



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MATEUS SILVA AGUIAR

EMERGÊNCIA E VIGOR DE IPÊ ROXO E JACARANDÁ MIMOSO EM
DIFERENTES SUBSTRATOS SOB AMBIENTE PROTEGIDO

FORTALEZA

2025

MATEUS SILVA AGUIAR

EMERGÊNCIA E VIGOR DE IPÊ ROXO E JACARANDÁ MIMOSO EM DIFERENTES
SUBSTRATOS SOB AMBIENTE PROTEGIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Agronomia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Marcos
Esmeraldo Bezerra.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A23e Aguiar, Mateus Silva.
 Emergência e vigor de ipê roxo e jacarandá mimoso em diferentes substratos sob ambiente protegido / Mateus Silva Aguiar. – 2025.
 39 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2025.
 Orientação: Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra.
1. Handroanthus impetiginosus. 2. Jacaranda mimosifolia D. Don.. 3. Emergência de plântula. 4. Substratos. 5. Espécies arbóreas. I. Título.

CDD 630

MATEUS SILVA AGUIAR

EMERGÊNCIA E VIGOR DE IPÊ ROXO E JACARANDÁ MIMOSO EM DIFERENTES
SUBSTRATOS SOB AMBIENTE PROTEGIDO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Agronomia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 28 /02 /2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Alfredo Mendonça de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Carlos Liduíno da Silva Costa
Casa de Vovó Dedé

A Deus.

Aos meus pais, à minha esposa e ao meu filho.

AGRADECIMENTOS

À Instituição Universidade Federal do Ceará, por proporcionar um ambiente acadêmico enriquecedor, oportunidade de aprendizado que foram essenciais para minha formação.

Ao Prof. Dr. Antonio Marcos Esmeraldo Bezerra, pela orientação valiosa e pelo incentivo ao pensamento crítico e científico.

Aos meus pais, Adriana Felipe da Silva e José Edilmo Aguiar dos Santos, expresso minha eterna gratidão pelo amor incondicional, apoio e incentivo continuo ao longo de toda minha vida e trajetória acadêmica. Vocês foram fundamentais, como inspiração e transmissão de valores, sem a dedicação e os sacrifícios de vocês, este trabalho não seria possível.

A Livia Maria Oliveira da Silva e meu filho: Matteo Oliveira da Silva Aguiar, os amores da minha vida, pelo apoio incondicional. A presença de vocês trouxe luz e confiança para seguir em frente nos momentos mais difíceis. Agradeço de coração por fazerem parte fundamental desta realização, pois cada passo dessa caminhada foi trilhado com amor e a certeza de que, juntos, podemos conquistar o impossível.

Aos meus familiares, pelo suporte e encorajamento.

Ao Dr. Alfredo Mendonça de Sousa, cujo dedicação, apoio, incentivo e contribuição foram essenciais para a construção deste trabalho.

Aos colegas de curso, pelo apoio mútuo, experiências compartilhadas que contribuíram significativamente para meu crescimento acadêmico e pessoal.

“É justo que muito custe o que muito vale”

Santa Tereza D'Ávila

RESUMO

O reflorestamento e arborização urbana é uma demanda atual em nossa sociedade, com isso a produção de mudas se torna um desafio, pois, mudas de qualidade são um fator determinante para a muda se tornar uma árvore. O presente estudo teve como objetivo avaliar a emergência e vigor de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don. sob diferentes substratos em casa de vegetação. No experimento foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas. Os substratos usados foram: carolina soil, vermiculita, terra vegetal e arisco + composto 2:1 v/v. Foram avaliados: altura da plântula, diâmetro do coleto, comprimento da raiz, porcentagem de emergência, tempo médio de emergência (TME) e índice de velocidade de emergência (IVE). Os resultados obtidos indicam que o substrato arisco + composto orgânico favoreceu a expressão da variável altura das plântulas de ipê-roxo, enquanto a vermiculita apresentou os melhores resultados para o jacarandá-mimoso. O maior diâmetro do coleto no ipê-roxo foi obtido com o substrato vermiculita, enquanto para o jacarandá-mimoso não houve diferença significativa entre os substratos. O comprimento da raiz foi maior no substrato terra vegetal para ambas as espécies. A vermiculita proporcionou maior taxa de emergência para o ipê-roxo e a terra vegetal para o jacarandá-mimoso. O tempo médio de emergência foi menor na vermiculita para o ipê-roxo e na terra vegetal para o jacarandá-mimoso. O índice de velocidade de emergência foi maior na vermiculita para o ipê-roxo e na terra vegetal para o jacarandá-mimoso. Conclui-se que o substrato tem influência direta no desenvolvimento inicial de mudas das espécies estudadas, sendo que a vermiculita e a terra vegetal se destacaram como substratos mais adequados para a emergência das plântulas.

Palavras-chave: *Handroanthus impetiginosus*; *Jacaranda mimosifolia* D. Don.; emergência de plântula; substratos; espécies arbóreas.

ABSTRACT

Reforestation and urban afforestation is a current demand in our society, therefore the seedling production becomes a challenge, as quality seedlings are a determining factor for change to become a tree. The present study had the objective of evaluate the germination and characterizing seedlings of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos and *Jacaranda mimosifolia* D. Don. under different substrates in a protected environment. In the experiment it was used that the block design casualized with subdivided portions. The substrates used were: carolina soil, vermiculite, vegetable land and arisco + compost 2:1 v/v. They were evaluated: seedling height, stem diameter, root length, percentage of emergency, mean emergency time and emergency speed index. The results indicated that the arisk substrate + organic compound favored greater height of ipê-roxo seedlings, while vermiculite showed the best results for the mimosa rosewood. The diameter of the larger stem in ipê-roxo was with the substrate vermiculite, while for mimosa rosewood there was no significant difference between the substrates. Root length was greater in the soil substrate for both species. Vermiculite provided a higher emergence rate for ipê-roxo and vegetable land for mimosa rosewood. The mean emergency time was shorter in vermiculite for ipê-roxo and in the vegetable land for the mimosa jacaranda. The emergency speed index was greater in vermiculite for ipê-roxo and vegetable land for mimosa rosewood. It is concluded that the substrate has a direct influence on the initial development of scientific species changes, with vermiculite and vegetable land standing out as the most adequate substrates for germination and initial growth of seedlings.

