

ALEX FERREIRA DE FREITAS

OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS POR MINIESTAQUIA DE *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* E *Cordia trichotoma*

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Aloisio Xavier

Coorientadores: Gleison Augusto dos Santos
Marcos Deon de Resende

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

F866o
2022 Freitas, Alex Ferreira de, 1981-
Otimização da produção de mudas por miniestaquias de
Cariniana legalis, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e
Cordia trichotoma / Alex Ferreira de Freitas. – Viçosa, MG,
2022.

1 tese eletrônica (106 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Aloísio Xavier.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Florestal, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.397>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Cariniana legalis* - Propagação por estaquia, *Cariniana estrellensis* - Propagação por estaquia. 2. *Cordia alliodora* - Propagação por estaquia. 3. *Cordia trichotoma* - Propagação por estaquia. I. Xavier, Aloísio, 1965-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

CDD 22. ed. 583.66

ALEX FERREIRA DE FREITAS

OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MUDAS POR MINIESTAQUIA DE *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* E *Cordia trichotoma*

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 30 de junho de 2022.

Assentimento:



Alex Ferreira de Freitas
Autor



Aloisio Xavier
Orientador

Aos meus pais, Sebastião (*in memoria*) e Cristina, que se doaram inteiramente a colaborar com minha evolução. A minha amada esposa Fran e minha filha Milena. A todos os viveiristas florestais e pesquisadores que atuam de sol a sol na produção das florestas do amanhã.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador do universo, que me proporcionou a oportunidade de me desenvolver espiritualmente e cientificamente durante a caminhada, nesta vida.

À minha esposa (Fran) e filha (Milena) pela compreensão da ausência e pelas orações, amo muito vocês. A meu Pai/guardião Sebastião (*in memoria*) substrato para minha germinação como cientista florestal. A minha Mãe/amiga Teresa Cristina, fertilizante de minha evolução. Aos meus irmãos Alair, Daniela Alan Lorena, Geanny e Thaz. Ao irmão de alma Marciel Lelis, orientador pelo mundo da matemática.

Ao Prof. Aloisio Xavier que antes de orientador um grande amigo que sempre acreditou em mim. Ao Prof. Gleison dos Santos, coorientador, coach e amigo, Marcos Deon pelo exemplo de vida e coorientação. Ao pesquisador Ivar Wendling, e aos Professores Miranda Titon, Lausanne de Almeida, Haroldo de Paiva e Luciana Moura pela colaboração com este trabalho e participação na banca examinadora.

A toda equipe do Viveiro de Pesquisas do DEF/UFV: João Geraldo, Magela, Mauricio, Wantuil (*In-memoria*), José “Rupia” (*In-memoria*), José Raimundo (*In-memoria*), Adão (*In-memoria*), Josimar, Lucas, Daniel, Adilson, Jeferson, Mauro, Vinicius e Iagor.

Aos mentores que tive durante esta caminhada Prof. Acelino, Prof. Ismael, Prof. Sebastião Valverde, Prof. Eduardo (*In-memoria*). À Futuro Florestal (Rodrigo, Valéria e Eduardo), viveiro Ouro Verde (Silvio e Marlúcia) e a Sociedade de Investigações Florestais, por acreditar neste trabalho e fomentar o desenvolvimento tecnológico.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPQ, pela bolsa de estudos.

E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 pelo apoio na realização deste trabalho.

GRATIDÃO!

BIOGRAFIA

ALEX FERREIRA DE FREITAS, filho de Sebastião e Cristina, pai da Milena e esposo da Fran, nasceu em Viçosa, onde frequentou a Escola Estadual Effie Rolfs durante sua infância e adolescência.

Atuou por 11 anos na equipe do Laboratório de Patologia Florestal DFP/UFV, onde foi responsável executivo pelas atividades de viveiro e silvicultura, sob a liderança do Prof. Acelino Alfenas.

Graduou-se em Administração pela FDV em 2009, em Viçosa, MG, graças ao PROUNI, desenvolvendo no TCC diagnóstico técnico, econômico e ambiental dos viveiros florestais de Viçosa.

Em 2012 concluiu o mestrado em ciência florestal pela UFV, onde orientado pelo Prof. Haroldo Paiva estudou a influência do nitrogênio, boro e zinco na produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus*.

Tornou-se especialista em Gestão da Produção pelo Departamento de Engenharia de Produção da UFV em 2015, sendo orientado pela Prof^a Adriana Faria, onde realizou estudo de conclusão do curso com o tema Inovação cooperativa florestal: Estudo de caso do Grupo G6 SIF/UFV.

Foi responsável pela implantação e gestão do setor de sementes e mudas florestais da SIF/UFV entre 2012 a 2016, além de apoiar a Diretoria Científica na capitação e gestão de projetos de inovação florestal.

Durante o doutoramento colaborou com o DEF/UFV no planejamento e implantação de estruturas operacionais para o Viveiro de Pesquisas Florestais, com capacidade de 1,5 milhões de mudas/ano, bem como na implantação da primeira linha de pesquisa para paper pot com a presença da máquina Ellepot[®], presente em uma universidade no mundo.

Neste período, também atuou no desenvolvimento da NATIVAS Brasil (<https://nativasbrasil.org.br/>), Associação dos produtores de sementes e mudas nativas do Brasil, atualmente com capacidade de produção de 60 milhões de mudas de mais de 600 espécies.

RESUMO

FREITAS, Alex Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2022. **Otimização da produção de mudas por miniestaquia de *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*.** Orientador: Aloisio Xavier. Coorientadores: Gleison Augusto dos Santos e Marcos Deon Vilela de Resende.

O caminho do desenvolvimento tecnológico da silvicultura clonal de espécies arbóreas nativas passa pela customização do arcabouço tecnológico utilizado para a eucaliptocultura, como a propagação vegetativa via miniestaquia. A determinação de procedimentos operacionais para manejo do minijardim clonal, a seleção do padrão de miniestaca e a escolha do substrato adequado impactam diretamente o enraizamento e a qualidade das mudas. Para este trabalho o objetivo foi determinar procedimento operacional para produção de mudas nativas via propagação vegetativa, quantificando a produtividade das minicepas em diferentes estações do ano e utilizar indicadores operacionais como potencial máximo de enraizamento, tempo ótimo em casa de vegetação e qualidade morfológica das mudas para selecionar o padrão de miniestacas e o substrato para *Cariniana legalis*; *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*. Para determinação da produtividade das minicepas foi implantado minijardim clonal em calhetão com areia e minicepas oriundas de mudas produzidas por sementes. Estas plantadas em delineamento em blocos ao acaso, sendo as parcelas constituídas pelas espécies e as subparcelas pelas estações do ano. Para seleção do padrão de miniestaca adotou-se o delineamento inteiramente casualizados - DIC, em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas formadas pelas espécies e as subparcelas pelos dois tipos de miniestacas, apical e basal. Para determinação do substrato avaliou-se: T1: 100% CCP - composto de casca de pinus; T2: 33% CCP + 33,5% VM - vermiculita média + 33,5% casca de arroz carbonizada – CAC e o T3: 50% VM + 50% CAC. Adotou-se delineamento inteiramente casualizados-DIC, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas pelas espécies e as subparcelas pelos substratos. Com base nos resultados obtidos observou-se que os tratos culturais aplicados em minijardim foram eficientes, sendo que as minicepas de todas as espécies foram impactadas

significativamente pelas estações do ano, com reduções de quase 50% entre o verão (10,9) e o inverno (6,7), na produção de miniestacas por minicepa/mês. Ambos os tipos de miniestacas testadas foram eficientes, mas o uso de miniestaca apical deve ser priorizado, devido ao enraizamento médio significativamente maior (75,7%) comparativamente a miniestaca basal (53,9%), e menor tempo de enraizamento. Para *C. legalis*, *C. estrellensis* e *C. alliodora* percebeu-se que o sucesso do processo de enraizamento das miniestacas é inversamente proporcional à concentração de composto de casca de *Pinus*. A *C. trichotoma* mostrou-se a espécie mais desafiadora do ponto de vista de enraizamento das miniestacas, porém foi a mais impactada positivamente pela redução da quantidade de composto de casca de *Pinus* no substrato, com ganhos de quase 80% de enraizamento. A miniestaca apical sem corte foliar e o uso do substrato 50% VM + 50% CAC são recomendados para a propagação vegetativa por miniestaquia das espécies estudadas.

Palavras-chave: Jequitibá rosa. Jequitibá branco. Frejó. Louro-pardo. Propagação de plantas. Enraizamento adventício.

ABSTRACT

FREITAS, Alex Ferreira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2022. **Optimization of plants production by mini-cutting technique for *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* and *Cordia trichotoma*.** Adviser: Aloisio Xavier. Co-advisers: Gleison Augusto dos Santos and Marcos Deon Vilela de Resende.

The technological development path for clonal forestry of native tree species involves customizing the technological framework used for *Eucalyptus* cultivation, such as vegetative propagation by mini-cutting technique. The determination of operational procedures for managing the mini-clonal hedge, the selection of the mini-cutting pattern, and the choice of the adequate substrate directly impact the rooting and the quality of the seedlings. For this work, the objective was to determine an operational procedure to produce native seedlings via vegetative propagation, quantifying the productivity of the mini-stumps in different seasons of the year and using operational indicators such as maximum rooting potential, optimal time in a greenhouse and morphological quality of the seedlings for select mini-cutting pattern and substrate for *Cariniana legalis*; *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora*, and *Cordia trichotoma*. To determine the productivity of the mini-stumps, a clonal mini-garden was implanted in a calhetão with sand and mini-stumps from seedlings produced by seeds. These were planted in a randomized block design, with plots made up of species and subplots by season. For the selection of the mini-cutting pattern, a completely randomized design (DIC) was adopted, in subdivided plots, with four replications, with the plots formed by the species and the subplots by the two types of mini-cuttings, apical and basal. To determine the substrate, the following were evaluated: T1: 100% CPB - composed of pine bark; T2: 33% CPB + 33.5% MV - medium vermiculite + 33.5% carbonized rice husks – CRH and T3: 50% MV + 50% CRH. A completely randomized design (DIC) was adopted, in a split-plot scheme, with four replications, with the plots consisting of the species and the subplots by the substrates. Based on the results obtained, it was observed that the cultural treatments applied in the mini-garden were efficient, the mini-stumps of all species are significantly impacted by the seasons, with reductions of almost 50% between summer (10.9) and winter (6.7), in the production of mini-cuttings per mini-strain/month. Both types of tested mini-

cuttings were efficient, but the use of apical mini-cuttings should be prioritized, due to the significantly higher average rooting (75.7%) compared to basal mini-cuttings (53.9%), and shorter rooting time. For *C. legalis*, *C. estrellensis*, and *C. alliodora* it was noticed that the success of the rooting process of the mini-cuttings is inversely proportional to the concentration of pine bark compost. *C. trichotoma* proved to be the most challenging species from the point of view of mini-cutting rooting, but it was the most positively impacted by the reduction in the amount of pine bark compost in the substrate, with gains of almost 80% in rooting. the cultural treatments applied in the mini-garden were efficient. The apical mini-cutting without leaf cutting and the use of substrate 50% MV + 50% CRH are recommended for vegetative propagation by mini-cutting of the studied species.

Keywords: Jequitibá rosa. Jequitibá branco. Frejól. Louro-pardo. Plant propagation. Adventitious rooting.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS.....	18
CAPÍTULO 1: SAZONALIDADE DA PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS DE <i>Cariniana legalis</i> , <i>C. estrellensis</i> , <i>Cordia alliodora</i> e <i>C. trichotoma</i> EM MINIJARDIM CLONAL.....	22
1.1 INTRODUÇÃO	23
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
1.2.1 Material Experimental - Espécies	25
1.2.2 Estabelecimento e Manejo do Minijardim Clonal	26
1.2.3 Avaliações Experimentais	28
1.2.4 Delineamento experimental	29
1.3 RESULTADOS.....	29
1.3.1 Sobrevivência e Produtividade das Minicepas	29
1.3.2 Manejo do Minijardim Clonal	32
1.4 DISCUSSÃO	35
1.4.1 Sobrevivência e produtividade das minicepas.....	35
1.4.2 Manejo do minijardim clonal	38
1.5 CONCLUSÕES	39
1.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
CAPÍTULO 2 – ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS APICAIS E BASAIS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Cariniana legalis</i> , <i>Cariniana estrellensis</i> , <i>Cordia alliodora</i> e <i>Cordia trichotoma</i>	45
2.1 INTRODUÇÃO	46
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	47
2.2.1 Estabelecimento e manejo do minijardim clonal.....	47
2.2.2 Preparo dos recipientes e substrato	50
2.2.3 Casa de vegetação, casa de aclimação e pátio de crescimento	50
2.2.5 Avaliações experimentais	53
2.2.6 Delineamento experimental	53
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
2.3.1 Microclima da casa de vegetação	56
2.3.2 Sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação	57
2.3.3 Enraizamento e tempo ótimo de casa de vegetação	58
2.3.4 Formação de calo.....	64
2.3.5 Qualidade morfológica das mudas	65
2.4 CONCLUSÕES	71

2.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
CAPÍTULO 3 USO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Cariniana legalis</i> , <i>Cariniana estrellensis</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Cordia trichotoma</i> VIA ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS APICAIS.....		
3.1	INTRODUÇÃO	78
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	79
3.2.1	Estabelecimento e manejo do minijardim clonal.....	79
3.2.2	Preparo dos recipientes e substrato	80
3.2.3	Casa de vegetação, casa de aclimação e pátio de crescimento	82
3.2.4	Avaliações experimentais.....	85
3.2.5	Delineamento Experimental e Análises dos Dados	86
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	86
3.3.1	Microclima da casa de vegetação	88
3.3.2	Sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação	89
3.3.3	Enraizamento e tempo ótimo de casa de vegetação	90
3.3.5	Qualidade morfológica.....	98
3.4	CONCLUSÕES	102
3.5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
4.	CONCLUSÕES GERAIS.....	106

INTRODUÇÃO GERAL

Há cinquenta anos, durante a conferência de Estocolmo (1972), a sociedade moderna já buscava consolidar um modelo operacional para o desenvolvimento econômico, por meio do uso dos recursos ambientais, principalmente florestais, mitigando as externalidades às gerações futuras.

Esta modificação na forma de pensar e agir, levou a rejeição de produtos conectados ao desmatamento, bem como estimulou as empresas a desenvolver como estratégia competitiva a relação produto x ambiente x sociedade (Gurski *et al.*, 2012). Estes novos produtos que levam em consideração a economia baseada no desenvolvimento sustentável foram denominados de “ecoficazes” por Rossetti (2016).

A demanda social por estes produtos, tem motivado as indústrias a investir em inovações tecnológicas operacionais e gerenciais, para toda cadeia produtiva. Carvalho (2021), ao estudar a relação da silvicultura com a natureza e a valorização das florestas nativas no Brasil, afirmou que para se ter um produto silvicultural sustentável/ecoficaz é necessário que durante todo fluxo produtivo o gestor conjugue as vertentes ambiental, social e econômico. Sempre, proporcionando rendimento financeiro periódico e continuado, ao mesmo tempo que assegura a permanência do funcionamento ecossistêmico ambiental e a geração de riquezas a sociedade.

Quando se avalia a história do Brasil florestal, observa-se as adaptações operacionais e gerenciais realizadas para atender a esta realidade comercial. No passado, tivemos o uso do modelo predatório, com o extrativismo florestal do pau-brasil até às demais espécies nativas.

Mas, observa-se evolução com surgimento das técnicas de manejo sustentável baseado na ciência florestal, concomitante ao desenvolvimento da silvicultura clonal das espécies e híbridos do gênero *Eucalyptus*. Esta transição tecnológica fomentou o aumento da competitividade e aceitabilidade dos produtos florestais nacionais, em nível global.

Pode-se afirmar que, a economia florestal brasileira, entre o desenvolvimento do modelo extrativista inicial, sem critérios técnicos, e a silvicultura clonal do eucalipto, transformou os produtos florestais em “ecoficazes” e aumentou significativamente o bônus econômico da geração de riqueza, melhoria da qualidade

de vida, logo a influência positiva na economia nacional. Concomitante a isso, é visível a mitigação de externalidades como a degradação do solo, a extinção de espécies da flora e fauna e a poluição do ar e das águas.

A silvicultura brasileira se tornou referência global por meio do desenvolvimento tecnológico oriundo dos investimentos público-privado que alavancaram a produtividade por meio das condições edafoclimáticas. O país detém, para a eucaliptocultura, uma produtividade média de 35,7 m³ ha⁻¹ano⁻¹ e ciclos mais curtos de 5 a 9 anos (IBÁ, 2020).

O impacto econômico dos produtos florestais ecoeficazes, pode ser comprovado com a estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro fornecido pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - Agrostat/MAPA (2021) que demonstra exportações de US\$ 13,94 bilhões, o que corresponde a quase 12% de toda exportação do agronegócio Brasil. Fato que tende a ser ainda mais significativo se conectado a informação, que o setor somente utilizou 1,12% do território nacional (9,55 milhões de hectares) (IBÁ 2021).

Quando se avalia a relevância ambiental, o IBÁ (2021) revela que o setor florestal responde por 6 milhões de hectares de reserva legal (RL) e áreas de proteção permanentes (APP), sendo este montante de árvores cultivadas e preservadas estocam cerca de 4,5 bilhão de toneladas de carbono equivalente.

Os valores expostos, tornam o impacto econômico e ambiental do setor de floresta plantada inegável. Mas, ao inserirmos a informação, que 96% da área cultivada com florestas no país é composta apenas por espécies exóticas do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* (IBÁ 2021), percebe-se que o potencial do setor é imensamente maior, e o caminho para alavancar este desenvolvimento passa pela inovação e transferência de tecnologia em silvicultura de espécies nativas.

O potencial das nativas arbóreas para contribuir com a economia nacional pode ser verificado pela movimentação da comercialização de produtos oriundos da extração vegetal, R\$ 4,3 bilhões, sendo os produtos madeireiros os mais representativos, correspondendo a 62,1% deste valor (IBGE, 2019).

Alfenas *et al.* (2009) afirmaram que plantações de eucaliptos aumentaram consideravelmente desde a década de 1980, com o surgimento das florestas clonais devido a oportunidade de diminuição da heterogeneidade dos plantios seminíferos e mitigação das perdas por patógenos.

Já Xavier *et al.* (2021) e Xavier e Silva (2011), relataram que a transferência da propagação seminífera para a clonal na silvicultura brasileira, também foi fomentada pela oportunidade de maior controle sobre a qualidade dos produtos; devido a fixação das características oriundas da combinação genética, que maximizou o ganho em produtividade silvicultural.

Fatos que colocam a propagação vegetativa como importante ferramenta para aumentar a competitividade do setor florestal, pois transforma os ganhos genéticos em benefícios para a indústria (Assis *et al.*, 2004) e a oportunidade de ampliação da capacidade de produção de mudas, com redução de tempo e custo produtivo por meio da exclusão dos custos ligados a coleta de sementes e a maior homogeneidade das mudas produzidas que facilita a determinação de procedimentos operacionais.

Dos métodos de propagação vegetativa, a miniestaquia compõe a técnica de clonagem mais utilizada pelas grandes empresas florestais (Brondani *et al.*, 2014), devido a sua aplicabilidade técnica, operacional e custo de produção competitivo (Xavier *et al.*, 2021).

Stuepp *et al.* (2018) ao realizar revisão bibliográfica sobre a propagação vegetativa para espécies nativas, relatou que comparado com o desenvolvimento tecnológico customizado ao gênero *Eucalyptus*, muito pouco foi realizado sobre espécies nativas.

O aumento do investimento em pesquisa e inovação voltado ao desenvolvimento da silvicultura clonal de nativas tende a ampliar o portfólio nacional de produtos florestais. Para Rolim *et al.* (2020) vai agregar valor à madeira tropical, enquanto Syrbe e Walz, (2012) acredita que será aumentado a oferta e qualidade do bem, além da redução do custo logístico em função da ampliação das áreas de cultivo.

Outros benefícios do investimento tecnológico foram à redução de desmatamento e degradação ambiental; redução do custo da restauração florestal; aumento da biodiversidade local; remoção de milhões de toneladas de carbono da atmosfera além do aumento de empregos e renda (Rolim *et al.*, 2020).

O desenvolvimento da silvicultura clonal de nativas passa pela validação das técnicas aplicadas na eucaliptocultura devido ao sucesso existente. Para Rolim *et al.* (2020), que realizaram estudo sobre o conhecimento acumulado a respeito de 45

espécies nativas com potencial madeireiro, verificou se que menos de 40% das espécies estudadas tiveram algum trabalho relacionado a propagação vegetativa.

Dias *et al.* (2015) e Stuepp *et al.* (2018) relataram que apesar de existir uma lacuna evidente de conhecimento para propagação vegetativa de espécies nativas, uma série de trabalhos têm sido desenvolvidos por pesquisadores de todo Brasil.

Estudos exploratórios voltados à customização das técnicas de propagação vegetativa às espécies florestais arbóreas nativas do Brasil, são realizados de forma científica há mais de setenta anos. Na literatura pesquisada encontrou-se trabalho como Fonseca Filho (1948) que há 74 anos relataram que:

“o angico vermelho é tão rústico, que se pode fazer o plantio por estacas diretamente no terreno, ou em balaies com estacas de 30 cm de comprimento por 1 ou 2 cm de diâmetro...”

Outros pesquisadores visionários que aplicaram a técnica de propagação vegetativa via estacas lenhosas foram: Vieira (1969) que estudou *Aniba duckei* (Pau-rosa) e *Cedrelinga catenaeformis* (Cedrorana); Reitz *et al.* (1979) que pesquisou *Centrolobium robustum* (Araribá) e Cândido (1993) que avaliou a propagação vegetativa de *Hymenaea stilbocarpa* Hayne (Jatobá), dentre vários outros pesquisadores que desbravaram a propagação vegetativa das espécies nativas.

Em nossa história mais recente, é possível encontrar trabalhos com procedimentos próximos aos aplicados na propagação clonal do eucalipto, que utilizaram a técnica de miniestaquia, para determinar indicadores operacionais como produtividade e sobrevivência das minicepas, enraizamento das miniestacas e qualidade das mudas produzidas.

Neste período muitas instituições e dezenas de espécies foram pesquisadas. Trabalhos como Santos (2002), Xavier *et al.* (2003) e Cunha *et al.* (2003) iniciaram um novo ciclo de pesquisas voltados a customização das técnicas da propagação vegetativa da eucaliptocultura, para às espécies florestais nativas do Brasil.

Santos (2002) estudou a produção de propágulos no minijardim em tubetes e enraizamento de miniestacas para *Anadenanthera macrocarpa* (Angico vermelho), *Cedrela fissilis* (Cedro rosa), *Cariniana estrellensis* (Jequitibá) e *Swietenia macrophylla* (Mogno). Já Cunha *et al.* (2003) com mesmo objetivo, trabalharam com *Erythrina falcata* (Eritrina) em sistema de canaletão de areia com fertirrigação por gotejamento.

Dentre os vários trabalhos realizados estão: Wendling *et al.* (2007) que pesquisou a *Ilex paraguariensis* (Erva-mate); Silva *et al.* (2010) e Ciriello e Mori (2015) - *Calophyllum brasiliensis* (Guanandi), Gatti *et al.* (2011) e Hernandez *et al.* (2013) - *Cariniana estrellensis* (Jequitibá); Melo *et al.* (2012) - *Eremanthus erythropappus* (Candeia); Dias *et al.* (2012) - *Anadenanthera macrocarpa* (Angico Vermelho); Neubert, (2014) - *Plathymenia foliolosa* (Vinhático); Souza (2015) - *Schizolobium amazonicum* (Paricá) & *Schizolobium parahyba* (Guapuruvu); Moura *et al.* (2019) - *Hymenaea courbaril* L.(Jatobá); Santos *et al.* (2020) - *Dalbergia nigra* (Jacarandá) e Gibson *et al.* (2021) que trabalhou com a *Melanoxylon brauna* (Braúna).

Ciente dos avanços já realizados por diversos pesquisadores, mas também da existência de oportunidades de inovações em propagação vegetativa para espécies nativas, e ainda motivados com a oportunidade de colaborar com a economia, o meio ambiente e a sociedade por meio da maior oferta de mudas, buscou-se neste trabalho definir procedimento operacional para propagação vegetativa de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze; *Cariniana estrellensis*. (Raddi) Kuntze, *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Cham, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.

Para seleção das espécies considerou-se a disponibilidade de mudas para formação do minijardim clonal e a relevância econômica e ambiental das espécies florestais arbóreas nativas.

A *C. trichotoma* apresenta madeira com densidade 0,78 g/cm³/ 35 anos, e altura de 30 m, já a *C. alliodora*, atinge 45 m de altura e densidade (0,91g/cm³/ 35 anos) (Lorenzi, 2016a; Rolim *et al.* 2018). As espécies do gênero *Cariniana* tem características semelhantes, com a *C. estrellensis* tendo porte de 35-45 m de altura densidade de 0,70 a 0,78 g/cm³/ 35 anos e a espécie *C legalis* densidade 0,53 g/cm³, altura 50 metros, com tronco de 70-100 cm (Lorenzi 2016b).

Durante a seleção do portfólio de espécies, buscou-se também a oportunidade de comparação de resultados entre espécies de mesmo gênero (*Cariniana legalis* x *Cariniana estrellensis*) e (*Cordia alliodora* x *Cordia trichotoma*) e espécies pertencentes a famílias botânicas distintas (*Lecythidaceae* x *Boraginaceae*).

Esta tese está escrita em três capítulos, sendo: Sazonalidade da produtividade de minicepas em minijardim clonal (Capítulo 1); Enraizamento de

miniestacas apicais e basais (Capítulo 2) e a propagação vegetativa via miniestaca em diferentes substratos (Capítulo 3).

Ressalta-se neste trabalho como diferencial, a oportunidade de condução completa do ciclo produtivo em estruturas semelhantes à dos viveiros clonais atuais, e avaliando indicadores chave do processo produtivo em todas as fases da operação; da produção de brotações em minijardim clonal ao processo de enraizamento das miniestacas em casa de vegetação para a produção de mudas. Espera-se que as informações geradas possam ser utilizadas em ações de planejamento e gestão de unidades de produção de mudas destas espécies, por meio das técnicas de propagação vegetativa via miniestacas.

O objetivo geral deste trabalho foi determinar procedimento operacional para produção de mudas de *Cariniana legalis*; *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma* via propagação vegetativa. Tendo como objetivos específicos:

- Verificar a sazonalidade da produtividade das minicepas e a viabilidade técnica do uso do minijardim clonal idêntico ao utilizado em viveiros clonais de eucalipto
- Avaliar o efeito do uso de miniestacas basais e apicais na propagação vegetativa, bem como determinar o tempo ótimo em casa de vegetação para enraizamento das miniestacas e padrões de qualidade morfológica das mudas produzidas.
- Avaliar o efeito de três substratos: T1: 100% composto de casca de pinus - CCP; T2: 33% CCP + 33,5% vermiculita média - VM + 33,5% casca de arroz carbonizada – CAC e o T3: 50% VM + 50% CAC na propagação vegetativa, bem como determinar o tempo ótimo em casa de vegetação para enraizamento das miniestacas e padrões de qualidade morfológica das mudas produzidas.

REFERÊNCIAS

AGROSTAT/MAPA - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2021). Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm> Acesso: 29/01/2022

Alfenas, A. C.; Zauza, E. A. V.; Mafia, R. G.; Assis, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV,. 2009. 500p.

Assis, T.F.; Fett-Neto, A.G.; Alfenas, A.C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on Eucalyptus. In: Walter, C.; Carson, M. Plantation forest biotechnology for the 21th century. **New Delhi: Research Sign Post**, 2004. v.1 p.303-333. DOI:[10.13140/2.1.1901.2806](https://doi.org/10.13140/2.1.1901.2806)

Brondani, G. E.; Baccarin, F. J. B.; Bergonci, T.; Gonçalves, A. N.; Almeida, M. D. Miniestaquia de Eucalyptus benthamii: efeito do genótipo, AlB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602014000100018>

Candido, J. F.; J.M Gomes, A. L. Bernardo. Cultura de espécies florestais. II (*Anadenanthera peregrina* Speg. *Myroxylon balsamum* (L.) Harm. e *M. peruiferum* L. F.; *Melanoxylon braunea* Schott.; *Hymenaea stilbocarpa* Hayne; e *Cariniana estrellensis* (Raddi) O. Kuntze. **Boletim técnico SIF** Viçosa, SIF, 144p. 1993.

Carvalho, J. P. F.; A Silvicultura próxima da natureza e a valorização da floresta nativa do Brasil. IN: Piña-Rodrigues, F. C. M. & Silva, J. M. S., **Silvicultura Tropical: O Potencial madeireiro e não madeireiro das espécies tropicais** – Sorocaba, SP ED. Dos Autores, 2021.

