao desenvolvimento industrial desenfreados, os quais comprometem a conservação dos recursos naturais (Lima *et al.*, 2022). Para enfrentar esse cenário, a ONU decretou 2021 como marco inicial para a Década da Restauração de Ecossistemas. Empenhado em atingir as metas climáticas estabelecidas pelo Acordo de

Paris, o Brasil comprometeu-se a recuperar 12 milhões de hectares em todos os biomas do país. Conforme o Instituto Escolhas (2023), o compromisso necessitará de um investimento de R\$ 228 bilhões, com potencial retorno econômico de R\$ 776,5 bilhões.

Na Amazônia, este desafio é particularmente urgente. A degradação intensificou-se a partir da década de 1970 com a abertura da Transamazônica e a implantação de projetos de infraestrutura e desenvolvimento pelo governo. Cerca de 10 milhões de hectares da região encontram-se como terras improdutivas ou degradadas, devido ao desmatamento, queimadas e exploração madeireira (Cruz *et al.*, 2021; Instituto Humanitas Unisinos, 2019).

Em levantamento realizado por Cruz *et al.* (2021), referente a projetos de restauração na Amazônia entre 1950 e 2017, constatou-se que 52% das iniciativas utilizaram espécies exóticas, como teca (*Tectona grandis*), acácia (*Acacia mangium*) e eucalipto (*Eucalyptus* spp.). A preferência por essas espécies deve-se ao seu rápido crescimento, tolerância a condições ambientais adversas e alta capacidade de adaptação, somados à rapidez, facilidade e menor custo de produção de suas mudas (Brancalion *et al.*, 2012). Esta prática é reforçada pela alta disponibilidade comercial dessas espécies, associada ao conhecimento técnico consolidado sobre seu manejo, e pela escassez de informações técnico-científicas sobre a ecologia e o desempenho de espécies nativas, o que resulta em desequilíbrio na oferta de mudas e contribui para o uso das exóticas (Silva *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2009).

A adoção de espécies exóticas, no entanto, acarreta sérios riscos. Ela pode resultar na homogeneização da paisagem e na degradação dos ecossistemas naturais remanescentes, priorizando apenas a cobertura vegetal em detrimento de uma restauração funcional e ecologicamente adequada (Toma *et al.*, 2024). Somam-se a esses riscos a competição com espécies nativas remanescentes, o potencial invasivo de algumas exóticas e a baixa diversidade funcional, uma vez que tais espécies não reproduzem adequadamente as funções ecológicas do ecossistema original (Simberloff *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2009). De acordo com Richardson e Rejmánek (2011), o emprego de espécies exóticas pode alterar significativamente a dinâmica dos ecossistemas, prejudicando o recrutamento natural e o estabelecimento de espécies nativas.

Diante desse cenário, Rolim *et al.* (2019) ressaltam a importância da utilização de espécies nativas nos programas de restauração ecológica, uma vez que estas contribuem para a redução da homogeneização das áreas restauradas e apresentam maior adaptabilidade às condições ambientais locais. Por sua vez, Toma *et al.* (2024) defendem

o uso de ecossistemas de referência como fontes de sementes, além de provedores de polinizadores e dispersores, recomendando que essas áreas nativas estejam situadas próximas às regiões a serem restauradas, a fim de garantir maior compatibilidade ecológica e funcionalidade ao processo de recuperação.

Portanto, para viabilizar esta transição, a maior disponibilidade de espécies nativas passa pela necessidade de organização da cadeia de produção de mudas para atender à demanda do mercado, bem como pela implementação de políticas públicas e programas que fomentem o desenvolvimento desta atividade. Dessa forma, a recuperação de ecossistemas poderá ser realizada com maior diversidade (Silva *et al.*, 2017).

3.3. Métodos de restauração de áreas degradadas no Brasil

Uma área pode ser recuperada através de métodos de restauração ativa, por meio do plantio de mudas ou sementes ou por restauração passiva, através do isolamento da área e condução da regeneração natural. Entre as técnicas disponíveis, destacam-se a instalação de poleiros artificiais, enriquecimento do banco de sementes, transposição de solos e núcleos de vegetação, além do enleiramento de galharia (Schneider *et al.*, 2023).

No Brasil, os métodos mais empregados são o plantio de mudas, a semeadura direta e a regeneração natural. O plantio de mudas consiste na produção em viveiros especializados para posterior introdução na área a ser recuperada. Essa técnica é amplamente utilizada, especialmente na Amazônia e na Mata Atlântica, pela necessidade de acelerar o estabelecimento da vegetação e assegurar a composição florística desejada (Rolim *et al.*, 2019).

A semeadura direta representa uma alternativa de menor custo, na qual as sementes são dispersas diretamente na área, de forma manual ou mecanizada. É particularmente útil em áreas extensas, mas depende de fatores ambientais favoráveis e de um adequado manejo prévio do solo (Sampaio *et al.*, 2014).

Embora menos onerosa, a semeadura direta apresenta maior dificuldade para o estabelecimento inicial das plantas, devido à competição com plantas invasoras e à alta mortalidade causada por condições ambientais adversas (Vasconcelos *et al.*, 2012). Por outro lado, o plantio de mudas permite maior controle sobre a diversidade e estrutura da vegetação, mas requer investimentos elevados e mão de obra qualificada (Rodrigues *et al.*, 2011).

A regeneração natural baseia-se na proteção e no manejo da vegetação remanescente e do banco de sementes do solo, minimizando os fatores de perturbação

que impedem a recuperação natural. Essa abordagem é considerada economicamente eficiente, principalmente quando existem fragmentos florestais próximos que funcionam como fontes de propágulos (Alves *et al.*, 2022). No entanto, esta prática pode ser limitada em áreas com elevado grau de degradação.

O aumento de acordos internacionais de combate às mudanças climáticas tem elevado a demanda por mudas de espécies florestais nativas. Contudo, mudas de espécies nativas de qualidade tornam-se escassas devido às dificuldades técnicas de manejo, à necessidade de mais estudos e à carência de informações sobre as espécies (Miranda, 2024).

Os altos custos financeiros e logísticos envolvidos na produção de mudas nativas, assim como no transporte, plantio e manutenção, especialmente em projetos de larga escala, representam os principais entraves ao uso de espécies nativas (Calegari *et al.*, 2011). Acrescenta-se a isso a baixa taxa de sobrevivência das mudas, ocasionada pelas condições adversas de implantação, como deficiência hídrica e compactação do solo e a escassez de informações relacionadas às exigências nutricionais dessas espécies (Rodrigues *et al.*, 2009; Nunes *et al.*, 2020).

Nesse contexto, mudas com elevado padrão de qualidade são fundamentais para assegurar a sobrevivência das espécies no campo, uma vez que as fases de germinação e crescimento inicial ocorrem em viveiros, com condições controladas de sombreamento e irrigação, além de menor incidência de pragas e doenças (Smiderle; Souza, 2022; Souza *et al.*, 2023).

3.4. Resíduos agroindustriais: substratos alternativos e a importância para produção de mudas de qualidade

Considerando que o plantio de mudas é um dos métodos mais empregados, a qualidade do material propagativo constitui-se como um dos principais determinantes do sucesso na recuperação de ecossistemas degradados. A produção de mudas de alta qualidade depende de diversos fatores, como a origem e variabilidade genética das sementes, substrato, recipiente, adubação e manejo durante o processo produtivo (Filho *et al.*, 2019).

Entre esses fatores, o substrato merece destaque, devendo apresentar boas características físicas (aeração, retenção hídrica e estabilidade estrutural) e químicas (disponibilidade de nutrientes), de modo a favorecer o desenvolvimento radicular e da parte aérea (Trigueiro; Guerrini, 2014; Lacerda *et al.*, 2004).

Observa-se uma crescente valorização do uso de substratos alternativos e sustentáveis, com menor impacto ambiental e custo reduzido. Resíduos orgânicos como casca de arroz, fibra de coco, serragem, esterco curtido, cama de aviário e resíduos da agroindústria, como café e açaí, têm sido amplamente estudados como alternativas viáveis aos substratos comerciais (Teixeira; Mendes, 2023; Almeida *et al.*, 2021).

O expressivo aumento no consumo de açaí, especialmente na região Norte, resultou na geração de grandes volumes de resíduos, compostos majoritariamente por caroços e fibras remanescentes do processamento da polpa, os quais representam 60% a 70% da massa total do fruto. Esse volume implica em milhões de toneladas descartadas anualmente (Almeida *et al.*, 2017).

Pesquisa conduzida por Miranda *et al.* (2022) nos municípios de Macapá e Santana revelou que, diariamente, 24.455 kg de resíduos de açaí são descartados pelas batedeiras de açaí. Desse total, 11.580 kg são destinados a olarias, 4.050 kg são lançados em lagos, ressacas e terrenos baldios, 3.085 kg são descartados em lixões ou aterros, apenas 1.600 kg são utilizados como adubo e 4.140 kg permanecem sem destinação definida.

Estudo conduzido por Campos *et al.* (2020) identificou que resíduos da cadeia produtiva do abacaxi (*Ananas comosus*), como a casca e coroa, representam aproximadamente 60% da massa total do fruto. Tais resíduos são frequentemente descartados inadequadamente em áreas abertas, feiras e rodovias, acarretando problemas ambientais (Filho *et al.*, 2019; Miranda *et al.*, 2022), configurando-se como um dos principais desafios a serem enfrentados para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 (Farias *et al.*, 2022).

Este cenário evidencia a urgência de políticas públicas ou do aprimoramento das existentes, de modo a incentivar o uso sustentável dos resíduos, integrando a produção de compostos orgânicos, substratos agrícolas e biomassa energética.

Estudo conduzido com o uso de resíduos de caroços de açaí em substratos com diferentes concentrações (0%, 10%, 20%, 40%), com ou sem adubação mineral para produção de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*), identificou que os melhores valores do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foram observados nos substratos com até 20% de açaí, sem adubação (Bastos; Santos; Shibata, 2023).

Maranho e Paiva (2012) também obtiveram bons resultados para o Índice de Qualidade (0,1142) em mudas de *Physocalymma scaberrimum* em substratos com 100% de resíduos de açaí misturado com terra de mata. De modo similar, Leão e Paiva (2021)

encontraram resultados promissores para produção de mudas de timbaúma (*Enterolobium schomburgkii* Benth), mulateiro (*Calycophyllum spruceanum* Benth) e paricá (*Schizolobium amazonicum*) com substratos alternativos produzidos a partir de resíduos de açai.

3.5. O uso de sementes nativas na restauração: os desafios e importância

Além do substrato, a origem e a qualidade das sementes constituem outro importante fator para a produção de mudas de qualidade. A necessidade de restauração de áreas degradadas tem gerado demanda crescente por métodos de propagação de espécies florestais nativas (Teixeira, 2009). Entretanto, a obtenção de sementes representa uma das etapas mais complexas para o sucesso de programas de restauração ecológica, configurando-se como um dos principais gargalos logísticos, técnicos e científicos. À escassez de sementes viáveis somam-se a sazonalidade reprodutiva das espécies, o difícil acesso às matrizes e a carência de conhecimento sobre o processo reprodutivo, fatores que dificultam a coleta e o fornecimento de sementes em escala adequada (Gomes *et al.*, 2023).

A baixa oferta de sementes no mercado restringe o uso de espécies nativas em programas de restauração. Consequentemente, o mercado é dominado por espécies generalistas, de rápido crescimento e de fácil obtenção, resultando em limitações relacionadas à biodiversidade genética dos projetos (Merritt; Dixon, 2011; Schmidt *et al.*, 2019).

A carência de conhecimento técnico sobre a ecologia das sementes, relacionada à viabilidade, dormência, germinação e armazenamento também limita a disponibilidade de sementes no mercado. Muitas sementes nativas são classificadas como recalcitrantes, o que implica na necessidade de coleta e uso imediato (Bewley *et al.*, 2013), uma vez que não toleram desidratação e armazenamento por períodos prolongados.

A falta de disponibilidade comercial de sementes nativas também se relaciona à ausência de sistemas de certificação e rastreabilidade, sendo fundamental compreender o contexto ecológico para garantir que as sementes sejam adequadas às condições ambientais das áreas a serem restauradas (Filho *et al.*, 2013). Ressalta-se que a seleção de matrizes adaptadas às condições ecológicas da área a ser restaurada garante maior sobrevivência e crescimento inicial das mudas em campo, além de contribuir para a resiliência e diversidade funcional do ecossistema (Durigan *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2009).

Tais entraves resultam em reduzida disponibilidade e variedade de espécies utilizadas em programas de restauração, aspecto relevante segundo Vechiato e Parisi (2013), uma vez que a variabilidade genética e a diversidade de espécies são fundamentais para a manutenção da biodiversidade.

A qualidade sanitária, fisiológica e genética das sementes são fatores cruciais para a produção de mudas de qualidade. Em plantios comerciais ou para restauração, os maiores riscos de danos às sementes ocorrem durante as fases de coleta, secagem e beneficiamento (Nogueira; Medeiros, 2007; Viani; Rodrigues, 2007).

Portanto, a qualidade das sementes florestais nativas constitui fator determinante para o sucesso de programas de restauração ecológica. Dessa forma, para garantir que o material propagativo seja fisiologicamente viável e geneticamente adequado, é importante empregar métodos padronizados de análise que avaliem a qualidade física (pureza, peso de mil sementes e biometria), fisiológica (teste de germinação), sanitária e genética (Filho, 2015).

Entre os métodos mais utilizados para atestar a qualidade fisiológica das sementes destaca-se o teste de germinação, realizado sob condições controladas de temperatura e substrato ideais para cada espécie. Este teste tem como objetivo determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, analisando a emergência e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, atestando sua capacidade de produzir uma planta normal (Brasil, 2009).

Nesse sentido, a análise de sementes é fundamental para determinar sua qualidade, permitindo identificar possíveis inadequações no processo de beneficiamento e corrigi-las (Figliolia, 2015). A caracterização de sementes florestais nativas também é importante para estudos genéticos e taxonômicos, além de otimizar as condições de germinação e a seleção de espécies e matrizes adequadas para restauração (Felix *et al.*, 2023).

Entretanto, essas informações são escassas para a maioria das espécies nativas. Diante dessa lacuna, torna-se necessária a realização de trabalhos que levantem tais informações, com o intuito de viabilizar a recuperação efetiva de áreas degradadas (Dias, 2012).

3.6. O gênero *Ficus*

Diante dos desafios de obtenção de sementes e produção de mudas de espécies nativas de qualidade, estudos com espécies nativas específicas tornam-se cruciais para avançar na prática da restauração. O gênero *Ficus* L., o maior da família Moraceae, com

aproximadamente 800 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais, configura-se como exemplo notável. No Brasil, ocorrem cerca de 75 espécies nativas, distribuídas por diversos biomas, com destaque para a Amazônia e a Mata Atlântica (Pelissari; Neto, 2013).