Keywords: Germination; seedling emergence; substrates; tree species; production of seedlings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Experimento em casa de vegetação.....	26
Figura 2 - Plântulas de ipê-roxo em bancada para caracterização de parâmetros morfométricos.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a emergência, IVE, TME, altura, diâmetro do coleto e comprimento da raiz de mudas de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos e <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don sob condições de casa de vegetação.....	28
Tabela 2 - Emergência (%) de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos nos substratos: Carolina soil, vermiculita, terra vegetal e arisco+composto orgânico 2:1 v/v.....	29
Tabela 3 - Índice de velocidade de emergência médio nos substratos: Carolina soil, vermiculita, terra vegetal e arisco+composto orgânico 2:1 v/v.....	30
Tabela 4 - Índice de velocidade de emergência médio nas espécies, ipê-roxo e jacarandá mimoso.....	30
Tabela 5 - Tempo médio de emergência médio nos substratos: Vermiculita, carolina soil, terra vegetal e arisco+composto orgânico 2:1 v/v.	31
Tabela 6 - Tempo médio de emergência médio, média nas espécies ipê-roxo e jacarandá mimoso.....	32
Tabela 7 - Altura da plântula em centímetro, de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos e <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don em casa de vegetação, em diferentes substratos.....	34
Tabela 8 - Diâmetro do coleto em milímetros, de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos e <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don em casa de vegetação, em diferentes substratos.....	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	HIPÓTESES	16
3	OBJETIVOS	17
3.1	Objetivo geral	17
3.2	Objetivos específicos	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	18
4.1	Descrição das espécies	18
4.1.1	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	18
4.1.2	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	19
4.2	Uso de substratos na agricultura	21
4.3	Morfologia de plântulas	22
4.4	Germinação de sementes	24
5	MATERIAL E MÉTODOS	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
7	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A exploração desordenada dos recursos florestais tem gerado impactos significativos sobre a biodiversidade, comprometendo a regeneração natural de diversas espécies arbóreas. A degradação ambiental, intensificada pelo desmatamento e pelo uso inadequado do solo, destaca a necessidade de estratégias eficientes para a recuperação de áreas degradadas e para a produção sustentável de mudas de espécies nativas (OLIVEIRA, 2018). Entre os desafios enfrentados nesse contexto, a emergência das plântulas é fator determinante para o sucesso de programas de reflorestamento e recuperação ambiental, exigindo estudos que avaliem a influência do substrato sobre essas variáveis.

Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don. são espécies de grande importância ecológica e econômica, amplamente utilizadas tanto na recuperação de áreas degradadas quanto na arborização urbana e paisagismo. *Handroanthus impetiginosus*, popularmente conhecido como ipê-roxo, é reconhecido por sua madeira de alta qualidade e resistência, além de suas propriedades medicinais. Já o *Jacaranda mimosifolia*, conhecido como jacarandá-mimoso, destaca-se por sua beleza ornamental e adaptação a diferentes condições ambientais (ALMEIDA et al., 2020; SILVA et al., 2024).

A literatura científica tem demonstrado que a escolha do substrato exerce influência significativa sobre a emergência dessas espécies. Diferentes composições de substrato afetam a disponibilidade de água, nutrientes e aeração, impactando diretamente a taxa e a velocidade de emergência e o crescimento das plântulas (SILVA et al., 2024). Estudos prévios indicam que substratos orgânicos melhoram a retenção de umidade e fornecem nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, enquanto substratos arenosos podem favorecer a emergência, mas limita o crescimento inicial devido à baixa retenção hídrica (ALMEIDA et al., 2020; ABUD et al., 2010; ALVES et al., 2005; TAIZ et al., 2017; REIS et al., 2016).

A relevância da investigação sobre substratos na produção de mudas reside no fato de que a qualidade do material vegetal influencia diretamente a adaptação das plântulas ao campo e sua sobrevivência em longo prazo. A seleção adequada do substrato pode otimizar o crescimento das mudas, reduzindo custos e aumentando a eficiência dos programas de revegetação (OLIVEIRA, 2018). Além disso, ao considerar espécies de alto valor ecológico e econômico, como *H. impetiginosus* e *J. mimosifolia*, os resultados desses estudos podem contribuir significativamente para a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade dos

plantios comerciais e de restauração ambiental (DINIZ et al., 2015; CASTELLANI et al., 2008).

Diante desse cenário, justifica-se a condução deste estudo com o objetivo de avaliar a influência de diferentes substratos sobre a emergência e o vigor de plântulas de *Handroanthus impetiginosus* e *Jacaranda mimosifolia* sob ambiente protegido. A pesquisa visa fornecer informações técnicas que auxiliem na escolha do substrato mais adequado para a produção de mudas dessas espécies, contribuindo para o aprimoramento das práticas de silvicultura e recuperação ambiental.

2 HIPÓTESES

A taxa de emergência de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don. varia em função do tipo de substrato, sendo que substratos com maior retenção de umidade favorecem maior percentual de emergência.

A emergência das plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don. é influenciado pelo tipo de substrato, com diferenças significativas entre as espécies devido às suas características fisiológicas.

Existe uma interação significativa entre espécie e tipo de substrato, de forma que cada espécie apresenta melhor desempenho em um tipo específico de substrato, refletindo suas adaptações ecológicas.

3 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos de diferentes substratos na emergência e vigor de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don. sob ambiente protegido.

2.1 Objetivos específicos

Comparar a porcentagem, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don. em diferentes substratos.

Analisar o efeito dos substratos sobre o vigor das plântulas das duas espécies, considerando variáveis como comprimento da raiz, altura da plântula e diâmetro do coleto.

Verificar a existência de interação entre espécie e tipo de substrato, identificando quais substratos favorecem a emergência e o vigor para cada espécie.

4 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição das espécies

2.1.1 *Handroanthus impetiginosus*

Handroanthus impetiginosus (Mart. ex DC.) Mattos, popularmente conhecido como ipê-roxo ou pau-d'arco, pertence à família Bignoniaceae. A espécie está amplamente distribuída nas Américas, ocorrendo desde o sudoeste dos Estados Unidos até o norte da Argentina, sendo encontrada em diferentes biomas brasileiros, como a Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga (CARVALHO, 2003; PEREIRA, 2023).

Morfológicamente, o ipê-roxo é uma árvore de médio a grande porte, atingindo de 20 a 35 metros de altura, com tronco que pode variar entre 30 e 80 cm de diâmetro. Suas folhas são compostas e digitadas, geralmente apresentando cinco folíolos. As flores, de coloração roxa a rosa, possuem entre 5 e 8 cm de comprimento e são reunidas em inflorescências do tipo tirso multifloral. A espécie produz frutos do tipo siliqua, que contêm sementes aladas, favorecendo a dispersão pelo vento (GEMAUQUE et al., 2002).

O ipê-roxo possui alto valor econômico devido à sua madeira densa e resistente, amplamente utilizada na construção civil, pisos, móveis e instrumentos musicais. Entretanto, sua exploração excessiva tem levado à redução de suas populações naturais, tornando fundamental a implementação de estratégias sustentáveis de manejo (CEDRO MADEIREIRA, 2020; FORTALEZA, 2023).

Do ponto de vista ambiental, *H. impetiginosus* tem sido empregado na recuperação de áreas degradadas e reflorestamento. Além disso, estudos indicam sua capacidade de fitorremediação, permitindo a absorção e estabilização de metais pesados, como o chumbo, contribuindo para a mitigação da contaminação do solo (CUNNINGHAM et al., 1996).

A entrecasca do ipê-roxo tem sido utilizada na medicina tradicional para tratar diversas enfermidades, incluindo inflamações, infecções e distúrbios gastrointestinais. O principal composto bioativo da planta é o lapachol, uma naftoquinona com propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antitumorais (AWALE et al., 2005).

Estudos demonstraram que o lapachol pode inibir a proliferação de células cancerígenas, além de apresentar efeito antioxidante significativo, o que o torna um potencial candidato a terapias complementares no tratamento do câncer (BABU et al., 2018).

Além do lapachol, o ipê-roxo contém outros compostos bioativos, como flavonoides e taninos, que apresentam propriedades imunomoduladoras e cicatrizantes. O extrato da casca tem sido avaliado em formulações farmacêuticas, incluindo pomadas e géis de uso tópico, com estudos recentes demonstrando sua eficácia na liberação sustentada de lapachol e potencial terapêutico na dermatologia (BRASIL, 2015).