Ciriello, E.; Mori, E., S. Rooting of guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) cuttings using indole-butyric acid. **Cerne**, v.21, p.641-648, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521041803>

Cunha, A. C. M. C. M.; Wendling, I.; Souza Júnior, L. Influência da presença ou ausência de folhas no enraizamento de miniestacas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) obtidas em sistema hidropônico. **Comunicado Técnico, 89** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 5 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/35546/1/com_tec89.pdf Acesso: 29/01/2022

Dias, P. C.; Ataíde, G. M.; A, Xavier, A.; Oliveira, L. S.; Paiva, H. N.; Propagação Vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **CERNE** | v. 21 n. 3 | p. 379-386 | 2015 DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521031467>

Dias, P. C.; Xavier, A.; Oliveira, L. S. de; Paiva, H. N. de; Correia, A.C.G. Propagação vegetativa de progênies de meios irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.36, p.389-399, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300001>

Fonseca Filho, C.A. Reflorestamento com finalidade exclusiva de produção rápida de lenha para combustível e carvão vegetal. **Revista Ceres**, 7 (42): 429-437. 1948.

Gatti, K.C.; Gonçalves, R. de C.; Xavier, A.; Paiva, H. de. Propagação vegetativa de jequitibá *Cariniana estrellensis* (Raddi) por miniestaquia. **Temas Agrários**, v.16, p.54-63, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v16i2.691>

Gibson, E., L., Gonçalves, E., O., Santos, A., R., Araújo, E., F., Wendling, I., Alexandre, R. S., Caldeira, M., V. W. Responsiveness of *Melanoxylon brauna* to mini-cuttings technique **Rhizosphere** 17 (2021) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100303>

Gurski, B; Gonzaga, R; Tendolini, P; Conferência de Estocolmo: um marco na questão ambiental. **Administração de Empresas em Revista**, Curitiba, v. 1, n. 7 p. 65-79, (2012). e-ISSN: 2316-7548 Disponível em: <http://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/466> Acesso em; 09/11/2021

Hernandez, W.; Xavier, A.; Paiva, H.N. de; Wendling, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v.37, p.955-967, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500018>

IBÁ Performance indicators for the Brazilian planted tree sector, base year 2020. Brasília 2021 **Brazilian Tree Industry**, p.93 Disponível em: <https://www.IBÁ.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioIBÁ2021-compactado.pdf> Acesso em: 02/01/2022

IBÁ Performance indicators for the Brazilian planted tree sector, base year 2019. Brasília: **Brazilian Tree Industry**, 2020, p.66. Disponível em: <https://IBÁ.org/datafiles/publicacoes/relatorios/IBÁ-relatorioanual2019.pdf> Acesso: 29/01/2022

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Coordenação de Agropecuária, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2018, Rio de Janeiro, v. 33, p. 1-8, 2019 Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf Acesso em 03/01/2022

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 7. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.01, 2016a.

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.02, 2016b.

Melo, L., A., Davide, A., C., Teixeira L., A., F., Metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas de *Eremanthus erythropappus* **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 631-638, out./dez. 2012 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000400013>

Moura, L., C., Titon, M., Moura, C., C., Souza C., C., Santana, R., C., Ácido indolbutírico (AIB) e substratos na propagação vegetativa de Jatobá (*Hymenaea*

courbaril L.) por miniestaquia **Adv. For. Sci.**, Cuiabá, v.6, n.1, p.515-522, 2019 DOI; <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v6i1.6434>

Neubert, V., F., **Propagação vegetativa do vinhático (*Plathymenia foliolosa* Benth) por miniestaquia**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Magister Scientiae 38f. Viçosa, MG, 2014 Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3168/1/texto%20completo.pdf> Acesso em: 27 de fevereiro de 2022

Reitz, R., Klein, R.M., reis, A. **Madeiras do Brasil: Santa Catarina**, Florianópolis, Ed. Lunardelli, 1979. 320p.

Rolim, S. G. Piña-Rodrigues, F. C. M., Piotto, D., Batista, A., Freitas, M. L. M., Brienza Junior S., Zakia, M. J. B. , Calmon M. 2020. "**Research Gaps and Priorities in Silviculture of Native Species In Brazil**". Working Paper. São Paulo, Brasil: WRI Brasil. Available online at <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes> Acesso em 03 de Janeiro de 2022

Rolim, S. G. et al. 2018. Crescimento e características da madeira de espécies arbóreas em experimentos silviculturais no norte do Espírito Santo. In: S.G., Rolim & D., Piotto (eds.). **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica**, Editora Rona, Belo Horizonte, pp. 69-71.

Santos, A. R. dos; Gonçalves, E. de O.; Gibson, E. L.; Araújo, E. F.; Wendling, I; Tertuliano, L. A.; Caldeira, M. V. W. Mini-cuttings technique for vegetative propagation of *Dalbergia nigra*. **CERNE**, v. 26, n. 4, p.427-434, 2020 DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760202026042749>

Santos, G. A. 2002. **Propagação vegetativa de Mogno, Cedro-rosa, Jequitibá-rosa e Angico vermelho por miniestaquia**. Viçosa, MG: UFV, 75 f. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Viçosa.

Silva, R., L., M., L., Oliveira, M., Monte, A., Xavier, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia IN: **Agronomía Costarricense** 34(1): 99-104. ISSN:0377-9424 / 2010 Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242010000100010&script=sci_arttext

Souza, C., C., **Propagação vegetativa de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) por miniestaquia** Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Doctor Scientiae. 78f. Viçosa MG 2016 Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/7307/1/texto%20completo.pdf> Acesso: 29/02/2022

Stuepp, C. A.; Wendling, I.; Xavier, A.; and Zuffellato-Ribas, K. C. "Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species". **Pesq.**

agropec. bras., Brasília, v.53, n.9, p.985-1002, Sept. 2018 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000900002>

Syrbe R. U, Walz U. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. **Ecological Indicators**. 2012;21:80–8: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.013>

Vieira, A.N. Propagação vegetativa de *Aniba duckei* Kostermans e *Cedrelinga catenaeformis* Ducke. **Ciência e Cultura**, Brasília, v.21, n.2, 1969.

Wendling, I.; Dutra, L. F.; Grossi, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.289-292, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200019>

Xavier A., Santos A., Wendling I., Oliveira M.L. 2003. Propagação vegetativa de Cedro rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, 27(2):139-143. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000300011>

Xavier, A. Wendling, I. SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: 3 ed. UFV, 2021. P.293

Xavier, A.; Silva, R. L.; Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agrônoma Costarricense**, nota técnica; 34(1): 93-98, 2011. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100009 Acesso: 29/01/2022

CAPÍTULO 1: SAZONALIDADE DA PRODUTIVIDADE DE MINICEPAS DE *Cariniana legalis*, *C. estrellensis*, *Cordia alliodora* E *C. trichotoma* EM MINIJARDIM CLONAL

RESUMO: Os impactos econômicos, ambientais e sociais do setor florestal do Brasil, baseados na propagação vegetativa de espécies exóticas como o eucalipto, são relevantes, mas poderiam ser ainda maiores se o portfólio de espécies arbóreas cultivadas fosse ampliado para as espécies nativas. No desenvolvimento da silvicultura clonal de nativas, para a obtenção de mudas clonais de qualidade torna-se necessário determinar procedimentos operacionais, dentre os quais o manejo do minijardim clonal. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a sazonalidade da produtividade de minicepas de *Cariniana legalis*; *Cariniana estrellensis*; *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma* nas diferentes estações do ano, quanto a produção de miniestacas para o processo de propagação vegetativa por miniestaquia. O trabalho foi realizado em Viçosa – MG, no período de dezembro de 2019 a novembro de 2020. Implantou-se um minijardim com quatro blocos de 48 minicepas por espécie, com coletas semanais durante um ano de miniestacas apicais entre 8 a 10 cm, com dois pares de folhas. De forma geral, a produção foi homogênea entre as espécies e semelhante a valores descritos para eucalipto, sendo colhidas aproximadamente 86 mil miniestacas. Verificou-se influência significativa das estações do ano na produtividade média das minicepas, para todas as espécies, com reduções de quase 50% entre o verão e o inverno. A maior produtividade média de miniestacas/minicepa/mês ocorreu no verão (10,9) e a menor obtida no inverno (6,7). A média anual de miniestacas/minicepa/mês foi de 8,0, 9,3, 10,0 e 9,8, respectivamente para *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*.

Palavras chaves: Jequitibá rosa. Jequitibá branco. Freijó. Louro-pardo. Propagação vegetativa. Miniestaquia.

1.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é referência global em silvicultura, graças à tecnologia embarcada em toda cadeia produtiva. Uma das principais inovações que fomentou essa realidade foi o desenvolvimento da silvicultura clonal do eucalipto, responsável por tornar os plantios homogêneos e diminuir perdas por patógenos (Alfenas *et al.*, 2009), que fomentou ganhos exponenciais na produtividade e melhoria da qualidade dos produtos florestais (Xavier *et al.*, 2021).

As externalidades positivas do setor florestal para a economia, meio ambiente e sociedade são significativas, mas poderiam ser ainda maiores se o portfólio de espécies arbóreas cultivadas fosse ampliado. Atualmente 96% da área destinada a silvicultura é composta apenas por espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (IBA 2021), sendo as nativas arbóreas uma oportunidade para ampliar os benefícios da silvicultura a sociedade brasileira.

O desenvolvimento tecnológico da silvicultura clonal das espécies nativas, passa pela customização dos conhecimentos já validados na eucaliptocultura, devido a toda expertise no fornecimento de mudas oriundas da propagação vegetativa, em quantidade e qualidade.

Dos métodos de propagação vegetativa, a miniestaquia é a técnica mais utilizada pelas grandes empresas florestais (Brondani *et al.*, 2014), sendo o minijardim clonal em canaletão com areia e fertirrigação por gotejamento automatizado, a estrutura de produção mais usada no país, devido ao custo/benefício na implantação e manutenção, comparado as demais alternativas. (Xavier *et al.*, 2021).

Para Alfenas *et al.*, (2009), a produção de brotos em minijardim é uma das fases mais críticas do processo de propagação por miniestaquia, pois é onde se obtém os maiores ganhos em uniformidade e efetividade operacional através da otimização dos tratamentos culturais, tais como o controle de doenças e pragas. Já Cunha *et al.*, (2008) e Higashi *et al.* (2002) apontaram também o controle de irradiação luminosa, temperatura, fertirrigação, gestão da condutividade elétrica e potencial hidrogênionico.

Outro fator que interfere na gestão do minijardim é a flutuação na quantidade produzida de brotos por minicepas entre as coletas, principalmente entre estações do ano. Esta sazonalidade produtiva das minicepas foi descrito por Titon *et al.* (2003)

para *Eucalyptus grandis* e por Brondani *et al.* (2012) e Pires *et al.* (2017) para *E. benthamii* x *E. dunni*.

Apesar dos conhecimentos operacionais do minijardim estarem vinculados a eucaliptocultura, existem estudos exploratórios que indicam a viabilidade técnica para algumas espécies arbóreas nativas do Brasil.

Dentre os trabalhos visitados, tem-se *Erythrina falcata* (Cunha *et al.* 2003); *Ilex paraguariensis* (Wendling, *et al.* 2007); *Sapium glandulatum* (Ferreira *et al.* 2010); *Calophyllum brasiliensis* (Silva, *et al.* 2010); *Piptocarpha angustifolia* (Ferriani *et al.* 2011); *Anadenanthera macrocarpa* (Dias, *et al.* 2012); *Plathymenia foliolosa* (Neubert, 2014); *Schizolobium amazonicum* e *Schizolobium parahyba* (Souza, 2015) além de *Peltophorum dubium* (Mantovani *et al.* 2017).

Motivados por colaborar com a construção desse legado tecnológico à sociedade global, neste trabalho foram selecionadas quatro espécies: *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze; *Cariniana estrellensis*. (Raddi) Kuntze; *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Cham e a *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.

Todas estas espécies são consideradas de alto valor comercial da madeira, usada em confecção de móveis de luxo, revestimento decorativo, lambris e embarcações, além de estratégicas na restauração de áreas degradadas (Lorenzi, 2016a; Lorenzi, 2016b, Rolim *et al.*, 2018 e Ciriello 2021).

Considerou-se também a escassez de estudos de manejo destas espécies em minijardim clonal e a oportunidade de comparação de resultados entre espécies de mesmo gênero (*C. legalis* x *C. estrellensis*) e (*C. alliodora* x *C. trichotoma*), bem como espécies pertencentes a famílias botânicas distintas (*Lecythydaceae* x *Boraginaceae*).

Para *C. alliodora* e *C. legalis* não foram encontrados relatos de trabalhos com uso da miniestaquia. Já para a *C. estrellensis* verificou-se que o trabalho realizado por Santos (2002), utilizou como minijardim tubete de 55 cm³. Já Gatti *et al.* (2011) e Hernandez *et al.* (2013) utilizaram tubete de 280 cm³ e macrojardim de solo com 9 plantas/m², respectivamente.

O primeiro estudo sobre propagação vegetativa de *C. trichotoma* foi realizado por Faganello *et al.* (2015) que utilizou citropotes de 5 L para cultivar as minicepas. Carneiro (2013) e Kielse *et al.* (2015) utilizaram tubetes de 100 cm³ e bandejas de polietileno, respectivamente. Sendo que o foco destes trabalhos foi a produção dos

brotos para o monitoramento do processo rizogênico e não o levantamento de indicadores operacionais conectados ao manejo do minijardim.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi verificar a sazonalidade da produtividade das minicepas e a viabilidade técnica do uso do minijardim clonal, tendo como base o utilizado em viveiros clonais de eucalipto, para a produção de miniestacas destinadas à propagação vegetativa de *C. legalis*, *C. estrellensis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*. Especificamente, determinar a produtividade das minicepas em diferentes estações do ano, assim como validar o procedimento operacional aplicado para implementação e manutenção do minijardim.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa-UFV, na cidade de Viçosa – MG (Fig. 1 A), no período de dezembro de 2019 a novembro de 2020.

Viçosa está situada na Zona da Mata Norte, latitude 20° 45' 20"S e longitude 42° 52'40", e a altitude média é de 663 m. O clima da região é do tipo Cwa (subtropical, chuvoso e mesotérmico), segundo a classificação de Köppen. A temperatura mínima média anual de 13,2 °C e 25,6 °C, a temperatura máxima, umidade relativa do ar média 80% e precipitação média de 1.315 mm/ano (Sá Júnior, 2009).

1.2.1 Material Experimental - Espécies

Para formação do minijardim de *Cariniana legalis*; *Cordia alliodora* e a *C. trichotoma*, utilizou-se como minicepas mudas oriundas de lote de sementes constituído da mistura de matrizes plantadas na empresa Futuro Florestal, localizada em Garças – SP. Já as mudas de *C. estrellensis* foram obtidas no viveiro Ouro Verde em Belo Oriente - MG, as quais foram produzidas por meio de sementes constituído da mistura de matrizes localizadas em Linhares - ES.

1.2.2 Estabelecimento e Manejo do Minijardim Clonal

O minijardim foi estabelecido em setembro de 2019 e iniciado o manejo intensivo com coleta de dados em dezembro deste ano, sendo utilizado estrutura metálica coberta por um filme difusor de polietileno 150 micras, fixo e aberto nas laterais.

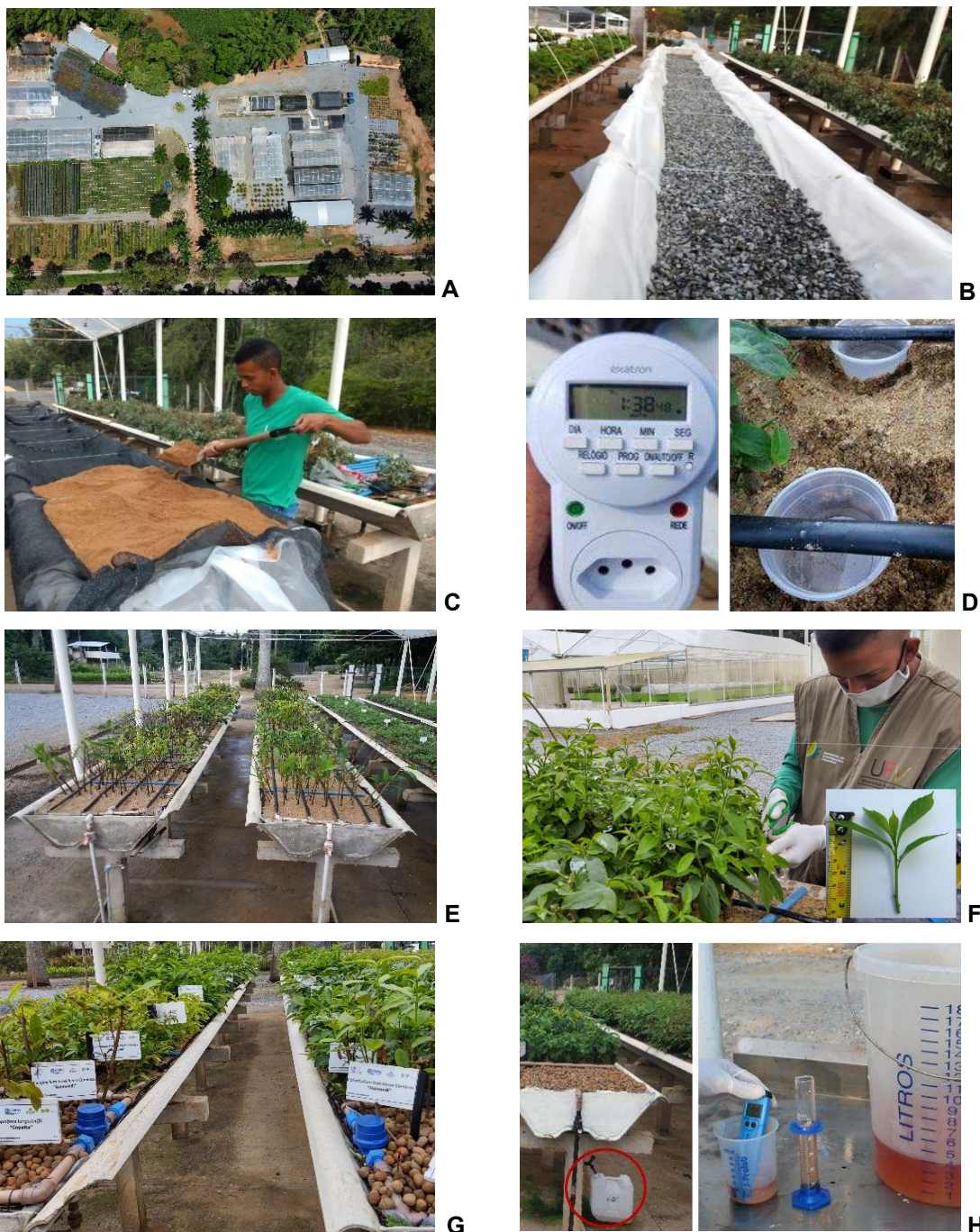
Utilizou-se para implantação do minijardim clonal duas telhas kalhetão 90 Brasilit® de fibrocimento (Fig. 1 F) de 7,5 x 1,0 x 0,25 m revestido com filme plástico e 5 cm de brita nº 2 (Fig. 1 B), mais 20 cm areia média (Fig. 1 C) e inclinação de 0,5% (Fig. 1 E).

Um mês antes do plantio das minicepas, foi retirada a dominância apical das mudas e a padronização da altura para 10 a 12 cm, visando estimular o desenvolvimento das gemas axilares inferiores, para formação das minicepas em formato de cálice (Higashi *et al.*, 2000; Alfenas *et al.*, 2009). Durante a preparação das minicepas foi aplicado 10 ml/planta de MAP - Fosfato Monoamônio (1,0%), uma vez por semana, via pistola dosadora automática veterinária de 50 ml, Triângulo®, modelo 30321.

O espaçamento das minicepas em minijardim clonal foi 10 x 10 cm (100 minicepas/m²), seguindo delineamento em blocos ao acaso, constituído pelas quatro espécies, com quatro repetições de 48 minicepas cada, totalizando unidades.

A fertirrigação foi realizada via quatro fitas de irrigação, com 16 gotejadores em cada parcela. Adotou-se bomba periférica de 0,5 cv, com regulador de pressão 12 PSI – 0,83 Bar – 8,4 Mca, marca Netafim®. A automação do sistema ocorreu via controlador Exatron® modelo TMDS0BC (Fig. 1 D), aplicando vazão diária de 7L/m² no verão e 5L/m² no inverno (Alfenas *et al.*, 2009), distribuído às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas, com duração de três minutos cada.

Figura 1 - Estabelecimento do minijardim clonal. **Figura 1 A**:- Viveiro de Pesquisas DEF/UFV; **Figura 1B**- Revestimento do Kalhetão com plástico e dreno com brita; **Figura 1 C**- Inserção de tela de sombreamento e areia; **Figura 1 D** – Sistema de automação da fertirrigação **Figura 1 E**- Visão do minijardim clonal implantado; **Figura 1 F**- Colheita e padrão das miniestacas; **Figura 1 G**- Monitoramento de injeção de solução nutritiva via hidrômetros (Azul); **Figura 1 H**- Monitoramento do efluente.



Fonte: Autor

A solução nutritiva utilizada na fertirrigação foi constituída por nitrato de cálcio (0,920 g L⁻¹), cloreto de potássio (0,240 g L⁻¹), nitrato de potássio (0,140 g L⁻¹),

monoamônio fosfato ($0,096 \text{ g L}^{-1}$), sulfato de magnésio ($0,364 \text{ g L}^{-1}$), quelatos de ferro (EDDHA; EDDHA 6%) Ferrilene® ($0,040 \text{ g L}^{-1}$), ácido bórico ($2,800 \text{ mg L}^{-1}$), sulfato de zinco ($0,480 \text{ mg L}^{-1}$), sulfato de manganês ($1,120 \text{ mg L}^{-1}$), sulfato de cobre ($0,100 \text{ mg L}^{-1}$) e molibdato de sódio ($0,040 \text{ mg L}^{-1}$).

A condutividade elétrica, independente da época do ano, foi mantida entre 1.500 e $2.500 \text{ } \mu\text{S/cm}$, conforme recomendado por (Higashi e Silveira, 2000). A dessalinização ocorreu por meio de aplicação de água, via chuveiro de irrigação, até que a salinidade do efluente reduzisse para $1.000 \text{ } \mu\text{S}$.

O manejo de pragas e doenças ocorreu via auditoria diária, tendo como indicador de intervenção, catação, a presença de lesões no tecido vegetal e a identificação do patógeno. Em caso de continuidade dos efeitos, a intervenção química foi realizada através de defensivos agrícolas, levando em consideração todas as diretrizes presentes na NR 31 e demais normas de segurança. A equipe foi sempre assistida por técnico de segurança do trabalho disponibilizado pela SIF – Sociedade de Investigações Florestais.

1.2.3 Avaliações Experimentais

Entre dezembro de 2019 a novembro de 2020, realizou-se monitoramento integrado de pragas e doenças (diário), volume injetado de solução nutritiva e do efluente (diário) além da aferição da condutividade elétrica – CE (diário), potencial hidrogeniônico (pH) (diário) e aferição da produtividade das minicepas (semanal).

O volume de fertirrigação foi monitorado via hidrômetro analógico Unijato® 3/4" DN20, em ambos os leitos (Fig. 1 G). Para o efluente utilizou-se Becker silk screen 20 litros (Fig. 1 H).

Para o monitoramento do potencial hidrogênio-pH foi aferido no momento da elaboração da solução nutritiva injetável e diariamente no efluente utilizando o equipamento medidor pHEP®4 Hanna, modelo: HI98127. Já para a condutividade elétrica utilizou condutímetro portátil HANNA® modelo: HI98312.

Foram realizadas 48 coletas semanais de miniestacas apicais entre 8 e 10 cm, com dois pares de folhas expandidas mais o ápice, (Figura 1 F), para determinar a produção total de miniestacas por espécie/bloco. Posteriormente foram calculados indicadores produtivos como produção total de minicepas, produtividade

minicepa/mês, produtividade m² e a produtividade durante as diferentes estações do ano.

A variação térmica do ambiente durante o experimento foi monitorada por estação meteorológica padrão instalada no Viveiro de Pesquisas do DEF/UFV. As leituras dos sensores foram realizadas a cada 5 segundos e a média armazenada a cada 15 minutos em um datalogger modelo CR1000-ST-SW-NC.

1.2.4 Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, sendo quatro blocos de 48 minicepas cada. As parcelas foram constituídas por quatro espécies nativas, sendo E1 – *Cariniana estrellensis*, E2 – *C. legalis*, E3 – *Cordia alliodora* e E4 – *C. trichotoma*, e as subparcelas corresponderam as quatro estações do ano, verão, outono, inverno e primavera.

Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de probabilidade, sendo utilizado o Software R.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Sobrevivência e Produtividade das Minicepas

Constatou-se que o modelo de minijardim e o procedimento operacional adotado foi adequado para o cultivo das minicepas para todas as espécies, sendo verificado sobrevivência plena, com manutenção do vigor vegetativo e produtividade das minicepas superior aos relatos bibliográficos consultados.

Verificou-se efeito significativo ($p < 0,01$) da produtividade média miniestacas/minicepas/mês entre as espécies e estações do ano, no entanto a interação espécies x estações do ano não apresentou efeito significativo ($p > 0,05$). Ou seja, apesar de existir diferença de produtividade entre as espécies e as médias nas diferentes estações do ano, as respostas das espécies a variação climática proporcionada pelas estações do ano são semelhantes.

Durante os 12 meses de monitoramento (48 coletas), foram produzidos quase 86 mil miniestacas, sendo que as espécies da família *Boraginaceae* (*C. alliodora* e *C. trichotoma*) obtiveram 45.486 unidades (53,1%).

De forma geral a produção foi homogênea e satisfatória, sendo *C. alliodora* a de maior produção geral com 26,8% e *C. estrellensis* a menor produção, com 19,4% (Tabela 1).

Quadro 1 – Produção total de miniestacas nas unidades experimentais obtidas no período de dezembro de 2019 a novembro de 2020, para as espécies *Cordia alliodora*, *C. trichotoma*, *Cariniana legalis* e *C. estrellensis* estabelecidas em minijardim clonal.

Repetição	<i>C. estrellensis</i>	<i>C. legalis</i>	<i>C. alliodora</i>	<i>C. trichotoma</i>	Total 2
1	4.553	5.570	5.993	5.807	21.923
2	4.530	5.206	5.598	5.444	20.778
3	4.789	5.376	5.675	5.402	21.242
4	4.844	5.304	5.670	5.897	21.715
Total 1	18.716	21.456	22.936	22.550	85.658

A produtividade média para as espécies no período de dezembro de 2019 a novembro de 2020 foi de 9,3 miniestacas/minicepa/mês e 11.123 miniestacas/m². O mês de janeiro foi o mais produtivo, com 12 miniestacas/minicepa/mês, e julho o mês com a menor produtividade 6,4 (Quadro 2).

A produtividade média/ano para a *C. alliodora*, *C. trichotoma* e *C. legalis* foram semelhantes (Figura 2A), com valores variando de 11.000 a 12.000 miniestacas m²/ano (Tabela 3).

Verificou-se influência significativa das estações do ano na produtividade média das minicepas entre as espécies, sendo o verão responsável pela maior produtividade média mensal (10,9) e a menor média de produção obtida no inverno (6,7) (Figura 2B).

As minicepas em todas as espécies são diretamente afetadas pela flutuação térmica (Figura 3A), para média mínima abaixo de 15° C ocorre redução drástica de produtividade de 40,7%, 47,6%, 50,0% e 51,6% para *C. alliodora*, *C. trichotoma*, *C. legalis* e *C. estrellensis*, respectivamente.

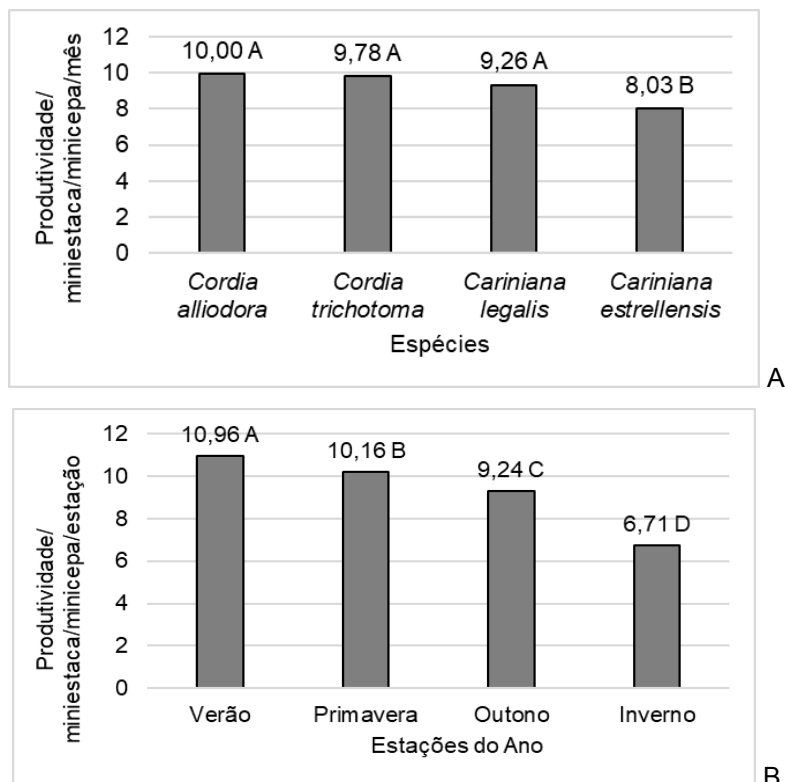
Quadro 2: Produtividade de miniestacas/minicepas/mês das espécies *C. alliodora*, *C. trichotoma*, *C. legalis* e *C. estrellensis* estabelecidas em minijardim clonal no período de dezembro de 2019 a novembro de 2020.