Estas espécies caracterizam-se por serem arbóreas ou hemiepífitas, apresentando látex, estípulas terminais bem desenvolvidas, folhas com glândulas no pecíolo e inflorescência do tipo sicônio ou figo (Pelissari; Neto, 2013). São classificadas como plantas de ciclo longo, exigentes em luz para seu desenvolvimento, mas necessitando de sombra para germinar (Machado *et al.*, 2021).

Conhecidas popularmente como figueiras ou apuizeiros, as espécies deste gênero possuem forte relação mutualística com vespas da família Agaonidae, estabelecida há aproximadamente 70 milhões de anos (Pelissari; Neto, 2013; Nazareno *et al.*, 2007). Sua principal característica ecológica reside na capacidade de atrair fauna, que se alimenta de seus frutos nutricionalmente ricos e dispersa suas sementes, contribuindo para o equilíbrio biológico das florestas onde ocorrem (Pelissari; Neto, 2013).

A frutificação assíncrona ao longo do ano constitui outra característica relevante das espécies deste gênero, garantindo alimento constante para a fauna e desenvolvendo, assim, papel ecológico fundamental nos ecossistemas tropicais (Shanahan *et al.*, 2001). Estudos indicam que mais de 1.200 espécies de vertebrados consomem frutos de *Ficus* em florestas tropicais (Harrison *et al.*, 2012).

Pesquisa realizada por Cottee-Jones *et al.* (2016) com 103 espécies de *Ficus* maduras identificou que estas apresentavam maior riqueza de espécies em seu entorno, maior densidade de mudas e maior densidade de chuva de sementes de espécies não parentais. Kriek *et al.* (2008) também obtiveram resultados significativos para chuva de sementes em espécies remanescentes de *Ficus cestrifolia* em áreas desmatadas, uma vez que atraem dispersores de sementes para suas copas e funcionam como fonte de propágulos, acelerando o processo de sucessão ecológica e promovendo a reestruturação da vegetação e o retorno da fauna.

Embora o gênero apresente grande diversidade de espécies com potencial para uso em projetos de restauração de áreas degradadas, importantes lacunas de informação necessitam ser preenchidas, principalmente no que concerne às condições de germinação e produção de mudas (Machado *et al.*, 2021). Rorato *et al.* (2018) reforçam que tais lacunas resultam do desenvolvimento recente da silvicultura de espécies nativas no Brasil, com importantes aspectos relacionados à restauração florestal a serem investigados.

3.7. Espécies estudadas

Ficus guianensis Desv.

A espécie em questão é uma planta hemiepífita que apresenta caule com estípulas de indumento glabro ou puberulento, sendo estas terminais e medindo entre 0,3 e 2,5 cm de comprimento. As folhas possuem pecíolos com 1 a 3,5 cm de comprimento, de epiderme íntegra, e lâminas foliares elípticas, variando de 8,5 a 17,5 cm de comprimento por 3 a 8 cm de largura. A base das folhas é cuneada, enquanto o ápice pode ser agudo, arredondado ou obtuso. Ambas as faces, adaxial e abaxial, são glabras, e o número de nervuras secundárias varia de 7 a 15. A inflorescência é composta por sicônios dispostos aos pares ou em braquiblastos, com pedúnculos de 4 a 10 mm de comprimento e brácteas basais medindo de 1,5 a 2,7 mm. O receptáculo é globoso, com diâmetro de 0,7 a 1 cm, podendo ser glabro ou puberulento, e apresenta ostíolo plano. As flores, por sua vez, não tiveram a coloração determinada (Pederneiras; Machado; Santos, 2024).

Ficus mathewsii (Miq.) Miq.

Planta hemiepífita, caule com estípulas com indumento glabro, com as estípulas terminais com 0,5 a 1,5 (cm) de comprimento. As folhas com pecíolos com 0,7 a 2,0 (cm) de comprimento e epiderme do tipo inteira, comprimento das lâminas varia de 5 a 15 (cm) e largura varia de 2,5 a 5,5 (cm), com formato foliar elíptica/obovada e base aguda/obtusa, ápice agudo, face adaxial glabra, face abaxial glabra. As nervuras secundárias variam de 8 a 18 pares. As inflorescências são do tipo sicônios, aos pares, com comprimento do pedúnculo de 2 a 3 (mm) e brácteas basais com comprimento de 1 a 2 (mm), os receptáculos globosos e com 0,5 a 0,7 (cm) de diâmetro, com indumento do receptáculo glabro/puberulento, os ostíolos planos. E flores de cor branca (Pederneiras; Machado; Santos, 2024).

Ficus maxima Mill.

Trata-se de uma árvore terrestre (terrácola) com caule coberto por indumentos hispídeos e estípulas. As estípulas terminais medem entre 1,5 a 2,5 cm de comprimento. As folhas são pecioladas, com pecíolos de 0,8 a 4,0 cm de comprimento, cuja epiderme é do tipo descamosa. A lâmina foliar tem um comprimento que varia de 8 a 30 cm e uma largura de 4 a 12 cm. Sua forma pode ser elíptica, obovada ou ovada, com base aguda e ápice acuminado, agudo ou cuspidado. A face superior (adaxial) é glabra ou puberulenta, enquanto a face inferior (abaxial) é puberulenta. A planta possui de 8 a 18 pares de nervuras secundárias. As inflorescências são do tipo sicônios solitários, com pedúnculos

de 4 a 20 mm de comprimento e brácteas basais de 1 a 1,5 mm. Os receptáculos são globosos, com 1,3 a 2,5 cm de diâmetro. O indumento do receptáculo é puberulento ou hispido e o ostíolo é plano. As flores são de cor bege. (Pederneiras; Machado; Santos, 2024).

Ficus obtusifolia Kunth.

A planta hemiepífita apresenta caule com estípulas de indumento glabro, sendo as estípulas terminais de 0,5 a 1,5 cm de comprimento. As folhas possuem pecíolos com 0,7 a 2,0 cm de comprimento e epiderme do tipo inteira. As lâminas variam de 5 a 15 cm de comprimento por 2,5 a 5,5 cm de largura, apresentando formato elíptico ou obovado, com base aguda ou obtusa e ápice agudo. Tanto a face adaxial quanto a abaxial são glabras, e as nervuras secundárias variam de 8 a 18 pares. As inflorescências são do tipo sicônio, dispostas aos pares, com pedúnculos de 2 a 3 mm de comprimento e brácteas basais medindo de 1 a 2 mm. Os receptáculos são globosos, com 0,5 a 0,7 cm de diâmetro, podendo apresentar indumento glabro ou puberulento, e ostíolos planos. As flores são de cor branca (Pederneiras; Machado; Santos, 2024).

Ficus paraensis (Miq.) Miq.

por 3 a 8 cm de largura, apresentando formato oblonga ou obovada, base cuneada. A planta hemiepífita apresenta caule com estípulas de indumento puberulento, sendo as estípulas terminais com 0,8 a 2,5 cm de comprimento. As folhas possuem pecíolos de 1 a 5 cm de comprimento, com epiderme inteira. As lâminas foliares variam de 8 a 19 cm de comprimento ou obtusa e ápice acuminado. A face adaxial é glabra, enquanto a face abaxial apresenta indumento puberulento, com 10 a 15 pares de nervuras secundárias. A inflorescência é do tipo sicônio, disposta aos pares, com pedúnculos sésseis a até 1,5 mm de comprimento. As brácteas basais medem entre 2 e 2,5 mm, e o receptáculo é elíptico, com 1,2 a 2,1 cm de diâmetro, apresentando indumento puberulento. Os ostíolos são proeminentes (Pederneiras; Machado; Santos, 2024).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Análise das características morfométricas de sementes e morfofisiológica do desenvolvimento de plântulas de *Ficus* spp.

4.1.1. Espécies estudadas

Foram estudadas cinco espécies, *Ficus guianensis* Desv., *Ficus mathewsii* (Miq.) Miq., *Ficus maxima* Mill., *Ficus obtusifolia* Kunth. e *Ficus paraensis* (Miq.) Miq.

4.1.2. Coletas dos frutos e beneficiamento das sementes

As sementes das cinco espécies de *Ficus* foram obtidas de frutos maduros, coletados em plantas localizadas no fragmento florestal do Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). No laboratório, os frutos foram lavados em água corrente para remoção de impurezas, cortados e macerados manualmente para a extração das sementes. Em seguida, as sementes foram colocadas em béqueres para separação do material inerte por decantação. Após esse processo, foram dispostas sobre papel absorvente e mantidas à sombra por 72 horas para secagem, conforme metodologia descrita por Souza (2001) (Figura 1).



Figura 1. Beneficiamento das sementes de *Ficus* spp. A – Frutos coletados. B – Extração das sementes. C – Separação das sementes do material inerte por decantação. D – Secagem das sementes.

4.1.3. Análise dos aspectos físicos e biométricos das sementes

O peso de mil sementes das diferentes espécies foi realizado por meio de oito sub-amostras de 100 sementes, seguindo as recomendações prescritas nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009).

A biometria das sementes das cinco espécies foi realizada por sistema de escaneamento digital, utilizando o equipamento GroundEye® (Tebit, Brasil) (Figura 2). Para cada espécie, foram utilizadas 50 sementes puras. Devido as sementes das diferentes

espécies serem muito pequenas ($< 3,0$ mm), as sementes foram distribuídas manualmente em papel de acetado, grudadas por fita dupla face, para evitar que se movimentassem, assegurando-se a ausência de sobreposição e o espaçamento adequado entre os indivíduos e, foram dispostas sobre a bandeja de acrílico do equipamento.

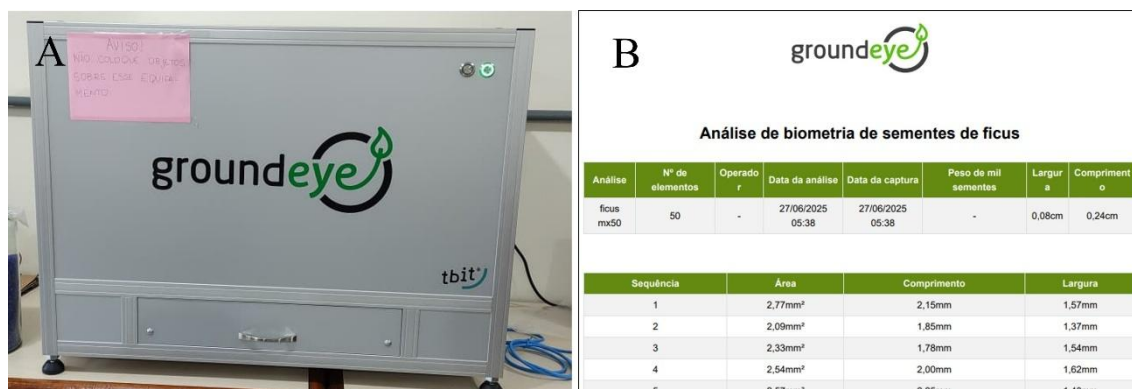


Figura 2. Captura dos dados biométricos de sementes de *Ficus* spp. A – Scanner Groundeye utilizado para análise. B – Resultados biométricos gerado pelo software Tebit acoplado ao equipamento.

O perfil de leitura foi configurado de acordo com as dimensões médias das sementes e, quando necessário, foram ajustados parâmetros como contraste e matiz. Após a digitalização, o software gerou automaticamente os dados referentes às variáveis morfométricas de cada semente, incluindo área (mm²), comprimento e largura (mm) (Figura 2-B).

Os dados foram exportados em formato de planilha eletrônica (.xls), e, para cada variável, foram aplicados a estatística descritiva das médias, desvio padrão e amplitude de variação.

4.1.4. Caracterização morfológica das sementes

As características externas das sementes das espécies de *Ficus* spp. foram observadas com auxílio de estereomicroscópio binocular e para detalhamento da forma e coloração utilizou-se o Scanner digital GroundEye® (Tbit, Brasil).

As características morfológicas externas das sementes analisadas neste trabalho foram as mais empregadas em estudos de identificação morfológica, abrangendo cor e superfície da testa; posição do hilo e outros caracteres eventuais, quando presentes. A terminologia empregada nas descrições das sementes está de acordo com Barroso *et al.* (1999) e Corner (1976).

4.1.5. Teste de germinação em laboratório

Para o teste de germinação foram usadas 200 sementes por espécies, divididas em quatro repetições de 50 sementes. Antes da semeadura, as repetições foram submetidas à exposição radiográfica através do equipamento de raio-X XPERT 80® (Kubtec), em intensidade e tempo padronizados pelo próprio equipamento, obtendo-se imagens digitais que permitiram a visualização dos aspectos internos das sementes (Figura 3-A).

Após a captura de imagens pelo raio-X, as quatro repetições de cada espécie, foram semeadas em caixas gerbox, contendo como substrato areia e vermiculita autoclavadas, na proporção de 1:1 e umedecidas com água destilada. As caixas gerbox foram colocadas em câmara de germinação, calibrada para a temperatura de 30 °C e luz constante (Figura 3-B, C e D).

Foi considerado como semente germinada, a emergência da parte aérea. O período de observação se deu diariamente até não se observar a germinação (Figura 3-E). As espécies foram consideradas os tratamentos, para fins de comparação das variáveis taxa de germinação (G%); tempo médio de germinação (TMG dias) e o índice de velocidade de germinação (IVG).



Figura 3. Teste de germinação em sementes de *Ficus* spp. A – Captura das imagens pelo raio-X. B – Preparo do substrato. C – Semeadura em caixas gerbox. D – Acondicionamento na câmara de germinação. E – Contagem das sementes germinadas.

Os resultados foram calculados conforme as fórmulas apresentadas nas recomendações de Santana e Ranal (2004): Índice de Velocidade de Germinação (IVG),

calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação. Dado pela fórmula:

$$IVG = \sum \frac{ni}{ti}$$

Em que, ni é o número de sementes germinadas em cada contagem e ti é o número de dias da semeadura e a i-ésima contagem.

Tempo Médio de germinação (TMG), obtido por meio de contagens diárias das sementes germinadas até o fim do experimento e calculado por meio da fórmula:

$$TMG = \frac{\sum(ni \cdot ti)}{\sum ni}$$

Em que, ni é o número de sementes emergidas no intervalo entre cada contagem e ti é o tempo decorrido entre o início da emergência e a i-ésima contagem, sendo os resultados expressos em dias.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (espécies) e quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de Bartlett. Em seguida, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do Programa R Studio® (versão 2025.05.1) e pacote ExpDes (Ferreira *et al.*, 2018).