O *Handroanthus impetiginosus* é uma espécie de grande relevância ecológica, econômica e medicinal. Sua madeira de alta qualidade, aliada às suas propriedades farmacológicas e seu potencial na recuperação de solos degradados, reforça a importância de estratégias de conservação e manejo sustentável. A continuidade dos estudos sobre suas propriedades bioativas e sua adaptação ambiental é essencial para garantir sua utilização responsável e benéfica para a sociedade (AUER, 2001).

2.1.2 *Jacaranda mimosifolia*

Jacaranda mimosifolia D. Don., conhecido popularmente como jacarandá-mimoso ou carobaguaçu, pertence à família Bignoniaceae e é uma espécie exótica nativa do norte da Argentina, Bolívia e Paraguai, podendo ser encontrada em regiões temperadas e tropicais (ALVES, PERUCHI e AGOSTINI, 2010; COSTA et al., 2011). É uma árvore de médio porte, podendo alcançar até 15 metros de altura, com folhas bicompostas, paripinadas e folíolos imparipinados (GENTRY, 1992; COSTA et al., 2011). Suas inflorescências são panículas terminais com flores tubulares lilases que se destacam pelo seu caráter ornamental (NEWSTROM, FRANKIE e BAKER, 1994; ALVES, PERUCHI e AGOSTINI, 2010). O fruto da espécie é uma cápsula lenhosa orbicular que contém sementes finas, aladas e membráceas (SINGER, 2007).

A importância econômica do *Jacaranda mimosifolia* está atrelada ao seu uso na arborização urbana e no paisagismo devido à sua bela floração e ao porte que permite seu cultivo em áreas urbanas sem interferir nas redes elétricas (SOUZA e LORENZI, 2005; SIDJUI et al., 2016). Além disso, o gênero *Jacaranda* é amplamente utilizado para a recomposição de áreas degradadas, como relatado por Costa et al. (2011), que destacam a popularidade de espécies como *Jacaranda brasiliana* e *Jacaranda cuspidifolia* para essa finalidade.

Do ponto de vista ambiental, a espécie desempenha um papel importante na manutenção da biodiversidade em áreas urbanas, pois suas flores atraem polinizadores, especialmente borboletas (OLIVEIRA et al., 2010). Além disso, sua utilização na arborização

de parques e ruas melhora a qualidade do ar e reduz a temperatura ambiente em regiões de clima quente, proporcionando maior conforto térmico para a população (LORENZI, SOUZA e TORRES, 2003; SOCOLOWSKI e TAKAKI, 2004).

A propagação do *Jacaranda mimosifolia* ocorre predominantemente por sementes, sendo um fator limitante a desuniformidade na germinação, atribuída à impermeabilidade do tegumento. Oliveira et al. (2010) indicam que a escarificação mecânica com lixa seguida de embebição em água por 12 a 24 horas a 30°C pode superar essa dormência. Estudos realizados por Gurgel et al. (2006) e Abensur et al. (2007) confirmam que espécies do gênero *Jacaranda* apresentam germinação lenta e não uniforme, o que reforça a necessidade de tratamentos para otimizar a produção de mudas.

Além do uso ornamental, a espécie também possui propriedades medicinais. Segundo Nasimul et al. (2004), suas folhas, flores, cascas e sementes são amplamente utilizadas na medicina indiana e chinesa, onde são consideradas tônicas e estimulantes. Pesquisas indicam ainda que extratos etanólicos dos frutos secos de espécies do gênero *Jacaranda* possuem propriedades antimicrobianas contra patógenos como *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (SUDHAKAR et al., 2006).

No Brasil, a introdução e o cultivo do jacarandá-mimoso são comuns, especialmente no estado de São Paulo, onde a espécie tem sido amplamente utilizada na arborização urbana e ornamentação de parques públicos (LORENZI, SOUZA e TORRES, 2003; SOCOLOWSKI e TAKAKI, 2004). O interesse por essa espécie tem crescido, pois além de sua beleza ornamental, apresenta potencial de crescimento rápido e adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (COSTA et al., 2011).

A espécie apresenta padrão de floração anual, com florescimento entre os meses de agosto a novembro (NEWSTROM, FRANKIE e BAKER, 1994; ALVES, PERUCHI e AGOSTINI, 2010). Seu fruto amadurece entre outubro e janeiro e as sementes são dispersadas principalmente pelo vento devido à sua estrutura alada (SINGER, 2007). Esse mecanismo de dispersão favorece sua disseminação em diferentes ambientes, contribuindo para o sucesso ecológico da espécie.

Por fim, a necessidade de conservação e manejo sustentável do *Jacaranda mimosifolia* é essencial para garantir sua disponibilidade futura. Apesar de ser uma espécie exótica no Brasil, seu uso consciente em projetos de paisagismo e recuperação ambiental pode contribuir para a manutenção de ecossistemas urbanos equilibrados. Estudos sobre sua biologia, germinação e desenvolvimento inicial são fundamentais para melhorar as técnicas de produção de mudas e maximizar seu potencial econômico e ambiental (PAOLI e BIANCONI,

2008; DINIZ et al., 2015).

2.2 Uso de substratos na agricultura

Os substratos agrícolas desempenham um papel fundamental na produção vegetal, especialmente na germinação de sementes e no crescimento inicial das plantas. Eles são responsáveis por fornecer suporte mecânico, retenção de água e nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (AGUIAR et al., 1993). Em um contexto mais amplo, os substratos podem ser definidos como qualquer material sólido, natural ou sintético, mineral ou orgânico, puro ou misturado, que sirva de meio de crescimento para as raízes das plantas (SCHMITZ et al., 2002).

A escolha do substrato adequado é crucial para garantir o sucesso na produção de mudas, pois influencia diretamente no crescimento radicular e na absorção de nutrientes. Os principais tipos de substratos utilizados na agricultura incluem solo natural, areia, turfa, vermiculita, casca de arroz carbonizada, fibra de coco, composto orgânico e misturas entre esses materiais (MOREIRA et al., 2018). O uso de matéria orgânica na composição do substrato tem se mostrado benéfico, pois melhora a retenção de água e a disponibilidade de nutrientes, além de reduzir a densidade e aumentar a porosidade do meio (GUERRINI e TRIGUEIRO, 2004).

Além das características físicas e químicas, o substrato deve apresentar propriedades biológicas favoráveis, garantindo um ambiente propício para o crescimento das raízes e desenvolvimento saudável das plântulas (KÄMPF, 2000). Estudos demonstram que a capacidade de troca catiônica (CTC), a porosidade e a capacidade de retenção hídrica são parâmetros fundamentais na escolha de um substrato eficiente (SCHMITZ et al., 2002).

O uso de substratos alternativos tem sido incentivado devido à crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental. Resíduos orgânicos, como esterco bovino, bagana de carnaúba e resíduos da extração de fibras de Agave sisalana, são alternativas viáveis para substituir substratos comerciais, promovendo uma produção agrícola mais sustentável e economicamente acessível (SOUSA et al., 2015; MOREIRA et al., 2018). Segundo estudos de Fonseca (1988) e Santos et al. (1994), a adição de esterco bovino na composição de substratos para viveiros de mudas melhora significativamente o crescimento inicial das plantas.