Estações do ano	Verão			Outono			Inverno			Primavera			Médias	
Espécies	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Média	m ² /ano
<i>C. estrellensis</i>	8,72	10,81	10,08	8,61	7,66	7,06	6,26	5,81	5,40	6,98	9,11	9,92	8,03	9.641
<i>C. legalis</i>	9,20	11,85	11,07	10,27	10,89	7,94	7,16	6,21	6,72	7,16	11,28	11,35	9,26	11.111
<i>C. alliodora</i>	10,29	12,49	11,76	9,42	10,35	8,92	7,99	7,40	7,69	10,07	11,78	11,84	10,00	11.999
<i>C. trichotoma</i>	10,96	12,72	11,55	10,62	10,58	8,58	7,51	6,26	6,15	8,81	11,90	11,79	9,78	11.741
Miniestacas/minicepa/mês	9,79	11,97	11,11	9,73	9,87	8,13	7,23	6,42	6,49	8,25	11,02	11,22	9,27	11.123
Miniestacas/minicepa/estação	10,96			9,24			6,71			10,16			9,27	
Miniestacas/m ² /estação	13.150			11.089			8.055			12.198			11.123	

Quadro 3: Produtividade de miniestacas/minicepas e miniestacas/m² em diferentes estações do ano das espécies *C. alliodora*, *C. trichotoma*, *C. legalis* e *C. estrellensis* estabelecidas em minijardim clonal no período de dezembro de 2019 a novembro de 2020.

Estações do ano	Produtividade miniestacas/minicepas e miniestacas/m ²									
	<i>C. estrellensis</i>		<i>C. legalis</i>		<i>C. alliodora</i>		<i>C. trichotoma</i>		Média	
	Minicepa	m ² /ano	Minicepa	m ² /ano	Minicepa	m ² /ano	Minicepa	m ² /ano	Minicepa	m ² /ano
Verão	9,87	11.842	10,71	12.852	11,51	13.816	11,74	14.091	10,96	13.150
Outono	7,78	9.331	9,70	11.641	9,56	11.472	9,93	11.911	9,24	11.089
Inverno	5,82	6.988	6,70	8.035	7,69	9.231	6,64	7.965	6,71	8.055
Primavera	8,67	10.402	9,93	11.917	11,23	13.477	10,83	12.996	10,16	12.198
Média	8,03	9.641	9,26	11.111	10,00	11.999	9,78	11.741	9,27	11.123

Figura 2 - Produtividade média das minicepas mensal (A) e produtividade média por estação do ano (B) de miniestacas por minicepas para *C. alliodora*, *C. trichotoma*, *C. legalis* e *C. estrellensis* estabelecidas em minijardim clonal. Médias seguidas de mesma letra não diferenciam entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

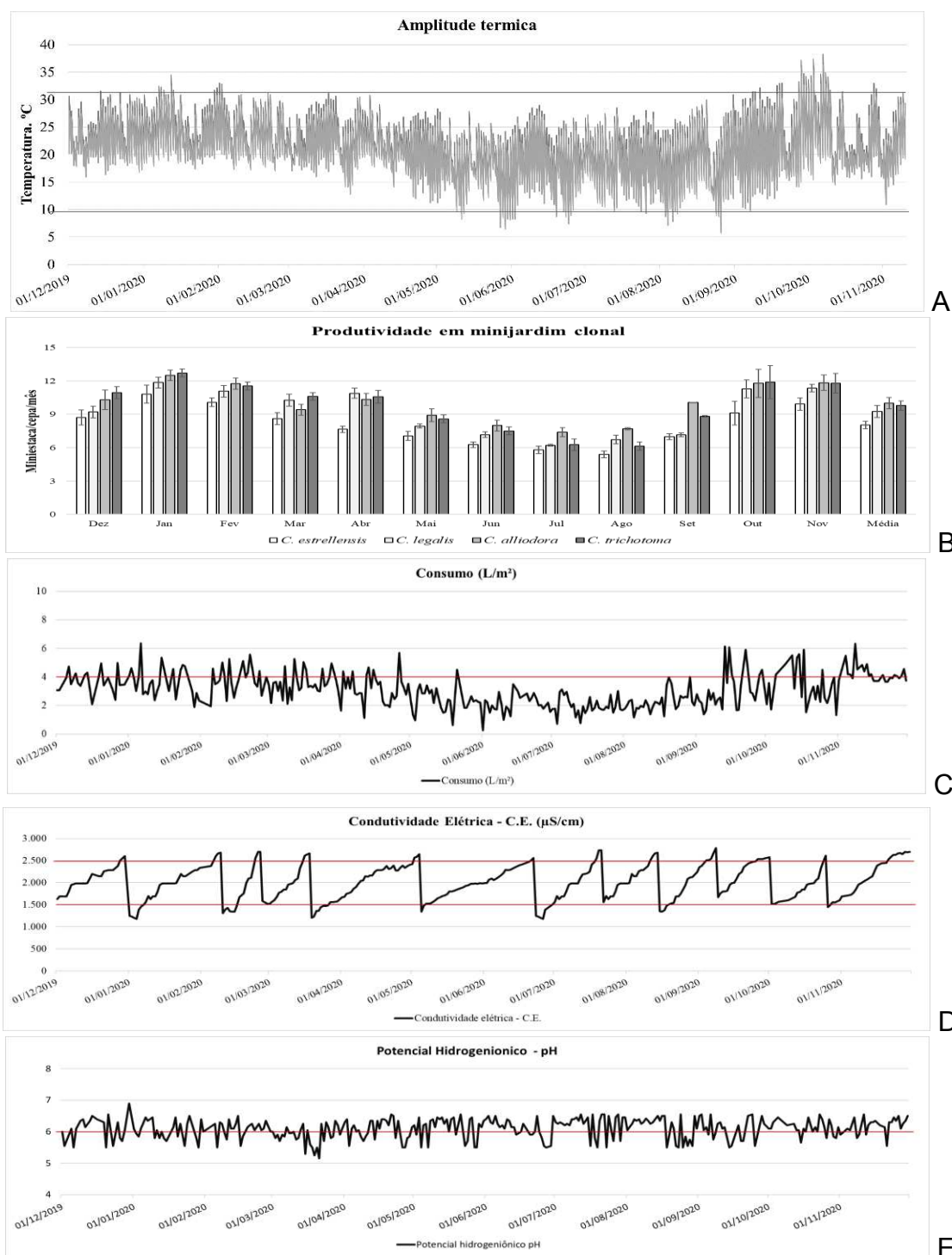


1.3.2 Manejo do Minijardim Clonal

O consumo efetivo de solução nutritiva (Figura 3 C) variou entre 2 e 4 L/m² entre o inverno e verão, respectivamente. Foram realizadas 12 dessalinizações, em torno de uma por mês, sendo que no inverno o intervalo entre as ações foi ampliado comparativamente ao verão (Figura 3 D). O potencial hidrogênionico flutuou entre 5,5 e 6,5 com poucas inconformidades.

Em relação ao manejo integrado de pragas e doenças, encontrou-se grande dificuldade para monitoramento devido às raras informações disponíveis. Durante o monitoramento percebeu-se baixa incidência de doenças e pragas, sendo ausentes na maior parte do ano.

Figura 3 - Comparativo da amplitude térmica com indicadores do manejo do minijardim. **A:** Amplitude térmica; **B:** Produtividade das minicepas das diferentes espécies; **C:** Consumo de solução nutritiva; **D:** Flutuação da condutividade elétrica; **E:** Flutuação do potencial hidrogeniônico.

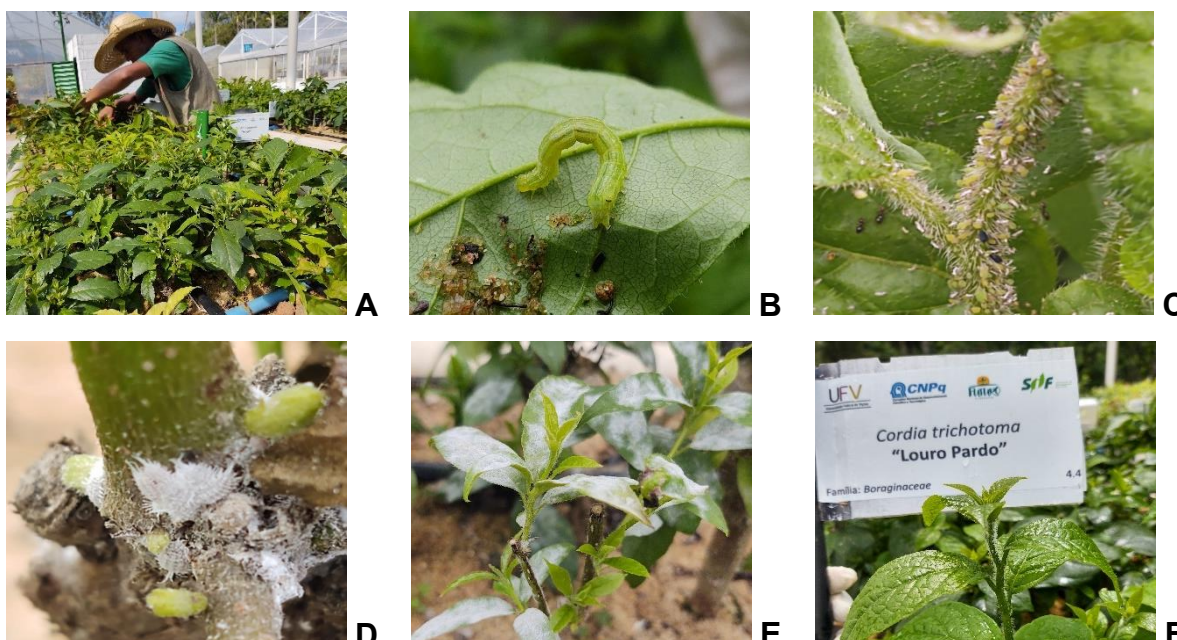


Dentre os patógenos identificados estavam *Oidium* sp. em *Cordia trichotoma* com maior intensidade (Figura 4 E) e *Cordia alliodora* de forma leve. *Calonectria* sp (= *Cylindrocladium* sp.) em pontas de galhos deixados pós-colheita em todas as espécies em diferentes momentos do ano; Incidência de *Botrytis* sp em material

vegetal depositado no substrato entre os períodos de higienização dos leitos (semanalmente); Manchas foliares em *C. legalis* similares ao ataque de *Pestalotiopsis* sp., já descrita para a espécie por Souza *et al* (2019).

As pragas visualizadas foram moscas-do-viveiro de diferentes espécies, *Scythropochroa* sp., *Bradysia* sp., *Sciara* sp.; Lagarta enroladeira de folhas (*Hedylepta indicata* ordem Lepidoptera) em *C. trichotoma* e *C. alliodora* (Figura 4 B), Pulgão (*Toxoptera* sp) em *C. trichotoma* (Figura 4 C); e Cochonilha (*Planococcus* sp.) em *C. alliodora* (Figura 6 D).

Figura 4 - Monitoramento de pragas e doenças no minijardim clonal. **A:** Avaliação de presença de pragas e doenças; **B:** Lagarta enroladeira (*Hedylepta indicata*); **C:** Pulgão em *C. trichotoma*; **D:** Cochonilha (*Planococcus* sp.); **E:** *Oidium* sp em *C. trichotoma*; **F:** Brotação apical de *C. trichotoma* sadia.



Quando necessário, para a intervenção no controle do oídio e ácaro foi aplicado óleo de Neem (Bioneem®) concentração 1% e 200 ml/m², realizada imediatamente posterior a colheita e os resultados obtidos foram considerados satisfatório (Figura 4 F).

Para controle da mosca do viveiro, foi pulverizado solução de Deltametrina 25 g/L, produto comercial DECIS® 25 CE (2ml/L) alternado a aplicação de Confidor (3g/10L/água).

1.4 DISCUSSÃO

1.4.1 Sobrevivência e produtividade das minicepas

A sobrevivência plena e a produtividade alcançada pelas espécies estudadas indicam oportunidade de utilização do minijardim e dos tratos culturais aplicados à propagação vegetativa via miniestaquia.

Outros trabalhos também relatam 100 % de sobrevivência das minicepas de espécies nativas, porém com números de coletas inferiores, conforme apresentado para *Cedrella fissilis* (Xavier *et al.*, 2003), *Erythrina falcata* (Cunha *et al.*, 2008), *Handroanthus heptaphyllus* (Freitas, 2012), *Cordia trichothoma* (Kielse *et al.*, (2015), os quais apresentaram resultados com 4, 8, 8 e 2 coletas de miniestacas, respectivamente.

A alta sobrevivência de minicepas de espécies nativas em minijardim clonal foi relatado por Wendling *et al.* (2007) que trabalhou com *Ilex paraguariensis* - 97% de sobrevivência; Ferreira *et al.* (2010) – *Sapium glandulatum* – 95%; Ferriani *et al.* (2011) - *Piptocarpha angustifolia* - 97,7%; Dias *et al.* (2012) - *Anadenanthera macrocarpa* - 98% e Souza (2015) - *Schizolobium amazonicum* – 88,2% e *Schizolobium parahyba* – 83%; Gibson *et al.* (2021) - *Melanoxylon braúna* – 79%, entre outros.

Para a propagação vegetativa do eucalipto, o intervalo médio entre as coletas de miniestacas em minijardim clonal tem sido de 7 dias (Alfenas *et al.*, 2009; Borges *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2012; Freitas *et al.*, 2017 e Xavier *et al.*, 2021). No entanto, dentre os trabalhos consultados percebeu-se ampla flutuação do número e intervalo de coleta como Cunha *et al.* (2008) – *Erythrina falcata* – 8 coletas com intervalo de 15 dias; Ferreira *et al.* (2010) – *Sapium glandulatum* - 4 coletas/ 35 dias; Gatti *et al.* (2011) – *Cariniana estrellensis* – 4 coletas/30 dias; Ferriani *et al.* (2011) - *Piptocarpha angustifolia* – 13 coletas/29 dias; Dias *et al.* (2012) – *Anadenanthera macrocarpa* – 8 coletas/26 dias e Gibson *et al.* (2021) - *Melanoxylon brauna* (Brauna) – 5 coletas/20 dias.

Para Alfenas *et al.* (2009) as coletas seletivas e contínuas de brotações com intervalos de 7 a 15 dias, tende a proporcionar aumento da produtividade das minicepas, pois tem-se oportunidade de coletar brotações no ponto adequado com melhor qualidade fisiológica e aumento a vida útil da minicepas, para evitar podas

severas, a qual tende a promover redução na produtividade e aumento da mortalidade.

Conseguiu-se alcançar indicadores de produtividade por minicepa e por áreas semelhantes aos relatados para a eucaliptocultura no Brasil ao utilizar o intervalo mínimo de coleta proposto pelos autores supracitados, conectado ao restante do procedimento operacional exposto.

Os resultados obtidos para produtividade (miniastacas/minicepa/mês) e (miniastacas/m²/ano), tabela 2 e 3 são semelhantes aos relatados por Xavier *et al.* (2021) para produtividade/m² de minicepas/ano de eucalipto em minijardim (8.000 – 15.000). Os valores de produtividade obtidos superaram a produtividade declarada por empresas de base florestal no início dos anos 2000, como relatado por Alfenas *et al.* (2009) para Cenibra (2003) com 14.820 brotos/m²/ano; Suzano/BahiaSul (2003) – 9.762 brotos/m²/ano; Aracruz (2003) e VCP (2003) – 12.000 brotos/m²/ano.

Em estudos mais recentes com clones comerciais de *Eucalyptus* verificou-se resultados semelhantes às espécies avaliadas neste trabalho. Rocha *et al.* (2015) para o clone I-224 (*E. grandis* x *E. urophylla*) relatou produtividade máxima de 13,1 miniastacas/minicepa/mês. Já Freitas *et al.* (2017), descreveu produtividades que variaram de 5,7 a 8,6 miniastacas/minicepa/mês para clones híbridos de *E. globulus* e 7,7 a 8,9 para o clone 1213 (*E. grandis* x *E. urophylla*).

Os resultados de produtividade alcançados para *C. estrellensis* (8,0 miniastacas/minicepa/mês); *C. legalis* (9,3), *C. alliodora* (10,0) e *C. trichotoma* (9,8) são superiores aos valores encontrados na literatura consultada para todas as espécies nativas.

Trabalhos realizados com *Anadenanthera macrocarpa* obteve 1,6 e 3,7 miniastacas/minicepa/mês como relatado por Santos (2002) e Dias *et al* (2012), respectivamente. Para *Cariniana estrellensis* verificou-se 3,9 miniastacas/minicepa/mês (Gatti *et al*; 2011); *Cedrela fissilis* com 1,3 (Xavier *et al*; 2003); *Cordia trichotoma* com 3,8 (Kielse *et al*; 2015); *Erythrina falcata* com 5,0 (Cunha *et al.*, 2008); *Eugenia uniflora* com 1,47 (Peña *et al*; 2015); *Handroanthus heptaphyllus* com 1,76 (Oliveira *et al* 2015b); *Ilex paraguariensis* com 4,4 (Wendling *et al*; 2007); *Peltophorum dubium* com 4,1 (Mantovani *et al.* 2017); *Plathymentia foliolosa* com 4,8 (Neubert 2014) e *Plathymentia reticulata* com 3,65 (Pessanha *et al.*, 2018)

Trabalhos como Cunha *et al.* (2005) e Freitas *et al.* (2017) relataram esta flutuação na produtividade de miniestacas em diferentes clones de eucalipto, indicando que quando comparado grupos distintos de espécies, gêneros e até mesmo famílias, como é o caso, é natural resultados distintos, logo necessidade de indicadores ótimos e procedimentos distintos.

Mas a discrepância de resultados tende a estar conectado também a tecnologia embarcada na estrutura e no manejo do minijardim, assim como na qualificação e gestão da equipe operacional. Ganhos de 662,1% como no caso da média de produtividade geral entre as quatro espécies (9,3) comparado a *Cedrela fissilis* (1,4) (Xavier *et al.*, 2003) ou ainda 257,5% comparado a *Anadenanthera macrocarpa* (Dias *et al.*, 2012) tem relação com o material genético/espécie estudada, mas principalmente com o meio.

Para além das variações genéticas, tecnológicas e gerenciais, a amplitude da produtividade de minijardim, também é impactada pelas variáveis climáticas (Cunha *et al.*, 2009), visto as mudanças das estações do ano, impactando de forma importante todas as espécies estudadas.

Os melhores resultados de produtividades alcançados no verão estão em conformidade com o descrito por Xavier *et al.* (2003) para *Cedrella fissilis* e Souza (2015) com *Schizolobium parahyba* e *Schizolobium amazonicum*.

Efeitos semelhantes foram notados por Ferriani *et al.* (2011) para *Piptocarpha angustifolia* que identificaram a primavera como melhor estação, assim como Brondani *et al.* (2008) para *E. benthamii* x *E. dunnii*.

Cunha *et al.* (2009) identificou que o aumento da temperatura favoreceu a produção de miniestacas de eucalipto, independentemente do tipo de minijardim. Esse fenômeno pode ser explicado pela catalização do metabolismo vegetal, favorecendo a produção de brotos (Hartmann *et al.*, 2011).

De modo geral, o metabolismo de todos os organismos é afetado pela temperatura. As reações bioquímicas em geral são alteradas, se não mantida uma faixa de temperatura adequada para o funcionamento das enzimas (Taiz & Zeiger, 2013).

O controle da temperatura no minijardim clonal é apontado por Silveira *et al.* (2001) como uma alternativa para maximização das condições fisiológicas das cepas, principalmente em regiões com grandes amplitudes térmicas, para obter brotações fisiologicamente adequadas à propagação vegetativa durante todo o ano.

A implementação de soluções tecnicamente eficiente e economicamente viável para mitigação da quebra de produtividade no inverno precisa ser pesquisada e implementada para otimizar a viabilidade do processo produtivo via miniestaquia. Os resultados deste trabalho apontam para redução de produtividade de 49,7% entre as médias das espécies com a transição do verão para o inverno.

Reduções drásticas de produtividade das minicepas dificultam a gestão operacional dos viveiros clonais, podendo limitar significativamente o empreendimento. O uso do estufim, constituídos por arcos metálicos revestidos com plástico acoplado ao minijardim têm se mostrado um equipamento promissor para diminuir a amplitude térmica na produção de brotos.

Batista *et al.* (2015), asseguraram que o uso do equipamento altera significativamente o microambiente, principalmente luz, temperatura e umidade. Fatores que tendem a contornar a redução produtiva das minicepas ocasionada pelo período frio.

1.4.2 Manejo do minijardim clonal

Verificou-se oportunidade de redução da lâmina de fertirrigação aplicada, pois o consumo efetivo de solução nutritiva, resultado entre volume aplicado e volume de efluente, variou entre 4 L/m² (Verão) e 2 L/m² (inverno). Fato que permite gestão otimizada dos fertilizantes, diminuição da salinização do substrato e economia de 28,6% no verão e 40% no inverno.

Apesar das cepas terem respondido muito bem ao intervalo de salinidade aplicado, um intervalo com menor margem e customizada individualmente a cada espécie promoverá aumento na produtividade. Alfenas *et al.* (2009), descreveu que em empresas florestais quanto maior for a estabilidade da salinidade do efluente, maior será a produtividade das minicepas.

A flutuação adequada do potencial hidrogênionico, dentro dos valores esperados, é uma validação do modelo de sistema hidropônico aberto, sem reuso do efluente. Nesse sistema, a solução nutritiva não circula e cada planta recebe sempre, solução nova e balanceada não sendo necessários ajustes diários de pH (Martinez e Silva Filho 2006).

O intervalo de manutenção pode ser considerado adequado devido aos aspectos fenotípicos das cepas durante o tempo de manejo. A literatura aponta para o valor de pH mais adequado para o desenvolvimento das plantas entre 6 e 6,5. (Taiz e Zeiger, 2013), no entanto, existem espécies como o eucalipto que são mais tolerantes à condição de acidez, tendo a faixa considerada adequada entre 5,5 e 6,0, (Higashi *et al.*, 2002), o que indica que novos estudos mais específicos podem trazer otimizações ao manejo destas espécies em minijardim.

De forma geral observa-se que o procedimento operacional aplicado para manejo das minicepas em minijardim foi adequado para as espécies testadas e pode ser replicado em processos produtivos utilizando a propagação vegetativa via miniestaquia. No entanto, deve-se estar atento a sazonalidade produtiva das minicepas, que são significativamente influenciadas pelo inverno com reduções capazes de impactar a viabilidade econômica do empreendimento.

A implantação de unidades de produção de mudas em regiões com inverno menos rigoroso tende a ser mais competitiva, devido a maior produtividade das cepas e menor necessidade de investimento inicial com implantação de estruturas de climatização, além de manutenção preventiva e corretiva delas.

1.5 CONCLUSÕES

- Com base no protocolo utilizado, este mostrou-se viável tecnicamente quanto a produção de miniestacas em minijardim clonal de *C. legalis*, *C. estrellensis*, *C. alliodora* e a *C. trichotoma* em diferentes estações do ano, a partir de minicepas produzidas via seminífera;
- A produtividade das minicepas, independente da espécie, é impactada significativamente pelas estações do ano, com redução próxima a 50% entre o verão e o inverno;
- O procedimento operacional aplicado para implementação e manutenção do minijardim, como manejo da condutividade elétrica, potencial hidrogênionico e manejo de pragas e doenças foi eficiente para as espécies testadas.

1.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfenas, A. C.; Zauza, E. A. V.; Mafia, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 500p.

Batista, A. F.; Santos, G. A.; Silva, L. D.; Quevedo, F. F.; Assis, T. F. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v.78, n.2, p. 65-72, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00049158.2015.1039162>

Borges, S. R.; Xavier, A.; Oliveira, L. S. Melo, L. A.; Rosado, A. M. Enraizamento de miniestacas de Clones Híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, vol.35, n.3, pp. 425-434, 2011 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300006>

Brondani G.E.; I Wendling, F.; Grossi, L.F.; Dutra, MA Araujo. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*:(I) sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal** 22(1): 11-21, 2012 DOI: <https://doi.org/10.5902/198050985075>

Brondani, G. E.; Baccarin, F. J. B.; Bergonci, T.; Gonçalves, A. N.; Almeida, M. D. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, AlB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602014000100018>

Brondani, G. E.; Wendling, I.; Araujo, M. A.; Pires, P. P. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, v.9, n.2, p.153- 158, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v9i2.10962>

Carneiro, M.A. **Crescimento inicial e propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida Ex Steudel (Iouropardo)**. 2013. 65p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/mestrado-doutorado-agronomia/tese%20marco%20aur%c3%a9lio%20carneiro.pdf>

Ciriello, V.; Silva, M. K. F.; Pessanha, D. S.; Sato, L. M.; Pinã-Rodrigues, F. C. M.; Moraes, M. A.; Ciriello, E., Barroso, D. G., Freitas, M. L. M.; *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. In: **Silvicultura Tropical: O Potencial madeireiro e não madeireiro das espécies tropicais** – Sorocaba, SP ED. Dos Autores, 2021.

Cunha, A. C. M. C. M.; Wendling, I.; Souza Júnior, L. Influência da presença ou ausência de folhas no enraizamento de miniestacas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Bentham) obtidas em sistema hidropônico. **Comunicado Técnico**, 89 Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 5 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/35546/1/com_tec89.pdf

Cunha, A. C. M. C. M.; Wendling, I.; Souza Júnior, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.85-92, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098513>

Cunha, A. C. M. C. M.; Wendling, I.; Souza Júnior, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981868>

Cunha, A., C.M, C., Paiva, H., N., Leite, H., G., Barros, N., F., e Leite, F., P., Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.2, p.195-203, 2009 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000200001>

Dias, P.C.; Xavier, A.; Oliveira, L.S. de; Paiva, H.N. de; Correia, A.C.G. Propagação vegetativa de progênies de meios irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.36, p.389-399, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300001>

Faganello, L. R., Dranski, J. A. L., Malavasi, U. C., & Malavasi, M. de M. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (vell.) arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, 25(4), 2015 863–871. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820584>

Ferreira, B. G. A. et al. Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Florestal**, v.20, n.1, p.19-31, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981758>

Ferriani, A. P., Zuffellato-RIBÁS, K. C., Helm, C. V., Boza, A. Wendling, I., Koehleret, H. S.; Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.67, p.257-264, 2011 DOI: <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.67.257>

Freitas, A. F., Paiva, H. N., Xavier, A., Neves, J. C. N. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509826458>

Freitas, T. P. **Propagação de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos) por miniestaquia**. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2012. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/08/Taiane.pdf>

Gatti, K.C.; Gonçalves, R. de C.; Xavier, A.; Paiva, H. de. Propagação vegetativa de jequitibá *Cariniana estrellensis* (Raddi) por miniestaquia. **Temas Agrários**, v.16, p.54-63, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v16i2.691>

Gibson, E., L., Gonçalves, E., O., Santos, A., R., Araújo, E., F., Wendling, I., Alexandre, R. S., Caldeira, M., V. W. Responsiveness of *Melanoxylon brauna* to mini-cuttings technique. **Rhizosphere**, 17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100303>

Hartmann, H. T.; Kester, D. E.; DavieS JR., F. T.; Geneve, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: PrenticeHall, 2011. 915p.

Hernandez, W.; Xavier, A.; Paiva, H.N. de; Wendling, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v.37, p.955-967, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500018>

Higashi, E. N. & Silveira, R. L. V. A. Fertirrigação em viveiro de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus* **RR Agroflorestal**. Piracicaba - SP – Brasil. 2000.

Higashi, E. N. et al. A evolução do jardim clonal na produção de mudas. IPEF notícias, v. 24, n. 148, p. 4-6. 2000 Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr192.pdf>

Higashi, E. N.; Silveira, R. L. V. A.; Gonçalves, A. N.; Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica**, 194 Piracicaba: IPEF, 2002. 24 p.. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr194.pdf>
Acesso: 02/01/2022

IBÁ Performance indicators for the Brazilian planted tree sector, base year 2020. Brasília 2021 **Brazilian Tree Industry**, p.93 Disponível em: <https://www.IBÁ.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioIBÁ2021-compactado.pdf> Acesso: 02/01/2022

Kielse, P.; Bisognin, D.A.; Haygert, K.L.; Mello, U.S.; Pimentel, N.; Raube, M.A. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. mini-cuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. **Ciência Rural**, v.45, p.1164-1166, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131011>

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 7. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.01, 2016a.

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.02, 2016b.

Mantovani, N., Roveda, M., Tres, L., Fortes, F. de O., Grando, M. . Cultivo de Canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, 27(1), 225–236, 2017. DOI <https://doi.org/10.5902/1980509826461>

Martinez, H. E. P.& Silva Filho, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**- 3. Ed ver. 111p Viçosa MG: Ed. UFV 2006.

