



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

BRUNA TOMAZ SANT'ANA

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA
ATLÂNTICA**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2021

BRUNA TOMAZ SANT'ANA

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA
ATLÂNTICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientadora: Prof. D.Sca. Elzimar de Oliveira Gonçalves

Coorientador: Prof. D.Sc. Marcos Vinicius Winckler Caldeira

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2021

ii

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S231p Sant'Ana, Bruna Tomaz, 1991-
PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES
FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA / Bruna Tomaz
Sant'Ana. - 2021.
101 f. : il.

Orientadora: Elzimar de Oliveira Gonçalves.

Coorientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias.

1. Conservação. 2. Mudas. 3. Espécies extinção. 4. Plantas-
propagação. 5. Mata Atlântica. I. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. II.
Winckler Caldeira, Marcos Vinicius. III. Universidade Federal
do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.
IV. Título.

CDU: 630*38

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA ATLÂNTICA

Bruna Tomaz Sant'Ana

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 24 de maio de 2021.



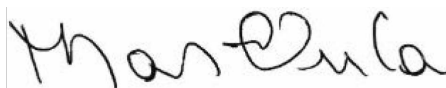
Profa. Dra. Deborah Guerra Barroso (Examinadora externa)
UENF-Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro



Profa. Dra. Miranda Titon (Examinadora externa)
UFVJM-Universidade Federal dos Vales de Jequitinhonha e Mucuri



Prof. Dra. Fabiana Schmidt Bandeira Peres (Examinadora externa)
UNICENTRO-Universidade Estadual do Centro-Oeste



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira (Coorientador)
Universidade Federal do Espírito Santo



Profa. Dra. Elizimar de Oliveira Gonçalves (Orientadora)
Universidade Federal do Espírito Santo

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo, meus pais, meus irmãos e ao meu querido avô que nos deixou na pandemia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que iluminou o meu caminho, de forma que pudesse concluir este trabalho.

A Universidade Federal do Espírito Santo e em especial ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, pela oportunidade e realização do curso de doutorado.

A minha orientadora, Prof^a Elzimar de Oliveira Gonçalves, pelo acolhimento e confiança no trabalho por mim desenvolvido, muito obrigado. Ao meu co-orientador, Prof^o Marcos Vinicius Winckler Caldeira pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa e apoio.

A Prof^a Maria Christina Junger Delôgo Dardengo, por ter acreditado em mim desde o início, por ser minha maior incentivadora e que muito contribuiu para meu crescimento.

Ao laboratório de Química e de Fitotecnia do Instituto Federal do Espírito Santo-Campus de Alegre- ES, pela disponibilização de insumos, equipamentos e tudo o mais necessário para o desenvolvimento desta pesquisa, em especial aos técnicos do Laboratório, Adriano Azevedo e Jaqueline de Lima Souza e aos colegas Marcos Brito Piasse e Laís Barboza Rozaes.

Ao laboratório de Biociências e Biotecnologia – LBCT do setor de Anatomia Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro- UENF, Campos dos Goytacazes- RJ, pela disponibilidade em auxiliar a realização das análises, em especial as professoras Maura da Cunha e Deborah Guerra Barroso e a técnica de Laboratório Camila Ribeiro Alexandrino, que não mediram esforços pra que fossem realizadas as análises, em meio à pandemia do coronavírus, meu muito obrigado. Aos colegas da UENF, Giovana de Carvalho e Rafael Nunes de Almeida, pelo auxílio durante as análises realizadas.

Ao funcionário do viveiro, Otávio Paiva pela sua colaboração em diferentes momentos ao longo da pesquisa.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite de participar da defesa.

À FAPES, pelo apoio financeiro da pesquisa, por meio do Edital FAPES/CNPq Nº 23/2018 – PRONEM (Termo de Outorga 589/2018 e Processo Nº 84532041).

A todos os colegas e professores do programa que contribuíram de alguma forma com o trabalho desenvolvido.