4.1.6. Caracterização morfológica das plântulas

A caracterização morfológica das plântulas das diferentes espécies de *Ficus* foi realizada com sementes armazenadas em placas de Petri, em ambiente de laboratório. *F. maxima* e *F. obtusifolia* por 12 meses e *F. guianensis*, *F. mathewsii* e *F. paraensis* por seis meses. Após esse período, as sementes do lote de *F. maxima* não germinaram, portanto, não foi possível avaliar os aspectos da plântula da espécie supracitada.

Foram semeadas três repetições de 50 sementes de cada espécie, em bandeja com substrato composto por areia e resíduos de açaí, na proporção de 1:1. As plântulas foram retiradas 60 dias após a semeadura, no qual foram caracterizadas, fotografadas e herborizadas.

Os elementos vegetativos descritos e ilustrados foram: raiz (principal e secundária): forma, cor e superfície; cotilédones: posição, inserção, forma, cor, nervação, pecíolo e pilosidade; epicótilo: forma, cor, superfície, pilosidade; hipocótilo: forma, cor e superfície; eofilos: filotaxia, forma, superfície, cor, pecíolo, pulvino, ráquis, estípulas e

gemas. A terminologia descritiva utilizada está de acordo com Miquel (1987) e Oliveira (2001).

4.2. Avaliação da germinação e desenvolvimento de mudas de *Ficus* spp. em diferentes substratos

4.2.1. Coleta dos resíduos

Os resíduos de abacaxi (*Ananas comosus*), compostos por casca e coroa e de açai (*Euterpe oleracea* e *Euterpe precatória*) foram coletados da indústria de polpa de frutas, localizadas nos municípios de Iranduba e Manaus. Em seguida, foram submetidos à secagem ao ar livre até atingirem um teor de umidade adequado para manuseio, entre 40% e 60%, de acordo com as recomendações de Kiehl (1985), considerada ideal para processo de compostagem. Também foram coletados materiais de Gliricídia (*Gliricidia sepium*) leguminosa rica em nitrogênio, para serem incorporados na compostagem. Todos os insumos foram triturados previamente ao processo de montagem das composteiras.

4.2.2. Substrato de resíduos de abacaxi (SAB)

Para a produção do composto, foram utilizadas oito caixas organizadoras com capacidade de 56 L, medindo 34 cm de altura, 40 cm de largura e 58 cm de comprimento. Cada composteira foi preenchida com 70% de material triturado com alta relação carbono/nitrogênio (35% de resíduos de abacaxi + 35% de serragem) e 30% de *Gliricidia sepium* (gliricídia) como fonte de nitrogênio.

As composteiras foram mantidas em casa de vegetação, com o intuito de evitar exposição direta aos raios solares e precipitação. O monitoramento da temperatura e de umidade, essenciais para a atividade microbiana, foi realizado com auxílio de um termohigrômetro digital para solo. A aeração dos compostos foi promovida por meio do revolvimento do material semanalmente ou quando a temperatura ultrapassasse 65° C, de acordo com Fialho *et al.* (2005).

O composto foi considerado estabilizado quando, após o revolvimento, não houvesse elevação de temperatura, além de apresentar coloração escura, textura homogênea e ausência de identificação dos materiais orgânicos originais, de acordo com os critérios estabelecidos por Oliveira *et al.* (2005). Após a maturação, o material foi peneirado em malha de 4 mm e armazenados em sacos plásticos em local com temperatura ambiente.

O composto produzido foi usado para compor os seguintes tratamentos: T2 - Composto de resíduo de abacaxi (100%) e T3 – Composto de abacaxi (50%) + areia (50%), de acordo com a tabela 1. O T1 foi composto pelo substrato comercial Vivatto Plus, composto por casca de pinus, vermiculita, moinha de carvão e aditivos.

4.2.3. Substrato a base de açaí (SA)

Os resíduos de açaí foram utilizados na montagem de uma pilha de compostagem, enriquecida com borra de café, folhas secas e cama de aviário, na proporção 3:1:1:1 (v/v). Os materiais foram dispostos em camadas alternadas, sendo a pilha irrigada e revolvida semanalmente para manter níveis adequados de umidade e promover a aeração do composto.

Assim como o composto anterior, este foi considerado estabilizado quando não era mais possível identificar os materiais originais, apresentando coloração escura e ausência de odor, conforme os critérios descritos por Oliveira *et al.* (2005). Em seguida, o material foi peneirado em malha de 4 mm para remoção de materiais não decompostos e armazenado em sacos plásticos.

O substrato obtido foi utilizado na formulação dos seguintes tratamentos: T4 – composto à base de resíduo de açaí enriquecido com 5 g L⁻¹ de adubo químico de liberação controlada (Osmocote Plus® 15-9-12); e T5 – composto pelo T4 acrescido de areia na proporção 1:1 (v/v), conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados para teste de germinação e produção de mudas.

Tratamento	Composição	Proporção (%)
T1	Substrato comercial (COM) – casca de pinus, vermiculita moinha de carvão e aditivos	-
T2	Substrato de resíduos de abacaxi (SAB)	100
T3	Substrato de resíduos de abacaxi + areia (SABA)	50-50
T4	Substrato de resíduos de açaí (SA)	100
T5	Substrato de resíduos de açaí + areia (SAA)	50-50

Fonte: Autor (2025).

4.2.4. Caracterização físico-química dos substratos

Os substratos foram submetidos à caracterização química e física conforme os procedimentos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007 (BRASIL, 2007), que regulamenta a análise de substratos para plantas. Para isso, foram coletadas amostras de 150 g dos substratos comercial (COM), de resíduo de abacaxi (SAB) e de resíduo de açaí (SA), as quais foram encaminhadas ao laboratório.

Para a determinação química dos compostos foi utilizado uma extração por digestão úmida em sistema aberto com a mistura $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (3:1). Os extratos obtidos foram utilizados para a determinação de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, S e Zn por método de espectrometria de emissão atômica-ICP. Já os teores de N foram determinados pelo método Kjeldahl, P disponível por espectrometria UV-Vis, e B com solução de HCl 1 mol L⁻¹ (sem digestão). Foram também determinados o pH em relação substrato: solução de 1:2,5. Umidade total, Densidade sólida e sólidos totais por gravimetria e a CTC (capacidade de troca catiônica) com acetato de cálcio 0,5M (Silva, 2009).

4.2.5. Teste de germinação nos substratos

As sementes utilizadas para testar diferentes substratos no processo de germinação e desenvolvimento das mudas das cinco espécies de *Ficus*, foram provenientes de sementes recém beneficiadas.

Para o teste de germinação foram usados tubetes de 290 cm³, posicionados em bandejas distribuídas sobre as bancadas na casa de vegetação (Figura 4-A, B e C), na Área Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), no Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizada no município de Manaus.

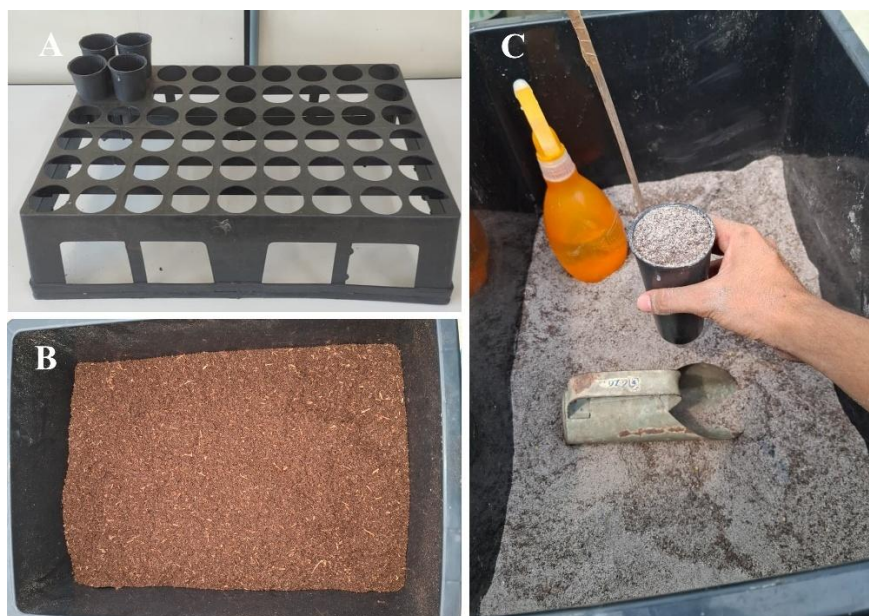


Figura 4. Preparo dos substratos para a germinação. A – Tubetes e bandejas usados. B – Substrato de abacaxi. C – Enchimento dos tubetes de acordo com os tratamentos.

Os tubetes foram preenchidos com os substratos correspondentes aos tratamentos (Tabela 1) (Figura 5). Para evitar a perda de substrato por vazamento, especialmente nos tratamentos com areia, foram utilizados discos de papel filtro com 3 cm de diâmetro, posicionados na base dos tubetes.

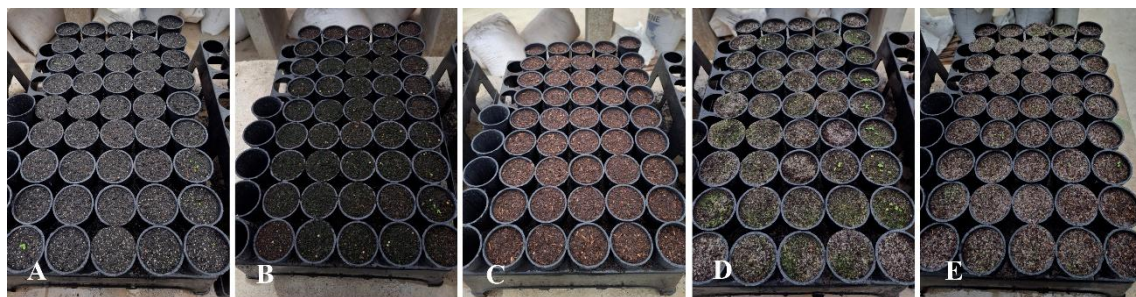


Figura 5. Substratos utilizados para o desenvolvimento das mudas de *Ficus* spp. A – Tubetes com substrato comercial. B – Tubetes com substrato resíduo de açaí. C – Tubetes com substrato resíduo de abacaxi. D – Tubetes com substrato resíduo de açaí e areia. E – Tubetes com resíduo de abacaxi e areia.

A irrigação foi realizada diariamente, com monitoramento contínuo das unidades experimentais para a avaliação dos parâmetros: taxa de germinação (TG), tempo médio de germinação (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG). As observações foram registradas e em seguida, foram passadas para planilhas eletrônicas (Microsoft Excel), sendo o período de avaliação até a estabilização da germinação, caracterizada pela ausência de emergência de novas plântulas.

Para cada espécie, foram usados cinco tratamentos (Tabela 1) com nove repetições, totalizando 45 unidades experimentais. Em cada repetição, foram semeadas cinco sementes, totalizando 225 sementes por espécie.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett. Em seguida, procedeu-se à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software RStudio® (versão 2025.05.1) e pacote ExpDes (Ferreira *et al.*, 2018).

4.2.6. Produção de mudas e avaliação das características biométricas

Para a produção de mudas foram utilizados tubetes de 290 cm³, dispostos em bandejas (Figura 4). O experimento foi conduzido a partir do teste de germinação nos tubetes, sendo mantida a plântula mais vigorosa e centralizada de cada repetição, desbastando as demais. As espécies *F. mathewsii* e *F. paraensis* foram repicadas para os tubetes com aproximadamente 2 meses após a germinação (Figura 6-A, B e C).



Figura 6. Repicagem de plântulas de *Ficus* spp. A – Plântulas de *F. mathewsii* com 2 meses após sementeira. B – Plântulas repicadas para os tubetes de *F. mathewsii*. C – Plântulas repicadas para os tubetes de *F. paraensis*.

Cada espécie consistiu em um experimento, conduzido por 120 dias, sob irrigação diária realizada com o auxílio de esguicho de jardim. Foi necessário a aplicação de Barrage, em três ocasiões, na concentração de 1 mL⁻¹ para diminuir a incidência de insetos que se alimentavam das plântulas.

Para a avaliação biométrica, as mudas de cada tratamento foram fotografadas e coletadas após 120 dias para medir a altura, diâmetro do coleto. A altura das plantas foi mensurada com o auxílio de régua, considerando-se a distância do colo da muda até o ápice, o diâmetro do coleto foi determinado utilizando um paquímetro digital, medindo-se a região entre a transição do hipocótilo e a radícula (Figura 7-A e B).



Figura 7. Avaliação do desenvolvimento das mudas de *Ficus* spp. A – Mensuração do diâmetro do coleto. B – Mensuração da altura. C – Secagem para obtenção da matéria seca. D – Pesagem da matéria seca.

Para a determinação da biomassa seca, a parte aérea e o sistema radicular foram separados, lavados em água destilada e acondicionados em sacos de papel e levados à estufa de circulação de ar forçado, a 65 ± 3 °C, por 48 horas, conforme metodologia descrita por Neto *et al.* (2003) (Figura 7-C). Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança de precisão digital (0,001 g) para determinação do peso da matéria seca da parte aérea (PMSA) e do sistema radicular (PMSR) (Figura 7-D). O peso da matéria seca total (PMST) foi obtido pela soma de PMSA e PMSR (Figura 7).

Esses parâmetros foram usados para determinar o Índice de Qualidade de Dickson (Dickson, Leaf, Hosner, 1960), dado pela seguinte fórmula:

$$IQD = \frac{PMST(g)}{\frac{H(cm)}{D(mm)} + \frac{PMSA(g)}{PMSR(g)}}$$

Para determinar o estado nutricional das mudas, após secas as folhas da parte aérea foram trituradas em moinho tipo Willey, utilizando peneira com malha de 1 mm, a fim de obter uma amostra homogênea, adequada para a análise foliar das mudas de cada tratamento (Figura 8-B).

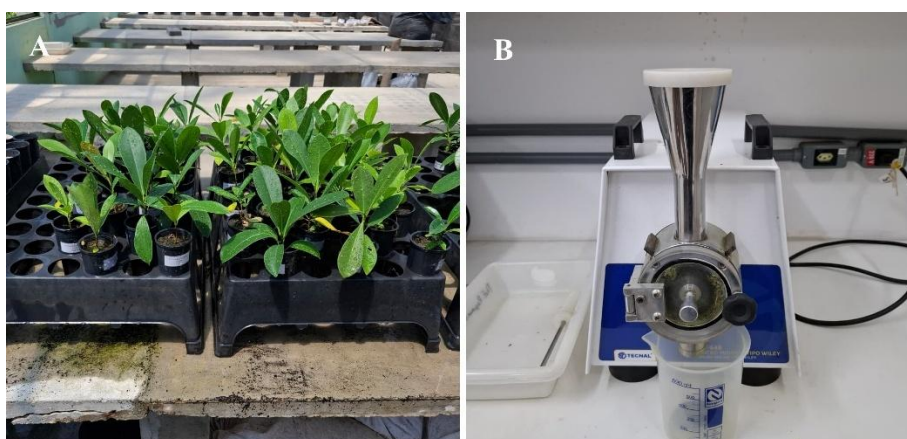


Figura 8. Preparo das amostras para determinar o estado nutricional de mudas de *Ficus* spp. A – Amostras das mudas. B – Trituração das folhas para análise.