Neubert, V., F., **Propagação vegetativa do vinhático (*Plathymania foliolosa* Benth) por miniestaquia**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Magister Scientiae 38f. Viçosa, MG, 2014 Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/3168/1/texto%20completo.pdf>

Oliveira, L. S.; Xavier, A.; Dias, P. C.; Correa, A. C. G.; Borges, S. R.; Takahashi, E. K.; Paiva, H. N. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. **Scientia**

Forestalis, volume 40, n. 96 p.507-516, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300006>

Oliveira, T. P. D. F.; Barroso, D. G.; Lamônica, K. R.; Carvalho, V. S.; de Oliveira, T. P. D. F.; Barroso, D. G.; Lamônica, K. R.; de Araújo Carneiro, J. G.; de Oliveira, M. A. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, p.2423-2432, 2015b. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2423>

Peña Peña, M.L.; Zanette, F.; Biasi, L.A. Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas de pitangueira. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, p.3055-3068, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p3055>

Pessanha, S. E. G. L., Barroso, D. G., Barros, T. C., Oliveira, T. P. de F. de, Carvalho, G. C. M. W. de, & Cunha, M. d. Limitações na Produção de Vinhático *Plathymentia reticulata* Benth por miniestaquia. **Ciência Florestal**, 28(4), 1688–1703, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509835317>

Pires, P. P.; Wendling, I.; Souza, A. M. Coelho, A. S. G. Climatic oscillations in the production of *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* shoots in mini-clonal hedge. **Bosque**, v. 38, n. 3, p. 487-493, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002017000300006>

Rocha, J. H. T., Backes, C. B., Borelli, K., Prieto, M. R., Santos, A. J. M., & Godinho, T. de O. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) Em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, 25(2), 273–279, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509818411>

Rolim, S. G. et al. 2018. Crescimento e características da madeira de espécies arbóreas em experimentos silviculturais no norte do Espírito Santo. In: S.G., Rolim & D., Piotto (eds.). **Silvicultura e tecnologia de espécies da Mata Atlântica**, Editora Rona, Belo Horizonte, pp. 69-71.

Sá Júnior, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2009. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerai.

Santos, G. A. 2002. **Propagação vegetativa de Mogno, Cedro-rosa, Jequitibá-rosa e Angico vermelho por miniestaquia**. Viçosa, MG: UFV, 75 f. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Viçosa.

Silva, R., L., M. L., Oliveira, M., Monte, A., Xavier, A. Propagação clonal de guanandi (*Calophyllum brasiliense*) por miniestaquia IN: **Agronomía Costarricense** 34(1): 99-104. ISSN:0377-9424 / 2010 Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242010000100010&script=sci_arttext

Silveira, R. L. V. de A. et al. Higashi, E. N.; Sgarbi, F.M. R. A. Muniz, Seja doutor do seu eucalipto. **Arquivo do Agrônomo**, n.12, p. 29. 2001. Disponível em: <http://www.rragroflorestal.com.br/images/downloads/106.pdf>

Souza, C., C., **Propagação vegetativa de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake) por miniestaquia** Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Doctor Scientiae. 78f. Viçosa MG 2015 Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/7307/1/texto%20completo.pdf>

Souza, T. M., Silva, D. J. G., Pereira, J Primeira ocorrência de *Pestalotiopsis neglecta* causando mancha foliar em *Cariniana legalis*. Trabalho publicado na IX SEAGRUS – Semana da Agronomia da UESB 2019 Disponível em: <http://anais.uesb.br/index.php/seagrus/article/viewFile/9467/9272>

Taiz L, Zeiger E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed; 2013. 918p.

Titon M, A Xavier, GD Reis, WC Otoni. 2003. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore** 27(5): 619-625 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000500004>

Wendling, I.; Dutra, L. F.; Grossi, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.289-292, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200019>

Xavier A., Santos A., Wendling I., Oliveira M.L. 2003. Propagação vegetativa de Cedro rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, 27(2):139-143. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000300011>

Xavier, A. Wendling, I. SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: 3 ed. UFV, 2021. P.293.

CAPÍTULO 2 – ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS APICAIS E BASAIS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*

RESUMO: O potencial econômico, ambiental e social do setor florestal do Brasil tende a ser alavancado com a ampliação do portfólio de espécies e produtos por meio do desenvolvimento tecnológico para a silvicultura clonal das espécies nativas. Dentre os procedimentos operacionais para produção de mudas via miniestaquia, este tem sido com base na silvicultura clonal do eucalipto, bem como tem sido investigado sua validação para outras espécies florestais, dentre estas as nativas de interesse ambiental e produtivo no setor florestal brasileiro. Objetivou-se neste trabalho avaliar o uso de miniestacas basais e apicais na propagação vegetativa de *C. alliodora*, *C. trichotoma*, *C. estrellensis* e *C. legalis*, determinando o tempo ótimo em casa de vegetação, potencial de enraizamento e a qualidade morfológica das mudas produzidas. Avaliou-se o potencial ótimo de enraizamento de miniestacas apical e basal, quanto à sobrevivência e tempo ótimo de casa de vegetação aos 60 dias após estaqueamento, bem como a qualidade morfológica das mudas aos 150 dias, para as quatro espécies deste estudo. Verificou-se que a média do potencial máximo de enraizamento, entre as espécies, para miniestacas apicais (75,7%) foi significativamente maior que o resultado para miniestacas basais (53,9%). A *C. trichotoma* apresentou o menor potencial rizogênico (46,5%) em relação à *C. alliodora* (89,9%), *C. legalis* (84,9) e *C. estrellensis* (81,6%). O tempo ótimo de permanência em casa de vegetação para enraizamento de miniestacas para a *C. legalis* e *C. alliodora* foi de 40 dias, enquanto para *C. estrellensis* e *C. trichotoma* de 50 dias. O procedimento operacional aplicado mostrou-se eficiente para a produção de mudas para as quatro espécies estudadas, fundamentado nas avaliações da qualidade morfológica efetuadas.

Palavras-chave: Jequitibá rosa. Jequitibá branco. Frejó. Louro-pardo. Propagação vegetativa. Miniestaquia.

2.1 INTRODUÇÃO

Levando em consideração que 96% da área com silvicultura no Brasil é composta apenas por espécies exóticas do gênero *Eucalyptus* e *Pinus* (Ibá 2021), acredita-se que o potencial econômico, ambiental e social do setor para o país tende a ser alavancado com a ampliação do portfólio de espécies e produtos por meio do desenvolvimento tecnológico para a silvicultura clonal das espécies nativas.

Neste sentido, a validação do desenvolvimento tecnológico, obtido na eucaliptocultura, para as espécies arbóreas nativas tem grande potencial de otimização de tempo e recursos financeiros na caminhada rumo a capacidade de cultivar em escala as espécies nativas.

Nas duas últimas décadas pesquisas relacionadas à propagação vegetativa têm sido realizadas neste intuito. Dentre as espécies avaliadas estão a *Anadenanthera macrocarpa* (Santos, 2002 e Dias *et al.*, 2012); *Cedrela fissilis* (Xavier *et al.*, 2003); *Ilex paraguariensis* (Wendling *et al.*, 2007); *Erythrina falcata* (Cunha *et al.*, 2008); *Handroanthus heptaphyllus* (Oliveira *et al.*, 2015); *Peltophorum dubium* (Mantovani *et al.*, 2017); *Paratecoma peroba* (Araújo *et al.*, 2019); *Dalbergia nigra* (Santos *et al.*, 2020); *Lecythis pisonis* (Bernardes *et al.*, 2020); e *Melanoxylon brauna* (Gibson *et al.* 2021).

Para este trabalho selecionou-se duas espécies da família *Lecythidaceae* (*Cariniana legalis* e *Cariniana estrellensis*) e duas *Boraginaceae* (*Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*). Todas consideradas nobres, devido ao alto valor comercial da madeira usadas em confecção de móveis de luxo, revestimento decorativo, lambris e embarcações. (Lorenzi, 2016 a; Lorenzi, 2016 b, Rolim *et al.*, 2018; Ciriello *et al.*, 2021).

Para *C. alliodora* e *C. legalis* não foram encontrados relatos de estudos relacionados à propagação vegetativa, entretanto para *C. estrellensis* identificou-se contribuições de Santos (2002), o qual utilizou miniestacas de 6 cm contendo um par de folhas cortadas ao meio, obtendo 60% de enraizamento. Gatti *et al.* (2011) ao utilizar mesmo padrão de miniestacas obteve 78% de enraizamento, sendo verificado ineficiência da aplicação de AIB - Ácido Índol Butírico e ANA - Ácido Naftaleno Acético na rizogênese. Hernandez *et al.* (2013) com miniestacas apicais (15 cm) e basais (12 cm) oriundas de macrojardim clonal de solo, verificou ser

desnecessário uso de AIB, sendo que as estacas apicais apresentaram maior enraizamento (76,8%).

Ao pesquisar a *Cordia trichotoma*, Faganello *et al.* (2015), verificaram ser necessário o uso de AIB (8.000 mg L⁻¹) no verão, obtendo 28,9 % de enraizamento, porém não obteve enraizamento no inverno em miniestacas apicais (12,0 cm e 5,5 cm). Já Kielse *et al.* (2015) relatou que a aplicação de regulador de crescimento ANA (1.000 mg L⁻¹) não foi relevante no enraizamento de miniestacas, obtendo 26,6%.

Levando em consideração o potencial econômico das espécies, a ausência de estudos para parte do portfólio selecionado e a sazonalidade de enraizamento em relação às estações do ano, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso de miniestacas basais e apicais na propagação vegetativa de *C. alliodora*, *C. trichotoma*, *C. estrellensis* e *C. legalis*, bem como determinar o tempo ótimo em casa de vegetação para enraizamento das miniestacas e padrões de qualidade morfológica das mudas produzidas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa-UFV, em Viçosa/MG, no período de abril a agosto de 2020.

O viveiro encontra-se nas coordenadas 20°45'45" S de latitude e 42°52'04" de longitude, com altitude de 690 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa (temperado quente-mesotérmico), com verões chuvosos e invernos secos. A temperatura mínima média anual de 13,2 °C e 25,6 °C, a temperatura máxima, umidade relativa do ar média 80% e precipitação média de 1.315 mm/ano (Sá Júnior, 2009).

2.2.1 Estabelecimento e manejo do minijardim clonal

A minicepas de *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, foram formadas por mudas do viveiro Futuro Florestal (Garças, SP), produzidas a partir de lote de sementes constituído da mistura de matrizes locais. Já as minicepas de *C. estrellensis*, foram formadas por mudas do viveiro Ouro Verde (Belo Oriente/MG),

com lote de sementes constituído da mistura de matrizes plantadas na região de Linhares/ES.

O minijardim foi implantado em setembro de 2019 e manejado até abril de 2020, quando foram colhidas as miniestacas para o experimento. A estrutura utilizada de minijardim foi kalhetão 90 Brasilit® de fibrocimento (7,5 m x 0,8 m x 0,25 m), cobertura fixa com filme difusor, 150 micras (Figura 1A), 5% de inclinação, 5 cm de brita nº 2 e 20 cm de areia média, 100 minicepas/m².

A fertirrigação foi realizada via gotejamento, espaçados por 20 cm, vazão máxima de 1,6 l/h e pressão máxima de 1 bar. O sistema foi automatizado por controlador Exatron® TMDS0BC, com vazão diária de 7L/m² no verão e 5L/m² no inverno (Alfenas et al., 2009), com controle de injeção via hidrômetro analógico Unijato® 3/4" DN20 (Figura 5A), distribuído 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas, com duração de três minutos.

A solução nutritiva foi composta por nitrato de cálcio (0,92g/L⁻¹), cloreto de potássio (0,24g/L⁻¹), nitrato de potássio (0,14g/L⁻¹), monoamônio fosfato (0,096g/L⁻¹), sulfato de magnésio (0,364g/L⁻¹), quelatos de ferro (EDDHSA; EDDHA 6%) (0,04g/L⁻¹), ácido bórico (2,8mg/L⁻¹), sulfato de zinco (0,48mg/L⁻¹), sulfato de manganês (1,12mg/L⁻¹), sulfato de cobre (0,1mg/L⁻¹) e molibdato de sódio (0,04mg/L⁻¹).

O manejo do minijardim consistiu em monitoramento integrado de pragas e doenças (diário), coleta das minicepas (semanal), controle do volume injetado de solução nutritiva e do efluente (diário), além da aferição da condutividade elétrica-CE (1.500 a 2.500 µS) e do potencial hidrogeniônico (pH) (5,5 a 6,5) (diário).

Figura 1- Processo de implantação do minijardim e condução do experimento. **A:** Minijardim clonal; **B:** Coleta das miniestacas; **C:** Tipos de miniestacas apicais e basais; **D:** Implantação do experimento em casa de vegetação; **E:** Controlador AR 22 da casa de vegetação e painel mobile de controle microclimático; **F:** Visão externa da casa de vegetação (antecâmara e tela de sombreamento externa); **G:** Processo de contagem de visibilidade radicular; **H:** Imagem de raízes visíveis na extremidade inferior do tubete.



A



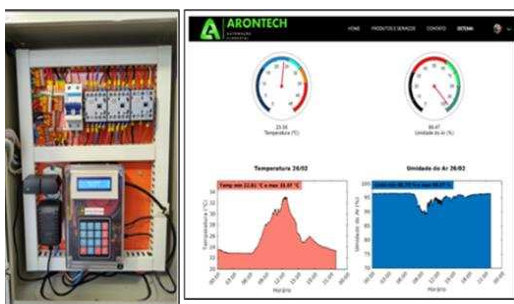
B



C



D



E



F



G



H

2.2.2 Preparo dos recipientes e substrato

Utilizou-se tubetes de 35 cm³, circular com seis estrias internas. Todas os recipientes e bandejas foram lavadas e desinfectadas por imersão em água a 80°C por 30 segundos (Alfnas *et al.*, 2009), em esterilizador de tubetes Dacko®. O substrato selecionado foi Tropstrato Florestal®, constituído pela formulação de casca de pinus (90%) e vermiculita fina (10%), fertilização de base 6 kg/m³ de superfosfato simples e 3 kg/m³ de Osmocote® (15:09:12, 6M). Para homogeneização utilizou-se betoneira por 5 minutos e o enchimento dos recipientes ocorreu via mesa vibratória Dacko®, por duas seções de 15 segundos.

2.2.3 Casa de vegetação, casa de aclimação e pátio de crescimento

As miniestacas permaneceram 60 dias em casa de vegetação, 10 dias na aclimação em casa de sombra e 80 dias no pátio de crescimento e rustificação, completando 150 dias de operação produtiva.

A casa de vegetação (6 x 12 m) construída em aço galvanizado, coberta com plástico difusor de 150 micras, tela de sombreamento (50%) externa, piso cimentado, bancadas de metal e antecâmara com tela anteaérideo (2,5 x 2,5 m).

O ambiente foi climatizado via sistema de irrigação com bicos fogger (modelo Coolnet Pro em Cruz, marca Netafim® vazão de 7,5 L/h⁻¹) e janela zenital (0,3 m x 12 m) acionados de forma híbrida por dois sistemas. Programador timer Coel® modelo Bwt40HR e controlador via sensores de temperatura e umidade com Datalogger e monitoramento *mobile*, marca Arontech® modelo AR22 (Figura 1E).

Os indicadores de automação foram umidade acima de 80% e temperatura abaixo de 35°C. Os sensores foram instalados no centro da casa de vegetação, armazenados em cano de PVC 100 mm, com tampão na superfície, abertura lateral na altura das miniestacas e ventilador Cooler instalado ao fundo.

Em dias frios ou nublados, utilizou-se o temporizador timer Coel modelo Bwt40HR para acionamento dos sistemas de nebulizadores, por 30 seg. às 9:00, 10:00, 11:00, 12:00, 12:30, 13:00, 14:00 e 15:00, mantendo a automação da janela zenital pelo controlador AR 22.

A estrutura de aclimação era coberta por tela de sombreamento 80 % e aspersores de 120 L. h⁻¹, acionados por 5 min. às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 16:30, via temporizador timer Coel® modelo Bwt40HR.

Durante a transferência para a aclimação, foi realizado descarte de tecidos vegetais contaminados mantendo o adensamento. Todas miniestacas vivas receberam 5 ml de MAP 1,0% e no 5º dia de aclimação receberam 5 ml de cloreto de potássio 1,0%, aplicado via seringa dosadora.

O pátio de crescimento e rustificação tinha cobertura fixa com filme difusor 150 micras, bancadas de tela metálica e irrigação via temporizador timer Coel® modelo Bwt40HR, com microaspersores 240 L./h⁻¹ acionados 5 min. às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 16:30.

As mudas no pátio de crescimento foram classificadas por altura, dentro da parcela a cada 15 dias, recebendo fertilização semanal, alterando sulfato de amônio; monoamônio fosfato e cloreto de potássio sendo a 4ª semana – sem aplicação, repetindo o ciclo de forma contínua. As soluções nutritivas foram aplicadas via barra de fertirrigação acoplada de hidrômetro, 5 gr/L de solução, 2L/m². Para construção da barra de irrigação utilizou 1,5 m de cano PVC de 25 mm, foi feito furos com broca de 0,5 mm a cada 2 cm, e hidrômetro (Figura 2D).

A variação térmica no pátio de crescimento foi monitorada por estação meteorológica padrão instalada no Viveiro de Pesquisas do Dep. Engenharia Florestal da UFV. As leituras dos sensores foram realizadas a cada 5 segundos e a média armazenada a cada 15 minutos em um datalogger modelo CR1000-ST-SW-NC.

Figura 2 - Metodologia de condução do experimento **A:** Raiz na extremidade superior do tubete de *C. legalis*; **B:** Avaliação na saída da casa de vegetação (60 dias) estaca sem raiz visível de *C. legalis* segura pela parte aérea, **C:** Miniestacas de *C. trichotoma* com calo; **D:** Fertilização de cobertura via barra de fertirrigação com hidrômetro no pátio de crescimento; **E:** Avaliação de altura e diâmetro do coleto; **F:** Mudas de *C. trichotoma* oriundas de miniestacas apicais e basais; **G:** Mudas de *C. alliodora* durante separação de raiz e parte aérea; **H:** Processo de pesagem dos materiais posterior a secagem em estufa de circulação de ar.



A



B



C



D



E



F



G



H

2.2.5 Avaliações experimentais

Utilizou-se miniestacas caulinares apicais herbáceas com dois pares de folhas sem corte foliar e miniestacas basais herbáceas com apenas um par de folhas sem corte foliar, ambas entre 8 e 10 cm de tamanho.

Durante o período em casa de vegetação registrou-se a flutuação da umidade e de temperatura (Figura 1 E), incidência de pragas, doenças e raízes visíveis na extremidade inferior do tubete – REIT (Figura 1 G e 1 H), diariamente. Na entrada da aclimação foi quantificado a sobrevivência (%SOB) em casa de vegetação, raiz visível na extremidade superior do tubete REST (Figura 2 A) e a presença de calo nas miniestacas mortas (Figura 2 C).

Ao final dos 150 dias, foi quantificado a porcentagem de mudas aptas a expedição, número de mudas mortas com calo, altura (H) da parte aérea e o diâmetro do coleto (D) (Figura 2E).

Para obtenção da massa seca das mudas, separou-se a parte aérea e o sistema radicular, descartou o substrato via água corrente as raízes (Figura 2G), utilizou-se sacos de papel e colocadas em estufa de circulação de ar a 65°C por 3 dias.

Para obtenção do peso da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) utilizou-se balança analítica 0,01g (Figura 2H). A partir desses, dados obteve-se a massa seca total (MST), a relação altura e diâmetro do coleto (ALT/DC), relação de peso seco de parte aérea, peso seco de raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960).

$$IQD = \frac{MST (g)}{H (cm)/D (mm) + MSPA (g)/MSR (g)}$$

2.2.6 Delineamento experimental

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado - DIC, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo cada unidade experimental constituída por 16 tubetes. As parcelas foram constituídas pelas quatro espécies nativas, sendo elas E1 – *C. estrellensis*, E2 – *C. legalis*, E3 – *C. alliodora*, E4 – *C. trichotoma* e as subparcelas corresponderam a dois tipos de miniestacas (apical e basal).

A porcentagem de REIT foi utilizada para o ajuste da função logística, $Y = \alpha (1 + \beta e^{-\gamma T})^{-1} + \varepsilon$, em que Y = visibilidade radicular e T = número de dias, conforme realizado por Ferreira *et al.* (2004). De posse da equação obtida com o percentual de enraizamento das espécies, foi determinado o potencial máximo de enraizamento (α). As velocidades médias de enraizamento (Y/T) e as velocidades diárias foram determinadas via a função $dY/dT = y \times Y (\alpha - Y)/\alpha$.

A partir das velocidades de enraizamento (Y/T e $dY/dT = y \times Y (\alpha - Y)/\alpha$) foram projetadas as curvas do incremento médio diário (IMD) e o incremento corrente diário (ICD) de enraizamento das miniestacas, visando a determinação do tempo ótimo de casa de vegetação por meio do intercepto das curvas desses dois parâmetros como proposto por Ferreira *et al.*, 2004. Os modelos foram ajustados com o auxílio do *software R*. Os demais dados coletados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de probabilidade, com o *Software R*.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As espécies (parcelas) apresentaram efeito significativo para mais de 93% das características avaliadas, exceto a altura da parte aérea (H). Já as diferentes miniestacas (subparcelas) impactaram significativamente em 80% dos indicadores operacionais testados, sendo que o diâmetro do coleto (DC), sobrevivência em casa de vegetação e raiz visível na extremidade superior do tubete (REST) não apresentaram diferença significativa.

Foi observada interação significativa entre espécies (parcelas) e entre os tipos de miniestacas (subparcelas) para 60% das características avaliadas, como REIT, H; DC; MSPA; MST; RHDC; IQD; SOBRE e Calo (Tabela 1).

Estes resultados indicam que a adoção de procedimentos operacionais customizados as espécies ou grupos de espécies, tem potencial de aumento de qualidade das mudas e redução do custo de produção.

Tabela 1: Resumo da análise de variância das características e relações estudadas de mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, produzidas via propagação vegetativa, com diferentes tipos de miniestacas, avaliadas aos 150 dias após o estaqueamento.

FL	GL	Quadrado médio do resíduo								
		H	DC	MSPA	MSR	MST	RHMSPA	RMSPAMSRA	RHDC	IQD
Espécie	3	1.758 ^{ns}	7.352 ^{**}	5.482 ^{**}	0.822 ^{**}	9.361 ^{**}	161.492 ^{**}	1.743 ^{**}	21.001 ^{**}	0.391 ^{**}
Resíduo A	12	0.992	0.075	0.204	0.044	0.313	2.69	0.112	0.533	0.004
Tipo de miniestaca	1	98.175 ^{**}	0.290 ^{ns}	1.492 ^{**}	2.431 ^{**}	7.791 ^{**}	1.97 ^{ns}	1.762 ^{**}	9.277 ^{**}	0.127 ^{**}
Espécie x Tipo de miniestaca	3	20.593 ^{**}	1.612 ^{**}	0.511 ^{**}	0.024 ^{ns}	0.625 ^{**}	6.67 ^{ns}	0.092 ^{ns}	7.693 ^{**}	0.016 [*]
Resíduo B	12	1.80	0.081	0.018	0.044	0.054	3.343	0.111	0.370	0.003
CV 1		6%	8,1%	27,2%	20,4%	20,7%	14%	19,7%	13,7%	16,2%
CV 2		8,1%	8,4%	8,15%	20,6 %	8,7%	15,6%	19,6%	11,4%	14,3%

** e * Significativo a 1% e 5% probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} - Não significativo; H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; MSPA = matéria seca da parte aérea; MSR = matéria seca da raiz; MST = matéria seca total; RHDC = relação entre altura da parte aérea e diâmetro de coleto; RHMSP = relação entre altura e matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR = relação entre matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz; IQD = índice de qualidade de Dickson.

Continuação **Tabela 1.**

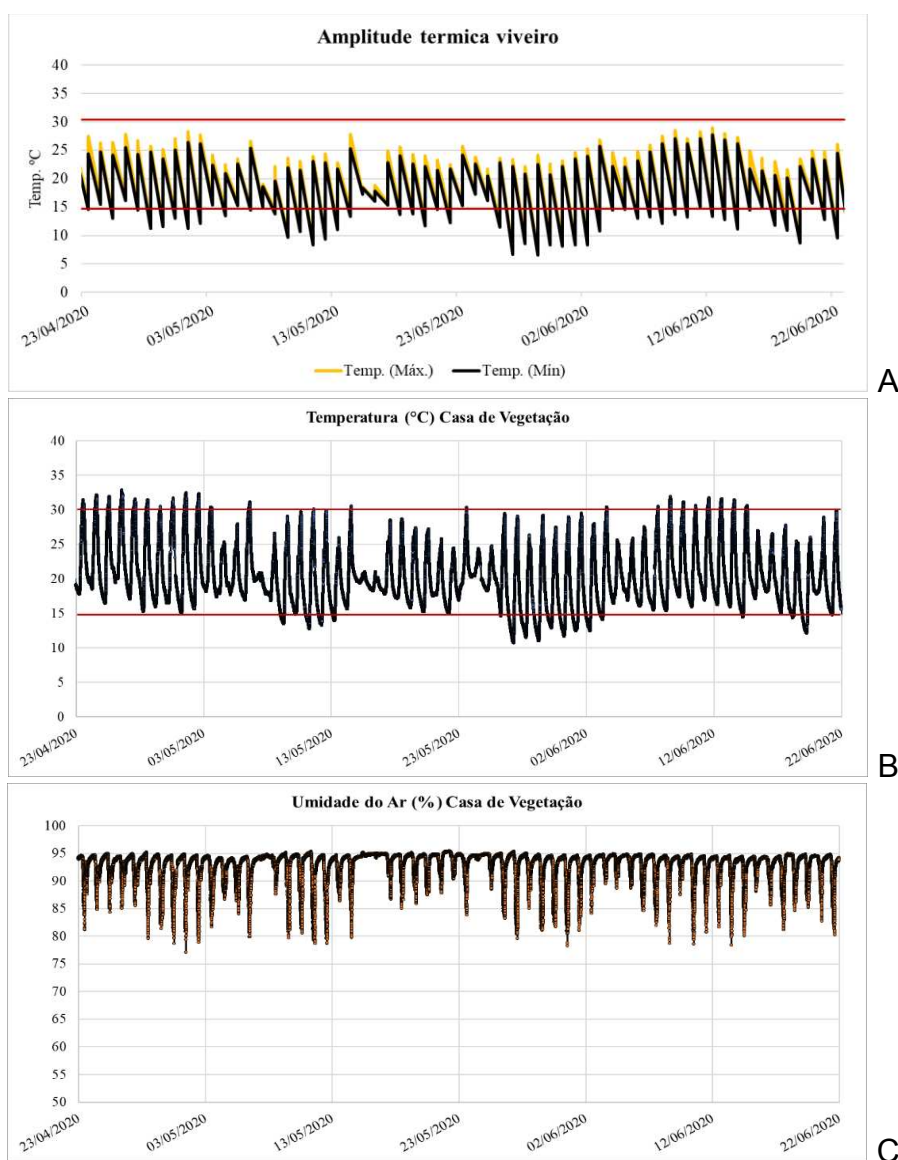
FL	GL	Quadrado médio do resíduo					
		SOBRE	REIT	REST	Calo	Mort P.C.	Expedição
Espécie	3	180.25 ^{**}	2918.29 ^{**}	3061.12 ^{**}	4399.0 ^{**}	2445.88 ^{**}	2893.88 ^{**}
Resíduo A	12	22.38	28.48	68.77	33.0	45.98	39.88
Tipo de miniestaca	1	59.81 ^{ns}	3051.76 ^{**}	98.88 ^{ns}	274.7 ^{**}	1671.14 ^{**}	2363.28 ^{**}
Espécie x Tipo de miniestaca	3	157.47 ^{**}	53.71 ^{ns}	63.07 ^{ns}	69.6 ^{**}	203.04 ^{ns}	42.32 ^{ns}
Resíduo B	12	19.12	44.76	81.79	6.9	62.26	49.64
CV 1		4,9%	8,3%	32,4%	40,26%	22,7%	9,7%
CV 2		4,6%	10,5%	35,5%	18,44%	26,4%	10,8%

** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F; ^{ns} - Não significativo; SOBRE = Sobrevivência em casa de vegetação após 60 dias; REIT – Raiz visível na extremidade inferior do tubete; REST = Raiz visível na extremidade superior do tubete; CALO = Formação de calo em miniestacas; Mort PC = Mortalidade no pátio de crescimento; Expedição = Porcentagem de mudas expedidas.

2.3.1 Microclima da casa de vegetação

O sistema de automação do microclima da casa de vegetação atuou em conformidade com o planejado, tendo eficiência na manutenção da umidade acima de 80% (Figura 3C); o sistema de resfriamento funcionou adequadamente com temperaturas abaixo de 30°C (Figura 3B) e apesar de não existir sistema de aquecimento, as mínimas foram superiores às médias externas (Figura 3A).

Figura 3 - Parâmetros microclimáticos da casa de vegetação durante o período do experimento. **A:** Flutuação da temperatura ambiental no viveiro. **B:** Variação térmica em casa de vegetação. **C:** Flutuação da umidade em casa de vegetação



Temperaturas acima dos 40°C no enraizamento tende a ser prejudicial, pois estimula o desenvolvimento da parte aérea em detrimento ao sistema radicular

(Hartmann *et al.*, 2011). Já temperaturas baixas (> 20°C) interferem no enraizamento devido à redução do metabolismo rizogênico (Assis *et al.*, 2001).