BIOGRAFIA

Bruna Tomaz Sant'Ana, nascida em 30 de junho de 1991 na cidade de Lúna, ES, filha de José Augusto Sant'Ana e Vânia Maria Silveira Tomaz. Tem curso técnico em Agropecuária e em Cafeicultura, pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Graduação em Ciências Biológicas também pelo Ifes- Campus de Alegre. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica- PIBIC/CAPES de 2011 a 2012. Em 2015 ingressou no Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGCFL-UFES), na linha de pesquisa Silvicultura. Seguindo em 2017 para o doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, na linha de pesquisa Silvicultura, onde desenvolveu pesquisas com espécies florestais nativas da Mata Atlântica.

RESUMO

SANT'ANA, Bruna Tomaz. **Propagação vegetativa de espécies florestais nativas da Mata Atlântica**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientadora: Elzimar de Oliveira Gonçalves. Coorientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

A propagação vegetativa tem potencial para ser utilizada em espécies florestais nativas, principalmente para aquelas que apresentam dificuldades na propagação por sementes, podendo ser utilizadas para fins comerciais, bem como auxiliar no resgate e conservação de recursos genéticos florestais. O objetivo deste estudo foi estudar a propagação vegetativa de três espécies florestais nativas da Mata Atlântica. Os experimentos foram realizados no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo, município de Jerônimo Monteiro-ES. A tese foi estruturada em três capítulos. No capítulo 1, estudou-se a miniestaquia para a espécie de *Cariniana legalis*, avaliando a influência das doses de nitrogênio na produtividade das minicepas e no enraizamento de miniestacas. Para isso, foram testadas cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹) nas minicepas, com cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Para o enraizamento, foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x 5, ou seja, dois tipos de miniestacas (apical e intermediária) e cinco doses de N das minicepas (0, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹). A aplicação da dose 200 mg L⁻¹ de N teve influência no enraizamento do jequitibá-rosa pela miniestaquia. No capítulo 2, a espécie estudada foi a *Paratecoma peroba*, onde se avaliou a resposta da produção de brotações viáveis de miniestacas submetendo as minicepas de dois anos de idade a dois fatores: poda e fertilizante de liberação controlada. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, com três alturas de poda x cinco doses de fertilizante de liberação controlada (0, 2; 4; 6 e 8 kg m⁻³). A indução das brotações por meio da poda foi eficiente para o revigoramento das minicepas sendo produzida maior

quantidade de brotos quando submetidas à poda na altura de 20 cm, recomendando-se a altura de 20 cm para a produção e enraizamento de miniestacas de *Paratecoma peroba*. No capítulo 3 estudou-se a propagação vegetativa da espécie *Lecythis pisonis*. Para isto, avaliou-se a influência da idade das diferentes coletas das mudas (30, 60 e 90 dias) no enraizamento de miniestacas provenientes do ápice das mudas. , e a maior porcentagem foi obtida em miniestacas provenientes de mudas podadas aos 30 dias. A presença de bainha diferenciada na periderme, possivelmente constitui uma barreira anatômica em *Lecythis pisonis*.

Palavras-chave: Enraizamento adventício; fertilização nitrogenada; revigoramento; miniestaquia; barreira anatômica.