O experimento foi conduzido com cinco tratamentos (Tabela 1) e nove repetições. Inicialmente, foram utilizadas duas bandejas por espécie para a distribuição das

repetições, totalizando 45 unidades experimentais, visando melhorar o espaçamento entre as unidades experimentais e reduzir a competição por luz (Figura 8-A).

Os dados obtidos foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett. Variáveis que não atenderam aos pressupostos ou que apresentaram coeficiente de variação elevado foram transformadas para raiz quadrada ou logarítmica. Em seguida, realizou-se a análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio do software RStudio® (versão 2025.05.1).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise morfométrica das sementes de *Ficus* spp.

As sementes de *Ficus guianensis* apresentam dimensão média, de 0,70 mm² (Tabela 2), determinando 0,18 g o peso de mil sementes (PMS). *F. mathewsii* apresentou PMS de 0,10 g com dimensão média de 0,68 mm². *F. maxima* e *F. obtusifolia* apresentaram os maiores valores de PMS, com 1,52 g e 1,35 g e dimensões médias de 2,32 mm² e 1,88 mm² (Tabela 2), respectivamente. *F. paraensis* apresentou a menor dimensão média de 0,66 mm² com PMS de 0,14 g.

As dimensões das sementes revelaram a existência de dois grupos morfométricos distintos (Tabela 2 e Figura 9). O primeiro grupo, com sementes de maiores dimensões, é composto por *F. maxima* e *F. obtusifolia*. *F. maxima* se destacou com as maiores dimensões em todas as características mensuradas. Em contraste, o segundo grupo, com sementes de menores dimensões, inclui as espécies *F. guianensis*, *F. mathewsii* e *F. paraensis*. A espécie de menor dimensões para todas as características mensuradas foi *F. paraensis*.

Ainda na Tabela 2, pode-se observar que a maior variação das características biométricas das sementes, das cinco espécies de *Ficus* estudadas foi a Área (mm²). E as espécies que apresentaram as maiores amplitudes de variação para esta característica, foram a espécies de maiores dimensões.

Tabela 2. Características biométricas de sementes de espécies do gênero *Ficus*. A.V = Amplitude de variação. D.P. = Desvio Padrão. (N = 50).

Espécies	Características								
	Área (mm ²)			Comprimento (mm)			Largura (mm)		
	Média	A.V.	D.P.	Média	A.V.	D.P.	Média	A.V.	D.P.
<i>F. guianensis</i>	0,70	0,33	0,07	1,06	0,33	0,08	0,73	0,22	0,05
<i>F. mathewsii</i>	0,68	0,38	0,09	1,02	0,40	0,08	0,74	0,30	0,06
<i>F. maxima</i>	2,32	1,87	0,35	2,10	0,60	0,15	1,24	0,67	0,13
<i>F. obtusifolia</i>	1,88	1,15	0,24	1,75	0,74	0,16	1,24	0,45	0,10
<i>F. paraensis</i>	0,66	0,60	0,11	1,01	0,59	0,12	0,72	0,32	0,08

Os pesos de mil sementes e as dimensões observadas demonstram uma grande variação entre as espécies de *Ficus* estudadas neste trabalho. *F. maxima* e *F. obtusifolia* apresentaram sementes substancialmente mais pesadas e maiores do que as de *F. guianensis*, *F. mathewsii* e *F. paraensis*. Esses resultados são semelhantes aos reportados

na literatura, como por exemplo, os valores de peso semelhantes reportados por Çalışkan, Mavi e Polat (2012) para *Ficus carica*. Sementes muito pequenas são mais frequentes entre as espécies de clima tropical, pois Chen *et al.* (2013), observaram valores dimensionais de PMS, comprimento e largura semelhantes das espécies menores deste estudo, para quatro espécies, *F. hispida*, *F. racemosa*, *F. altissima* e *F. auriculata*.

Sementes pequenas e leves são características do gênero *Ficus*, revelada na literatura e neste trabalho. A produção de sementes pequenas é considerada uma estratégia adaptativa crucial para a dispersão, pois são facilmente ingeridas por uma vasta gama de animais dispersores, como pássaros, morcegos e mamíferos (Shanahan, 2000). A distribuição de muitas sementes, aumenta a probabilidade de sobrevivência e de desenvolvimento de pelo menos uma nova planta.

O tamanho das sementes de *Ficus* é geralmente uniforme, enquanto o número de sementes por frutos é variável. *F. maxima* e *F. obtusifolia* produzem os maiores frutos e sementes, em comparação aos das outras espécies. Harrison *et al.* (2012) indicam que o tamanho e a cor dos frutos são características que evoluíram em resposta à seleção realizada pelos dispersores. Frutos maiores, por exemplo, são preferencialmente dispersos por mamíferos, enquanto frutos menores são mais atrativos para pássaros (Lomáscolo *et al.*, 2010).

O tamanho pequeno das sementes impossibilitou a classificação de formato realizado pelo Scanner. Dessa forma, foram usadas fotografias das sementes (Figura 9) em estereomicroscópio binocular para caracterizar a forma, textura e posição do hilo, além da cor predominante detectada pelo Scanner.

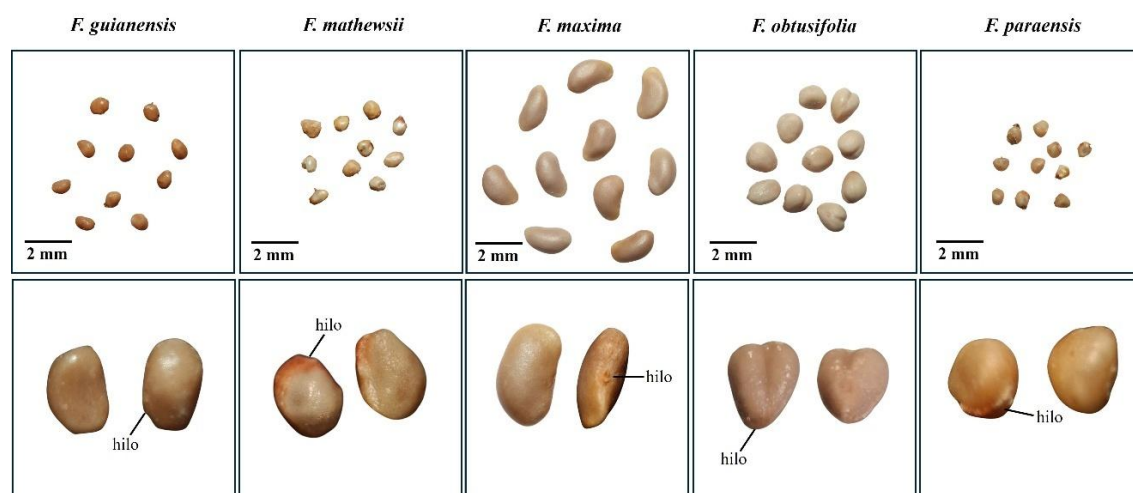


Figura 9. Aspectos morfológicos das sementes de *Ficus* spp. Primeira linha, amostra de sementes com a mesma escala. Segunda linha, máximo aumento visualizado pelo estereomicroscópio, sem escala.

De acordo com a Figura 9 pode-se observar as características das sementes de *Ficus* spp.:

F. guianensis: forma oblongas a globosas-irregulares, podendo ser levemente depressa em uma das faces; a área hilar é truncada e o hilo se posiciona subapical. A cor varia entre bege e marrom-claro, em tonalidade creme, e a superfície é lisa e brilhante.

F. mathewsii: possuem formas globosas-irregulares, com brilho discreto; área hilar levemente truncada com hilo apical. A coloração varia de bege pálido a creme, com áreas mais escuras. A superfície é lisa, podendo apresentar irregularidades e achatamentos em uma das margens.

F. máxima: apresentam forma oblonga com área hilar lateral levemente depressa, o que origina o formato reniforme; hilo ovalado e levemente deprimido. A coloração varia entre marrom-claro e bege-escuro. A superfície é lisa e brilhante.

F. obtusifolia: forma obovada e por causa da reentrância sulcada que se forma no ápice mais largo, origina o formato cordiforme. A coloração é bege, perolada. A superfície é lisa e brilhante, sugerindo um tegumento fino e lustroso.

F. paraensis: forma globoso-irregular a ovoide. A superfície é lisa, a coloração varia entre bege e marrom-claro, e pouco brilhante.

A caracterização morfológica das sementes revelou diferenças no formato, cor, textura da superfície e brilho, que podem ser utilizadas para a identificação e diferenciação das espécies. Além disso, essas descrições para as sementes de *F. guianensis*, *F. mathewsii*, *F. máxima*, *F. obtusifolia* e *F. paraensis* são inéditas, pois não foi encontrado na literatura para fins de comparação.

5.2. Análise do processo de germinação e aspectos morfológicos das plântulas de

***Ficus* spp.**

O processo de germinação das sementes das diferentes espécies de *Ficus* foi realizado em câmara de germinação com luz e temperatura (30 °C) constantes. A maioria das sementes de *Ficus* spp. de clima tropical são fotoblásticas positivas, ou seja, a germinação é estimulada pela luz e inibida pela escuridão, além disso, respondem melhor as temperaturas de altas de 22 °C a 35 °C (Vázquez-Yanes *et al.*, 1996; Chen *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2021).

Foi considerado sementes germinadas, quando se observou a emergência da parte aérea no substrato. Nas condições de semeadura, em substrato composto de areia e

vermiculita, após a emergência e liberação das folhas cotiledonares, as plântulas estiolavam e não completaram sua fase plântular, como por exemplo, a expansão do eófilo e alongamento do epicótilo. Ou seja, não houve o estabelecimento, a transição de uma plântula recém-emergida para uma plântula autotrófica, segundo Baskin e Baskin (2014). Assim, para todas as espécies de *Ficus* deste estudo, as plântulas não se desenvolveram nas condições de laboratório.

Estudos sobre germinação de sementes de *Ficus*, demonstraram que em condições naturais, ocorre uma alta mortalidade de indivíduos e em condições de laboratório, ocorre alta germinação, mas baixo estabelecimento de plântulas (Harrison, 2006; Chen *et al.*, 2021). Portanto, o teste de germinação em laboratório foi eficiente para avaliar a viabilidade de lotes de sementes de *F. guianensis*, *F. mathewsii*, *F. maxima*, *F. obtusifolia* e *F. guianensis*.

A análise estatística demonstrou diferenças significativas entre as espécies de *Ficus* em relação à taxa de germinação (TG), ao índice de velocidade de germinação (IVG) e ao tempo médio de germinação (TMG) (Tabela 3).

As espécies *F. maxima*, *F. obtusifolia* e *F. guianensis* apresentaram os maiores valores de TG, com 80%, 72,5% e 81% respectivamente, sendo superiores as demais espécies com 48,5% (*F. mathewsii*) e 29% (*F. paraensis*).

Tabela 3. Médias das características de germinação de sementes de *Ficus*. Taxa de Germinação (TG, %), Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de Germinação (TMG, dias).

Espécies	Características		
	TG (%)	IVG	TMG (dias)
<i>F. guianensis</i>	81,0 a	1,15 b	56,9 ab
<i>F. mathewsii</i>	48,5 b	0,60 b	53,3 b
<i>F. maxima</i>	80,0 a	3,19 a	13,9 c
<i>F. obtusifolia</i>	72,5 a	0,59 b	68,1 a
<i>F. paraensis</i>	29,0 b	0,49 b	57,9 ab
C.V. (%)	16,8	35,34	11,61

O IVG de 3,19 demonstrou que as sementes de *F. maxima* foram mais vigorosas e não apresentaram dormência, com menor TMG (14 dias). As demais espécies apresentaram médias de IVG semelhantes, sem diferenças significativas e TMG estatisticamente superiores em relação a *F. maxima*. A dormência fisiológica, em

sementes de espécies do gênero *Ficus* é bastante discutida na literatura (Vázquez-Yanes *et al.*, 1996; Chen *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2021), no entanto esses estudos não reportam o tempo médio de germinação, antes e após a superação da dormência.

Por meio da Figura 10, que demonstra as imagens capturadas pelo raio-X, podemos inferir que a baixa porcentagem de germinação das sementes de *F. mathewsii* e *F. paraensis* foi devido à alta porcentagem de sementes vazias (semente sem embrião).

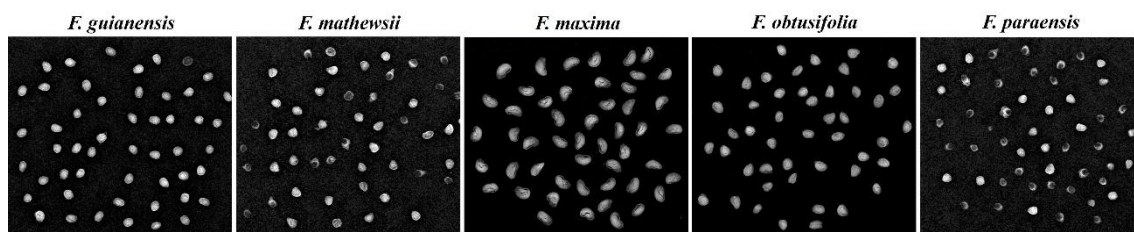


Figura 10. Imagens de sementes de *Ficus* spp. capturadas por raio-X.

A utilização do raio-X como ferramenta para avaliar a qualidade das sementes de *Ficus*, foi eficiente para duas espécies (*F. mathewsii* e *F. paraenses*), que detectou sementes cheias e sementes vazias. Como as imagens foram capturadas por repetição (n=50) das sementes colocadas para germinar, foi possível contabilizar a porcentagem de germinação com a porcentagem de sementes cheias (com embrião). Para as demais espécies não foi possível fazer essa correlação (Figura 10), sendo necessário detectar outros padrões nas imagens, por meio da Inteligência Artificial (IA), que correlacione com a viabilidade das sementes.