Na produção de mudas florestais, diversos autores apontam que a escolha do substrato ideal pode variar conforme a espécie cultivada e as condições ambientais (CUNHA

et al., 2006; NEGREIROS et al., 2004). Por exemplo, no estudo de Negreiros et al. (2004), diferentes misturas de substratos foram testadas na produção de mudas de maracujá, demonstrando que a combinação de matéria orgânica e solo mineral pode proporcionar melhores resultados em termos de crescimento e qualidade das mudas.

Além disso, estudos indicam que a densidade do substrato tem influência direta no crescimento das mudas, pois substratos mais densos dificultam a penetração das raízes e a absorção de nutrientes, enquanto substratos mais porosos permitem maior desenvolvimento radicular e absorção de água (SOUZA et al., 1995). Dessa forma, a combinação entre materiais de diferentes texturas pode ser uma estratégia eficiente para otimizar as características físicas do substrato e garantir o desenvolvimento adequado das mudas.

Com o avanço das pesquisas na área de substratos agrícolas, novas formulações estão sendo testadas para melhorar a eficiência na produção de mudas e reduzir o impacto ambiental. O reaproveitamento de resíduos agrícolas e a adoção de técnicas de compostagem são medidas sustentáveis que contribuem para a redução da dependência de substratos comerciais e minimizam os custos de produção (ARAÚJO et al., 2020).

2.3 Morfologia de plântulas

A morfologia das plântulas é um aspecto fundamental na identificação botânica e nos estudos sobre a ecologia e desenvolvimento inicial das plantas. A caracterização morfológica de plântulas fornece informações essenciais para a taxonomia, possibilitando a diferenciação entre espécies e auxiliando na interpretação dos mecanismos de dispersão, sucessão ecológica e regeneração natural (GURGEL et al., 2012). Estudos clássicos, como os realizados por Duke (1965, 1969), analisaram cerca de 200 espécies florestais, fornecendo uma base para a compreensão da diversidade morfológica das plântulas.

A classificação das plântulas pode ser feita com base na posição dos cotilédones em relação ao solo, sendo classificadas em epígeas ou hipógeas. Na germinação epígea, os cotilédones são elevados acima do solo devido ao alongamento do hipocótilo, enquanto na germinação hipógea, os cotilédones permanecem subterrâneos, sendo o epicótilo responsável pelo crescimento da parte aérea da planta (NOGUEIRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2010). Essa diferenciação tem implicações ecológicas, pois espécies epígeas geralmente apresentam crescimento mais rápido e maior eficiência fotossintética inicial (RESSEL et al., 2004).

Além da posição, os cotilédones podem ser classificados quanto à textura e função

em foliáceos ou carnosos. Os cotilédones foliáceos possuem papel essencial na fotossíntese durante os primeiros estágios de desenvolvimento, enquanto os carnosos atuam como estruturas de reserva nutricional para o crescimento inicial da plântula (SMITH, 1983). Esses aspectos morfológicos foram amplamente documentados em diferentes espécies vegetais, sendo utilizados como critérios taxonômicos em diversos estudos (MAYER et al., 2008; COSMO et al., 2010).

A morfologia das plântulas também se relaciona com a adaptação ao ambiente e estratégias de estabelecimento. Plântulas que apresentam raízes primárias bem desenvolvidas e sistemas radiculares profundos tendem a ser mais resistentes à seca e apresentam maior capacidade de absorção de nutrientes do solo (ALVES et al., 2013). Em contrapartida, espécies com desenvolvimento radicular mais superficial podem ser favorecidas em ambientes úmidos e sombreados, onde a disponibilidade de água é constante (SILVA et al., 2012).

Estudos sobre a influência do meio ambiente no crescimento das plântulas indicam que fatores como temperatura, umidade e luminosidade podem afetar significativamente a taxa de crescimento e desenvolvimento das estruturas morfológicas iniciais (MOTA; SCALON; HEINZ, 2012). A luz, em especial, desempenha papel central na morfologia da plântula, influenciando desde a elongação do hipocótilo até a formação de folhas e epicótilo (ALVES et al., 2016).

A descrição morfológica de plântulas tem sido amplamente utilizada para auxiliar na identificação de espécies florestais, especialmente em estágios juvenis, quando as características dos órgãos reprodutivos ainda não estão desenvolvidas (BARRETTO; FERREIRA, 2011). Essa abordagem tem sido aplicada em estudos sobre biodiversidade e conservação, permitindo o reconhecimento de espécies em áreas de restauração ecológica (COSMO et al., 2017; DUARTE et al., 2016).

A relevância do estudo da morfologia das plântulas vai além da identificação taxonômica, abrangendo também aspectos fisiológicos e ecológicos. A padronização das descrições morfológicas e sua relação com a funcionalidade das espécies nos ecossistemas são essenciais para o desenvolvimento de programas de conservação e restauração ambiental (ARRUDA; FERRAZ; MENDES, 2017). Dessa forma, compreender a morfologia das plântulas é fundamental para ampliar o conhecimento sobre a diversidade vegetal e seus padrões de desenvolvimento.

2.4 Germinação de sementes

A germinação é um processo fisiológico fundamental que marca o início do ciclo de vida de uma planta. Esse fenômeno compreende uma série de eventos bioquímicos e morfológicos que levam ao crescimento da plântula e à sua posterior emergência do solo. De acordo com Labouriau (1983), a germinação pode ser definida como o conjunto de processos que levam à protrusão da radícula através dos envoltórios da semente, resultando no estabelecimento da plântula. Esse evento é influenciado por fatores ambientais como temperatura, disponibilidade hídrica, oxigenação e luz (MARCOS FILHO, 2015).

A temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes para a germinação das sementes, pois regula a atividade enzimática e o metabolismo celular. Estudos conduzidos por Bewley et al. (2013) demonstram que existe uma faixa ótima de temperatura para a germinação, geralmente entre 20 °C e 30 °C para a maioria das espécies tropicais.

Outro fator essencial é a umidade do substrato, pois a absorção de água pela semente ativa o metabolismo celular e inicia o crescimento do embrião (Carvalho e Nakagawa, 2012). Estudos relatam que o excesso de umidade pode comprometer a germinação ao reduzir a oxigenação, levando à hipóxia e prejudicando o desenvolvimento da plântula (MELO et al., 2005).

A luz também desempenha um papel relevante no processo germinativo, sendo possível classificar as sementes em fotoblásticas positivas, negativas ou neutras. Segundo Takaki (2005), sementes fotoblásticas positivas necessitam de luz para germinar, enquanto as fotoblásticas negativas têm a germinação inibida na presença de luz.

O índice de velocidade de emergência (IVE) é uma variável importante na avaliação da qualidade fisiológica das sementes, pois indica a rapidez com que ocorre o processo germinativo (MAGUIRE, 1962).

A germinação também pode ser influenciada por fatores internos, como a presença de dormência. Muitas espécies apresentam mecanismos fisiológicos ou físicos que impedem a germinação imediata após a dispersão da semente, sendo necessário o uso de métodos de superação de dormência, como escarificação mecânica ou química (ALBUQUERQUE et al., 2007).

Em síntese, a germinação das sementes é um processo complexo que depende da interação de diversos fatores ambientais e fisiológicos. Vários estudos demonstram a importância do controle de temperatura, umidade e luz para otimizar a germinação e o estabelecimento de plântulas. O conhecimento dessas interações é essencial para programas

de propagação e conservação de espécies florestais, garantindo maior eficiência na produção de mudas e no manejo sustentável dos recursos naturais.