ABSTRACT

SANT'ANA, Bruna Tomaz. Propagation vegetative of species natives of Mata Atlântica. 2021. Thesis (Doctorate in Forest Sciences) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Elzimar de Oliveira Gonçalves. Co-advisor: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Vegetative propagation has the potential to be used in native forest species, especially for those that have difficulties in propagating seeds, and can be used for commercial purposes, as well as assisting in the rescue and conservation of forest genetic resources. The aim of this study was to study the vegetative propagation of three forest species native to the Atlantic Forest. The experiments were carried out at the Department of Forestry and Wood Sciences of the Center for Agricultural Sciences and Engineering to the Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES. The thesis was structured in three chapters. In chapter 1, mini-cutting was studied for the species of jequitibá-rosa, evaluating the influence of nitrogen doses on the productivity of the mini-stumps and the rooting of mini-cuttings. For this, five nitrogen doses (0, 50, 100, 200 and 400 mg L⁻¹) were tested in the mini-stumps, with five replications, in a completely randomized design. For rooting, a completely randomized design was adopted, in a 2x5 factorial scheme, that is, two types of minicuttings (apical and intermediate) and five doses of nitrogen from the mini-stumps (0, 50, 100, 200 and 400 mg L⁻¹). The application of the 200 mg L⁻¹ dose of nitrogen showed significant effects on the rooting of the jequitibá rosa by mini-cutting. In chapter 2, the species studied was *Paratecoma peroba*, and the aim was to evaluate the response of the production of viable sprouting for the production of minicuttings, subjecting the mini-stumps to two factors: pruning and controlled release fertilizer. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 3x5 factorial scheme, with three pruning heights x five doses of CRF (0, 2, 4, 6 and 8 kg m⁻³). Sprouting induction through pruning was effective for invigorating mini-stumps; more sprouts are being produced when subjected to stripping at a height of 20 cm, recommending a height of 20 cm for the production and rooting of mini cuttings of *Paratecoma peroba*. In chapter 3, the vegetative propagation of the species *Lecythis pisonis* was studied. For this,

the influence of the age of the seedlings (30, 60 and 90 days) on the rooting of mini-cuttings from the apex of the seedlings was evaluated. The age of the seedlings influenced the rooting, and the highest percentage was obtained from seedlings aged 30 days. The presence of a differentiated sheath in the periderm, possibly constitutes an anatomical barrier in *Lecythis pisonis*.

Keywords: Adventitious rooting; clonal forestry; mini-cutting; juvenility.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2. 1 Propagação vegetativa de espécies florestais nativas.....	12
2. 2 Fatores que influenciam o enraizamento adventício	13
2. 2. 1 Nutrição mineral da planta matriz.....	13
2. 2. 2 Juvenilidade dos propágulos.....	16
3 REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 1: Adubação minieral influencia a miniestaquia de <i>Cariniana legalis</i> (Raddi) KUNTZE	24
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
2.1 Área de estudo e formação do minijardim clonal	29
2.2. Nutrição das minicepas	29
2.3 Preparo das estacas para enraizamento	31
2.4 Avaliação da produtividade e caracterização do minijardim multiclonal	32
2.4.1 Teor de clorofila das minicepas.....	32
2.4.2 Teor nutricional das minicepas.....	34
2.4.3 Análises bioquímicas	34
2.4.3.1 Preparo das amostras	34
2.4.3.2 Determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta.....	35
2.4.3.3 Determinação dos teores de açúcares totais	36
2.5. Avaliação do enraizamento das miniestacas aos 120 dias após o estaqueamento	37
2.5.1 Área foliar das miniestacas	37
2.5.2 Massa seca de parte aérea.....	38
2.5.3 Características das raízes.....	38
2.5.4 Massa seca da raiz	38
2.6 Análise dos dados	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.1 Efeito do N nas minicepas	40
3.2 Efeito do N na sobrevivência e no enraizamento das miniestacas	45
4 CONCLUSÕES.....	53
5 REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO 2- REVIGORAMENTO DE MINIJARDIM DE <i>Paratecoma peroba</i> AOS DOIS ANOS APÓS SUA INSTALAÇÃO	60