Quanto as características morfológicas das plântulas com 60 dias após emergência de *Ficus* spp., obtidas em casa de vegetação, não se obteve plântulas de *F. maxima*, possivelmente pela diminuição do vigor das sementes utilizadas, para as demais espécies, observa-se na Figura 11 que o tamanho de *F. guianensis*, *F. mathewsii* e *F. obtusifolia* são visualmente semelhantes e, *F. paraensis* a de menor tamanho. Em todas as plântulas das espécies analisadas, as folhas cotiledonares (paracotilédones) persistem e caracterizam plântulas epígeas fanerocotiledonares.

As Figuras 11 e 12 demonstram os aspectos morfológicos de plântulas de *Ficus* spp. com 60 dias após a emergência:

Ficus guianensis Desv.

Raiz primária longa, com **raízes secundárias** que competem com a primária em tamanho, pode-se observar raízes adventícias em tufo na região do coleto. **Coleto** delimitado pela mudança de coloração e textura entre o hipocótilo e a raiz primária.

Hipocótilo curto, cilíndrico e pubescente. **Epicótilo** longo, cilíndrico piloso com pelos simples, curtos e hialinos; entrenós curtos. **Cotilédones** glabros, forma orbicular, ápice retuso e base arredondada, com pecíolo longo e plano. **Eofilo** em par, simples, opostos com lâmina ovalada, ápice subaguda e base levemente cordada, margem crenada na porção apical, nervuras secundárias se fecham em arcos, pecíolo cilíndrico e pubescente. **Protofilos** alternos com as mesmas características do eofilo, no entanto a partir do protofilo de segunda ordem, observa-se uma mancha anelar de coloração vermelho escuro na base do pecíolo. Estípulas que recobre a gema apical se destaca de forma apiculada.

Ficus mathewsii (Miq.) Miq.

Raiz primária bifurca, originando **raízes secundárias** do mesmo tamanho, não se observa raízes adventícias saindo da região do coleto. **Coleto** delimitado pela mudança de coloração e textura entre o hipocótilo e a raiz primária. **Hipocótilo** alongado, cilíndrico e pubescente. **Epicótilo** longo, cilíndrico piloso com pelos simples, curtos e hialinos; entrenós alongados. **Cotilédones** glabros, forma orbicular, ápice retuso e base arredondada, com pecíolo longo e plano. **Eofilo** em par, simples, opostos com lâmina elíptica, ápice subaguda e base cuneada, margem crenada na porção apical, nervuras secundárias se fecham em arcos, pecíolo cilíndrico e pubescente. **Protofilos** simples, alternos com lâmina estreito ovalada, ápice subaguda e base arredondada, margem crenada na porção apical, nervuras secundárias se fecham em arcos, pecíolo longo, cilíndrico e pubescente. **Estípulas** que recobre a gema apical se destaca de forma cuneada, presença de estípulas interpeciolar.

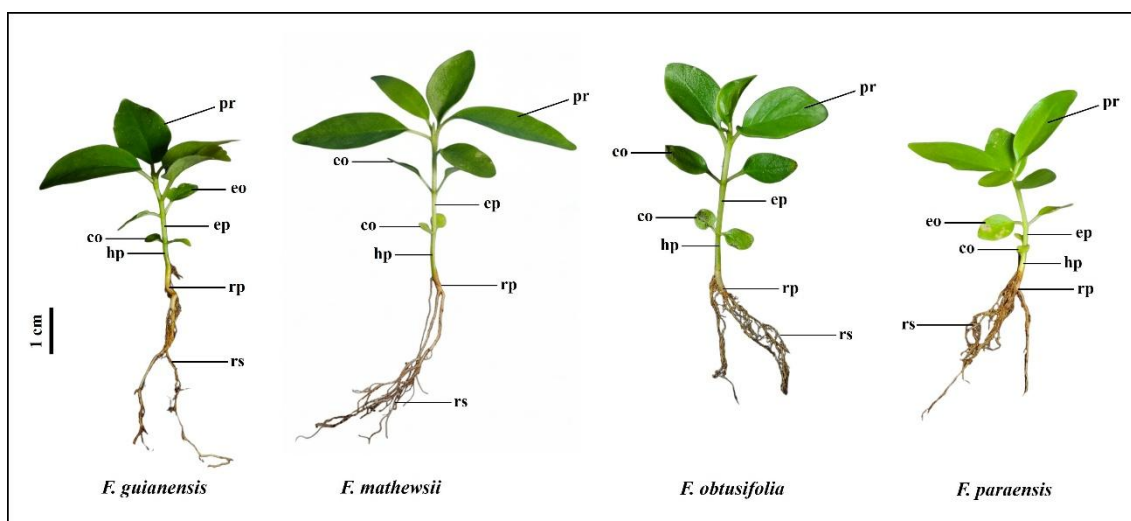


Figura 11. Aspectos das plântulas de *Ficus* spp. aos 60 dias após emergência.

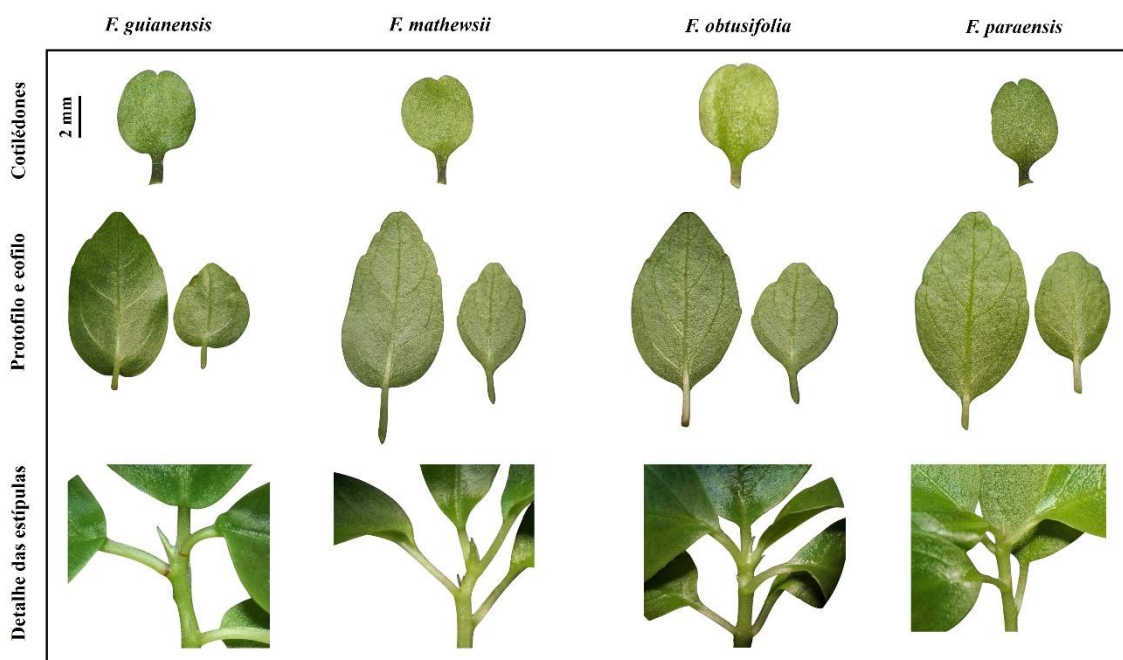


Figura 12. Detalhe das estruturas das plântulas de *Ficus* spp. aos 60 dias após emergência.

Ficus obtusifolia Kunth.

Raiz primária bifurca, originando **raízes secundárias** do mesmo tamanho, pode-se observar raízes adventícias alongadas na região do coleto do mesmo comprimento das raízes secundárias. **Coleto** delimitado pela mudança de coloração e textura entre o hipocótilo e a raiz primária. **Hipocótilo** alongado, cilíndrico e pubescente. **Epicótilo** longo, cilíndrico piloso com pelos simples, curtos e hialinos; entrenós alongados. **Cotilédones** glabros, forma orbicular, ápice retuso e base arredondada, com pecíolo longo e plano. **Eófilo** em par, simples, opostos com lâmina elíptica, ápice subaguda e base obtusa, margem crenada na porção apical, nervuras secundárias se fecham em arcos, pecíolo cilíndrico e pubescente. **Protofilos** alternos com as mesmas características do eófilo. Estípulas que recobre a gema apical é discreta e apiculada, presença de estípulas interpeciolar e intrapeciolar.

Ficus paraensis (Miq.) Miq.

Raiz primária bifurca originando **raízes secundárias**, as raízes adventícias competem com as raízes secundárias em comprimento. **Coleto** delimitado pela mudança de coloração e textura entre o hipocótilo e a raiz primária. **Hipocótilo** curto, cilíndrico e pubescente. **Epicótilo** longo, cilíndrico piloso com pelos simples, curtos e hialinos; entrenós curtos. **Cotilédones** glabros, forma orbicular, ápice retuso e base arredondada, com pecíolo longo e plano. **Eófilo** em par, simples, opostos com lâmina elíptica, ápice subaguda e base obtusa, margem crenada na porção apical, nervuras secundárias se

fecham em arcos, pecíolo cilíndrico e pubescente. **Protofilos** alternos com as mesmas características do eofilo. **Estípulas** que recobre a gema apical é discreta e apiculada, presença de estípulas interpeciolar e intrapeciolar.

As características das plântulas de *Ficus* spp. com 60 dias após a emergência descritas neste trabalho, são inéditas para comparação.

5.3. Análise das características químicas e físicas dos substratos

Os dados da Tabela 4 apresentam os teores nutricionais dos substratos SAB (resíduos de abacaxi), SA (resíduos de açaí) e COM (comercial). O pH dos substratos variou de 5,56 (SA) a 6,70 (SAB). O teor de nitrogênio foi mais abundante no SAB (2,74%) e SA (2,14%), enquanto o COM teve a menor concentração, com apenas 0,53%. SA apresentou os maiores teores de fósforo, cálcio e magnésio, com 9,30, 18,90 e 4,10 g/kg, respectivamente. Enquanto SAB, se destacou com o maior teor de potássio (22,10 g/kg).

Em relação aos micronutrientes, o SA apresentou o maior teor de boro (92 mg/kg). Enquanto o substrato COM apresentou níveis considerados elevados de ferro (23.850 mg/kg), manganês (686 mg/kg), zinco (500 mg/kg) e cobre (77 mg/kg).

O SAB teve a menor densidade sólida (0,444 g/ml) e o maior teor de matéria orgânica (77%). Sua capacidade de troca catiônica (CTC) também foi a mais alta, com 277,50 mmolc/kg. Enquanto as relações C/N de SAB (14,3) e SA (11,8) foram mais baixas que a do substrato COM (38,2).

Tabela 4. Atributos químicos e físicos dos substratos.

Atributos	Substratos		
	SAB	SA	COM
pH	6,70	5,56	6,39
Nitrogênio (%)	2,74	2,14	0,53
Cálcio (g/Kg)	18,10	18,90	12,00
Magnésio(g/Kg)	3,10	4,10	1,80
Fósforo (g/Kg)	2,80	9,30	4,20
Potássio (g/Kg)	22,10	8,30	5,00
Boro (mg/Kg)	25,0	92,0	42,0
Cobre (mg/Kg)	9,0	77,0	29,0
Ferro (mg/Kg)	1800	5980	23850

Manganês (mg/Kg)	94	329	686
Zinco (mg/Kg)	75	368	500
Capacidade de troca catiônica (mmolc/Kg)	277,50	177,50	187,50
Matéria Orgânica (%)	77,00	56,00	50,00
Relação C/N	14,3	11,8	38,2
Densidade Volumétrica (kg/m ³)	444	537	574

Substrato de resíduos de açaí (SA), substrato de resíduo de abacaxi (SAB), substrato comercial (COM).

O pH do substrato influencia diretamente a disponibilidade de nutrientes para as plantas, afetando a solubilidade de macronutrientes e micronutrientes (Brady; Weil, 2013). No substrato SA, com pH levemente ácido (5,56), a disponibilidade de fósforo pode ser reduzida, enquanto a solubilidade de micronutrientes como Fe, Mn e Al aumenta. Já nos substratos SAB e COM, com pH mais próximo do neutro, a absorção de macronutrientes como P, Ca e Mg tende a ser mais eficiente, ao mesmo tempo em que a solubilidade de micronutrientes potencialmente tóxicos diminui.

A alta concentração de nitrogênio observada nos tratamentos SAB e SA é uma vantagem, pois o N é fundamental para o crescimento vegetativo inicial, sendo um componente importante para compostos orgânicos, como a clorofila, importante para o processo fotossintético (Malavolta, 1980). Enquanto a baixa concentração em COM sugere que, sem suplementação complementar, pode não ser adequado para desenvolvimento inicial de mudas, o que associado a alta relação C/N, pode resultar em deficiência, como observado na Figura 12.

O alto teor de fósforo no tratamento SA é crucial para o desenvolvimento do sistema radicular, e um importante componente estrutural, além da sua função energética, ligada a fotossíntese (Taiz *et al.*, 2017). Enquanto a alta concentração de potássio no SAB é essencial para o balanço hídrico, atuando diretamente na abertura dos estômatos e no uso eficiente da água (Malavolta, 1980). O que contribui significativamente para um melhor crescimento inicial das plantas.

As concentrações de cobre, manganês, zinco e, principalmente, de ferro, nos substratos SA e COM superam os níveis sugeridos na literatura e podem causar toxicidade e distúrbios fisiológicos nas plantas, influenciando negativamente o crescimento e desenvolvimento de mudas saudáveis (Malavolta, 1980).

O alto teor de matéria orgânica do substrato SAB (77%) favorece o aumento da porosidade, facilita a aeração e infiltração de água, e atua para melhorar retenção de água e nutrientes dos substratos. Além disso, o alto teor de matéria orgânica auxilia no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), observado no substrato SAB, que garante maior estabilidade na nutrição das plantas (Silva; Mendonça, 2007).

A relação C/N é um ponto crucial de diferenciação da qualidade nutricional dos tratamentos. Os valores observados em SAB e SA são considerados ideais, uma vez que liberam o N de forma gradual para as plantas, enquanto o valor observado para o substrato comercial é considerado alto, podendo resultar em imobilização do N, resultando em plantas deficientes deste nutriente (Brady; Weil, 2013).

A densidade volumétrica dos tratamentos, indica que o substrato comercial (574 kg/m³) tende a apresentar maior resistência ao desenvolvimento radicular do que os outros tratamentos, devido a compactação, pois de acordo com Fermino (2002), quando menor o recipiente, menor deve ser a densidade do substrato, com valores 250 a 400 kg/m³ como ideais para substratos usados em vasos de até 15 cm.

Nesse contexto, os substratos alternativos se mostram promissores por apresentarem perfis nutricionais mais equilibrados, enquanto o substrato comercial pode exigir correções.