Em espécies florestais, como as do gênero *Eucalyptus* e seus híbridos, a temperatura ótima para enraizamento está entre 25 – 30°C na zona de emissão de raízes e de 20 – 25°C nas folhas. Sendo oscilações térmicas altamente deletérias para o enraizamento (Alfenas *et al.*, 2009).

2.3.2 Sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação

Todas as espécies apresentaram alta sobrevivência (Tabela 2), indicando que o processo de automação da casa de vegetação foi eficiente na manutenção da turgescência dos propágulos, assim como o manejo de pragas e doenças foi realizado de forma adequada.

Para *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* o padrão do propágulo não influenciou a sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação aos 60 dias após estaqueamento. Entretanto, para *C. estrellensis* o uso da miniestaca basal reduziu a sobrevivência em 15,6% comparado as apicais (Tabela 2).

Tabela 2: Sobrevivência aos 60 dias de permanência em casa de vegetação (%) de miniestacas apicais e basais de *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*.

Espécie	Sobrevivência	
	Tipo de estaca	
	Apical	Basal
<i>C. estrellensis</i>	96,9 Aa	81,3 Bb
<i>C. legalis</i>	100,0 Aa	100,0 Aa
<i>C. alliodora</i>	96,9 Aa	96,9 Aa
<i>C. trichotoma</i>	90,6 Aa	95,3 Aa

*Mesmas letras maiúsculas na vertical (interação Tipo de estaca x Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (interação Tipo de estaca x Espécies) não diferem entre si teste de Tukey ($p>0,05$).

Hernandez *et al.* (2012) já havia relatado sobrevivência plena para os dois tipos de miniestacas em *Piptadenia gonoacantha*, avaliados aos 60 dias de casa de vegetação.

Para *Peltophorum dubium*, aos 40 dias de casa de vegetação, Mantovani *et al.*, (2017), descreveu que miniestacas apicais apresentaram maior porcentagem de

sobrevivência (100%) quando comparadas às basais (60%). Resultado semelhante para *Anadenanthera macrocarpa*, aos 30 dias de casa de vegetação, com redução de 14,3% de sobrevivência quando utilizado estacas basais (Dias *et al* (2012)).

Para *C. estrellensis* e *C. trichotoma* em ambos os tipos de miniestacas, foi observado a incidência de clorose foliar das miniestacas basais iniciadas a partir do 20º dia de casa de vegetação, com casos de abscisão foliar e necrose do caule, podendo levar a morte o propágulo posterior aos 40 dias. Neste caso, indica possibilidade de esgotamento das reservas nutricionais antes da formação radicular, sendo recomendado estudos sobre customização da solução nutritiva utilizada no minijardim.

2.3.3 Enraizamento e tempo ótimo de casa de vegetação

O modelo logístico $Y = \alpha (1 + \beta e^{-\gamma T})^{-1} + \epsilon$ obteve um bom ajuste aos dados experimentais, apresentou efeito significativo para todos os parâmetros avaliados (Tabela 3).

Os valores do parâmetro α , representam o máximo enraizamento possível, nas condições estudadas. As curvas de enraizamento (Figura 4) indicam a diferença nas velocidades de enraizamento entre as quatro espécies e os tipos de miniestacas avaliados.

A média do potencial máximo de enraizamento, entre as espécies, para miniestacas apicais (75,7%) é significativamente maior que o resultado para miniestacas basais (53,9%) (Tabela 3).

Assim, o uso de miniestacas apicais, independente da espécie, proporciona maximização do potencial rizogênico, onde o potencial máximo de enraizamento encontrado foi 90% para *C. alliodora*, 85% *C. legalis*, 82% *C. estrellensis* e 47% para *C. trichotoma* (Tabela 2).

Trabalhos como Mantovani *et al.* (2017) pesquisando *Peltophorum dubium* e Dias *et al* (2012) com *Anadenanthera macrocarpa*, também observaram maior porcentagem de enraizamento para estacais apicais em relação as basais.

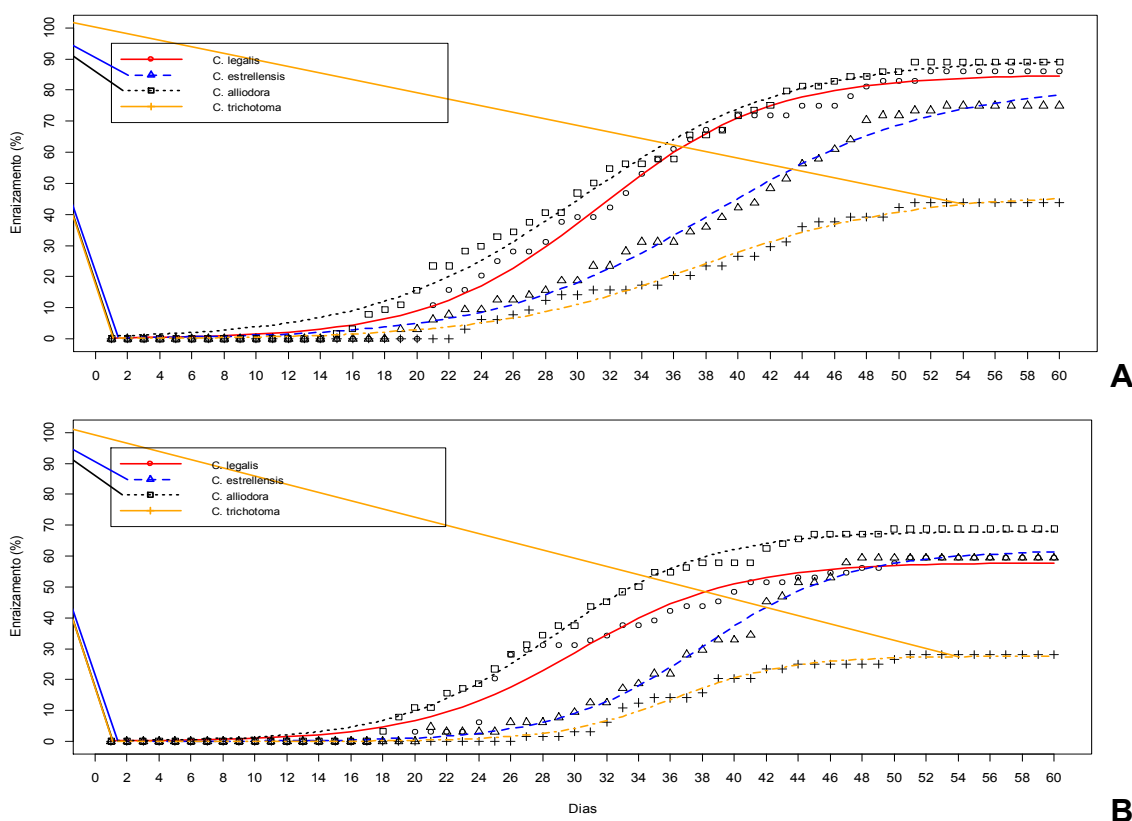
Tabela 3: Parâmetros de α , β e γ ajustados para o modelo logístico de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* nos diferentes tipos de estaca. P-valor: valor de significância; Syx (%): erro padrão em porcentagem; R²: coeficiente de determinação ajustado e Correlação entre valores estimados e os observados.

Tempo	Parâmetros	Estimativa	P-valor	Syx (%)	R ²	Correlação
<i>C. legalis</i> + Apical	α	84,99	$< 2 \times 10^{-16}$	7,450	0,982	0,993
	β	$3,6175 \times 10^2$	$5,35 \times 10^{-05}$			
	γ	$1,87872 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. legalis</i> + Basal	α	57,93	$< 2 \times 10^{-16}$	12,550	0,949	0,981
	β	$4,3347 \times 10^2$	$2,02 \times 10^{-02}$			
	γ	$2,0177 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. estrellensis</i> + Apical	α	81,59	$< 2 \times 10^{-16}$	7,554	0,986	0,994
	β	$2,8785 \times 10^2$	$4,28 \times 10^{-07}$			
	γ	$1,4692 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. estrellensis</i> + Basal	α	61,83	$< 2 \times 10^{-16}$	7,354	0,989	0,995
	β	$4,2600 \times 10^3$	$8,38 \times 10^{-04}$			
	γ	$2,1961 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. alliodora</i> + Apical	α	89,88	$< 2 \times 10^{-16}$	7,102	0,980	0,993
	β	$1,0508 \times 10^2$	$1,57 \times 10^{-07}$			
	γ	$1,5474 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. alliodora</i> + Basal	α	68,10	$< 2 \times 10^{-16}$	5,729	0,988	0,996
	β	$3,7179 \times 10^2$	$4,13 \times 10^{-06}$			
	γ	$2,0678 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. trichotoma</i> + Apical	α	46,49	$< 2 \times 10^{-16}$	9,867	0,976	0,991
	β	$3,4831 \times 10^2$	0,000145			
	γ	$1,5630 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. trichotoma</i> + Basal	α	27,63	$< 2 \times 10^{-16}$	9,374	0,982	0,993
	β	$2,2636 \times 10^4$	$4,35 \times 10^{-02}$			
	γ	$2,7715 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			

A *C. alliodora* e *C. legalis*, independente do padrão de miniestacas, demonstraram ter maiores velocidades de enraizamento que as demais espécies, sendo a miniestaca apical responsável por curva mais inclinada, com ponto de inflexão antecipado, com enraizamento superior a 70% aos 40 dias (Figura 4).

Já *C. trichotoma*, apresentou o menor potencial rizogênico (46,5%) para miniestacas apicais e apenas 27,6% para basais (Tabela 3), demandando maior tempo em casa de vegetação, com ponto de inflexão mais tardio entre as espécies testadas (Figura 4).

Figura 4 - Curvas de incremento médio diário para visibilidade radicular na extremidade inferior do tubete para *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* para enraizamento das miniestaca apical (A) e basal (B), obtidas a partir do ajuste do modelo logístico



Apesar de apresentar os menores resultados dentre as espécies avaliadas, os valores encontrados foram superiores aos relatados nos trabalhos consultados. Faganello *et al.* (2015) utilizaram miniestacas de 12 cm da *C. trichotoma* e não observaram enraizamento durante o inverno; somente no verão e com uso de regulador de crescimento (8.000 mg L⁻¹ de AIB) a espécie apresentou 28,9% de enraizamento com miniestacas apicais.

Kielse *et al.* (2013) ao utilizar também propágulos radiculares de 5 cm de comprimento desta mesma espécie, obtiveram enraizamento inferior a 19%, assim como Kielse *et al.* (2015), com miniestacas apicais de 3 cm e folha com 25% da área original, também relataram que o uso de regulador de crescimento não interferiu no enraizamento, obtendo 26,6% para a *C. trichotoma*.

Apesar desta espécie ter a menor média de visibilidade radicular (REIT) aos 60 dias, posterior ao estaqueamento, comparado as demais, foi a responsável pela menor média de raízes visíveis na extremidade superior do tubete (REST) (Tabela 5).

O fenômeno REST, denominado gravitropismo negativo radicular, pode ser ocasionado pela hipoxia no substrato (Taiz *et al.*, 2017), tendo como responsável a lâmina d'água em casa de vegetação e/ou compactação do substrato (Alfenas *et al.*, 2009).

Acredita-se que materiais com maior capacidade rizogênica, medido pelo tempo entre a primeira e a última raiz visível, tendem a ter elevada porcentagem de REIT, como a *C. alliodora*, neste trabalho.

Tabela 4: Valores médios para raiz visível na extremidade inferior do tubete - REIT (%) e raiz visível na extremidade superior do tubete - REST (%) para enraizamento das miniestacas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, aos 60 dias após o estaqueamento.

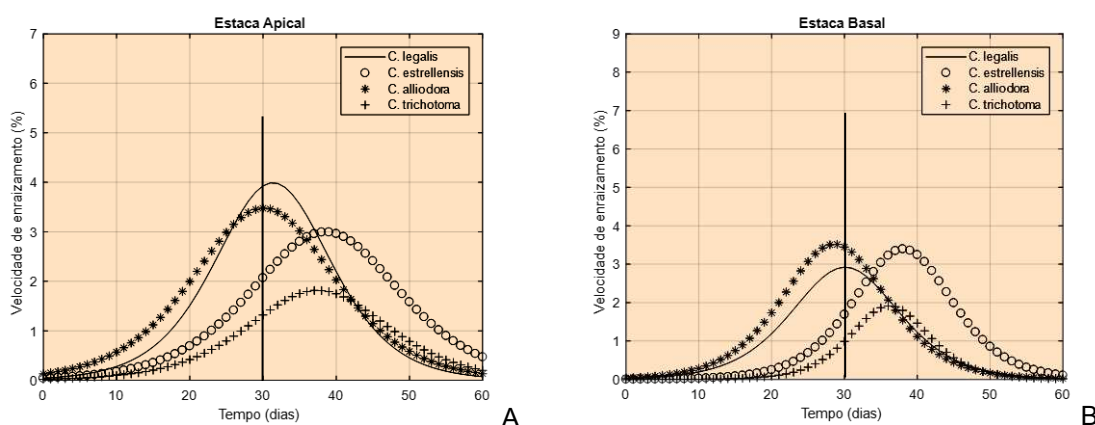
Espécie	REIT	REST
<i>C. estrellensis</i>	67,18 B	25,78 B
<i>C. legalis</i>	72,65 AB	22,65 B
<i>C. alliodora</i>	78,90 A	50,78 A
<i>C. trichotoma</i>	35,93 C	3,12 C

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

A *C. alliodora* aos 30 dias de casa de vegetação já havia 40% de visibilidade radicular (Figura 4), aos 60 dias pós estaqueamento, quando o material foi retirado da casa de vegetação já havia ultrapassado o tempo ótimo em 20 dias, isto é, 25% a mais de tempo (Figura 6).

Para otimizar o uso da casa de vegetação e reduzir problemas radiculares também se avaliou o incremento corrente diário da visibilidade radicular das miniestacas apicais e basais no enraizamento, para *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* (Figura 5).

Figura 5 - Curvas de incremento corrente diário para visibilidade radicular em *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* quando utilizado miniestacas apicais (A) e basais (B).



Com este critério é possível verificar os respectivos dias em que ocorreu o pico de enraizamento em um mesmo dia para cada espécie, ou seja, quando cada curva de incremento corrente diário tem seu ponto de máxima. *C. alliodora* e *C. legalis* apresentaram comportamentos semelhantes para os dois padrões de miniestaca, tendo seus pontos de máxima velocidade de enraizamento próximo dos 29 dias de casa de vegetação.

Os dois tipos de miniestaca também apresentaram comportamento rizogênico semelhante para *C. estrellensis* e *C. trichotoma*, tendo seus pontos de máximo enraizamento aos 38 dias posterior ao estaqueamento (Figuras 5).

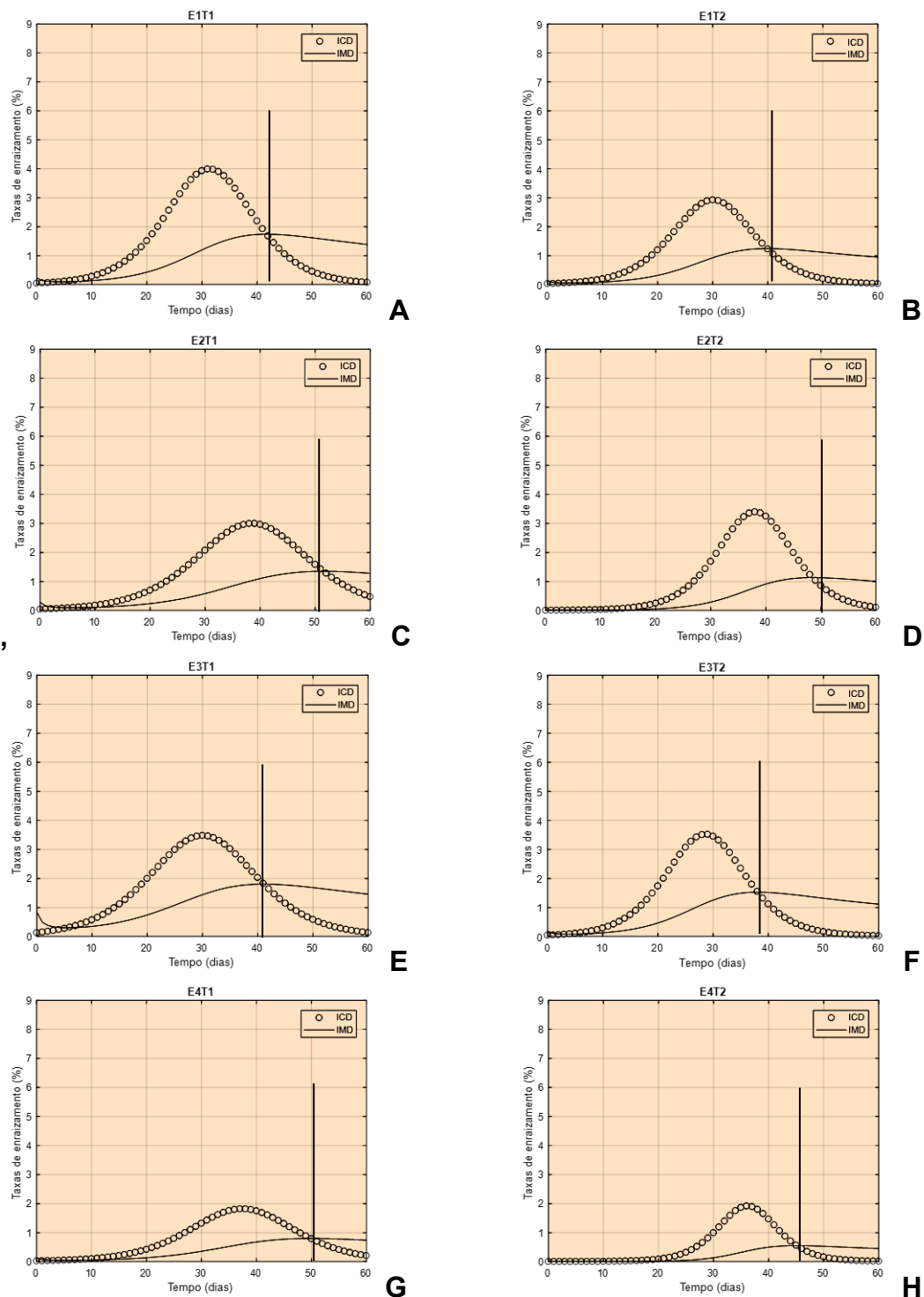
Ao utilizar o intercepto entre as curvas de IMD e ICD, verificou-se para determinar o tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação - CV (Ferreira *et al.*, 2004), verificou-se que *C. legalis* e *C. alliodora* devem ser retiradas da CV aos 40 dias; em seguida, *C. estrellensis* e *C. trichotoma* aos 50 dias (Figura 6).

Verificou-se que o tempo ótimo de casa de vegetação é heterogêneo entre as espécies. Na literatura também tem sido observado este comportamento, conforme relatado por Cunha *et al.* (2008) para *Erythrina falcata*, o qual utilizou 30 dias de casa de vegetação. Já Gatti *et al.* (2011) para *Cariniana estrellensis* utilizou os mesmos 60 dias; Ferriani *et al.* (2011) utilizou para *Piptocarpha angustifolia* 90 dias e para *Paubrasilia echinata* e *Araucaria angustifolia* foi utilizado 120 dias de casa de vegetação por Endres *et al.* (2007) e Wendling *et al.* (2016), respectivamente.

A flutuação na demanda de tempo em casa de vegetação para propagação vegetativa de espécies nativas utilizando minicepas oriundas de sementes com grande variabilidade genética era esperado, pois Melo *et al.*, (2011) já havia relatado necessidade de setorizar as casas de vegetação para clones comerciais de *E. urophylla* x *E. grandis*.

Verificou-se que o tempo ótimo de casa de vegetação é heterogêneo entre as espécies. Na literatura também tem sido observado este comportamento, conforme relatado por Cunha *et al.* (2008) para *Erythrina falcata*, o qual utilizou 30 dias de casa de vegetação. Já Gatti *et al.* (2011) para *Cariniana estrellensis* utilizou os mesmos 60 dias; Ferriani *et al.* (2011) utilizou para *Piptocarpha angustifolia* 90 dias e para *Paubrasilia echinata* e *Araucaria angustifolia* foi utilizado 120 dias de casa de vegetação por Endres *et al.* (2007) e Wendling *et al.* (2016), respectivamente.

Figura 6 - Ponto de intercepto entre as curvas de ICD x IMD para determinação do tempo ótimo de casa de vegetação das espécies nos diferentes tratamentos. **A:** *C. legalis* x miniestaca apical; **B:** *C. legalis* x miniestaca basal; **C:** *C. estrellensis* x miniestaca apical; **D:** *C. estrellensis* x miniestaca basal; **E:** *C. alliodora* x miniestaca apical; **F:** *C. alliodora* x miniestaca basal; **G:** *C. trichotoma* x miniestaca apical; **H:** *C. trichotoma* x miniestaca basal



Verificou-se que o tempo ótimo de casa de vegetação é heterogêneo entre as espécies. Na literatura também tem sido observado este comportamento, conforme relatado por Cunha *et al.* (2008) para *Erythrina falcata*, o qual utilizou 30 dias de casa de vegetação. Já Gatti *et al.* (2011) para *Cariniana estrellensis* utilizou os mesmos 60 dias; Ferriani *et al.* (2011) utilizou para *Piptocarpha angustifolia* 90 dias e para *Paubrasilia echinata* e *Araucaria angustifolia* foi utilizado 120 dias de casa de vegetação por Endres *et al.* (2007) e Wendling *et al.* (2016), respectivamente.

A flutuação na demanda de tempo em casa de vegetação para propagação vegetativa de espécies nativas utilizando minicepas oriundas de sementes com grande variabilidade genética era esperado, pois Melo *et al.*, (2011) já havia relatado necessidade de setorizar as casas de vegetação para clones comerciais de *E. urophylla* x *E. grandis*.

2.3.4 Formação de calo

Ao avaliar os diferentes tipos de miniestacas quanto à formação de calos em nível de espécie, verificou-se que para *C. trichotoma* e *C. legalis*, o uso de miniestacas basais apresentou maior índice para esta característica avaliada (Tabela 5).

Tabela 4: Formação de calo (%) no processo de propagação vegetativa de *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*, utilizando miniestacas apical e basal.

Espécie	Calos	
	Tipo de estaca	
	Apical (%)	Basal (%)
<i>C. estrellensis</i>	0 Ba	1,6 Ba
<i>C. legalis</i>	3,1 Bb	9,4 Ba
<i>C. alliodora</i>	0 Ba	1,6 Ba
<i>C. trichotoma</i>	42,2 Ab	56,3 Aa

Mesmas letras maiúsculas na vertical (interação Tipo de estaca x Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (interação Tipo de estaca x Espécies) não diferem entre si teste de Tukey, ($p > 0,05$)

O menor percentual de miniestacas enraizadas da *C. trichotoma*, pode ser justificado pela alta porcentagem de calos que foram observados nas miniestacas apical (42,2%) e basal (56,3%), quando comparada com as demais espécies estudadas.

Incidência de calos ainda maiores foi relatado para *Paratecoma peroba* (62%) por Araújo *et al.*, (2019) e valores inferiores para *Paubrasilia echinata* (35%) por Endres *et al.*, (2007) e *Anadenanthera macrocarpa* sem incidência de calo (Dias *et al* 2012).

Apesar de relatos semelhantes, a incidência de calo é expressivo e demonstra necessidade de novos estudos conectados a melhoria no manejo nutricional e microclimático do minijardim clonal, visando alterar condições fisiológicas do propágulo no intuito de otimizar o enraizamento adventício.

Goulart *et al* (2014) apresentaram como fatores que podem contribuir para formação de calos o material genético e a degradação de auxinas na região basal do propágulo, provavelmente devido à permanência por muito tempo em elevada temperatura e umidade relativa do ar.

Alguns autores como Lima *et al.*, (2007) e Baltierra *et al* (2004) indicam a formação de calo como algo positivo, pois verificaram a formação de raízes adventícias a partir destas estruturas em *Syzygium cuminin* e *Eucalyptus globulus*, espécies estas consideradas de difícil enraizamento.

Com relação ao comportamento diferente da *C. trichotoma* em relação às demais espécies, deve-se levar em consideração que o material utilizado no trabalho foi proveniente de sementes e cada lote de semente pode estar associado a alta variabilidade dentro da espécie, o que pode impactar sua demanda de tempo no processo rizogênico.

2.3.5 Qualidade morfológica das mudas

O processo produtivo das mudas, independentemente do tipo da miniestaca, foi positivo ao desenvolvimento da planta (Figura 7). Para mudas produzidas com a miniestaca apical verificou-se diferença no crescimento da altura, considerando em nível de família, onde *Lecythidaceae* apresentaram maior crescimento em relação às da *Boraginaceae* (Tabela 6).

Figura 7 - Imagem de mudas em condições de expedição, com 150 dias de idade, produzidas via propagação vegetativa por miniestaquia em tubetes de 35 cm³. A: Mudas de *Cordia alliodora*; B: Mudas de *Cariniana legalis*;



As mudas produzidas pelas miniestacas apicais tiveram suas alturas variando de 17 a 20 cm e as basais de 12 a 16,6 cm, com a *C. estrellensis* e *C. trichotoma* apresentando ganhos em crescimento significativos para mudas produzidas a partir de miniestacas apicais (Tabela 6).

Entretanto, para *C. alliodora* e *C. legalis* não houve diferença em altura, assim como visto em *Anadenanthera macrocarpa* (Dias *et al.*, 2012) e *Myracrodruon urundeuva* (Justino *et al.*, 2021). Já a *C. estrellensis* obtiveram 40% de aumento em altura, comparando mudas produzidas com miniestacas apicais (20,2 cm) e basais (12,1 cm). As mudas de *C. trichotoma* oriundas de miniestaca apicais alcançando 17,4 cm de altura e basal 14,6 cm (Tabela 6).

Araújo *et al.* (2018) obtiveram lote de mudas seminíferas de *C. trichotoma*, produzidas também no inverno, mesmo período deste trabalho, com altura média de 14,3 cm aos 210 dias, 40% a mais de tempo e com menor altura. No entanto quando o período de produção ocorreu em novembro foi necessário 180 dia para alcançar 15,9 cm.

Em testes de sobrevivência a campo mudas no padrão de altura (15 a 20 cm) das produzidas neste trabalho, porém de origem seminífera, das espécies *Cabralea canjerana*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Balfourodendro riedelianum* e *Myrcarpus frondosus* obtiveram expressiva sobrevivência e crescimento (Araújo *et al.*, 2018).

Estes mesmos autores exemplificaram com a espécie *Myrcarpus frondosus* que mudas com 300 dias e com menos de 20 cm de altura, após serem levadas a campo, alcançaram 90% de sobrevivência após 60 dias. Para estes autores, o sucesso do plantio está conectado ao equilíbrio morfológico das mudas, logo compatibilidade da altura com o diâmetro adequado do coleto, próximo de 4 mm.

Em relação ao diâmetro do coleto percebeu-se que as mudas de *C. legalis* e *C. estrellensis* produzidas a partir das miniestacas apicais tiveram maior desenvolvimento comparativamente as basais, sendo observado o contrário nas mudas de *C. trichotoma* (Tabela 6).

O diâmetro do coleto está relacionado a sobrevivência das mudas em campo (Gomes *et al.*, 2002), com a formação do sistema radicular, gemas apicais e axilares e ainda com a lignificação dos tecidos das mudas (Carneiro 1995).

Em relação a produção total de biomassa MST, apesar de ser um indicador operacional destrutivo, constitui em uma das melhores características para avaliar a qualidade das mudas, pois reflete a fotossíntese líquida da planta, descontando os gastos energéticos com a respiração, fluorescência e demais gastos (Araújo *et al.*, 2018).

Para todas as espécies estudadas, a MST foi superior pelo uso das miniestacas apicais, com ganhos de 35,8% para *C. trichotoma*, 34,8% para *C. estrellensis*, 33,0% para *C. legalis*, 18,0% foi o ganho de matéria seca total para *C. alliodora*. Estes ganhos relacionaram-se a MSPA com ganhos de 32,0% para *C. estrellensis*, 29,0% para *C. trichotoma* e 22,4% para *C. legalis*.

Tabela 6: Valores da Altura (H), Diâmetro do coleto (DC), Matéria seca da parte aérea (MSPA) e Matéria seca total (MST) para mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* cultivadas a partir de diferentes tipos de estaca aos 150 dias após o estaqueamento.

Espécie	H		DC		MSPA		MST	
	Apical	Basal	Apical	Basal	Apical	Basal	Apical	Basal
<i>C. estrellensis</i>	20,22 Aa	12,14 Bb	4,65 Aa	3,59 Bb	3,43 Aa	2,33 Ab	5,11 Aa	3,33 Ab
<i>C. legalis</i>	18,18 ABa	15,63 Aba	2,82 Ba	2,26 Cb	1,16 Ba	0,90 Bb	2,06 Ba	1,38 Cb
<i>C. alliodora</i>	17,19 Ba	16,60 Aa	4,4 Aa	4,2 Aa	1,30 Ba	1,40 Ba	2,88 Ba	2,36 Bb
<i>C. trichotoma</i>	17,41 Ba	14,62 Ab	2,04 Cb	3,09 Ba	1,62 Ba	1,15 Bb	2,68 Ba	1,72 BCb

Mesmas letras maiúsculas na vertical (interação Tipo de estaca x Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (interação Tipo de estaca x Espécies) não diferem entre si teste de Tukey, ($p > 0,05$)

Tabela 7: Valores médios de matéria seca de raiz (MSR) e relação matéria seca da parte aérea/matéria seca de raiz (RMSPAMSR), mortalidade no pátio de crescimento (Mortalidade) e mudas expedidas ao campo (Expedição) para mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* cultivadas a partir de diferentes tipos de estaca aos 150 dias após o estaqueamento.