5 MATERIAL E MÉTODOS

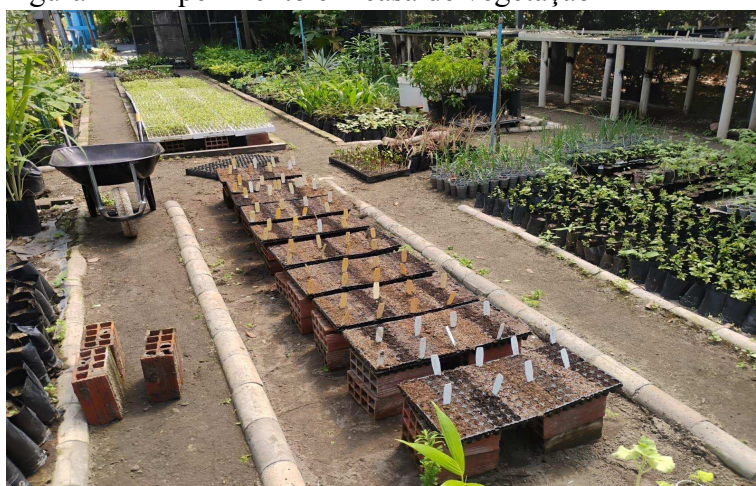
Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no período de 18/10/2024 e 08/11/2024, perfazendo 21 dias, no Núcleo de Estudo e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, localizado em Fortaleza/CE (3°43'02" de latitude S e 38°32'35" de longitude W; altitude de 19,6 m). A classificação climática do local segundo Köppen (1918) é do tipo Aw', com temperatura média anual de 26,5 °C.

Insumos e estrutura do experimento

As sementes utilizadas no ensaio foram oriundas de plantas da arborização do *Campus* do Pici Prof. Prisco Bezerra da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza-CE. As coletas ocorreram em 10/10/2024 para o ipê-roxo e 11/10/2024 para o jacarandá mimoso. Após o beneficiamento efetuou-se a semeadura das espécies supracitadas em bandejas de 200 células com volume de 18 cm³ por célula, preenchidas com os quatro substratos testados na pesquisa. O experimento ocorreu sob ambiente protegido no NEPAU conforme disposto na figura 1..

Figura 1 – Experimento em casa de vegetação



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Delineamento experimental e tratamentos

Os fatores testados no experimento foram dispostos num arranjo de parcelas subdivididas composto por duas espécies (ipê roxo e jacarandá mimoso) atribuídas nas parcelas e quatro tipos de substratos [1-Carolina soil; 2-Vermiculita; 3-Terra vegetal; 4-arisco + composto orgânico (2:1, v/v)] dispostos em 10 blocos sendo a subparcela por 25 plântulas perfazendo um total de 80 unidades experimentais .

Variáveis analisadas

Após a semeadura realizou-se o acompanhamento para caracterizar a porcentagem de emergência, o tempo médio de emergência e o índice de velocidade de emergência.

O tempo médio de emergência é a medida usada para avaliar o tempo médio necessário para as plântulas emergirem do solo. Esse parâmetro é calculado a partir das contagens diárias utilizadas para calcular o índice de Velocidade de Emergência (IVE). O Tempo Médio de Emergência (TME) é um parâmetro importante porque indica a uniformidade da emergência das plântulas. Quanto menor o TME, mais rápida e uniforme foi a emergência das sementes, o que é desejável em muitas culturas agrícolas.

O índice de velocidade de emergência é um parâmetro utilizado para avaliar a rapidez com que as plântulas emergem no solo após a semeadura. Esse índice ajuda a medir a velocidade da emergência, que é um dos indicadores da qualidade das sementes e da eficiência do processo de germinação. O cálculo do IVE leva em consideração tanto o número de sementes que emergem quanto o tempo necessário para que essas sementes atinjam a emergência.

Após a estabilização do processo de emergência as plantas foram coletadas e procedeu-se a avaliação das seguintes variáveis respostas: altura de plântulas (cm), diâmetro do coleto (mm) e comprimento de raiz (cm). Essas avaliações foram realizadas aos 12 DAS para o ipê -roxo e aos 18 DAS para o jacarandá.

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R nos pacotes AgroR (SHIMIZU G, MARUBAYASHI R, GONCALVES L, 2024) e SeedCalc (SILVA, MEDEIROS e OLIVEIRA, 2019) procedendo-se a apresentação das tabelas da análise de variância e teste de Tukey para as variáveis respostas mensuradas no experimento.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 a seguir pode-se observar o resultado da análise de variância realizadas para as variáveis analisadas.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e coeficiente de variação (CV) referente a emergência, IVE, TME, altura, diâmetro do coleto e comprimento da raiz de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don sob condições de casa de vegetação.

Fonte de variação	GL	QM					
		Emergência	IVE	TME	Altura	Diâmetro do coleto	Comprimento da raiz
Espécie (E)	1	0,02242ns	13,0494**	377,14**	0,27966ns	1,22018**	1,12338*
Bloco	9	1,30871ns	0,477ns	0,94ns	1,09953*	0,42485ns	0,51233ns
Erro (a)	9	1,51089	0,284	0,61	0,3385	0,39917	0,18383
Substrato (S)	3	0,66402ns	0,3789ns	2,61**	1,94904**	0,1074**	2,94498**
Interação E x S	3	0,23449ns	0,0365ns	0,25ns	0,42274*	0,08466**	0,73644ns
Erro (b)	54	0,62991	0,1396	0,13	0,12118	0,35994	0,29651
CV (a) (%)	-	15,12	29,2	7,88	10,52247	11,9999	10,0388
CV (b) (%)	-	9,76	20,45	3,65	6,295357	4,65201	12,7493

Fonte: elaborada pelo autor.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significância ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns Não significativo, pelo teste F

Emergência (%)

A emergência das plântulas de ipê-roxo iniciou-se no quinto dia após a semeadura (DAS), com a emergência de pelo menos uma plântula em cada substrato testado, esse resultado é semelhante ao apontado por Almeida et al. (2020) onde estudando ipê-roxo obteve a primeira emergência com 5 DAS. Ao final dos 12 DAS o substrato com terra vegetal apresentou melhor de emergência com 8,30 (Tabela 2).

Outros trabalhos evidenciam os bons resultados em relação a porcentagem de emergência obtidos com o uso da terra vegetal como substrato, como em Algodão-do-cerrado (*Cochlospermum regium*) (Schrack) Pilg. (COELHO et al., 2008), Tingui (*Magonia pubescens*) St. Hill (COELHO et al., 2010) e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *férrea* (BENEDITO et al. 2012).