5.4. Análise do processo de germinação e produção de mudas de *Ficus* spp.

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam, respectivamente, a taxa de germinação (TG), o índice de velocidade de germinação (IVG) e o tempo médio de germinação (TMG) de sementes de espécies do gênero *Ficus*, avaliados em função dos diferentes substratos testados. Durante dois meses de avaliação, não houve germinação para a espécie *Ficus mathewsii*, dessa forma, seus tubetes foram usados para colocar as mudas repicadas da espécie.

Tabela 5. Taxa de germinação (%) das espécies de *Ficus* nos tratamentos com substratos (COM, SA, SAA, SAB, SABA).

Tratamento	Espécies			
	<i>F. maxima</i>	<i>F. obtusifolia</i>	<i>F. guianensis</i>	<i>F. paraensis</i>
COM	50 ab	48,57 ns	43,33 ns	-
SA	24 b	55 ns	56 ns	4,98 ns
SAA	75 a	50 ns	75 ns	6,02 ns

SAB	-	52,2 ns	46,66 ns	-
SABA	50 ab	31,42 ns	75 ns	7,23 ns
C.V. (%)	40,98	42,88	42,76	21,7

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

Para *F. maxima*, o substrato SAA proporcionou a maior taxa de germinação (75%), diferindo significativamente dos demais, o que indica sua superioridade para essa espécie. Os substratos COM e SABA apresentaram desempenho intermediário, enquanto SA foi estatisticamente inferior. Em contrapartida, para *F. obtusifolia*, *F. guianensis* e *F. paraensis*, não foram observadas diferenças significativas entre os substratos testados, embora os valores numéricos mais elevados em SAA e SABA (ambos com 75% para *F. guianensis*) indiquem tendência positiva.

De acordo com a tabela 6, verifica-se que o índice de velocidade de germinação (IVG) de *Ficus maxima*, *F. guianensis* e *paraensis* foi influenciado significativamente pelos substratos. Enquanto não houve diferença significativa nos valores observados para *F. obtusifolia*.

Tabela 6. Índice de velocidade de germinação das espécies de *Ficus* nos tratamentos com substratos (COM, SA, SAA, SAB, SABA).

Tratamento	Espécies			
	<i>F. maxima</i>	<i>F. obtusifolia</i>	<i>F. guianensis</i>	<i>F. paraensis</i>
COM	0,07 ab	0,030 ns	0,08 b	-
SA	0,023 b	0,049 ns	0,12 ab	0,01 b
SAA	0,13 a	0,056 ns	0,20 a	0,07 ab
SAB	-	0,049 ns	0,04 b	-
SABA	0,08 ab	0,036 ns	0,12 ab	0,11 a
C.V. (%)	64,05	64,05	58,86	45,9

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

O tempo médio de germinação (TMG) também variou de acordo com o substrato e a espécie. Em *F. maxima*, o maior TMG ocorreu no substrato SA (54,10 dias), em *F. obtusifolia*, no COM (89,02 dias), em *F. guianensis*, no SAB (85,57 dias), e em *F.*

paraensis, no SA (68,12 dias), indicando atraso na germinação nesses tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7. Tempo médio de germinação das espécies de *Ficus* nos tratamentos com substratos (COM, SA, SAA, SAB, SABA).

Tratamento	Espécies			
	<i>F. guianensis</i>	<i>F. maxima</i>	<i>F. obtusifolia</i>	<i>F. paraensis</i>
COM	48,30 b	36,35 ab	89,02 a	-
SA	38,48 b	54,10 a	64,02 ab	68,125 a
SAA	20,48 b	32,56 b	72,71 ab	26,54 b
SAB	85,57 a	-	64,02 ab	-
SABA	30,45 b	35,55 b	51,92 b	25,33 b
C.V. (%)	48,66	25,33	32,48	42,62

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

Os resultados de germinação indicam que a composição física do substrato teve um papel crucial no sucesso da germinação das sementes de *Ficus*. Os substratos com adição de areia (SAA e SABA) foram os mais eficazes, favorecendo a taxa e a velocidade de germinação (Tabela-5, 6 e 7). Esse resultado pode ser associado à melhoria das propriedades físicas, como porosidade, drenagem e aeração, que facilitam a circulação de oxigênio e garantem umidade adequada para o início do processo germinativo (Neves *et al.*, 2007).

Em contrapartida, os tratamentos com substratos SAB e SA, resultaram em germinação mais lenta ou até na ausência de germinação, como *F. maxima* e *F. paraensis* (Tabela 5). Sugerindo que as altas concentrações de matéria orgânica nesses substratos, sem o ajuste com areia, podem ter criado condições físicas inadequadas, como a retenção excessiva de água e a consequente falta de oxigênio, prejudicando as sementes. Estudos com plântulas de açaí também apontam que o uso de altas proporções de matéria orgânica podem ser prejudicial ao crescimento, devido às limitações impostas (Silva; Smiderle; Chagas, 2013).

A espécie *F. paraensis* apresentou um desempenho muito baixo em todos os substratos, com ausência de germinação no tratamento COM e SAB, o que pode indicar que suas sementes possuem baixa qualidade, ou uma possível dormência. No entanto, as

espécies *F. maxima* e *F. guianensis* mostraram maior viabilidade e vigor, com resultados de germinação favoráveis nos substratos com areia, corroborando os resultados obtidos em testes de laboratório com condições controladas.

A avaliação da qualidade de mudas é um processo complexo, influenciado por múltiplos fatores, tais como a qualidade genética das sementes e as condições ambientais do viveiro, incluindo substrato, tipo de recipiente, disponibilidade de luz e nutrição (Rudek; Garcia; Peres, 2013). Diante dessa complexidade, o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) consolida-se como uma ferramenta analítica fundamental. Está métrica robusta integra as principais variáveis morfofisiológicas de crescimento e alocação de biomassa, como: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, peso da matéria seca da parte aérea, peso da matéria seca do sistema radicular e peso total da matéria seca (Gallegos-Cedillo *et al.*, 2021). Dessa forma, valores mais elevados de IQD estão diretamente associados a mudas de maior qualidade e robustez em um determinado lote.

No entanto, ressalta-se que os indicadores morfológicos para predizer a sobrevivência das mudas no campo podem variar de acordo com a espécie, como mostram os resultados obtidos por Tsakalimi, Ganatsas e Jacobs (2013), com cinco diferentes espécies estudadas em condições secas do Mediterrâneo. Além disso, fatores relacionados a qualidade do sítio também influenciam o desempenho das mudas, com respostas distintas de espécie para espécie, como relatado por Guimarães, Silva e Ferreira (2024).

A seguir, são apresentados os resultados da análise biométrica e o Índice de Qualidade de Dickson para cada espécie:

Ficus guianensis - diferenças significativas foram observadas tanto nas variáveis de crescimento, quanto nas de biomassa, com destaque para os substratos SAA e SABA, que apresentaram os melhores desempenho para altura (11,12 e 8,35), diâmetro do coleto (5,03 e 4,48), MSA (2,23 g e 1,80 g), MSR ((2,96 g e 2,78 g), MST (5,20 g e 4,14 g) e IQD (1,77 e 1,87) (Tabela 8).

Tabela 8. Médias das características de crescimento de mudas de *Ficus guianensis*, após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MAS), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Tratamentos	Características					
	H (cm)	DC (mm)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
COM	5,21 c	2,83 c	0,32 b	0,52 b	0,84 b	0,37 b
SA	4,05 c	4,05 ab	0,32 b	0,33 b	0,66 b	0,30 b

SAB	6,91 bc	3,14 bc	0,45 b	0,40 b	0,86 b	0,26 b
SAA	11,12 a	5,03 a	2,23 a	2,96 a	5,20 a	1,77 a
SABA	8,35 ab	4,48 a	1,80 a	2,78 a	4,14 a	1,87 a
C.V. (%)	29,31	21,18	34,7	60,82	46,39	60,93

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

Ficus mathewsii - somente a altura não apresentou diferenças estatísticas significativas, todas as outras variáveis avaliadas foram influenciadas significativamente pela composição dos substratos (Tabela 9).

Em contraste aos resultados observado em *F. guinensis*, os substratos SA e SAB foram superiores estatisticamente para as variáveis diâmetro do coleto (4,89 mm e 4,3 mm, respectivamente), MST (2,94 g e 2,40 g) e Índice de Qualidade de Dickson (1,0 e 0,77). Os tratamentos com areia e substrato comercial apresentaram os menores desempenhos, estatisticamente inferiores para as variáveis de crescimento e biomassa.

Tabela 9. Médias das características de crescimento de mudas de *Ficus mathewsii*, após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MSA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Tratamentos	Características					
	H (cm)	DC (mm)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
COM	8,10 ns	3,8 bc	0,53 b	0,63 b	1,16 b	0,39 b
SA	10,10 ns	4,89 a	1,34 a	1,60 a	2,94 a	1,00 a
SAB	9,55 ns	4,3 ab	1,12 a	1,28 a	2,40 a	0,77 a
SAA	9,11 ns	3,49 c	0,57 b	0,63 b	1,20 b	0,34 b
SABA	8,35 ns	3,89 bc	0,52 b	0,55 b	1,07 b	0,34 b
C.V. (%)	19,1	12,8	26,42	50,73	36,57	50,55

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

Ficus maxima - as variáveis biométricas de crescimento e biomassa não apresentaram diferenças estatísticas significativas, resultando em um índice de qualidade de Dickson (IQD) sem diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 10).

Tabela 10. Médias das características de crescimento de mudas de *Ficus maxima*, após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da

parte aérea (MSA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Tratamentos	Características					
	H (cm)	DC (mm)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
COM	10,00 ns	3,65 ns	0,65 ns	0,47 ns	1,13 ns	0,28 ns
SA	11,34 ns	3,91 ns	0,91 ns	0,46 ns	1,39 ns	0,29 ns
SAB	-	-	-	-	-	-
SAA	13,07ns	3,95 ns	0,88 ns	0,72 ns	1,61 ns	0,36 ns
SABA	12,16 ns	4,27 ns	1,05 ns	0,58 ns	1,64 ns	0,35 ns
C.V. (%)	22,48	18,76	37,56	46,95	39,15	43,62

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

Ficus obtusifolia - não houve diferença estatística significativa para a altura, diâmetro do coleto, peso seco da parte aérea (MSA). Para o MSR e o MST, os tratamentos SAA (2,55 g e 4,15 g, respectivamente) e SABA (2,74 g e 24,43 g, respectivamente) foram estatisticamente superiores aos tratamentos COM, SA e SAB. Para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), os substratos SAA (2,13) e SABA (2,23) foram superiores aos demais. Enquanto o substrato COM (0,82) apresentou um valor intermediário e os substratos SA (0,70) e SAB (0,34) apresentaram valores mais baixos (Tabela 11).

Tabela 11. Médias das características de crescimento de mudas de *Ficus obtusifolia*, após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MSA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Tratamentos	Características					
	H (cm)	DC (mm)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
COM	6,71 ns	4,67 ns	0,63 ns	1,00 b	1,63 b	0,82 bc
SA	8,98 ns	5,09 ns	1,2 ns	0,89 b	2,09 ab	0,70 c
SAB	8,84 ns	4,43 ns	0,63 ns	0,41 b	1,07 b	0,34 c
SAA	8,38 ns	6,34 ns	1,60 ns	2,55 a	4,15 a	2,13 a
SABA	9,37 ns	6,51 ns	1,68 ns	2,74 a	4,43 a	2,23 a
C.V. (%)	35,19	28,18	46,42	41,3	35,07	49,08

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

Ficus paraensis - diferenças significativas foram observadas somente no diâmetro do coleto, com maior valor em SA (4,07 mm), seguido pelos demais tratamentos (3,88,

3,77 e 3,86 mm), enquanto o menor valor foi observado em SAA (2,91 mm). E no peso da parte aérea (MSA), com destaque para SA (1,06 g), superior ao COM (0,45 g). Com os demais substratos apresentando valores intermediários (0,55, 0,68 e 0,96 g) (Tabela 12).

Tabela 12. Médias das características de crescimento de mudas de *Ficus paraensis*, após 120 dias em diferentes substratos (COM, SA, SAB, SAA, SABA). Altura (H), Diâmetro do colo (DC), Matéria seca da parte aérea (MSA), Matéria seca da raiz (MSR), Matéria seca total (MST), índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Tratamentos	Características					
	H (cm)	DC (mm)	MSA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
COM	8,60 ns	3,86 ab	0,45 b	0,56 ns	1,01 ns	0,32 ns
SA	9,61 ns	4,07 a	1,06 a	0,82 ns	1,88 ns	0,52 ns
SAB	9,62 ns	3,88 ab	0,68 ab	0,52 ns	1,20 ns	0,32 ns
SAA	6,44 ns	2,91 b	0,55 ab	0,85 ns	1,40 ns	0,50 ns
SABA	9,55 ns	3,77 ab	0,96 ab	1,11 ns	2,07 ns	0,59 ns
C.V. (%)	28,66	17,35	42,17	63,82	50,01	49,0

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA). Coeficiente de variação (C.V.)

Os maiores valores do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foram observados nas espécies *F. obtusifolia* e *F. guianensis*, enquanto os menores foram verificados em *F. maxima* e *F. paraensis* (Figura 13). Apesar dessa variação, todos os valores de IQD obtidos ficaram acima de 0,25, superando o valor mínimo de referência (0,20) estabelecido por Hunt (1990), como indicador de boa qualidade de mudas para transplante. Este resultado demonstra que, mesmo com a influência significativa dos diferentes substratos testados, a qualidade das mudas produzidas foi satisfatória.

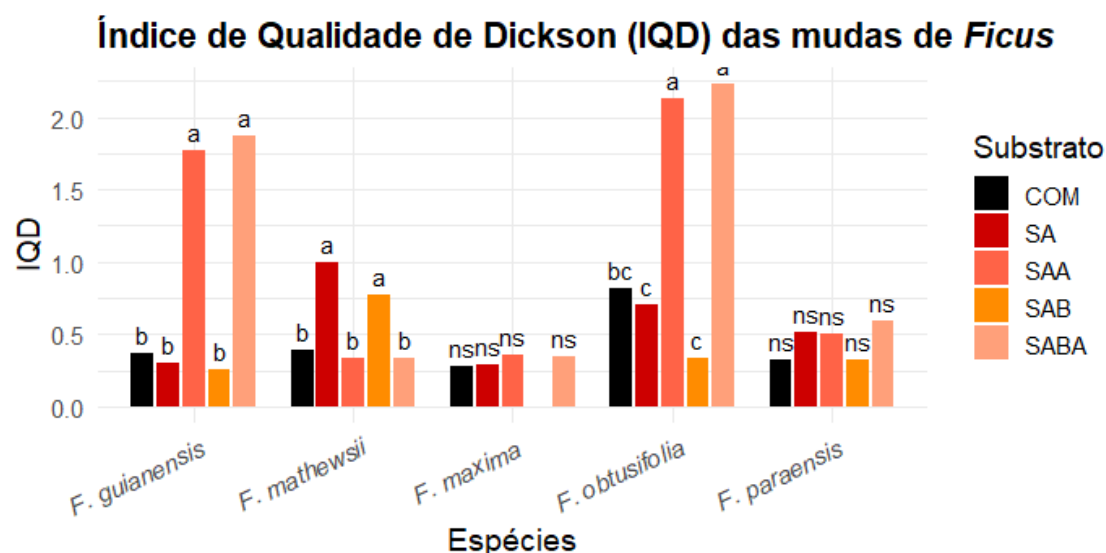


Figura 13. Índice de Qualidade de Dickson das mudas de *Ficus* spp. em função dos tratamentos com substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA).