Tipo de estaca	MSR	RMSPAMSR	Mortalidade	Expedição
Apical	1,30 A	1,46 B	22,65 B	73,46 A
Basal	0,75 B	1,93 A	37,10 A	56,25 B

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As mudas oriundas de miniestacas apicais, independente da espécie, também foram beneficiadas pelo maior desenvolvimento radicular, visto no indicador MSR (Tabela 8), os ganhos foram superiores a 40%, aos 150 dias pós estaqueamento.

O indicador RHMSPA tem sido utilizado para aferir a rusticidade da planta, quanto menor for esse índice melhor (Gomes e Paiva, 2013). *C. estrellensis* (5,73) foi a espécie que apresenta o menor valor para este índice, seguida de *C. trichotoma* (11,91) e *C. alliodora* (12,61) (Tabela 8).

Tabela 8: Valores de matéria seca de raiz (MSR), relação altura/matéria seca da parte aérea (RHMSPA), relação matéria seca da parte aérea/matéria seca de raiz (RMSPAMSR), mortalidade no pátio de crescimento (Mortalidade) e mudas expedidas ao campo (Expedição), para mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* cultivadas a partir de diferentes tipos de estaca aos 150 dias após o estaqueamento.

Espécie	MSR	RHMSPA	RMSPAMSR	Mortalidade	Expedição
<i>C. estrellensis</i>	1,33 A	5,73 C	2,27 A	21,87 B	67,18 B
<i>C. legalis</i>	0,69 B	16,60 A	1,59 BC	25,78 B	74,21 AB
<i>C. alliodora</i>	1,27 A	12,61 B	1,15 C	16,40 B	80,46 A
<i>C. trichotoma</i>	0,73 B	11,91 B	1,78 B	55,46 A	37,50 C

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

Valores semelhantes foram descritos por Araújo *et al.* (2018), em lote seminífero da *C. trichotoma* produzido no inverno com RHMSPA de 10,1 com 210 dias de produção, já no verão os autores relataram valores maiores 17,9 aos 180 dias, indicando maior desafio na rustificação em períodos mais quentes.

Ao analisar a relação entre o MSPA e MSR, Gomes & Paiva (2013) apontou como referência o coeficiente 2,0. Neste trabalho, 50% das espécies se aproximaram do coeficiente proposto sendo a *C. trichotoma* e a *C. estrellensis* (Tabela 8). Também Araújo *et al.* (2018), partilharam informações morfológicas de 23 espécies arbóreas produzidas de forma seminífera, que 76% não conseguiram alcançar o coeficiente supracitado.

Outro parâmetro analisado foi RHDC, conhecido como quociente de robustez, quanto menor o seu valor indica ser melhor a muda (Gomes e Paiva, 2013). Para o portfólio de espécies desse trabalho (tabela 9), 62,5%, independentemente do tipo de miniestacas, estão entre 2,6 e 5,0. Resultado inferiores foram citados por Araújo *et al.* (2018) onde apenas 28% das espécies testadas alcançaram esta classe.

Tabela 5: Valores da relação altura/diâmetro do coleto (RHDC) e Índice de Qualidade Dickson (IQD) para mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, produzidas a partir de miniestacas apicais e basais aos 150 dias após o estaqueamento.

Espécie	RHDC		IQD	
	Tipo de estaca		Tipo de estaca	
	Apical	Basal	Apical	Basal
<i>C. estrellensis</i>	4,34 Ca	3,38 Cb	0,78 Aa	0,57 Ab
<i>C. legalis</i>	6,46 Ba	6,92 Aa	0,26 Ca	0,16 Cb
<i>C. alliodora</i>	3,90 Ca	3,98 BCa	0,61 Ba	0,43 Bb
<i>C. trichotoma</i>	8,67 Aa	4,79 Bb	0,26 Ca	0,25 Ca

Mesmas letras maiúsculas na vertical (interação Tipo de estaca x Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (interação Tipo de estaca x Espécies) não diferem entre si teste de Tukey, ($p > 0,05$)

O IQD é uma fórmula balanceada, em que se incluem as relações dos parâmetros morfológicos como MST, MSPA MSR, H e D, (Dickson *et al.* 1960). Segundo Gomes e Paiva (2013) e Hunt (1990), o IQD mínimo recomendado é 0,20.

De forma geral, independentemente do tipo de miniestacas e espécies, 87,5% das mudas podem ser consideradas de boa qualidade. Sendo a espécie *C. estrellensis* (0,78) e *C. alliodora* (0,61) com melhor padrão (Tabela 9).

Verificou-se que para as espécies nativas, este parâmetro tem apresentado valores de 0,20 para *Myracrodruon urundeuva* aos 111 dias de produção (Justino *et al.* 2021), 0,81 em *Handroanthus heptaphyllus* aos 120 dias (Lisboa *et al.* 2018), 1,71 em *Moringa oleífera* aos 55 dias (Pereira *et al.* 2016) e entre 1,12 e 3,45 em *Cordia trichotoma* (Araújo *et al.*, 2018).

Assim, os resultados encontrados neste trabalho mostram-se relevantes e contribuem com o desenvolvimento tecnológico da silvicultura clonal de nativas, concomitantemente valoriza este grupo de espécies por demonstrar que o pacote tecnológico adotado pode ser utilizado para multiplicação vegetativa de espécies nativas.

2.4 CONCLUSÕES

- Ambas as miniestacas testadas foram eficientes na produção de mudas; no entanto o uso de miniestaca apical deve ser priorizado, dado o potencial máximo de enraizamento para miniestacas apicais (75,7%) ser significativamente maior que o resultado obtido para miniestacas basais (53,9%);
- O tempo ótimo de permanência em casa de vegetação para enraizamento das miniestacas para *C. legalis* e *C. alliodora* deve ser de 40 dias, enquanto para *C. estrellensis* e *C. trichotoma* de 50 dias;
- Para *C. estrellensis*, *C. legalis* e *C. alliodora* as mudas oriundas de miniestacas apicais proporcionaram a melhor qualidade morfológica;
- *C. trichotoma* apresentou o menor potencial de enraizamento das miniestacas (46,5%) em relação a *C. alliodora* (89,9%), *C. legalis* (85,0) e *C. estrellensis* (81,6%), logo a espécie demanda maiores customizações, sendo considerada uma espécie mais desafiadora para o enraizamento adventício, demandando estudos mais específicos.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfenas, A. C.; Zauza, E. A. V.; Mafia, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV,. 2009. 500p.

Araújo, E. F.; Gibson, E. L.; Santos, A. R.; Gonçalves, E. O.; Wendling, I. Alexandre, R. S.; Pola, L. A..V. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **Cerne**, v. 25, n. 3, p.314-325, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201925032647>

Araújo, M. M., Navroski, M. C., Schorn, L. A., Tabaldi, L. A., Rorato, D. G., Turchetto, F., Zavistanovicz, T. C., Berghetti, A. L. P., Aimi, S. C., Tonetto, T. S., Gasparin, E., Kelling, M. B., Ávila, A.L., Dutra, A. F., Mezzomo, J. C., Gomes, D. R., Griebeler, A. M., Silva, M. R., Barbosa, F. M., De Lima, M. S. Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal. IN: Araujo, M. M., Navroski, M. C., Schorn, L. A. **Produção de Sementes e Mudanças em enfoque à Silvicultura** – Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 448 p.

Assis, T.F. **Evolution of technology for cloning Eucalyptus in large scale**. In: IUFRO International Symposium, 2001, Valdivia. Proceedings... Chile: EMBRAPA/CNPF, 2001. p.22. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281149059_evolution_of_technology_for_cloning_eucalyptus_in_large_scale

Bernardes, V. P.; Gonçalves E. O., Sant'Ana, B. T., Alexandre, R. S., Wendling, I. Vegetative Rescue and Clonal Propagation of *Lecythis Pisonis* Cambess **Floresta e Ambiente** 27(4) 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.026118>

Carneiro, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

Ciriello, V.; Silva, M. K. F.; Pessanha, D. S.; Sato, L. M.; Pinã-Rodrigues, F. C. M.; Moraes, M. A.; Ciriello, E., Barroso, D. G., Freitas, M. L. M.; *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. In: **Silvicultura Tropical: O Potencial madeireiro e não madeireiro das espécies tropicais** – Sorocaba, SP ED. Dos Autores, 2021.

Cunha, A. C. M. C. M.; Wendling, I.; Souza Júnior, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.85-92, 2008. <https://doi.org/10.5902/19805098513>

Dias, P.C.; Xavier, A.; Oliveira, L.S. de; Paiva, H.N. de; Correia, A.C.G. Propagação vegetativa de progênies de meios irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa v.36, p.389-399, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300001>

Dickson, A.; Leaf, A. L., Hosner, J. F. Quality appraisal os white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Mattawa, v. 44, n.2, p. 10-13, 1960. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

Endres, L., Marroquim, P. M. G., Santos, C. M., Souza, N. N. F. Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.886-889, mai-jun, 2007 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300046>

Faganello, L. R., Dranski, J. A. L., Malavasi, U. C., & Malavasi, M. de M. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (vell.) arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, 25 (4), 2015 863–871. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820584>

Ferreira, E. M.; Alfenas, A. C.; Mafia, R.G.; Leite, H. G; Sartorio, R.C.; Filho, R. M. P. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000200004>

Ferriani, A. P. et al. Produção de brotações e enraizamento de miniestacas de *Piptocarpha angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.67, p.257-264, 2011 DOI: <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.67.257>

Gatti, K.C.; Gonçalves, R. de C.; Xavier, A.; Paiva, H. de. Propagação vegetativa de jequitibá *Cariniana estrellensis* (Raddi) por miniestaquia. **Temas Agrários**, v.16, p.54-63, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v16i2.691>

Gibson, E. L., Gonçalves, E. O., Santos, A. R., Araújo E. F., Wendling I., Alexandre, R. S., Caldeira M. V. W., Responsividade de *Melanoxylon brauna* à técnica de miniestacas **Rizosfera** Volume 17, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100303>

Gomes, J. M., Couto, L., Leite, H. G, Xavier, A., Garcia, S. L. R. Parâmetros Morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.26, n.6, p. 655-664, 2002 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>

Gomes, J.; M & Paiva, H.; N **Viveiros Florestais Propagação sexuada** Viçosa MG 1ª ed. 2º reimpressão Ed UFV, 2013 116p. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403001>

Goulart, P. B.; Xavier, A.; Larenma, L.; Otoni, W. C.; Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestacas de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 521-532, jul.-set., 2014 DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403001>

Hartmann, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. (2011) **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: PrenticeHall, 2011. 915p.

Hernandez, W.; Xavier, A.; Paiva, H.N. de; Wendling, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v.37, p.955-967, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500018>

Hernandez, W.; Xavier, A.; Paiva, H.N. de; Wendling, I. Propagação vegetativa do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia. **Revista Árvore**, v.36, p.813-823, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000500003>

Hunt, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: **Target Seedling Symposium, Meeting of the western forest nursery associations, general technical report** RM-200, 1990, Roseburg. Proceedings... Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222. Disponível em: <https://rngr.net/publications/proceedings/1990/hunt.pdf>

IBÁ Performance indicators for the Brazilian planted tree sector, base year 2020. Brasília 2021 **Brazilian Tree Industry**, p.93 Disponível em: <https://www.IBÁ.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioIBÁ2021-compactado.pdf>

Justino, S. T. P., Arriel, E. F., Luz, M. N., Silva, R. P. S., França, G. M., Ferreira, C. D., Leite, J. A., M. J. H., Avaliação da qualidade de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão, clonadas por miniestaquia com uso de extrato de *Cyperus rotundus*. IN: Oliveira, R. j., **Silvicultura e manejo florestal: técnica de utilização e conservação da natureza**: Volume 1, Guarujá SP: Científica Digital, 2021 Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/books/978-65-87196-69-5.pdf>

Kielse, P.; Bisognin, D. A.; Heberle, M.; Fleig, F. D.; Xavier, A.; Rauber, M.A. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel por estaquia radicular. **Revista Árvore**, v.37, p.59-66, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100007>

Kielse, P.; Bisognin, D.A.; Haygert, K.L.; Mello, U.S.; Pimentel, N.; Raube, M.A. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. mini-cuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. **Ciência Rural**, v.45, p.1164-1166, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131011>

LIMA, Y. O. U. et al. Tipos de estacas e substratos no enraizamento de jambolão. Nota científica **Scientia Agraria**, v.8, n.4, p.449-453, 2007 DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v8i4.9896>

Lisboa, A. C. Melo Junior, C. J. A. H.; Tavares, F. P. A. Almeida, R. B.; Melo, J. A.; Magistrali, I, C. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, n. 93 p. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201701485>

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 7. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.01, 2016a.

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.02, 2016b.

Mantovani, N., Roveda, M., Tres, L., Fortes, F. de O., Grandó, M. F. Cultivo de Canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por

miniestacas. **Ciência Florestal**, 27(1), 2017 225–236. DOI <https://doi.org/10.5902/1980509826461>

Melo, L. A.; Xavier, A.; Paiva, H. N.; Borges, S. R. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 759-767, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500001>

Oliveira, T. P. D. F.; Barroso, D. G.; Lamônica, K. R.; Carvalho, V. S.; de Oliveira, T. P. D. F.; Barroso, D. G.; Lamônica, K. R.; de Araújo Carneiro, J. G.; de Oliveira, M. A. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. Semina: **Ciências Agrárias**, v.36, p.2423-2432, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2423>

Pereira, K. T. O.; Oliveira, F. A.; Cavalcante, A. L.G.; Dantas, R. P.; Oliveira, M. K.T.; Costa, J. P.G.M. Qualidade de mudas de moringa sob diferentes níveis de nutrientes aplicados via fertirrigação. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 36, n. 88, p. 497-504, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1038>

Rolim, S. G.; Pioto, D.; Carvalho, Alexandre Monteiro; Latorraca, João Vicente Figueiredo; Reis, C. A.; Souza, J.; Siqueira, G. S; Orellana, E. ; Silva, C. E. S. ; Carvalho, P. C. L. E. ; Maciel, N. S. R. ; Pace, J. H. C. ; Castro, J. P. ; Santos, G. C. V. ; Ferreira, M. E. S. ; Sakai, E. S. ; Jesus, R. M. . Crescimento e Característica da Madeira de Espécies Arbóreas em Experimentos Silviculturais no Norte do Espírito Santo. In: Samir G. Rolim; Daniel Pioto. (Org.). **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica**. 1ed. Belo Horizonte: Editora Rona, 2018, v. 1, p. 53-159.

Sá Júnior, A. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2009. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2009.

Santos, A. R.; Gonçalves, E. O.; Gibson, E. L.; Araújo, E. F.; Wendling, I.; Tertuliano, L. A.; Caldeira, M. V. W. Mini-cuttings technique for vegetative propagation of *Dalbergia nigra*. **CERNE**, v. 26, n. 4, p.427-434, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760202026042749>

Santos, G. A. 2002. **Propagação vegetativa de Mogno, Cedro-rosa, Jequitibá-rosa e Angico vermelho por miniestaquia**. Viçosa, MG: UFV, 75 f. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Viçosa.

Taiz; L.; Zeiger, e; Moller, I. M.; Murphy, A.; **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**; 6. ed., Artmed, 2017. 858 p.

Wendling, I.; Dutra, L. F.; Grossi, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.2, p.289-292, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000200019>

Wendling, I.; Stuepp, C.A.; Zuffellato-RIBÁs, K.C. Rooting of *Araucaria angustifolia*: types of cuttings and stock plants sex. **Revista Árvore**, v.40, p.1013-1021, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000600006>

Xavier, A. Wendling, I. Silva, R. L. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas.** Viçosa, MG: 3^oed. UFV, 2021. P.293

Xavier, A.; Santos, G.A. dos; Oliveira, M.L. de. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.27, p.139-143, 2003b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000200003> .

CAPÍTULO 3 USO DE DIFERENTES SUBSTRATOS NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Cariniana legalis*, *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora*, *Cordia trichotoma* VIA ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS APICAIS

RESUMO: O caminho do desenvolvimento tecnológico da silvicultura clonal de espécies arbóreas nativas passa pela customização do processo tecnológico utilizado para a eucaliptocultura, como a propagação vegetativa via miniestaquia. Neste sentido, a escolha do substrato adequado tem impacto direto no processo de enraizamento de miniestacas, assim como na qualidade morfofisiológica das mudas produzidas. Para este trabalho o objetivo foi utilizar indicadores do processo operacional de produção de mudas para avaliar diferentes substratos na produção de mudas via miniestaquia de *Cariniana legalis* (jequitibá rosa); *Cariniana estrellensis* (jequitibá branco); *Cordia alliodora* (freijó) e *Cordia trichotoma* (louro-pardo). Avaliaram-se três substratos: T1: 100% composto de casca de pinus - CCP; T2: 33% CCP + 33,5% vermiculita média - VM + 33,5% casca de arroz carbonizada - CAC e o T3: 50% VM + 50% CAC. Verificou-se que com a customização do substrato, será possível otimizar a sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação, aumentar a porcentagem de enraizamento com a redução da porcentagem de calos, além de melhorar a qualidade morfológica das mudas. Para 75% das espécies avaliadas o sucesso do processo de enraizamento das miniestacas é inversamente proporcional à concentração de composto de casca de pinus no substrato. O substrato T3 foi o mais adequado para o enraizamento de *C. alliodora* (84,9%) aos 35 dias de casa de vegetação, *C. trichotoma* (70,8%) aos 45 dias e *C. estrellensis* (73,8%) aos 45 dias, entretanto para *C. legalis* (98,4%) foi o substrato T2, aos 46 dias de casa de vegetação.

Palavras chaves: Jequitibá rosa. Jequitibá branco. Freijó. Louro pardo. Propagação vegetativa. Miniestaquia.

3.1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da técnica de miniestaquia para a silvicultura clonal do eucalipto possibilitou o ganho de escala dos plantios clonais no Brasil, fomentando o surgimento dos viveiros independentes, responsáveis pelo aumento da oferta e redução dos custos de produção (Batista *et al.*, 2015). Para as espécies nativas, entretanto ocorreram baixos investimentos em pesquisa e inovações, ocasionando uma menor oferta de mudas em quantidade e em qualidade.

O êxito do processo de produção de mudas via propagação vegetativa é baseado na formação de raízes adventícias e do desenvolvimento do sistema radicular. A escolha do substrato adequado tem grande importância na qualidade morfofisiológica das mudas produzidas (Xavier *et al.*, 2021) e impacta a competitividade da unidade de produção de mudas.

Segundo o decreto Nº 8.384/2014, substrato é qualquer produto usado como meio de crescimento para as plantas. Este insumo é responsável por garantir a sustentação, aeração e condições adequadas de umidade e nutrição para o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (Fermino e Mieth, 2018).

Vários produtos têm sido utilizados para a formulação dos substratos. Na propagação vegetativa das espécies nativas florestais, dentre os quais são relatados o uso do composto de casca de pinus e fibra de coco para *Paratecoma peroba* (Araújo *et al.*, 2019) e *Peltophorum dubium* (Mantovani *et al.*, 2017); casca de arroz carbonizada, vermiculita e composto de casca de pinus para *Erythrina falcata* (Cunha *et al.*, 2008); composto de casca de pinus puro para *Schizolobium amazonicum* (Dias *et al.*, 2015), *Anadenanthera macrocarpa* (Dias *et al.*, 2012), *Piptadenia gonoacantha* (Hernandez *et al.*, 2012) e *Cariniana estrellensis* (Hernandez *et al.*, 2013), bem como a vermiculita e casca de arroz carbonizada para *Aniba Rosaeodora* (Menezes *et al.*, 2018).

Com o intuito de colaborar com a construção de um legado tecnológico, selecionaram-se quatro espécies *Cariniana legalis*; *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma* para testar diferentes substratos no processo de produção de mudas via miniestaquia, utilizando estruturas operacionais semelhantes ao adotado na maioria dos viveiros florestais de larga escala.

As espécies selecionadas são consideradas nobres, devido ao alto valor comercial da madeira usadas em confecção de móveis de luxo, revestimento

decorativo, lambris e embarcações. (Lorenzi, 2016a; Lorenzi, 2016b, Rolim *et al.* 2018; Ciriello *et al.* 2021), no entanto ainda carente de pesquisas voltadas a seleção de tipos de substratos para a produção de mudas via miniestaquia.

Para *C. estrellensis* trabalhos recomendam a utilização de composto de casca de pinus puro para produção de mudas via propagação vegetativa (Hernandez *et al.*, 2013 e Gatti *et al.*, 2011), assim como indicação da vermiculita média (50%) com palha de arroz carbonizada (50%) por Santos (2002).

Já para *C. trichotoma*, Carneiro (2013) utilizou vermiculita, fibra de coco e casca de arroz carbonizada; mas Kielse *et al.* (2013) e Kielse *et al.* (2015) selecionaram a casca de pinus, casca de arroz carbonizada e areia grossa. Faganello *et al.* (2015) preferiu a mistura de 50% de vermiculita média, 25% vermiculita fina e 25% de casca de arroz carbonizada.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo utilizar os indicadores de potencial máximo de enraizamento das miniestacas, tempo ótimo em casa de vegetação e a qualidade morfológica das mudas produzidas para avaliação de três substratos: T1: 100% composto de casca de pinus - CCP; T2: 33% CCP + 33,5% vermiculita média - VM + 33,5% casca de arroz carbonizada – CAC e o T3: 50% VM + 50% CAC, na propagação vegetativa de *Cariniana legalis*; *Cariniana estrellensis*; *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, em Viçosa/MG (20°45'45"/42°52'04", 690 m), no período de maio a setembro de 2020. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é Cwa, com verões chuvosos e invernos secos. A precipitação média anual é de 1.220 mm, com temperatura média máxima de 26 °C e média mínima de 14 °C (Pedroso, 2016).

3.2.1 Estabelecimento e manejo do minijardim clonal

As minicepas de *C. legalis*; *C. alliodora* e *C. trichotoma*, foram produzidas no viveiro Futuro Florestal, (Garças, SP), com lote de sementes constituído da mistura de matrizes plantadas na região. Já para *C. estrellensis*, as minicepas foram

produzidas no viveiro Ouro Verde (Belo Oriente MG), utilizando lote de sementes constituído da mistura de matrizes plantadas na região de Linhares, ES.

O minijardim foi implantado em setembro de 2019, manejado até maio de 2020, quando foram colhidas as miniestacas para o experimento. A estrutura utilizada foi kalhetão 90 Brasilit® de fibrocimento (7,5 m x 0,8 m x e 0,25 m), inclinação de 0,5%, com brita ao fundo e areia como substrato, 100 cepas/m² cobertura plástica 150 micras (Figura 1A).

A fertirrigação das minicepas foi realizada via gotejamento, automatizado por controlador Exatron® modelo TMDS0BC, vazão diária de 7L/m² no verão e 5L/m² no inverno, distribuído em aplicações de três minutos as 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 17:00 horas.

A solução nutritiva continha nitrato de cálcio (0,92g/L⁻¹), cloreto de potássio (0,24g/L⁻¹), nitrato de potássio (0,14g/L⁻¹), monoamônio fosfato (0,096g/L⁻¹), sulfato de magnésio (0,364g/L⁻¹), quelatos de ferro (EDDHSA; EDDHA 6%) (0,04g/L⁻¹), ácido bórico (2,8mg/L⁻¹), sulfato de zinco (0,48mg/L⁻¹), sulfato de manganês (1,12mg/L⁻¹), sulfato de cobre (0,1mg/L⁻¹) e molibdato de sódio (0,04mg/L⁻¹).

O manejo do minijardim consistiu em monitoramento integrado de pragas e doenças (diário), coleta das minicepas (semanal), controle do volume injetado de solução nutritiva e do efluente (diário), além da aferição da condutividade elétrica-CE (1.500 a 2.500 µS) e do potencial hidrogeniônico (pH) (5,5 a 6,5) (diário).

3.2.2 Preparo dos recipientes e substrato

Os substratos avaliados foram: **T1**: 100% composto de casca de *Pinus* - CCP; **T2**: 33% CCP + 33,5% vermiculita média – VM + 33,5% casca de arroz carbonizada – CAC e o **T3**: 0% CCP + 50% VM + 50% – CAC.

Figura 1 - Minijardim clonal com hidrômetros para aferir a solução nutritiva injetada; **B**: Coleta das miniestacas; **C**: Substrato vermiculita; **D**: Substrato Composto de casca de pinus; **E**: Substrato casca de arroz carbonizada; **F**: Mesa esterilizadora de tubetes; **G**: Homogeneização de substrato com betoneira; **H**: Mesa de compactação de substrato; **I**: Implantação do experimento em casa de vegetação e padrão de miniestaca; **J**: Quantificação das raízes visíveis na extremidade inferior do tubete.



Os produtos que formaram os substratos avaliados foram o composto de Casca de *Pinus* (CCP) da Tropstrato Florestal da empresa Vida Verde® (Figura 1D). A vermiculita utilizada foi da empresa Brasil Minérios® (Figura 1C) e a casca de arroz carbonizada (Figura 1E) oriunda de fornecedor local. As características químicas e físicas dos três substratos avaliados estão dispostas na tabela 1.

Tabela 1 Resultados das propriedades químicas e físicas dos substratos (T1, T2 e T3) antes da instalação do experimento: pH (água), condutividade elétrica (CE), densidade aparente (DA), porosidade total (PT), aeração do ambiente (AS) e capacidade de retenção de água (CRA).

Substratos	pH (H ₂ O)	CE mS cm ⁻¹	DA Kg m ⁻³	PT	AS %	CRA
Substrato T1 ^a	6.06	0.76	319	53.15	21.01	34.14
Substrato T2 ^b	6.41	0.93	205	66.87	30.01	27.33
Substrato T3 ^c	6.79	1.10	166	77.2	35.2	21.76

Análise realizada no Laboratório de análise de solo Viçosa pela Engenheira Agrônoma Adriane Serrão De Filippo CREA 187227

Utilizou como recipiente tubetes de 35 cm³ e bandejas de 96 células, ambas higienizadas e esterilizadas via imersão em água a 80°C por 30 segundos (Figura 1F), utilizando equipamento esterilizador Dacko®.

A fertilização de base utilizada foi 6 kg/m³ de superfosfato simples e 3 kg/m³ de Osmocote® (adubo de liberação controlada NPK 15:09:12, 6M). Além disso, 100 L/m³ de água para umidificar e favorecer o enchimento e compactação nos tubetes (Figura 1H). A homogeneização desses compostos se deu com o auxílio de betoneira (Figura 1G) acionada por 5 minutos e a compactação via mesa vibratória Dacko®, por duas seções de 15 segundos.

3.2.3 Casa de vegetação, casa de aclimação e pátio de crescimento

As miniestacas permaneceram 60 dias em casa de vegetação, 10 dias na aclimação, e 80 dias no pátio de crescimento e rustificação, completando 150 dias de operação produtiva.

A casa de vegetação utilizada tinha a dimensão de 6m x 12 m, construída em aço galvanizado, coberta com plástico difusor 150 micras, com tela de sombreamento externa 50%, piso cimentado e bancadas de metal, com antecâmara de tela anteaquedro.

O microclima foi controlado com sistema híbrido com programador timer Coel® modelo Bwt40HR e controlador modelo AR22, marca Arontech®, com Datalogger para monitoramento *mobile* de temperatura e umidade. Para umidificação utilizou-se nebulizadores fogger (Coolnet Pro em Cruz, Netafim® vazão de 7,5 L./h⁻¹) e para resfriamento janela zenital (0,3 x 12 m).

Os indicadores de automação foram umidade acima de 80% e temperatura abaixo de 35°C. Os sensores foram instalados no centro da casa de vegetação na altura das miniestacas. Em dias frios ou nublados, utilizou-se o temporizador timer Coel modelo Bwt40HR para acionamento dos sistemas de nebulizadores, por 30 seg. às 9:00/ 10:00/ 11:00/ 12:00/ 12:30/ 13:00/ 14:00 e 15:00, mantendo a automação da janela zenital pelo controlador AR 22.

A estrutura de aclimatação foi constituída por uma cobertura de tela de sombreamento 80% e aspersores de 120 L/h⁻¹ acionados por 5 min. às 9:00/ 11:00/ 13:00/ 15:00/ 16:30, via temporizador timer Coel® modelo Bwt40HR.

Durante a transferência para a aclimatação, foi realizado descarte de tecidos contaminados mantendo o adensamento, todas miniestacas vivas receberam 5 ml de MAP 1,0% e no 5º dia de aclimatação receberam 5 ml de cloreto de potássio 1,0%, aplicado via seringa dosadora.

O pátio de crescimento e rustificação utilizado foi uma cobertura fixa com filme difusor 150 micras, bancadas de tela metálica e irrigação via temporizador timer Coel® modelo Bwt40HR, com microaspersores 240 L/h⁻¹ acionados 5 min. às 9:00, 11:00, 13:00, 15:00 e 16:30.