Tabela 2 - Emergência (%) nos substratos: Carolina soil, vermiculita, terra vegetal e arisco+composto orgânico 2:1 v/v e nas duas espécies estudadas com médias transformadas em \sqrt{x}

Substratos	Emergência	
	Médias transformadas ¹	Médias não transformadas
Vermiculita	8,27	68,8
Carolina Soil	7,92	63,6
Terra Vegetal	8,30	69,4
Arisco + composto (2:1)	8,03	65,8

Espécies	Emergência	
	Médias transformadas ¹	Médias não transformadas
Ipê-roxo	8,11	66,8
Jacarandá mimoso	8,15	67,0

¹Médias transformadas por \sqrt{x}

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Para o jacarandá mimoso, a média foi de 8,15, sendo superior ao ipê-roxo. Com 9 DAS as primeiras plântulas já iniciaram a emergência, porém, os substratos ariscos + composto e carolina soil, iniciaram a emergência apenas no dia seguinte. Missio et al. (2017) estudando a germinação de sementes armazenadas de jacarandá mimoso em rolo de papel, obteve um índice de emergência de 61% com sementes tratadas com microrganismos e as sementes usadas como testemunha tiveram um índice de 52%, resultado esse inferior ao obtido neste trabalho.

Maciel et al. (2013) observaram que os maiores percentuais de germinação das sementes de *J. mimosifolia* ocorreram em papel germitest, atingindo 56%.

Índice de velocidade de emergência

O índice de velocidade de emergência (IVE), foi estimado conforme os cálculos propostos por Maguire (1962):

$$\text{IVE} = (E1/N1) + (E2/N2) + \dots + (En/Nn) \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

E1, E2, En = número de plântulas normais computadas na 1º, 2º e enésima contagem.

N1, N2, Nn = número de dias da semeadura gastos na 1º, 2º e enésima contagem

As médias verificadas para os diferentes substratos testados podem ser observadas na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 - Índice de velocidade de emergência médio nos substratos: Carolina soil, vermiculita, terra vegetal e arisco+composto orgânico 2:1 v/v.

Substratos	Índice de velocidade de emergência
	Médias
Vermiculita	1,91
Carolina Soil	1,65
Terra Vegetal	1,96
Arisco + composto (2:1)	1,77

Fonte: Elaborada pelo Autor.

O maior IVE (1,96) foi obtido no substrato terra vegetal, possivelmente devido à presença de matéria orgânica..

Baron et al. (2011) observaram que a terra vegetal proporcionou um maior índice de velocidade de emergência no *Araticum-de-terra-fria* enquanto estudava emergência na espécie. Ferreira et al. (2010) estudando *Rollinia mucosa* relacionam o maior IVE obtido pela terra vegetal, ao maior equilíbrio entre umidade e matéria orgânica.

Santos et al. (2017) expõem que valores maiores de IVE resultam no estabelecimento mais rápido da cultura em campo, garantindo, teoricamente, maiores chances de sobrevivência e melhor desenvolvimento da planta.

Com relação às espécies, as médias observadas para o IVE constam na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Índice de velocidade de emergência médio nas espécies, ipê-roxo e jacarandá mimoso.

Espécies	Índice de velocidade de emergência
	Médias
Ipê-roxo	2,23a
Jacarandá mimoso	1,42b

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Tempo médio de emergência

O tempo médio de emergência foi estimado conforme o cálculo

$$TME = \frac{(\sum NiTi)}{\sum Ni} \quad \text{Eq: 2}$$

Ni = número de plântulas emergidas por dia

Ti = Tempo em dias da emergência

O TME. Os resultados indicam que os substratos proporcionam condições semelhantes.

Tabela 5 -Tempo médio de emergência médio nos substratos: Vermiculita, carolina soil, terra vegetal e arisco+composto orgânico 2:1 v/v.

Substratos	Tempo médio de emergência
	Médias
Vermiculita	9,8b
Carolina Soil	10,47a
Terra Vegetal	9,66b
Arisco + composto (2:1)	9,84b

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Porém, observou-se que o substrato vermiculita apresentou a menor média. Isso pode ser explicado pela alta retenção de umidade que esse substrato oferece e pela baixa taxa de compactação, favorecendo a emergência das plântulas.

Observou-se que entre os dias 9 e 10 iniciou uma estabilização da emergência em todos os substratos evidenciando que independente do substrato utilizado a maioria das sementes viáveis já haviam germinados.

Já a vermiculita, a partir do sexto dia, diferenciou-se dos demais substratos, apresentando um padrão de emergência mais rápido.

Hora et al. (2018) trabalhando com *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos outra Bignoniaceae obteve um tempo médio de emergência similar ao obtido neste trabalho com ipê-roxo.

Na análise da curva de emergência do jacarandá-mimoso (Gráfico 4), todos os substratos apresentaram comportamento semelhante, com emergência iniciando por volta do 9º dia, um aumento expressivo no número de indivíduos entre o 10º e o 13º dia e estabilização a partir do 15º dia.

As médias dos TME confirmam esse comportamento, com o substrato terra vegetal apresentando menor TME com 11,62 dias. Vale destacar que o substrato comercial Carolina Soil, apresentou o maior TME 12,6 dias, sugerindo uma germinação mais lenta que os demais substratos.

A curva também indica um ambiente ideal para a germinação, pois a maioria das plântulas emergiu em um curto período, sugerindo boa disponibilidade de água e características físicas adequadas dos substratos.

Tabela 6 - Tempo médio de emergência média nas espécies, ipê-roxo e jacarandá mimoso.

Espécies	Tempo médio de emergência
	Médias
Ipê-roxo	7,89b
Jacarandá mimoso	11,89a

Fonte: Elaborada pelo Autor.

Altura da plântula

Para o Ipê-roxo a análise da altura da plântula a nível de espécie apresentou uma interação significativa com o substrato, destacando-se que o substrato arisco + composto orgânico 2:1 v/v, apresentou os melhores resultados comparado aos outros. Esse resultado corrobora as observações de Almeida et al. (2020), que, ao pesquisarem o desenvolvimento inicial do ipê-roxo, concluíram que o uso de areia com composto orgânico proporcionou mudas de melhor qualidade e maior comprimento da parte aérea em comparação a outros tipos de substratos.

Zanatta et al. (2016), também constataram que a adição de matéria orgânica em areia e outros substratos como solo argiloso e vermiculita, proporciona um maior crescimento em altura nas plântulas. Segundo Faustino et al. (2005), o aumento do crescimento de plântulas está relacionado ao uso de substratos com matéria orgânica, respaldando o resultado obtido no presente estudo.

O Jacarandá, também apresentou interação significativa, porém o substrato vermiculita foi quem proporcionou os melhores resultados, seguido de arisco + composto 2:1, terra vegetal e carolina soil. Esse resultado pode ser atribuído ao fato da vermiculita proporcionar uma absorção de água rápida de modo a oferecer condições adequadas para que o Jacarandá apresente seu máximo potencial fisiológico, devido a uma maior capacidade de retenção de umidade, com isso, acelerando os processos de crescimento. Esses resultados se

assemelham aos observados por Benedito et al. (2012) quando se verificou que para o maior crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* indicou-se a vermiculita por proporcionar melhor aeração das raízes e ter grande capacidade de retenção de água e proporcionar mudas com maior biomassa e altura.

O substrato carolina soil (CS) favoreceu mais o crescimento do ipê-roxo em relação ao jacarandá, com médias de 5,444 cm e 5,045 cm, respectivamente.. Canesin e Barbosa (2017) estudando o crescimento de mudas de maracujá azedo, observaram que o substrato comercial carolina soil apresentou valores satisfatórios comparando-se a outro substrato comercial; a explicação para esse efeito pode está relacionada a composição do substrato, que contém matéria orgânica em altos níveis, disponibilizando os nutrientes necessários para as plântulas recém emergidas se desenvolverem de forma adequada. Charlo et al. (2006) confirma que a capacidade de um substrato em disponibilizar prontamente os nutrientes, assim como sua estruturação, são de suma importância para o desenvolvimento inicial de plântulas.