A variação observada entre as espécies ressalta que não existe um valor único adequado de IQD para todas as espécies, pois o índice é sensível às características intrínsecas de cada uma, além de fatores como manejo, tipo de substrato e a idade das plantas (Caldeira *et al.*, 2012). Nesse caso, as diferenças podem ser atribuídas principalmente às variações genéticas entre as espécies, mesmo pertencendo ao mesmo gênero e desenvolvidas em condições similares.

Para *F. obtusifolia* e *F. guianensis*, os tratamentos SAA e SABA demonstraram superioridade estatística em relação aos demais (Figura 13), indicando que a adição de areia ao substrato favoreceu a produção de mudas de maior qualidade para essas espécies. Esse desempenho superior pode estar associado às características fisiológicas das espécies, as quais exigem condições físicas específicas do substrato, como maior aeração e drenagem para permitir um desenvolvimento adequado do sistema radicular.

Por outro lado, os substratos puros (SA e SAB) com fertilidade mais elevada, exibiram desempenho inferior para o Índice de Qualidade de Dickson, possivelmente ocasionado pela redução no volume de macroporos, resultando em compactação (Caldeira *et al.*, 2013), menor disponibilidade de oxigênio no ambiente radicular e, consequentemente, menor crescimento. Comportamento similar foi reportado por Silva, Smiderle e Chagas (2013) em estudo com plântulas de açaí, no qual a utilização de 75% de esterco bovino no substrato suprimiu significativamente o crescimento e desenvolvimento das plântulas.

Enquanto Bastos, Santos e Shibata (2023), em estudo com diferentes concentrações de resíduos de açaí em substratos para produção de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*, observaram que a concentração de 20% resultou em melhor desempenho no desenvolvimento de mudas, em contraste a concentrações mais elevadas. Substrato composto exclusivamente de caroços de açaí também resultaram em menor IQD para mudas de açaí solteiro (*Euterpe precatoria*), comparado com substrato comercial e diferentes combinações de resíduos agroindustriais (Araújo *et al.*, 2020).

Em contraste, o desempenho superior nos tratamentos compostos exclusivamente por resíduos de açaí e abacaxi (SA e SAB) para mudas de *F. mathewsii* (Figura 11) sugere que a espécie apresenta maiores exigências nutricionais, além de adaptação às condições físicas resultantes do elevado teor de matéria orgânica desses substratos. Essa resposta diferencial pode estar relacionada a particularidades da espécie, que lhe conferem maior eficiência no desenvolvimento radicular em ambientes com menor aeração, como nos substratos com areia. Essa adaptabilidade também foi observada por Hendrayana *et al.* (2025) em espécies de *Ficus* estabelecidas em solos com características físicas e químicas distintas.

Ressalta-se que o IQD das mudas produzidas no substrato comercial (COM) foi inferior às médias observadas nos tratamentos com resíduos de açaí e abacaxi, tanto na forma pura quanto em combinação com areia. Mesmo para *F. maxima* e *F. paraensis*, espécies nas quais não houve diferença estatística significativa entre as médias, o substrato comercial apresentou o pior desempenho. De acordo com Zorzeto (2011), substratos comerciais costumam resultar em desempenho inferior devido à elevada densidade, baixa porosidade e limitada capacidade de retenção de água.

Além dos fatores físicos, o aspecto nutricional observado na Tabela 1 influenciou negativamente o desempenho, em especial pelo baixo teor de macronutrientes e a menor porcentagem de matéria orgânica, em contraste com os valores observados em SAB e SA, comprometendo a capacidade de troca de cátions (CTC), a retenção de água, a porosidade total e o espaço de aeração, além de reduzir a oferta gradual e o armazenamento de nutrientes essenciais ao crescimento das mudas.

Os teores de macronutrientes observados nas folhas das espécies de *Ficus*, em função dos substratos utilizados (Tabela 13), representam um importante complemento à análise de qualidade, pois permitem diferenciar mudas bem nutridas daquelas com possíveis deficiências.

Tabela 13. Concentração de macronutriente na matéria seca das folhas das espécies de *Ficus* após 120 dias nos tratamentos.

Espécies	Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
		g/kg					
<i>F. guianensis</i>	COM	14,7	5,8	32,7	11,2	2,9	1,35
	SA	28,4	4,4	42,8	13,8	2,6	1,97
	SAB	24,5	4,7	37,3	13	2,1	1,76
	SAA	13,7	4,1	22,2	13	1,8	1,23
	SABA	14,2	2,6	22,6	10,8	1,8	1,07
<i>F. mathewsii</i>	COM	11,3	5,3	28,2	27	8,1	1,49
	SA	14,7	3,4	8,6	23,2	8,1	1,38
	SAB	22	3,4	8,6	18,8	7,5	1,54
	SAA	17,1	4,7	3,8	30,2	10,7	1,78
	SABA	24,5	3,8	3,2	18,2	10,7	2,18
<i>F. maxima</i>	COM	13,2	4,6	40,5	11,6	5,2	2,15
	SA	29,9	3,3	53,8	15	3,1	2,7
	SAB	-	-	-	-	-	-
	SAA	17,1	4,5	39,3	13	3,4	2,08
	SABA	23	3,8	49,2	11,2	2,6	1,59
<i>F. obtusifolia</i>	COM	11,3	3,7	31,8	17	3,6	1,54
	SA	25	3,4	39,3	15,6	3,9	1,95
	SAB	22,5	3,8	39,2	17,8	3,9	1,62
	SAA	12,7	3,3	27,1	14,2	2,9	1,29
	SABA	13,2	2,2	30,9	13,6	2,6	0,99
<i>F. paraensis</i>	COM	14,7	5,8	32,7	11,2	2,9	1,35
	SA	25	3,1	33,9	11,8	3,9	1,8
	SAB	25	3,7	36,5	12,6	3,9	1,89
	SAA	14,7	3,5	26,4	18,4	5,5	1,53
	SABA	16,2	2,8	25,2	15,2	5,2	1,38

Substrato comercial (COM), resíduos de açaí (SA), resíduos de abacaxi (SAB), resíduos de açaí e areia (SAA), resíduos de abacaxi e areia (SABA).

Assim como os parâmetros morfológicos de crescimento e biomassa, o estado nutricional das mudas constitui um fator determinante para sua qualidade, mudas bem nutridas possuem maior capacidade de superar o estresse do plantio e se estabelecer em campo (Grossnickle; MacDonald, 2018).

Embora não existam padrões nutricionais de referência definidos especificamente para a maioria das espécies florestais, para um bom crescimento vegetal, são necessários teores adequados de macronutrientes em sua matéria seca. Com base nas faixas consideradas ideais de macronutrientes foliares descritas por Dechen e Nachtigall (2007), observa-se que os teores obtidos nas espécies de *Ficus* neste trabalho variaram entre

valores adequados e acima do intervalo de suficiência, dependendo do nutriente e do substrato utilizado.

Os teores de nitrogênio (N) variam entre os tratamentos, oscilando de 11,3 a 29,9 g/kg. De acordo com Dechen e Nachtigall (2007), a faixa ideal para N situa-se entre 20 e 50 g/kg. Assim, observa-se que a maioria dos tratamentos com resíduos de açaí (SA) e de abacaxi (SAB) proporcionaram valores próximos ou dentro dessa faixa, especialmente em *F. guianensis*, *F. maxima* e *F. paraensis*. Em contrapartida, os tratamentos com areia (SAA e SABA) e COM apresentaram valores inferiores a 20 g/kg. Valores muito abaixo do intervalo podem resultar em deficiência deste nutriente, com plantas apresentando folhas de coloração amarelada, comprometendo o processo fotossintético, diminuindo o crescimento das mudas (Taiz *et al.*, 2017), o que pode ser observado na Figura 14. Além disso, esses resultados mostram que os resíduos orgânicos puros são fontes eficazes de nitrogênio, enquanto a adição de areia dilui a matéria orgânica.

Os teores de fósforo (P) variaram entre 2,2 e 5,8 g/kg, superando a faixa ideal de 1,0 a 1,5 g/kg proposta por Dechen e Nachtigall (2007). Esses valores indicam que o P esteve disponível em níveis elevados em todos os tratamentos, especialmente no substrato comercial (COM) e nos resíduos puros (SA e SAB). Embora o substrato SA tenha exibido maior concentração inicial desse nutriente (9,30 g/kg – Tabela 2), este não se traduziu em maior acúmulo foliar, muito provavelmente devido ao seu pH reduzido (5,56), que favorece a fixação do fósforo, tornando-o indisponível para absorção pelas plantas.

Os teores de potássio (K) apresentaram grande variação entre espécies e tratamentos, variando de 3,2 a 53,8 g/kg. Considerando a faixa ideal (10 a 30 g/kg) proposta por Dechen e Nachtigall (2007), observou-se que, nos tratamentos SA e SAB, os valores frequentemente ultrapassaram o limite superior, destacando o alto potencial desses resíduos como fontes de potássio. Em contrapartida, nos tratamentos com areia (SAA e SABA), os teores ficaram abaixo ou próximos do limite inferior, refletindo a menor retenção e disponibilidade do elemento. O que pode resultar em diminuição do controle estomático e uso eficiente de água pelas plantas, reduzindo o processo fotossintético e diminuindo o acúmulo de carboidratos e consequentemente, limitando o crescimento vegetal (Dechen; Nachtigall, 2007).

Os teores de cálcio (Ca) variaram de 10,8 a 30,2 g/kg, encontrando-se dentro da faixa considerada ideal 10 a 50 g/kg. Em *F. mathewsii*, os valores foram consistentemente mais altos, demonstrando maior eficiência na absorção do nutriente. Em geral, todos os

tratamentos forneceram quantidades adequadas desse nutriente, indicando que tanto os resíduos quanto o substrato comercial garantiram boa disponibilidade de Ca às plantas.



Figura 14. Mudas de *Ficus maxima* produzidas nos tratamentos com substratos SAA, SABA, COM e SA.

Para o magnésio (Mg), a faixa ideal proposta é de 3,0 a 5,0 g/kg. Os valores obtidos variaram entre 1,8 e 10,7 g/kg. Em várias espécies, especialmente *F. mathewsii*, os teores ultrapassaram o limite superior, sugerindo alta absorção e acúmulo. Já em *F. guianensis* e *F. paraensis*, parte dos tratamentos apresentou valores levemente abaixo do ideal, indicando variações na eficiência de absorção entre espécies.

Os teores de enxofre (S) variam de 0,99 e 2,70 g/kg, permanecendo dentro da faixa ideal de 1,0 a 3,0 g/kg em praticamente todas as espécies. Os resíduos de açaí e de abacaxi proporcionaram teores mais elevados de S, evidenciando que esses materiais podem atuar como fontes relevantes de compostos sulfurados durante sua decomposição.

Dessa forma, observou-se que os substratos formulados apenas com resíduos agroindustriais (SA e SAB) promoveram teores de nutrientes dentro ou acima das faixas consideradas adequadas, enquanto as misturas com areia (SAA e SABA) reduziram a disponibilidade nutricional. Assim, os resíduos de açaí e de abacaxi mostraram-se alternativas promissoras ao substrato comercial, por fornecerem níveis adequados de macronutrientes e favorecerem a nutrição das espécies de *Ficus*, além de representarem uma opção sustentável para o aproveitamento de resíduos agroindustriais.

6. CONCLUSÃO

A análise dos aspectos biométricos revela que as sementes de menores dimensões e peso apresentaram menor taxa de germinação para as espécies estudadas neste trabalho.

Além disso, as características morfológicas de sementes e plântulas das espécies descritas neste trabalho são inéditas e podem contribuir para a identificação desses indivíduos.

No que diz respeito a germinação, os resultados mais eficientes foram obtidos nos tratamentos com resíduos de açaí e abacaxi com areia.

As mudas de maior qualidade foram produzidas nos tratamentos com resíduos de açaí e abacaxi com ou sem areia, sendo alternativas viáveis ao uso do substrato comercial para as espécies de *Ficus*.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. V. da C. *et al.* Revalorização do caroço de açaí em uma beneficiadora de polpas do município de Ananindeua/PA: proposta de estruturação de um canal reverso orientado pela PNRS e logística reversa. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 3, p. 59-59, 2017.

ALMEIDA, R. S. *et al.* Reaproveitamento de resíduos de café em substratos para produção de mudas de *Joannesia princeps*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo - PR, v. 41, p. 1-7, 26 nov. 2021.

ALVES, J. *et al.* O papel da regeneração natural assistida para acelerar a restauração de paisagens e florestas: experiências práticas ao redor do mundo. **Nota prática. São Paulo: WRI Brasil**, 2022.

ARAÚJO, C. S. de *et al.* Use of agro-industry residues as substrate for the production of *Euterpe precatoria* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. e58709, 2020.

ARONSON, J.; ALEXANDER, S. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 3, p. 293-296, 2013.

AVELINO, N. R. *et al.* 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.

BARROSO, G.M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes: Morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Editora UFV, Viçosa, 1999. 443 p.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Ecologically meaningful germination studies. In: BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. (Eds.). **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. Elsevier/Academic Press, San Diego, CA. 2014. p. 5-35.

BASTOS, A. O.; SANTOS, C. R. C.; SHIBATA, M. Resíduo de açaí como substrato alternativo para paricá. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 3, p. 1-18, 2023.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer Science & Business Media, 2013. 392 p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRANCALION, P. H. S. *et al.* Improving planting stocks for the Brazilian Atlantic forest restoration through community-based seed harvesting strategies. **Restoration Ecology**, v. 20, n. 6, p. 704-711, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa Nº 17, de 21 de maio de 2007**. Aprova os

Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p. 8.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes.** Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Biossólido na composição de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 77-84, 2012.

CALDEIRA, M. V. W. *et al.* Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, v. 37, p. 31-39, 2013.