As mudas a pleno sol foram classificadas por altura a cada 15 dias e utilizou-se fertilização do viveiro Ouro Verde com aplicação semanalmente, alterando sulfato de amônio; monoamônio fosfato e cloreto de potássio sendo a 4º semana – sem aplicação, repetindo o ciclo de forma contínua.

As soluções nutritivas foram aplicadas via barra de fertirrigação acoplada de hidrômetro, 5 gr/L de solução, aplicando 2L/m². Para construção da barra de irrigação utilizou 1,5 m de cano PVC de 25 mm, foi feito furos com broca de 0,5 mm a cada 2 cm, conectando tampão de PVC na extremidade da barra e hidrômetro analógico Unijato® 3/4” DN20 (Figura 2D).

Figura 2 – A: Raíz na extremidade superior do tubete; B: Formação de calos em miniestacas de *C. legalis*; C: Sistema radicular bem formado; D: Fertilização de cobertura via barra com hidrômetro no pátio de crescimento; E: Avaliação de altura e diâmetro do coleto; F: Mudas de *C. trichotoma* aptas a expedição; G: Mudas de *C. estrellensis* durante separação de raiz e parte aérea; F: Processo de pesagem dos materiais posterior a secagem em estufa de circulação de ar.



A



B



C



D



E



F



G



H

A variação térmica no pátio de crescimento foi monitorada por estação meteorológica padrão instalada no Viveiro de Pesquisas do DEF/UFV, onde os dados foram colhidos a cada 5 seg. e a média armazenada a cada 15 min via datalogger CR1000-ST-SW-NC.

3.2.4 Avaliações experimentais

Utilizou-se miniestacas caulinares apicais/herbáceas com dois pares de folhas, sem corte foliar, entre 8 e 10 cm, armazenadas em caixas térmicas pulverizando água (10 a 15 °C), a cada 5 min, onde permaneciam por no máximo 20 min (Figura 1I).

Durante o período em casa de vegetação monitorou-se a flutuação da umidade e temperatura da casa de vegetação, incidência de pragas, doenças e raízes visíveis na extremidade inferior do tubete – REIT, diariamente. Na entrada da aclimação foi quantificada a sobrevivência (SobCV) em casa de vegetação, raiz visível na extremidade superior do tubete REST (Figura 2 A) e a presença de calo nas miniestacas mortas (Figura 2 B).

Ao final dos 150 dias, foi quantificada a porcentagem de mudas aptas a expedição, número de mudas mortas com calo, altura (H) da parte aérea utilizando régua graduada e o diâmetro do coleto (D) utilizando paquímetro digital marca Mitutoyo® modelo 150 mm.

Na obtenção da massa seca, separou-se a parte aérea e o sistema radicular, descartando o substrato das raízes por meio de lavagem em água corrente (Figura 2G). O material vegetal foi embalado em sacos de papel, etiquetados e colocados em estufa de circulação de ar a 65°C por 3 dias.

Para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) utilizou-se balança analítica 0,01g (Figura 2H). Calculou-se a massa seca total (MST) e a relação altura e diâmetro do coleto (ALT/DC), relação de peso seco de parte aérea e peso seco de raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de acordo com a fórmula (Dickson et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST (g)}{H (cm)/D (mm) + MSPA (g)/MSR (g)}$$

3.2.5 Delineamento Experimental e Análises dos Dados

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizados-DIC, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelas quatro espécies (E1 – *C. estrellensis*, E2 – *C. legalis*, E3 – *C. alliodora* e E4 – *C. trichotoma*) e as subparcelas corresponderam aos três substratos: T1: 100% composto de casca de pinus - CCP; T2: 33% CCP + 33,5% vermiculita média – VM + 33,5% casca de arroz carbonizada – CAC e o T3: 0% CCP + 50% VM + 50% CAC. Cada unidade experimental foi constituída por 16 tubetes.

A porcentagem de REIT foi utilizado para o ajuste da função logística, $Y = \alpha (1 + \beta e^{-\gamma T})^{-1} + \varepsilon$, em que Y = visibilidade radicular e T = número de dias, conforme realizado por Ferreira *et al.* (2004). De posse da equação determinou o potencial máximo de enraizamento (α). As velocidades médias de enraizamento (Y/T) e as velocidades diárias foram determinadas empregando a função: $dY/dT = y \times Y (\alpha - Y)/\alpha$.

A partir das velocidades de enraizamento (Y/T e $dY/dT = y \times Y (\alpha - Y)/\alpha$) foram projetadas as curvas do incremento médio diário (IMD) e o incremento corrente diário (ICD), para determinar o tempo ótimo de casa de vegetação, por meio do ponto de interseção das curvas desses parâmetros conforme descrito por Ferreira *et al.* (2004).

Os modelos foram ajustados com o auxílio do *software R*. Os demais dados coletados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o *Software R*.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se interação significativa entre espécies e substratos para 80% as características avaliadas, exceto para REIT, MortPC e Exp. (Tabela 2), o que possibilita aumento de produtividade dos viveiros e melhoria da qualidade das mudas por meio da customização do substrato a espécies ou grupo de espécies. O uso de substrato adequado possibilita otimizar a sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação, diminuir a quantidade de calos, catalisar o processo rizogênico e melhorar a qualidade morfológica das mudas.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das características e relações estudadas de mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, produzidas pelo enraizamento de miniestacas em diferentes substratos, avaliadas aos 150 dias após o estaqueamento.

FL	GL	Quadrado médio do resíduo								
		H	DC	MSPA	MSR	MST	RHMSPA	MSPAMSR	HDC	IQD
Espécie	3	183.27**	8.042**	2.489**	0.133 ^{ns}	3.136**	508.47**	7.321**	3.215**	0.021**
Resíduo A	12	2.50	0.104	0.032	0.040	0.074	5.86	0.612	0.260	0.003
Substrato	2	112.81**	0.514**	0.059 ^{ns}	0.128**	0.273 ^{ns}	26.25*	0.823 ^{ns}	8.194**	0.0002 ^{ns}
Substrato x Espécie	6	11.82**	0.554**	0.251**	0.096**	0.415**	34.60**	2.074*	0.944**	0.016**
Resíduo B	24	2.20	0.073	0.051	0.021	0.088	6.89	0.607	0.168	0.003
CV 1		9,7%	7,8%	15,4%	33,8%	15,4%	15,5%	36,2%	12,9%	20,1%
CV 2		9,2%	6,6%	19,2%	24,7%	16,7%	16,8%	36%	10,4%	21,4%

Continuação Tabela 2.

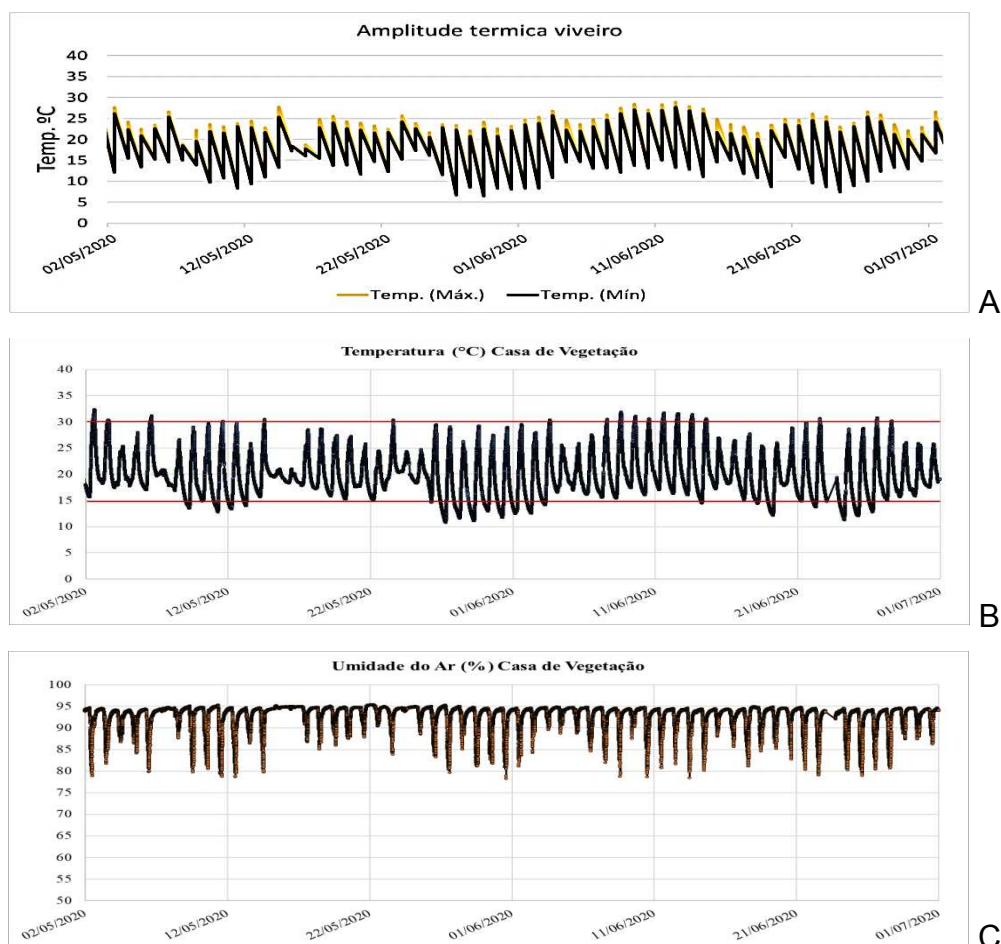
FL	GL	Quadrado médio do resíduo					
		SobCV	REIT	REST	Calo	MortPC	Exp.
Espécie	3	896,27**	2969,84**	5758,2**	801,87**	1222,60**	2476,94**
Resíduo A	12	16,82	97,11	92,5	29,30	85,45	104,98
Substrato	2	108,24*	1973,47**	65,9 ^{ns}	181,48**	1076,66**	1858,72**
Substrato x Espécie	6	76,77*	67,00 ^{ns}	247,1*	114,20**	84,91 ^{ns}	47,74 ^{ns}
Resíduo B	24	24,96	69,44	96,6	13,83	69,17	54,52
CV 1		4,4%	13,6%	36,7%	109,3%	50,3%	13,7%
CV 2		5,3%	11,5%	37,5%	75,1%	45,3%	9,9%

Em que: ** e * Significativo a 1% e 5% de probabilidade respectivamente, pelo teste F; ^{ns} Não significativo; H = altura da parte aérea; DC = diâmetro do coleto; MSPA = matéria seca da parte aérea; MSR = matéria seca da raiz; MST = matéria seca total; RHDC = relação altura da parte aérea e diâmetro de coleto; RHMSP = relação altura e matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR = relação matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz; IQD = índice de qualidade de Dickson; SobCV = Sobrevivência em casa de vegetação após 60 dias; REIT – Raiz visível na extremidade inferior do tubete; REST = Raiz visível na extremidade superior do tubete; CALO = Formação de calo em miniestacas; MortPC = Mortalidade no pátio de crescimento; Exp. = Porcentagem de mudas expeditas

3.3.1 Microclima da casa de vegetação

O mecanismo de automação da casa de vegetação foi eficiente na manutenção do microclima dentro do intervalo pré-determinado, com temperatura máxima de 35°C e umidade relativa de 80% (Figura 3B e 3C) com molhamento foliar. O sistema de resfriamento via janela zenital funcionou adequadamente com temperaturas abaixo de 30°C. Apesar da estrutura não ter aquecimento interno a temperaturas médias mínimas, no interior da casa de vegetação estas foram superiores às médias externas (Figura 3A).

Figura 3- Parâmetros microclimáticos da casa de vegetação durante o período do experimento. **A:** Flutuação da temperatura ambiental no viveiro. **B:** Variação térmica no interior da casa de vegetação. **C:** Flutuação da umidade no interior da casa de vegetação.



De acordo com a literatura científica, o intervalo térmico mais favorável ao enraizamento de miniestacas está entre 20 e 30 °C (Wilson 1998), pois nestas condições a temperatura tem importante função no enraizamento; devido ao

favorecimento da divisão celular com o aumento da temperatura e, conseqüentemente, auxilia a formação de raízes (Cunha *et al* 2009).

3.3.2 Sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação

Todas as espécies apresentaram médias de sobrevivência das miniestacas (Tabela 2) iguais ou superiores as descritas na literatura consultada, indicando que o manejo da casa de vegetação foi eficiente para manutenção da turgescência dos propágulos por meio da umidade da casa de vegetação (Figura 3C), assim como no controle eficiente de pragas e doenças.

Para *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* todos os substratos tiveram resultados positivos para sobrevivência das miniestacas, tendo *C. legalis* êxito máximo neste indicador operacional (Tabela 3) com 100% de sobrevivência para todos os tratamentos. Para *Piptadenia gonoacantha*, Hernandez *et al.* (2012) também observou sobrevivência plena aos 60 dias de casa de vegetação, utilizando como substrato vermiculita, composto de casca de pinus mais Mecplant®.

Tabela 3 – Porcentagem de sobrevivência das miniestacas em casa de vegetação (CV) para *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, produzidas, em diferentes substratos, avaliadas aos 60 dias após o estaqueamento. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm

Espécie	Sobrevivência das miniestacas – CV (%)		
	T1	T2	T3
<i>C. estrellensis</i>	71,87 Cb	81,25 Ba	89,06 Ba
<i>C. legalis</i>	100,00 Aa	100,00 Aa	100 Aa
<i>C. alliodora</i>	96,87 ABa	96,88 Aa	100 Aa
<i>C. trichotoma</i>	90,62 Ba	95,31 Aa	90,62 Ba

Obs.: Mesmas letras maiúsculas na vertical (interação Substrato x Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (interação Substrato x Espécies) não diferem entre si teste de Tukey, (p>0,05)

A espécie com menor sobrevivência foi *C. estrellensis* (71,87%) no T1, valor quase 20% inferior ao T3. Resultado obtido por Hernandez *et al.* (2013) utilizando vermiculita e composto de casca de pinus, relatou sobrevivência plena de estacas (apical e intermediária) da mesma espécie obtidas em macrojardim de campo.

Estudos similares a este encontraram valores para sobrevivência em casa de vegetação de 99,3% para *Eugenia uniflora*, utilizando vermiculita + CCP + solo

(Peña *et al* 2015); 90% em *Paratecoma peroba* com CCP + fibra de coco (Araújo *et al* 2019) e 75% para *Araucaria angustifolia* com VM + CAC (Wendling *et al*, 2016).

3.3.3 Enraizamento e tempo ótimo de casa de vegetação

O modelo logístico $Y = \alpha (1 + \beta e^{-\gamma T})^{-1} + \epsilon$ obteve um bom ajuste aos dados experimentais, apresentando efeito significativo para todos os parâmetros. Com base nos dados da Tabela 3, nas formas das curvas de incremento médio diário (Figura 4) e incremento corrente diário (Figura 5), verifica-se diferença nas velocidades de enraizamento entre as espécies e os tipos de substrato.

O maior potencial de enraizamento foi atingido utilizando o substrato T3 para a *C. alliodora* (84,90%), *C. trichotoma* (70,83) e *C. estrellensis* (73,77%) e o substrato T2 para *C. legalis* (98,39), como pode-se observar pelo parâmetro α (Tabela 4).

Para a maioria das espécies estudadas (75%), percebeu-se que o sucesso do processo rizogênico é inversamente proporcional à concentração do composto de casca de pinus.

Para Fermino e Mieth (2018) o composto de casca de pinus deve ser usado preferencialmente em mistura, pois seu alto teor de matéria orgânica e capacidade de retenção de água se usados isoladamente tendem a reduzir a concentração de oxigênio no sistema radicular.

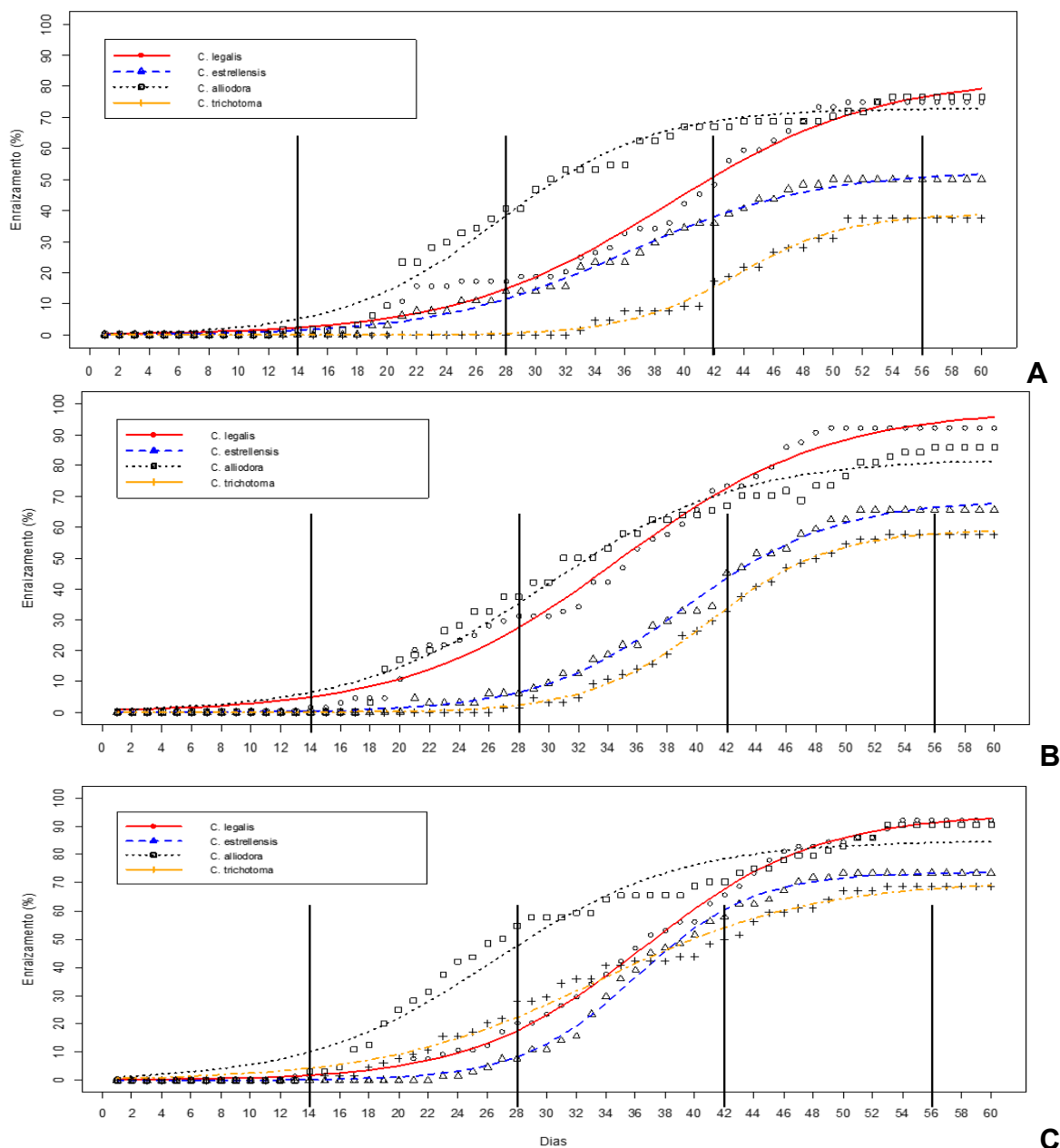
Xavier *et al.* (2021) indica que o excesso de umidade no sistema radicular prejudica o enraizamento das miniestacas devido a inibição da troca gasosas, propicia o desenvolvimento de doenças, impede o enraizamento e provoca a necrose dos tecidos.

Tabela 4 - Parâmetros de α , β e γ ajustados para o modelo logístico de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* nos diferentes substratos. P-valor: valor de significância; Syx (%): erro padrão em porcentagem; R²: coeficiente de determinação ajustado e Correlação entre valores estimados e os observados para os diferentes tipos de substrato. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm

Fatores	Parâmetros	Estimativa	P-valor	Syx (%)	R ²	Correlação
<i>C. legalis</i> T1	α	83,08	$< 2 \times 10^{-16}$	11,547	0,966	0,986
	β	$2,4619 \times 10^2$	$2,80 \times 10^{-04}$			
	γ	$1,4219 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. legalis</i> + T2	α	98,39	$< 2 \times 10^{-16}$	8,407	0,977	0,991
	β	$1,3743 \times 10^2$	$1,22 \times 10^{-6}$			
	γ	$1,4204 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. legalis</i> + T3	α	94,14	$< 2 \times 10^{-16}$	4,800	0,994	0,998
	β	$5,3445 \times 10^2$	$6,49 \times 10^{-10}$			
	γ	$1,7183 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. estrellensis</i> + T1	α	52,92	$< 2 \times 10^{-16}$	7,042	0,986	0,995
	β	$2,9848 \times 10^2$	$6,21 \times 10^{-07}$			
	γ	$1,5808 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. estrellensis</i> + T2	α	68,78	$< 2 \times 10^{-16}$	6,167	0,992	0,997
	β	$2,5294 \times 10^3$	$1,31 \times 10^{-05}$			
	γ	$1,9940 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. estrellensis</i> + T3	α	73,77	$< 2 \times 10^{-16}$	4,996	0,995	0,998
	β	$9,8824 \times 10^3$	$6,80 \times 10^{-05}$			
	γ	$2,5508 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. alliodora</i> + T1	α	73,03	$< 2 \times 10^{-16}$	8,812	0,968	0,988
	β	$1,9514 \times 10^2$	$4,67 \times 10^{-04}$			
	γ	$1,9212 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. alliodora</i> + T2	α	82,24	$< 2 \times 10^{-16}$	10,389	0,959	0,985
	β	$1,0172 \times 10^2$	0,000132			
	γ	$1,5505 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. alliodora</i> + T3	α	84,90	$< 2 \times 10^{-16}$	11,783	0,936	0,977
	β	$7,1086 \times 10^1$	$7,30 \times 10^{-04}$			
	γ	$1,6115 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. trichotoma</i> + T1	α	39,01	$< 2 \times 10^{-16}$	10,656	0,985	0,994
	β	$1,2487 \times 10^5$	0,0503			
	γ	$2,6958 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. trichotoma</i> + T2	α	59,29	$< 2 \times 10^{-16}$	4,355	0,997	0,999
	β	$2,4148 \times 10^4$	$2,08 \times 10^{-06}$			
	γ	$2,4706 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			
<i>C. trichotoma</i> + T3	α	70,83	$< 2 \times 10^{-16}$	8,908	0,974	0,990
	β	$1,0542 \times 10^2$	$1,61 \times 10^{-06}$			
	γ	$1,3892 \times 10^{-1}$	$< 2 \times 10^{-16}$			

Símbolos: P-valor: valor de significância; Syx (%): erro padrão em porcentagem; R²: coeficiente de determinação ajustado e Correlação entre valores estimados e os observados, CCP – Composto de casaca de pinus; CAC – Casca de arroz carbonizada; VM – Vermiculita média.

Figura 4 – Curvas de (IMD) incremento médio diário do enraizamento para *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* nos diferentes tipos de substrato. **A** – Substrato 1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; **B** – Substrato 2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm; **C** – Substrato 2 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm



Porém, Gatti *et al.* (2011) pesquisando propagação vegetativa de *C. estrellensis*, durante o verão, utilizando também o substrato 100% CCP relatou sucesso no enraizamento alcançando (78%), indicando que possíveis configurações do microclima da casa de vegetação pode beneficiar o uso isolado deste insumo como substrato.

Quando cultivadas no substrato T2 as miniestacas de *C. legalis* e *C. alliodora* apresentam curvas de enraizamento bem próximas, porém *C. alliodora* apresenta

um ponto de inflexão mais precoce (Figura 4B) indicando velocidade de enraizamento mais acelerada, comparativamente.

C. trichotoma se mostrou a espécie mais desafiadora do ponto de vista rizogênico, porém foi a espécie mais impactada positivamente pela redução da quantidade de CCP no substrato, com ganhos de quase 80% de enraizamento. Somado a isso verificou-se maior inclinação da curva de IMD (Figura 4) demonstrando também oportunidade de redução de tempo em casa de vegetação com a alteração da formulação do substrato.

O maior potencial de enraizamento alcançado, apesar de inferior as demais espécies testadas, supera os resultados relatados pelos trabalhos já desenvolvidos. Faganello *et al.* (2015), utilizando 50% de vermiculita média, 25% de vermiculita fina e 25% de casca de arroz carbonizada, registrou 28,9 % de enraizamento no verão, mas no inverno não teve êxito. Já Kielse *et al.* (2015), utilizando 25% de casca de pinus, 25% de areia grossa e 25% de cascas de arroz carbonizadas, obteve 26,6% de enraizamento.

O menor enraizamento da *Cordia trichotoma* neste trabalho está conectado pelo alto número de calos que foram observados nas miniestacas (Tabela 5).

Tabela 5 - Porcentagem de mudas com calo para *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* em diferentes substratos, aos 150 dias, após o estaqueamento. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm.

Espécie	Porcentagem de mudas com calo		
	T1	T2	T3
<i>C. estrellensis</i>	1,56 Ba	3,12 Ba	0 Ba
<i>C. legalis</i>	1,56 Ba	0 Ba	0 Ba
<i>C. alliodora</i>	1,56 Ba	0 Ba	0 Ba
<i>C. trichotoma</i>	29,68 Aa	14,06 Ab	7,81 Ab

Mesmas letras maiúsculas na vertical (entre espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (entre substrato), não diferem entre si teste de Tukey ($p > 0,05$).

Percebe-se que a redução da concentração de CCP é positiva para a redução da formação de calos para todas as espécies testadas, podendo reduzir em mais de 20 % para a *C. trichotoma*.

Incidência de calos ainda maiores foram relatadas em propagação vegetativa de *Paratecoma peroba* (62%) utilizando como substrato composto de casca de pinus e fibra de coco (Araújo *et al.*, 2019) e para *Paubrasilia echinata* (35%) utilizando areia grossa (Endres *et al.* 2007).

Ao avaliar as médias das espécies para cada substrato testado verificou-se que a concentração de CCP também é inversamente proporcional ao enraizamento e a quantidade de mudas expedidas, pois quanto mais CCP maior a mortalidade no pátio de crescimento (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores de REIT, mortalidade no pátio de crescimento (MortPC) e mudas expedidas ao campo (Exp.), para mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* em diferentes substratos aos 150 dias após o estaqueamento. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm.

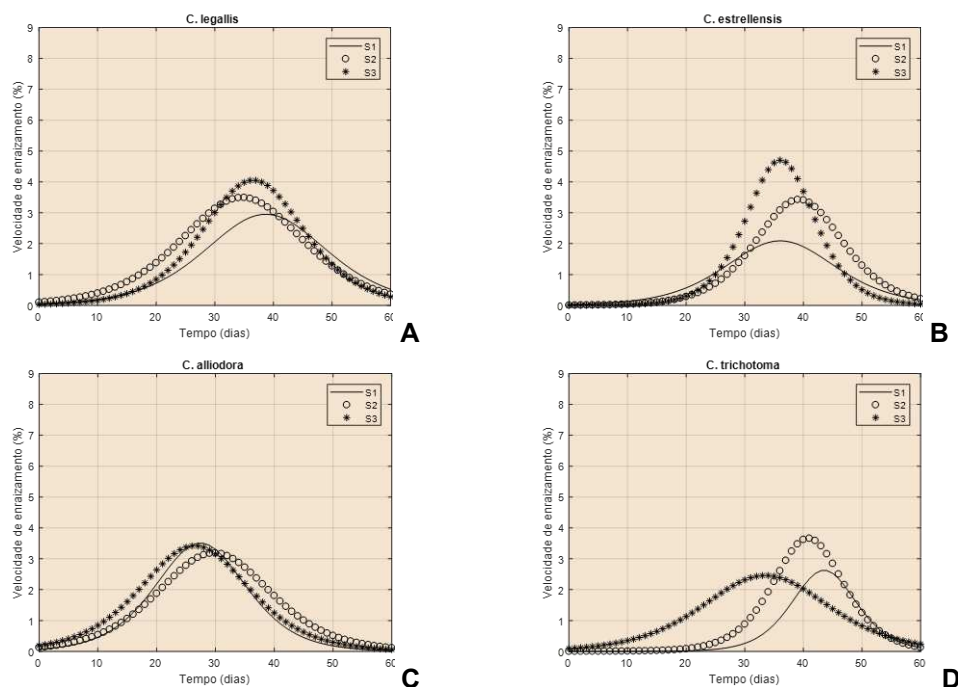
Substrato	REIT	MortPC	Exp.
T1	59,7B	27,7A	62,1B
T2	75,4A	14,8B	78,5A
T3	81,2A	12,5B	82,4A

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Com o critério de velocidade de enraizamento, é possível verificar os respectivos dias em que esta característica foi máxima para cada espécie, ou seja, quando cada curva de incremento corrente diário tem seu ponto de máxima. As quatro espécies apresentaram comportamento rizogênico distintos entre si e para os três substratos (Figuras 6).

C. legalis teve seus pontos de máxima velocidade de enraizamento próximo dos 33, 37 e 40 dias de casa de vegetação para os substratos T2, T3 e T1, respectivamente (Figuras 5A), e para *C. estrellensis* aos 34, 36 e 40 dias, para os substratos T3, T1, e T2, respectivamente (Figuras 5B). Já *C. alliodora* o ponto de máximo de enraizamento ocorreu aos 25, 27 e 30 dias para os substratos T3, T1 e T2 (Figuras 5C) e *C. trichotoma* aos 33, 40 e 44 dias para os substratos T3, T2 e T1, respectivamente (Figuras 5D).