Já os substratos vermiculita, terra vegetal e a mistura de arisco + composto 2:1, apresentaram um padrão similar de crescimento em ambas as espécies estudadas..

Tabela 7 - Altura da plântula em centímetro, de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don em casa de vegetação, em diferentes substratos.

	Carolina soil	Vermiculita	Terra vegetal	Arisco + composto
Ipê-roxo	5,44aBC	5,83aAB	5,14ac	5,93aA
Jacarandá mimoso	5,04bB	5,79aA	5,41aAB	5,66aA

Fonte: Elaborada pelo Autor .

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiuscula na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Diâmetro do coleto

Gonçalves et al. (2000) afirmaram que o diâmetro do coleto é um parâmetro importante para estimar quando as mudas devem ir para campo e se estabelecerem, por isso a importância dessa variável. Freitas et al (2004) além de confirmar essa informação ele acrescenta que essa variável é grande importância para a sobrevivência pós plantio, Marques et al (2018) complementa que é uma característica desejável das mudas, sendo um indicador de padrão de qualidade, pois confere maior sustentação.

Os diferentes substratos influenciaram significativamente o diâmetro do coleto das plântulas, demonstrando que a escolha do substrato afeta diretamente essa característica.

A interação entre espécies e substrato foi significativa, o que sugere que o efeito das espécies sobre o diâmetro do coleto depende do tipo de substrato utilizado

A interação entre os substratos e o ipê-roxo foi altamente significativa, o substrato vermiculita proporcionou o maior diâmetro. Almeida et. al (2020) também obtiveram melhores resultados do diâmetro do coleto, em comparação a outros substratos quando estudou o ipê-roxo.

Para o jacarandá, o efeito do substrato não foi significativo.

Tabela 8 - Diâmetro do coleto em milímetros, de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Jacaranda mimosifolia* D. Don em casa de vegetação, em diferentes substratos.

	Carolina soil	Vermiculita	Terra vegetal	Arisco + composto
Ipê-roxo	1,93aAB	1,95aA	1,84aBC	1,80aC
Jacarandá mimoso	1,61bA	1,66bA	1,59bA	1,66bA

Fonte: Elaborada pelo Autor

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Comprimento da raiz

O ipê-roxo tem um comprimento de raiz significativamente maior que o jacarandá mimoso. O teste de Tukey indicou que o ipê-roxo apresenta média de 4,3895 cm sendo superior ao jacarandá mimoso que apresenta média de 4,1525 cm no que diz respeito ao comprimento das raízes.

O substrato apresentou um efeito significativo, o que indica que os diferentes substratos afetaram significativamente o comprimento das raízes das espécies estudadas. O substrato terra vegetal foi o que proporcionou o maior comprimento médio (4.7805).

A interação entre espécies e substrato não foi significativa, o que sugere que o efeito do substrato no comprimento das raízes não varia de maneira significativa conforme as espécies, o que indica que o efeito do substrato no comprimento da raiz não depende da espécie.

7 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciaram que a escolha do substrato exerce influência significativa na germinação, emergência e crescimento inicial das plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo) e *Jacaranda mimosifolia* (jacarandá-mimoso).

Para o ipê-roxo, a vermiculita destacou-se como o substrato mais eficiente, proporcionando a maior taxa de emergência (69,2%), o maior índice de velocidade de emergência (IVE = 2,25) e o menor tempo médio de emergência (TME), indicando uma germinação mais rápida e uniforme. Além disso, a vermiculita favoreceu o maior diâmetro do coleto (1,95 mm), enquanto o substrato arisco + composto orgânico promoveu o maior crescimento em altura (5,93 cm). O comprimento da raiz foi maior no substrato terra vegetal (4,78 cm).

Para o jacarandá-mimoso, a terra vegetal apresentou os melhores resultados, com uma taxa de emergência de 68,4%, o maior IVE (1,61) e o menor TME (11,62 dias). A vermiculita também se mostrou eficiente para o crescimento em altura (5,79 cm), mas não houve diferença significativa no diâmetro do coleto entre os substratos. O comprimento da raiz foi maior no substrato terra vegetal (4,78 cm), assim como observado para o ipê-roxo. A interação significativa entre espécie e substrato reforça que cada espécie responde de maneira distinta aos diferentes substratos, sendo a vermiculita mais adequada para o ipê-roxo e a terra vegetal para o jacarandá-mimoso.

Esses resultados demonstram que a seleção do substrato deve ser feita de acordo com as exigências específicas de cada espécie, visando otimizar a germinação, a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas. Essas informações são de grande relevância para a produção de mudas de qualidade, contribuindo para programas de reflorestamento, arborização urbana e conservação de espécies arbóreas de importância ecológica e econômica.

REFERÊNCIAS

- ABUD, H. F. et al. Morfologia de sementes e plântulas de cártamos. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 41, n. 2, p. 259-265, 2010.
- AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993.
- ALBUQUERQUE, K. S.; GUIMARÃES, R. M.; ALMEIDA, I. F. A.; CLEMENTE, A. C. S. Métodos para a superação da dormência em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 6, p. 1716-1721, 2007.
- ALMEIDA, J. R. et al. Efeito de diferentes substratos na germinação de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) seedlings. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 24619-24631, maio 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-060.
- ALVES, E. U. et al. Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. *Revista Árvore*, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.
- ALVES, M. C. J. L. et al. Descrição morfológica para identificação das plântulas de nove espécies lenhosas de uma floresta de restinga. *Biota Neotropica*, v. 13, n. 3, p. 374-383, 2013.
- ARAÚJO, E. F.; SOUSA, L. B.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; ARAUCO, A. M. S.; PEREIRA, R. R.; FILHO, J. F. L. Organic residues improve the quality and field initial growth of *Senna multijuga* seedlings. *Journal of Sustainable Forestry*, 2020.
- AUER, C. G. Morfologia e aspectos ecológicos do gênero *Tabebuia* Gomes ex DC. (Bignoniaceae). *Acta Botanica Brasilica*, v. 15, n. 2, p. 231-242, 2001.
- AWALE, S.; LINN, T. Z.; TEZUKA, Y.; KADOTA, S. Inhibition of no production in activated macrophages and cytotoxic activity against a panel of human cancer cell lines of lapachol and its analogues. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, v. 13, n. 7, p. 1977-1983, 2005.
- BABU, B. R.; RAMANATHAN, M.; GOVINDARAJAN, R. Lapachol: A promising naturally derived compound with multitarget potential in cancer treatment. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 220, p. 45-55, 2018.
- BARBOSA, E. J. S. Desenvolvimento de plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos em substrato contaminado por chumbo. Monografia (Bacharelado em Agroecologia) – Universidade Federal da Paraíba, 2023.
- BARRETO, S. S. B.; FERREIRA, R. A. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de Leguminosae mimosoideae: *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 33, n. 2, p. 223-232, 2011.