CALEGARI, L. *et al.* Produção de mudas de espécies arbóreas nativas em viveiro via resgate de plantas jovens. **Revista Árvore**, v. 35, p. 41-50, 2011.

ÇALIŞKAN, O.; MAVI, K.; POLAT, A. Influências de tratamentos de pré-semeadura na germinação e emergência de sementes de figo (*Ficus carica* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, p. 293-297, 2012.

CAMPOS, D. A. *et al.* Valorização integral de subprodutos do abacaxi (*Ananas comosus* L.) por meio de uma abordagem de química verde para ingredientes de valor agregado. **Alimentos**, v. 9, n. 1, p. 60, 2020.

CHEN, H. *et al.* Regeneration responses to water and temperature stress drive recruitment success in hemiepiphytic fig species. **Tree Physiol**, v. 41, p. 358-370, 2021.

CHEN, H. *et al.* Temperature regulates positively photoblastic seed germination in four *Ficus* (Moraceae) tree species from contrasting habitats in a seasonal tropical rainforest. **American Journal of Botany**, v. 100, n. 8, p. 1683-1687, 2013.

CORNER, E.J.H. **The seeds of the Dicotyledons.** vol.1. Cambridge University Press, London, 1976. 311 p.

COTTEE-JONES, H. E. W. *et al.* The importance of *Ficus* (Moraceae) trees for tropical forest restoration. **Biotropica**, v. 48, n. 3, p. 413-419, 2016.

CRUZ, D. C. *et al.* An overview of forest loss and restoration in the Brazilian Amazon. **New Forests**, v. 52, p. 1-16, 2021.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: **Fertilidade do Solo.** Viçosa: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007. p. 91-132.

DIAS, I. F. da S. **O uso da biodiversidade na produção de sementes e mudas para restauração florestal.** 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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

DURIGAN, G.; GUERIN, N.; COSTA, J. N. M. N. Ecological restoration of Xingu Basin headwaters: motivations, engagement, challenges and perspectives. **Philosophical**

Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 368, n. 1619, p. 20120165, 2013.

ELWAKIL, H. E. *et al.* Genetical and morphological studies on Ficus trees. **Journal of the Advances in Agricultural Researches**, v. 26, n. 2, p. 60-73, 2021.

FARIAS, E. A. O. *et al.* Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade do Rio de Janeiro. **Sustentabilidade: Diálogos Interdisciplinares**, v. 3, p. 1-20, 2022.

FELIX, F. C. *et al.* Characterization and differentiation of forest species by seed image analysis: a new methodological approach. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 3, p. e73427, 2023.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, **3., 2002, Campinas. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p. 29-37.

FERREIRA, E. B. *et al.* Package ‘ExpDes. pt’. **R package version**, v. 1, 2018.

FIALHO, L. L. *et al.* **Monitoramento Químico e Físico do Processo de Compostagem de Diferentes Resíduos Orgânicos**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. 6 p. (Circular Técnica, 29).

FIGLIOLIA, M. B. A pesquisa e o estabelecimento de técnicas para análise de sementes florestais no Brasil. **PIÑA-RODRIGUES, FC M; FIGLIOLIA, M. B; SILVA, A. Sementes Florestais Tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015.

FILHO, E. M. C. *et al.* Mechanized direct-seeding of native forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of sustainable forestry**, v. 32, n. 7, p. 702-727, 2013.

FILHO, J. M. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015.

FILHO, Pedro Lima *et al.* Produção de mudas de Ceiba speciosa em diferentes volumes de tubetes utilizando o bio sólido como substrato. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 27-39, 2019.

GALLEGOS-CEDILLO, V. M. *et al.* Plant agronomic features can predict quality and field performance: a bibliometric analysis. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. 2305, 2021.

GOMES, A. S. *et al.* **Desafios e oportunidades para o desenvolvimento da cadeia produtiva de sementes nativas para a restauração de ecossistemas no Brasil**. São Paulo: Grupo de Trabalho de Pesquisa do Redário e Comitê Técnico de Sementes Florestais (CTSF), 2023. 18 p. ISBN 978-65-00-86983-5.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Seedling quality: history, application, and plant attributes. **Forests**, v. 9, n. 5, p. 283, 2018.

GUIMARAES, Z. T. M.; SILVA, D. C.; FERREIRA, M. J. Qualidade de mudas e desempenho em campo de curto prazo de três espécies florestais amazônicas em função das condições do local. **iForest-Biogeosciences and Forestry**, v. 17, n. 2, p. 80, 2024.

GUIMARAES, Z. T. M.; SILVA, D. C.; FERREIRA, M. J. Seedling quality and short-term field performance of three Amazonian forest species as affected by site conditions. **iForest-Biogeosciences and Forestry**, v. 17, n. 2, p. 80, 2024.

HARRISON, R. D. *et al.* Evolution of fruit traits in *Ficus* subgenus *Sycomorus* (Moraceae): to what extent do frugivores determine seed dispersal mode?. **PloS one**, v. 7, n. 6, p. e38432, 2012.

HARRISON, R. D. Mortality and recruitment of hemi-epiphytic figs in the canopy of a Bornean rain forest. *J. Trop. Ecol*, v. 22, p. 477-480, 2006.

HENDRAYANA, Y. *et al.* Soil fertility mapping on *Ficus* trees for rehabilitation of degraded land in Kuningan Regency, Indonesia. **Brazilian Journal of Biology**, v. 85, p. e290726, 2025.

INSTITUTO ESCOLHAS. **Brasil pode ganhar R\$ 776,5 bilhões ao recuperar 12 milhões de hectares de florestas**. São Paulo, 7 ago. 2023. Uso da terra. Disponível em: <https://escolhas.org/brasil-pode-ganhar-r-7765-bilhoes-ao-recuperar-12-milhoes-de-hectares-de-florestas/>. Acesso em: 6 ago. 2024.

INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. **Marcos científicos para salvar a Amazônia**. São Leopoldo, 2019. Disponível em: <http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/593369-marcos-cientificos-para-salvar-a-amazonia>. Acesso em: 27 mar. 2024.

JÚNIOR, J. E. L. *et al.* Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando seu aproveitamento na alimentação animal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 70-76, 2006.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. 1. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KRIECK, C. A.; FINK, D.; ZIMMERMANN, C. E. *Ficus cestriifolia* (Moraceae) como poleiro natural: uma estratégia em projetos de restauração de áreas degradadas. **Natureza & Conservação**, v. 6, n. 1, p. 46-55, 2008.

LACERDA, M. R. B. *et al.* Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, v. 30, p. 163-170, 2006.

LEÃO, J. R. A.; PAIVA, A. V. Resíduo orgânico de açaí como substrato alternativo na produção de mudas nativas da Amazônia sul-ocidental. **Revista conexão na Amazônia**, v. 2, n. edição especial, p. 6-20, 2021.

LIMA, R. M. B. *et al.* **Recuperação de áreas degradadas ou alteradas na Amazônia**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2022. 28 p. (Documentos, 157).

LOMÁSCOLO, S. B. *et al.* Dispersers shape fruit diversity in *Ficus* (Moraceae). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 33, p. 14668-14672, 2010.

MACHADO, M. *et al.* Germinação de sementes de *Ficus adhatodifolia* Schott ex Spreng. (Moraceae) após dois anos e meio de armazenamento. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 1648-1652, 2021.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. 1. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 252 p.

MARANHO, Á. S.; PAIVA, A. V. Produção de mudas de *Physocalymma scaberrimum* em substratos compostos por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de açaí. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 399-408, 2012.

MERRITT, D J.; DIXON, K. W. Restoration seed banks—a matter of scale. **Science**, v. 332, n. 6028, p. 424-425, 2011.

MIQUEL, S. Morphologie fonctionnelle de plantules d'espèces forestières du Gabon. **Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle**, v.9, p.101-121, 1987.

MIRANDA, E. C. A. Meio ambiente: desafios e soluções inovadoras para a sustentabilidade. 1. Belo Horizonte, MG: **Synapse Editora**, 2024, p.

MIRANDA, L. de V. A. *et al.* Descarte e destino final de caroços de açaí na Amazônia Oriental-Brasil. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, p. e01382, 2022.

NAZARENO, A. G.; SILVA, R. B.; PEREIRA, R. A. S. Fauna de Hymenoptera em *Ficus* spp. (Moraceae) na Amazônia Central, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, p. 441-446, 2007.

NETO, S. M. P. *et al.* Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. **Revista Árvore**, v. 27, p. 129-137, 2003.

NEVES, N. N. A. *et al.* Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Moringa oleifera* Lam. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 2, p. 1-8, 2007.

NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. de S. **Coleta de sementes florestais nativas**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2007. 11 p.

NUNES, S. *et al.* Desafios e oportunidades para o reflorestamento em larga escala na Amazônia Oriental com espécies nativas. **Ecologia e Manejo Florestal**, v. 466, p. 118-120, 2020.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M.; CASTRO NETO, M. T. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. 6 p. (Folder).

OLIVEIRA, D.; TROMBERT, M. Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de leguminosas arbóreas nativas: espécies de Phaseoleae, Sophoreae, Swartzieae e Tephrosieae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, p. 85-97, 2001.

PEDERNEIRAS, L.C.; MACHADO, A.F.P.; SANTOS, O.D.A. *Ficus in Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB10172>>. Acesso em: 09 set. 2024

PELISSARI, Gisela; ROMANIUC NETO, Sergio. *Ficus* (Moraceae) da Serra da Mantiqueira, Brasil. **Rodriguésia**, v. 64, p. 91-111, 2013.

RICHARDSON, D. M.; REJMÁNEK, M. Trees and shrubs as invasive alien species—a global review. **Diversity and distributions**, v. 17, n. 5, p. 788-809, 2011.

RODRIGUES, R. R. *et al.* Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1605-1613, 2011.

RODRIGUES, R. R. *et al.* On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

ROLIM, S. G. *et al.* Research gaps and priorities in silviculture of native species in Brazil. **World Resources Institute: São Paulo, Brazil**, 2019.

RORATO, D. G. *et al.* Tolerance and resilience of forest species to frost in restoration planting in southern Brazil. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 3, p. 537-542, 2018.

RUDEK, A.; GARCIA, F.A. O.; PERES, F. S. B. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 3775-3787, 2013.

SAMPAIO, A. B. *et al.* **Guia de restauração do Cerrado**: volume 1: semeadura direta. Brasília: Universidade de Brasília; Rede de Sementes do Cerrado, 2015. 40 p.

SAMPAIO, A. B. *et al.* **Guia de restauração ecológica para gestores de unidades de conservação**. Brasília, DF: ICMBio, 2021. 68 p.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. UnB, 2004.

SCHMIDT, I. B. *et al.* Community-based native seed production for restoration in Brazil—the role of science and policy. **Plant Biology**, v. 21, n. 3, p. 389-397, 2019.

SCHNEIDER, C. R. *et al.* Espécies, práticas silviculturais e monitoramento: estratégias para restauração ecológica de áreas protegidas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 33, n. 4, p. e74057, 2023.

SHANAHAN, M. *et al.* Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. **Biological reviews**, v. 76, n. 4, p. 529-572, 2001.

SHANAHAN, M. J. ***Ficus* seed dispersal guilds: ecology, evolution and conservation implications**. 2000. Tese de Doutorado. University of Leeds (Centre for Biodiversity and Conservation/School of Biology).

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

SILVA, F. C. (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (Org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275–374.

SILVA, V. X. da; SMIDERLE, O.; CHAGAS, E. A. Influência de diferentes substratos no desempenho inicial de mudas de açaí. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA RORAIMA, 2., 2012, Boa Vista. **Anais...** Boa Vista: Embrapa Roraima, 2013. p. 1-6.

SIMBERLOFF, D. *et al.* Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. **Trends in ecology & evolution**, v. 28, n. 1, p. 58-66, 2013.

SIQUEIRA, M. V. B. M. *et al.* Aproveitamento de Resíduo Agroindustrial na Produção de Mudas de Angico Vermelho. **Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 10, n. 1, p. 325-338, 2021.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. das G. Scarification and doses of Acadian®, Stimulate® and Trichoderma spp. promote dormancy overcoming in *Hymenaea courbaril* L. seeds?. **Journal of Seed Science**, v. 44, p. e202244009, 2022.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. SER International Primer on Ecological Restoration. Tucson: Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group, 2004. 15 p.

SOUZA, A. das G. *et al.* Do *Azospirillum brasilense* application methods and doses influence the quality of *Cordia alliodora* seminal seedlings?. **Journal of Forestry Research**, 2023.

SOUZA, P. P. Beneficiamento de sementes de *Ficus* (Moraceae). **Albertoa, SérieUrticineae**, v. 6, p. 42-23, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TEIXEIRA, T. A.; MENDES, F. B. Valorização dos resíduos da agroindústria de beneficiamento do açaí: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 11, p. e126121143799-e126121143799, 2023.

TEIXEIRA, W. F.; RODRIGUES, E. A.; AMARAL, A. F. Estudo de superação de dormência de *Ormosia arbórea* sob diferentes testes, para produção de mudas para reflorestamento de áreas degradadas no município de Patos de Minas, MG. **Perquirere**, v. 6, p. 26-30, 2009.

TOMA, T. S. P. *et al.* Aim for heterogeneous biodiversity restoration. **Science**, v. 383, n. 6681, p. 376-376, 2024.

TRIGUEIRO, R. de M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira-pimenteira. **Revista Árvore**, v. 38, p. 657-665, 2014.

TSAKALDIMI, M.; GANATSAS, P.; JACOBS, D. F. Predição da sobrevivência de mudas plantadas de cinco espécies mediterrâneas com base na morfologia inicial das mudas. **New forests**, v. 44, n. 3, p. 327-339, 2013.

UN ENVIRONMENT PROGRAMME. New UN Decade on Ecosystem Restoration offers unparalleled opportunity for job creation, food security and addressing climate change. 01 mar. 2019.

VASCONCELOS, Y. L. *et al.* Métodos de custeio aplicáveis em viveiros florestais. Revista **Custos e@gronegocio**, v. 8, n. 2, p. 300, 2012.

VÁZQUEZ-YANES, C. *et al.* Comparison of light-regulated seed germination in *Ficus* spp. and *Cecropia obtusifolia*: ecological implications. **Tree Physiology**, v. 16, n. 10, p. 871-875, 1996.

VECHIATO, M. H.; PARISI, J. J. D. Importância da qualidade sanitária de sementes de florestais na produção de mudas. **O Biológico**, v. 75, n. 1, p. 27-32, 2013.

VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R. Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1067-1075, 2007.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo Pós-Graduação, Campinas, 2011.

ZORZETO, T. Q. *et al.* Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, p. 300-311, 2014.