Figura 5 - Curvas de incremento corrente diário (ICD) do enraizamento das miniestacas em diferentes substratos T1 - 100% ccp + 0% cac + 0%; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm. **A:** ICD do enraizamento em *C. legallis*; **B:** ICD do enraizamento em *C. estrellensis*; **C:** ICD do enraizamento em *C. alliodora*; **D:** ICD do enraizamento em *C. trichotoma*.



O ponto de máxima velocidade de enraizamento refere-se ao dia em que a maior porcentagem de miniestacas tornou visíveis suas raízes adventícias. Para clones comerciais domesticados de grande homogeneidade rizogênica, isto é, pouca diferença entre o dia da primeira raiz visualizada e o último dia, este critério tem sido utilizado para retirada das miniestacas da casa de vegetação.

Porém, materiais genéticos mais desafiadores, que não se ajustam a procedimentos operacionais conhecidos, principalmente no caso de propagação vegetativa via minicepas seminíferas, é necessário considerar outros critérios menos rigorosos, para ampliar o tempo do material no ambiente rizogênico.

O intercepto entre as curvas de incremento médio diário (IMD) e incremento corrente diário (ICD) do enraizamento é um critério útil para a decisão da retirada das miniestacas enraizadas do interior da casa de vegetação (Ferreira *et al.*, 2004; Melo *et al.*, 2011).

Estes autores afirmam que por ser um critério menos rigoroso, acaba aumentando o tempo de permanência das miniestacas na casa de vegetação em relação a análise exclusiva da curva de IMD, o que permite maior crescimento do sistema radicular das miniestacas.

A utilização do ponto de intercepto entre as curvas de IMD e ICD mantém praticamente a ordem de retirada das espécies da casa de vegetação para os tipos de substratos, porém com alguns dias de atraso em relação ao critério anterior.

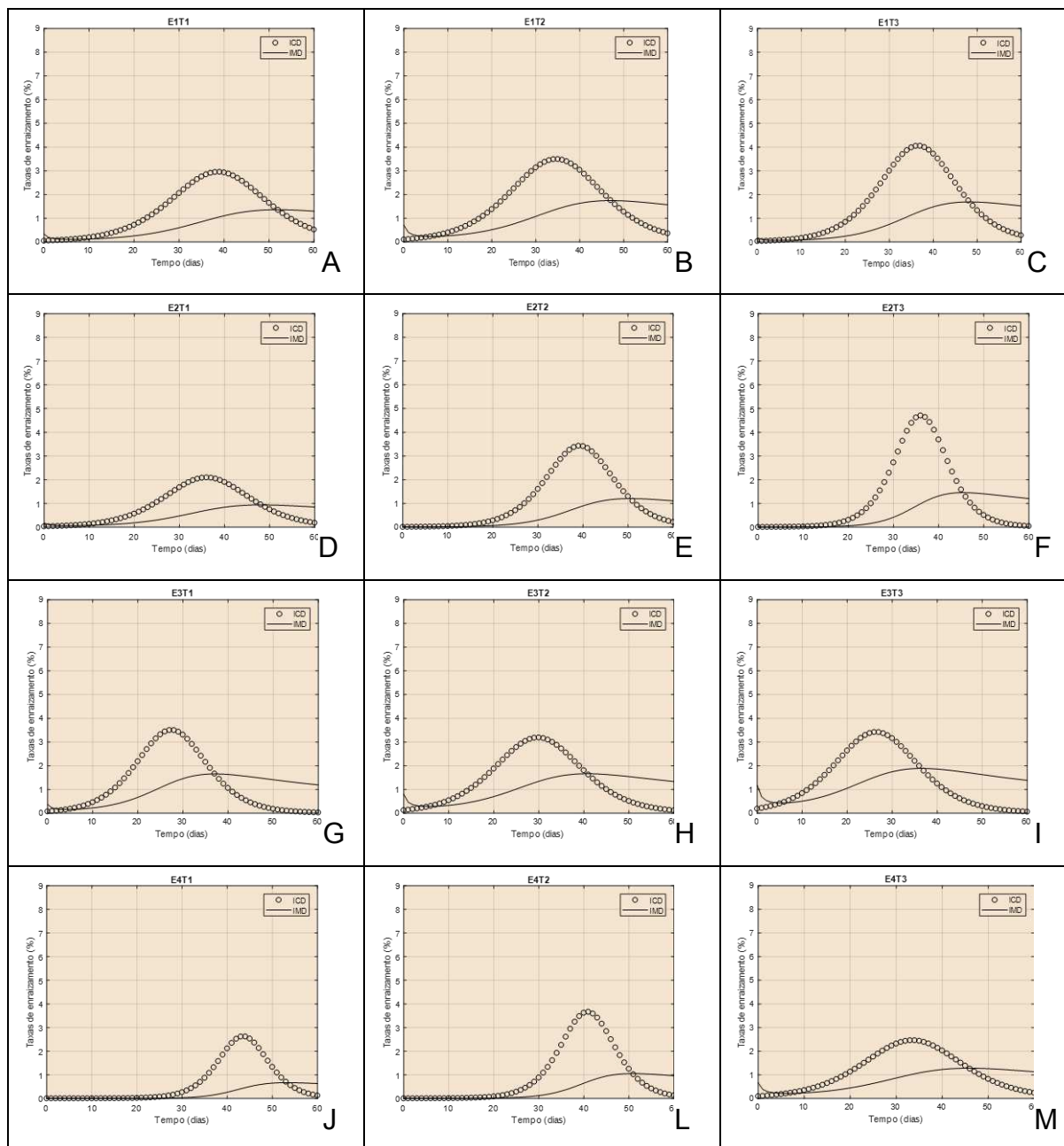
C. alliodora foi a primeira a ser retirada da casa de vegetação aos 35, 37 e 40 dias, para os substratos T3, T1 e T2, respectivamente; em seguida *C. legalis* cultivada no substrato T2, T3 e T1, com 46, 47 e 51 dias; *C. estrellensis* no substrato T3, T1 e T2, com 45, 48 e 50 dias e depois a *C. trichotoma* aos, com 45, 50 e 53 dias, para os substratos T3, T2 e T1, respectivamente (Figura 6).

Verificou-se que o tempo de casa de vegetação é heterogêneo entre as espécies nativas já estudadas. Para *Erythrina falcata*, Cunha *et al.* (2008) utilizaram casca de arroz carbonizada (35%), vermiculita fina (35%) e composto orgânico (30%) com permanência de 30 dias em casa de vegetação.

Já para *C. estrellensis*, Gatti *et al.* (2011) optaram por usar composto de casca de pinus e 60 dias; para *Araucaria angustifolia* Wendling *et al.* (2016) utilizaram vermiculita média e casca de arroz carbonizada com 120 dias de casa de vegetação.

A flutuação na demanda de tempo em casa de vegetação para propagação vegetativa de espécies nativas utilizando cepas seminíferas com grande variabilidade genética era esperado, pois Melo *et al.* (2011) já havia relatado necessidade de setorizar as casas de vegetação para clones comerciais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, com mais similaridade genética.

Figura 6 - - Intercepto entre as curvas de incremento médio diário (IMD) e incremento corrente diário (ICD) da visibilidade radicular na extremidade inferior do tubete. A: *C. legalis* em 100% ccp + 0% cac + 0% vm; B: *C. legalis* em 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm; C: *C. legalis* + 0% ccp + 50% cac + 50% vm; D: *C. estrellensis* em 100% ccp + 0% cac + 0% vm; E: *C. estrellensis* em 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm; F: *C. estrellensis* em 0% ccp + 50% cac + 50% vm; G: *C. alliodora* em 100% ccp + 0% cac + 0% vm; H: *C. alliodora* em 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm; I: *C. alliodora* em 0% ccp + 50% cac + 50% vm; J: *C. trichotoma* em 100% ccp + 0% cac + 0% vm; L: *C. trichotoma* em 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm; M: *C. trichotoma* em 0% ccp + 50% cac + 50% vm.



3.3.5 Qualidade morfológica

De forma geral, o tipo de substrato teve influência nas características morfológicas estudadas, sendo que as mudas produzidas no substrato T3 proporcionaram maiores valores de altura (H) para todas as espécies. Ocorreu um gradiente crescente inversamente proporcional a concentração de composto de casca de pinus - CCP, isto é, quanto mais CCP menores foram as mudas (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores Altura (H) e diâmetro do coleto (DC) para mudas de *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, produzidas em diferentes substratos aos 150 dias após o estaqueamento. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm

Espécies	Tipo de Substrato					
	H			DC		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<i>C. estrellensis</i>	21,63Aab	20,17Ab	23,20Aa	5,13Aa	4,8Aa	4,64ABa
<i>C. legalis</i>	9,50Cb	14,50Ba	16,50Aa	3,39Ab	3,83Bab	4,18Ba
<i>C. alliodora</i>	9,00Cb	14,62Ba	16,32Aa	3,11Aa	2,97Ca	3,22Ca
<i>C. trichotoma</i>	13,10Bb	17,13Ba	18,21Aa	5,07Aa	4,03Bb	4,97Aa

Obs.: Dentro da mesma característica, mesmas letras maiúsculas na vertical (entre Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (entre Substrato) não diferem entre si teste de Tukey, ($p>0,05$).

A altura da parte aérea e a relação H/DC fornecem prognóstico do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas, não é um método destrutivo, é um parâmetro de fácil determinação, além de sua medição ser muito simples (Gomes e Paiva, 2013).

A altura variou de 16,3 a 23,2 cm, com resultados semelhantes para todas as espécies. Os menores valores para essa característica foram encontrados nas mudas provenientes do substrato T1, variando de 9 a 21,6 cm (Tabela 7).

C. trichotoma apresentou ganho importantes em altura quando retirado o composto de casca de pinus, chegando a 18,2 cm aos 150 dias pós estaqueamento. Valores superiores aos descritos por Araújo *et al.* (2018) para mudas seminíferas da mesma espécie produzido no inverno, 14,3 cm aos 210 dias, e no verão 15,9 cm em 180 dias.

Da mesma forma que a altura, o diâmetro do coleto é facilmente mensurável, não sendo um método destrutivo, o qual é considerado por muitos pesquisadores

como um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência, logo após o plantio, de mudas de diferentes espécies florestais (Gomes e Paiva, 2013).

Para diâmetro do coleto (D), observou-se ausência de efeito para *C. estrellensis* e *C. alliodora*, mas para *C. legalis* os maiores valores alcançados foram nas mudas produzidas com o substrato T3 onde houve ganhos de quase 20% no desenvolvimento do diâmetro do coleto. Para *C. trichotoma* foi observado resultados iguais entre T3 e T1, sendo superiores ao T2 (Tabela 7).

A produção de biomassa é uma boa característica para avaliar a qualidade das mudas, apesar de destrutiva, pois reflete a fotossíntese líquida da planta. O peso de massa seca das raízes tem sido reconhecido por diferentes autores como sendo um dos mais importantes e melhores parâmetros para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (Gomes e Paiva, 2013).

Nas mudas formadas durante este experimento foi possível observar que para *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma* não ocorreu diferença para MSPA. Mas para *C. estrellensis*, quando utilizado o substrato T1 os ganhos foram de 19,37% (Tabela 8).

Ao analisar o sistema radicular por meio da MSR (tabela 8), verificou-se diferenças entre os tipos de substrato. Para *C. estrellensis* e *C. trichotoma* o T3 foi o responsável pela maior massa de raiz, já para *C. legalis* e *C. alliodora* o T2.

Para a *C. trichotoma* percebeu-se que o desenvolvimento da MSR foi inversamente proporcional a concentração de CCP. Este fato pode estar conectado às características físicas do composto de casca de pinus que forma o T1, ele consegue reter mais umidade que os demais (Tabela 1). Para Xavier et al. (2021) o excesso de água no sistema radicular prejudica o enraizamento devido à inibição das trocas gasosas, favorecimento do desenvolvimento de doenças, e pode causar calos.

Os valores da RH/DC e RHMSPA ignoram o sistema radicular e expressa um equilíbrio de crescimento da parte visível da planta (altura e diâmetro do coleto). Estes indicadores, considerados mais operacionais devido a facilidade de obtenção dos dados, são conhecidos como quociente de robustez que indica o grau de rustificação ou lenhificação das mudas. Para Gomes e Paiva (2013) quanto menores os seus valores, maior a capacidade de sobrevivência após o plantio.

Tabela 8 - Valores da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST) para mudas de *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, cultivadas em diferentes substratos aos 150 dias após o estaqueamento. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm

Espécie	Tipo de Substrato								
	MSPA			MSR			MST		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<i>C. estrellensis</i>	2,07Aa	1,67Ab	1,48Ab	0,53ABb	0,46Bb	0,81Aa	2,60Aa	2,13Aa	2,29Aa
<i>C. legalis</i>	0,80BCa	1,04Ba	1,19ABa	0,46ABa	0,54Ba	0,51Aa	1,26Ca	1,58Ba	1,69Ba
<i>C. alliodora</i>	1,20Ba	1,52Aa	1,15ABa	0,71Aa	0,88Aa	0,63Aa	1,92Bab	2,40Aa	1,78ABb
<i>C. trichotoma</i>	0,45Ca	0,75Ba	0,79Ba	0,20Bb	0,60ABa	0,66Aa	0,73Cb	1,43Ba	1,44 Ba

Dentro da mesma característica, mesmas letras maiúsculas na vertical (entre Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (entre Substrato) não diferem entre si teste de Tukey, ($p>0,05$).

Ao utilizar de forma isolada os indicadores RHDC e RHMSPA, verifica-se que as mudas mais rustificadas aos 150 dias de produção foram àquelas produzidas no T1 para todas as espécies (Tabela 9). Estes resultados demonstram que é mais desafiador realizar a rustificação das mudas produzidas no substrato T3. Porém não se pode ignorar que a formação radicular se desenvolveu melhor no T3 (Tabela 8), considerado como o maior desafio na propagação vegetativa via miniestquia.

Tabela 9 - Valores da relação altura diâmetro do coleto (RHDC), Valores da relação altura/matéria seca parte aérea (RHMSPA) para mudas de *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, produzidas em diferentes substratos aos 150 dias após o estaqueamento. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm

Espécie	Tipo de Substrato					
	RHDC			RHMSPA		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<i>C. estrellensis</i>	4,20 Ab	4,22 ABb	5,01 Aa	10,60 Bb	12,50 Bab	15,80 Ba
<i>C. legalis</i>	2,79 Bb	3,77 Ba	3,96 Ba	11,80 Ba	14,20 Ba	14,60 Ba
<i>C. alliodora</i>	2,94 Bb	4,92 Aa	5,09 Aa	7,70 Bb	9,70 Bb	14,70 Ba
<i>C. trichotoma</i>	2,60 Bb	4,26 ABa	3,68 Ba	28,90 Aa	23,31 Ab	23,30 Ab

Dentro da mesma característica, mesmas letras maiúsculas na vertical (entre Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (entre Substrato) não diferem entre si teste de Tukey, ($p>0,05$).

Araújo *et al.* (2018), relataram resultados de qualidade de mudas semínifero de *C. trichotoma* produzidas também no inverno com composto de casca de pinus e fibra de coco com RHMSPA de 10,06 aos 210 dias; já no verão os autores relataram valores de 17,87 aos 180 dias, indicando maior desafio na rustificação em períodos

mais quentes e que algumas espécies como *C. trichotoma* podem demandar mais tempo que os 150 dias para alcançarem maior grau de rustificação.

Gomes e Paiva (2013) afirmaram como sendo 2,0 a melhor RMSPAMSR para uma muda de boa qualidade. Neste trabalho *C. alliodora* e *C. legalis* cultivadas no substrato T2 obtiveram valores mais próximos de 2,0 para esse índice (Tabela 10).

Em relação ao IQD foi observado diferença significativa para o tipo de substrato para as *Cordias*, com o melhor índice obtido no substrato T1 para *Cordia alliodora* e o substrato T3 para a *Cordia trichotoma* (Tabela 9). Em relação às espécies, foi verificada diferença significativa somente para o substrato T1, onde a *C. estrellensis* e a *C. alliodora* apresentaram o melhor IQD.

Tabela 10 - Valores da relação matéria seca parte aérea/matéria seca de raiz (RMSPAMSR), para mudas *C. estrellensis*, *C. legalis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, produzidas em diferentes substratos aos 150 dias após o estaqueamento. T1 - 100% ccp + 0% cac + 0% vm; T2 - 33% ccp + 33,5% cac + 33,5% vm e T3 - 0% ccp + 50% cac + 50% vm

Espécie	Tipo de Substrato					
	RMSPAMSR			IQD		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
<i>C. estrellensis</i>	4,1 Aa	3,61 Aa	1,92 Ab	0,32 ABa	0,28 Aa	0,33 Aa
<i>C. legalis</i>	1,79 Ba	1,98 Ba	2,66 Aa	0,27 BCa	0,27 Aa	0,26 Aa
<i>C. alliodora</i>	1,72 Ba	1,99 Ba	1,91 Aa	0,42 Aa	0,35 Aab	0,26 Ab
<i>C. trichotoma</i>	1,85 Ba	1,12 Ba	1,2 Aa	0,17 Cb	0,27 Aa	0,29 Aa

Dentro da mesma característica, mesmas letras maiúsculas na vertical (entre Espécies) e mesmas letras minúsculas na horizontal (entre Substrato), não diferem entre si teste de Tukey, ($p > 0,05$)

Na literatura consultada verificou-se que para as espécies nativas, o IQD flutuou de 0,20 para *Myracrodruon urundeuva* aos 111 dias de produção (Justino *et al.* 2021), 0,81 para *Handroanthus heptaphyllus* aos 120 dias (Lisboa *et al.* 2018), 1,71 em *Moringa oleífera* aos 55 dias (Pereira *et al.* 2016), 1,12 a 3,45 para *Cordia trichotoma* com 210 dias no inverno e 180 dias no verão; (Araújo *et al.*, 2018). Estes valores demonstram que o potencial de produção de mudas nativas com qualidade é dependente e diretamente impactado pelos conhecimentos específicos de cada espécie em diferentes estações do ano.

Os valores encontrados neste trabalho para IQD, assim como para RHDC e RHMSPA, indicam oportunidade de desenvolvimento de pesquisas relacionadas a determinação de procedimentos operacionais para rustificação das mudas, pois os

melhores substratos para formação e desenvolvimento radicular e crescimento das mudas em altura não apresentaram os melhores para a rustificação.

Os resultados descritos demonstraram que a alteração no substrato para a produção de mudas via propagação vegetativa, utilizando miniestacas, apesar de contribuir com o índice de efetividade do viveiro (relação miniestaca colhida/ muda espedida) demanda estudos mais sistêmicos relacionados à alteração do procedimento operacional.

3.4 CONCLUSÕES

- O maior potencial de enraizamento foi obtido utilizando o substrato T3 para a *C. alliodora* (84,9%), *C. trichotoma* (70,8) e *C. estrellensis* (73,8%) e o substrato T2 para *C. legalis* (98,4);
- Para *C. estrellensis*, *C. alliodora* e *C. trichotoma*, indicou que o sucesso do processo de enraizamento das miniestacas é inversamente proporcional a concentração de composto de casca de pinus no substrato;
- A *C. trichotoma* mostrou-se a espécie mais desafiadora do ponto de vista de enraizamento das miniestacas, porém foi a mais impactada positivamente pela redução da quantidade de composto de casca de pinus no substrato, com ganhos de quase 80% de enraizamento;

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, E. F.; Gibson, E. L.; Santos, A. R.; Gonçalves, E. O.; Wendling, I. Alexandre, R. S.; Pola, L. A. V. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **Cerne**, v. 25, n. 3, p.314-325, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201925032647>

Araújo, M. M., Navroski, M. C., Schorn, L. A., Tabaldi, L. A., Rorato, D. G., Turchetto, F., Zavistanovicz, T. C., Berghetti, A. L. P., Aimi, S. C., Tonetto, T. S., Gasparin, E., M., Silva, M. R., Barbosa, F. M., De Lima, M. S. Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal. IN: Araújo, M. M., Navroski, M. C., Schorn, L. A. **Produção de sementes e mudas um enfoque à silvicultura** – Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 448 p.

Alfenas Batista, A. F.; Santos, G. A.; Silva, L. D.; Quevedo, F. F.; Assis, T. F. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of Eucalyptus in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v.78, n.2, p. 65-72, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/00049158.2015.1039162>

Carneiro, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

Carneiro, M. A. **Crescimento inicial e propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida Ex Steudel (Iouopardo)**. 2013. 65p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/mestrado-doutorado-agronomia/tese%20marco%20aur%c3%a9lio%20carneiro.pdf>

Ciriello, V.; Silva, M. K. F.; Pessanha, D. S.; Sato, L. M.; Pinã-Rodrigues, F. C. M.; Moraes, M. A.; Ciriello, E.; Barroso, D. G.; Freitas, M. L. M.; *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. In: **Silvicultura Tropical: O Potencial madeireiro e não madeireiro das espécies tropicais** – Sorocaba, SP ED. Dos Autores, 2021.

Cunha, A. C. M. C. M.; Wendling, I.; Souza Júnior, L. Miniestaquia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**, v.18, n.1, p.85-92, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5902/19805098513>

Cunha, A. C. M. C. M.; Paiva, H. N.; Leite, H. G.; Barros, N. F.; Leite, F. P.; Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.2, p.195-203, 2009 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000200001>

Dias, P.C.; Ataíde, G. da M.; Xavier, A.; Oliveira, L.S. de; Paiva, H.N. de. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, v.21, p.379-386, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201521031467>

Dias, P.C.; Xavier, A.; Oliveira, L.S. de; Paiva, H.N. de; Correia, A.C.G. Propagação vegetativa de progênies de meios irmãos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan) por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.36, p.389-399, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300001>

Dickson, A.; Leaf, A. L., Hosner, J. F. Quality appraisal os white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Mattawa, v. 44, n.2, p. 10-13, 1960. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

Endres, L., Marroquim, P. M. G., Santos, C. M., Souza, N. N. F. Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p.886-889, mai-jun, 2007 DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300046>

Faganello, L. R., Dranski, J. A. L., Malavasi, U. C., & Malavasi, M. de M. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (vell.) arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, 25(4), 2015 863–871. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509820584>

Fermino, M. H., Mieth, P., Análise de substratos par produção de mudas de espécies florestais. IN: Araujo, M. M., Navroski, M. C., Schorn, L. A. **Produção de sementes e mudas um enfoque à silvicultura** – Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 448 p.

Ferreira, E. M.; Alfenas, A. C.; Mafia, R.G.; Leite, H. G; Sartorio, R.C.; Filho, R. M. P. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de

Eucalyptus spp. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000200004>

Gatti, K. C.; Gonçalves, R. de C.; Xavier, A.; Paiva, H. de. Propagação vegetativa de jequitibá *Cariniana estrellensis* (Raddi) por miniestaquia. **Temas Agrários**, v.16, p.54-63, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v16i2.691>

Gomes, J.; M & Paiva, H.; **N Viveiros Florestais Propagação sexuada Viçosa MG** 1º ed. 2º reimpressão Ed UFV, 2013 116p.

Hernandez, W.; Xavier, A.; Paiva, H.N. de; Wendling, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v.37, p.955-967, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500018>

Hernandez, W.; Xavier, A.; Paiva, H.N. de; Wendling, I. Propagação vegetativa do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia. **Revista Árvore**, v.36, p.813-823, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000500003>
Valmorbida

Justino, S. T. P., Arriel, E. F., Luz, M. N., Silva, R. P. S., França, G. M., Ferreira, C. D., Leite, Leite, J. A., M. J. H., Avaliação da qualidade de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão, clonadas por miniestaquia com uso de extrato de *Cyperus rotundus*. IN: Oliveira, R. j., **Silvicultura e manejo florestal: técnica de utilização e conservação da natureza**: Volume 1, Guarujá SP: Científica Digital, 2021 Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/books/978-65-87196-69-5.pdf>

Kielse, P.; Bisognin, D. A.; Heberle, M.; Fleig, F. D.; Xavier, A.; Rauber, M.A. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel por estaquia radicular. **Revista Árvore**, v.37, p.59-66, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100007>

Kielse, P.; Bisognin, D.A.; Haygert, K.L.; Mello, U.S.; Pimentel, N.; Raube, M.A. Production and rooting of cordia - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. mini-cuttings collected from ministumps of asexual and seminal origin. **Ciência Rural**, v.45, p.1164-1166, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131011>

Lisboa, A. C. Melo Junior, C. J. A. H.; Tavares, F. P. A. Almeida, R. B.; Melo, J. A.; Magistrali, I, C. Crescimento e qualidade de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato com esterco bovino. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, n. 93 p. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201701485>

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 7. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.01, 2016a.

Lorenzi, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol.02, 2016b.

Mantovani, N., Roveda, M., Tres, L., Fortes, F. de O., Grando, M. F. Cultivo de Canafistula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por

miniéstacas. **Ciência Florestal**, 27(1), 2017 225–236. DOI <https://doi.org/10.5902/1980509826461>

Melo, L. A.; Xavier, A.; Paiva, H. N.; Borges, S. R. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniéstacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 759-767, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500001>

Menezes, A.; Sampaio, P. T. B. Blind, A. D., Propagação de pau-rosa (*Aniba Rosaeodora* Ducke) por estacas e miniéstacas. **Nucleus**, v.15, n.1, abr .2018 <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1829>

Pedroso, E. J., **Enraizamento de miniéstacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidades de radiação solar**. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/9803/1/texto%20completo.pdf>

Peña Peña, M.L.; Zanette, F.; Biasi, L.A. Época de coleta e ácido indolbutírico no enraizamento de miniéstacas de pitangueira. Semina: **Ciências Agrárias**, v.36, p.3055-3068, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p3055>

Pereira, K. T. O.; Oliveira, F. A.; Cavalcante, A. L. G.; Dantas, R. P.; Oliveira, M. K.T.; Costa, J. P.G.M. Qualidade de mudas de moringa sob diferentes níveis de nutrientes aplicados via fertirrigação. **Pesquisa florestal brasileira**. v. 36, n. 88, p. 497-504, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1038>

Rolim, S. G.; Pioto, D.; Carvalho, Alexandre Monteiro; Latorraca, João Vicente Ferreira, M. E. S; Sakai, E. S.; Jesus, R. M. Crescimento e Característica da Madeira de Espécies Arbóreas em Experimentos Silviculturais no Norte do Espírito Santo. In: Samir G. Rolim; Daniel Pioto. (Org.). **Silvicultura e Tecnologia de Espécies da Mata Atlântica**. 1ed. Belo Horizonte: Editora Rona, 2018, v. 1, p. 53-159.

Santos, G. A. 2002. **Propagação vegetativa de Mogno, Cedro-rosa, Jequitibá-rosa e Angico vermelho por miniestaquia**. Viçosa, MG: UFV, 75 f. Monografia de Graduação. Universidade Federal de Viçosa.

Wendling, I.; Stuepp, C.A.; Zuffellato-RIBÁS, K.C. Rooting of *Araucaria angustifolia*: types of cuttings and stock plants sex. **Revista Árvore**, v.40, p.1013-1021, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000600006>

Wilson, P. J. Environmental preferences of *Eucalyptus globulus* stem cuttings in one nursery. **Journal of Forestry Science**, New Zealand v.28, n.3, p.304-315, 1998. Disponível em: https://www.scionresearch.com/_data/assets/pdf_file/0008/17189/NZJFS2831998-WILSON304-315.pdf

Xavier, A. Wendling, I. Silva, R. L. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: 3ªed. UFV, 2021. P.293

4. CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos objetivos propostos em determinar procedimento operacional para produção de mudas nativas via propagação vegetativa, quantificando a produtividade das minicepas em diferentes estações do ano e utilizando indicadores operacionais como potencial máximo de enraizamento, tempo ótimo em casa de vegetação e qualidade morfológica das mudas para selecionar o padrão de miniestacas e do substrato para *Cariniana legalis*; *Cariniana estrellensis*, *Cordia alliodora* e *Cordia trichotoma*, pode-se concluir:

- Com base nos resultados obtidos para a produção de miniestacas em minijardim clonal de *C. legalis*, *C. estrellensis*, *C. alliodora* e a *C. trichotoma* em diferentes estações do ano indica viabilidade do protocolo aplicado. No entanto, todas as espécies estudadas são impactadas significativamente pelas estações do ano, com reduções de quase 50% entre o verão e o inverno.
- Ambas as miniestacas testadas foram eficientes na produção de mudas, mas o uso de miniestaca apical deve ser priorizado, visto a média do potencial máximo de enraizamento para miniestacas apicais (75,7%), entre as espécies estudadas, ser significativamente maior que o resultado para miniestacas basais (53,9%);
- A *C. trichotoma* mostrou-se a espécie mais desafiadora do ponto de vista de enraizamento das miniestacas, porém foi a mais impactada positivamente pelo uso de miniestacas apicais e a redução da quantidade de composto de casca de pinus no substrato;
- Os melhores substratos para formação e desenvolvimento radicular e crescimento das mudas T3 e T2 não foram os melhores para a rustificação, impactando negativamente a qualidade morfológica das mudas a serem expedidas.