- BARRETO, S. S. C. Metodologia para testes de germinação e vigor de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, 2016.
- BARON, D.; FERREIRA, G.; BOARO, C. S. F.; MISCHAN, M. M. Evaluation of substrates on the emergence of “Araticum-de-terra-fria” (*Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer) seedlings. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 575-586, jun. 2011.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. 2nd ed. New York: Springer, 2013.
- BRASIL. Farmacopeia Brasileira. 6ª edição. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2015.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003.
- CASTELLANI, D. C. et al. Produção de mudas florestais em diferentes substratos e condições de luz. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 58, p. 53-64, 2008.
- CEDRO MADEIREIRA. Guia técnico sobre as propriedades da madeira do ipê-roxo. Disponível em: www.cedromadeireira.com.br. Acesso em: 15 fev. 2023.
- CHARLO, H. C. D. O. et al. Aspectos morfológicos, germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Archontophoenix alexandrae* (F. Mueller) H. Wendl. e Drude (Arecaceae) em diferentes substratos. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 933-940, 2006.
- COELHO, M. et al. Métodos de superação de dormência de sementes de *Schinopsis brasiliensis*. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 11, p. 14, 23 fev. 2016.
- COSMO, N. L. et al. Morfologia de fruto, semente e plântula, e germinação de sementes de *Myrceugenia euosma* (O. BERG) D. LEGRAND (MYRTACEAE). *Floresta*, v. 47, n. 4, p. 479-488, 2017.
- CUNHA, A. M. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. *Revista Árvore*, v. 30, n. 2, p. 207-214, 2006.
- CUNNINGHAM, S. D.; BERTI, W. R.; HUANG, J. W. Phytoremediation of contaminated soils. *Trends in Biotechnology*, v. 14, n. 7, p. 279-284, 1996.
- DINIZ, F. O. et al. Biometria e morfologia da semente e plântula de oiticica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 2, p. 183-187, 2015.
- DUARTE, J. et al. Classificação morfológica e germinação de sementes de espécies arbóreas da Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 39, n. 2, p. 321-332, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar. Versão 5.3 (Build 77). DEX/UFLA, 2010.

FONSECA, E. P. Produção de mudas de café em diferentes substratos. *Ciência e Prática*, v. 18, p. 42-48, 1988.

FORTALEZA, F. T. Avaliação do uso do elixir de pau d'arco (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) na terapia complementar ao tratamento de neoplasias malignas. Dissertação (Mestrado em Saúde da Família) – Universidade Federal do Ceará, 2023.

FREITAS, G. A.; SILVA, R. R.; BARROS, H. B.; MELO, A. V.; ABRAHÃO, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 159-166, 2013.
<https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100020>.

GEMAQUE, R.; VIEIRA, G.; DANTOS, R. Aspectos fenológicos e germinativos do ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 25, n. 3, p. 321-329, 2002.

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: Ipef, 2000. p. 309-350.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Propriedades físicas e químicas de substratos compostos por resíduos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 1069-1076, 2004.

GURGEL, E. et al. Estudos morfológicos e funcionais de plântulas florestais tropicais. *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 165, p. 189-209, 2012.

KÄMPF, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agropecuária, 2000.

LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria da OEA, 1983.
MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MARQUES, A. R. F.; DELOSS, A. M.; OLIVEIRA, V. S.; BOLIGON, A. A.; VESTENA, S. Produção e qualidade de mudas de *Eugenia uniflora* L. em diferentes substratos. *Ambiência*, v. 14, n. 1, p. 44-56, 2018.

MAYER, J. L. S. et al. Caracterização morfológica de plântulas de espécies arbóreas do Cerrado. *Brazilian Journal of Botany*, v. 31, n. 1, p. 103-112, 2008.

MELO, L. C.; VIEIRA, M. G. G. C.; VIEIRA, R. D. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato na germinação e vigor de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 27, n. 1, p. 16-22, 2005.

- MISSIO, E. L.; MORO, T.; BRUM, D. L.; POLLET, C. S.; MUNIZ, M. F. B. Vigor e germinação de sementes de *Jacaranda mimosifolia* D. Don. (Bignoniaceae) após o tratamento e armazenamento. *Caderno de Pesquisa, Série Biologia*, v. 28, n. 3, p. 42-53, 2016.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; TRANNIN, I. C. B. Crescimento e nodulação de *Acacia* sp. em substratos regionais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 11, n. 4, p. 345-353, 2018.
- NEGREIROS, J. R. S. Diferentes substratos na formação de mudas de maracujazeiro amarelo. *Revista Ceres*, v. 51, n. 294, p. 243-343, 2004.
- NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Classificação morfológica e tipos de cotilédones em sementes de Fabaceae. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 33, n. 2, p. 105-117, 2010.
- OLIVEIRA, J. R. Caracterização de sementes, plântulas e crescimento inicial de cinco espécies lenhosas. Universidade Federal do Ceará, 2028.
- PEREIRA, P. I. O. Desenvolvimento de formulações para uso tópico contendo extrato seco de pau d'arco (*Handroanthus impetiginosus*). Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Ceará, 2023.
- REIS, M. G. et al. Crescimento inicial de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de luminosidade. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 2, p. 501-511, 2016.
- RESSEL, K. et al. Tipos de germinação e desenvolvimento inicial de plântulas em espécies lenhosas tropicais. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, n. 3, p. 627-638, 2004.
- SANTOS, L. P.; CARVALHO, M. M.; CARVALHO, J. G. Efeitos de doses de nitrato de potássio e esterco de curral na composição do substrato para a formação de cafeeiro. *Ciência e Prática*, v. 18, n. 1, p. 42-48, 1994.
- SANTOS, P. C. S.; BENEDITO, C. P.; ALVES, T. R. C.; PAIVA, E. P.; SOUSA, E. C.; FREIRES, A. L. A. Water stress and temperature on germination and vigor of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, v. 22, n. 5, p. 349-354, 2018.
- SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciência Rural*, v. 32, p. 937-944, 2002.
- SILVA, G. Z. et al. Caracterização morfológica de sementes e plântulas de espécies florestais brasileiras. *Floresta e Ambiente*, v. 19, n. 1, p. 45-56, 2012.
- SILVA, L. F. et al. Avaliação germinativa de *Handroanthus impetiginosus* (ipê-roxo) em diferentes tipos de substrato, 2024.
- SILVA, L. J.; MEDEIROS, A. D.; OLIVEIRA, A. M. S. SeedCalc, a new automated R software tool for germination and seedling length data processing. *Journal of Seed Science*, v. 41, n. 2, p. 250-257, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v42n2217267>. Acesso em: [07/03/2025]

SOUSA, L. B.; LUSTOSA FILHO, J. F.; AMORIM, S. P. N.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A. Germinação, crescimento e nodulação natural de *Enterolobium contortisiliquum* em substratos regionais. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 11, n. 4, p. 345-353, 2016.

SOUZA, M. M.; LOPES, L. C.; FONTES, L. E. F. Avaliação de substratos para o cultivo de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat. Compositae) 'White Polaris' em vasos. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 1, n. 2, p. 71-77, 1995.

TAIZ, L. et al. *Fisiologia Vegetal*. 6ª edição. Artmed Editora, 2017.

TAKAKI, M. New proposal of classification of seeds based on responses to light and temperature. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 17, p. 1-6, 2005.

ZANATTA, T. P. et al. Análise do desenvolvimento inicial de mudas de *Tabebuia impetiginosa* submetidas a diferentes tipos de substratos. *Revista do Instituto Florestal*, v. 28, n. 2, p. 103-109, 2016.