1 INTRODUÇÃO.....	62
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1 Caracterização do local	65
2.2 Formação e manejo do minijardim.....	65
2.3 Preparo das miniestacas	67
2.4 Avaliações.....	68
2.5 Análise dos dados	68
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
3.1 Enraizamento e sobrevivência das miniestacas coletadas antes da poda	69
3.2 Sobrevivência e produtividade das minicepas, enraizamento e sobrevivência das miniestacas	69
4. CONCLUSÕES.....	76
5 REFERÊNCIAS	77
CAPÍTULO 3: ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE SAPUCAIA (<i>Lecythis pisonis</i> Camb.) PROVENIENTES DE MUDAS DE DIFERENTES IDADES	
1 INTRODUÇÃO.....	83
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
2.1 Área de estudo.....	85
2.2 Estabelecimento e condução do experimento	86
2.3 Preparo das miniestacas	86
2.4 Avaliações das miniestacas aos 90 dias em casa de vegetação	87
2.5 Avaliações das mudas formadas aos 180 dias após o estaqueamento em casa de sombra	88
2.5.1 Área foliar das mudas	88
2.5.2 Massa seca de parte aérea.....	88
2.5.3 Características das raízes.....	89
2.5.4 Massa seca da raiz	89
2.6 Análises anatômicas	89
2.7 Análise dos dados	90
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4 CONCLUSÕES.....	97
5 REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica é um dos mais importantes hotspots de biodiversidade (Muylaert et al., 2018) e constitui-se num dos biomas mais ameaçados (Cunha et al., 2019), devido à intensa exploração de suas espécies.

Dentre as que ocorrem na Mata Atlântica têm-se a peroba amarela (*Paratecoma peroba* (Record) Kuhlmann) e o jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze), que encontram-se em risco de extinção, na classificação *Em perigo* (MARTINELLI e MORAES, 2013; MMA, 2017). A espécie sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) apresenta baixa frequência natural nas matas, principalmente pelo florescimento esporádico, e pela predação de suas sementes, que são comestíveis (WICKENS, 1991).

Nesse sentido, o interesse no conhecimento das espécies nativas brasileiras tem aumentado, devido à necessidade de recuperação de áreas degradadas e a demanda por produtos de origem florestal, incluindo a importância dos métodos eficientes de produção de mudas (HEID et al., 2018).

Contudo, o uso exclusivo da propagação seminal para espécies nativas, em muitas situações, tem limitado a produção de mudas, visto que as sementes dessas espécies muitas vezes possuem algum fator limitante (MOURA et al., 2020).

Assim, uma alternativa para superação das dificuldades na propagação via sementes de espécies florestais nativas é a propagação vegetativa (DIAS et al., 2012). Entretanto, o uso da propagação vegetativa em espécies nativas envolve vários fatores, como a capacidade de enraizamento da espécie, a nutrição e idade da planta matriz, a juvenilidade dos propágulos utilizados, entre outros, que devem ser estudados para a obtenção de mudas de qualidade.

Um dos fatores mais limitantes à aplicação de técnicas de propagação em silvicultura clonal de espécies arbóreas nativas se deve à falta de conhecimento sobre o uso potencial, tecnologias de produção e gestão, seja para fins produtivos ou ambientais (STUEPP et al., 2018).

Dessa forma, estudos que envolvem a propagação vegetativa de espécies florestais nativas são importantes, principalmente para aquelas que se encontram ameaçadas de extinção. Diante do exposto, o objetivo do

trabalho foi avaliar a miniestaquia como técnica de propagação vegetativa para três espécies florestais nativas ocorrentes da Mata Atlântica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2. 1 Propagação vegetativa de espécies florestais nativas

A propagação das espécies nativas tem sido foco de diversos estudos, devido à necessidade da restauração florestal e às pressões ambientais em relação à perda de material genético de grande importância econômica e ecológica (DIAS et al., 2015).

O desenvolvimento da silvicultura de espécies nativas é necessário para promover o desenvolvimento do setor florestal no Brasil e contribuir para que o país atinja as metas climáticas da CND (Contribuição Nacionalmente Determinada) (ROLIM et al., 2020). Dessa forma, a silvicultura com espécies nativas tem o potencial de reduzir o desmatamento e a degradação florestal, conservar a biodiversidade, sequestrar carbono, gerar emprego e renda, bem como atrair investimentos (PIOTTO et al., 2021).

Contudo, a possibilidade de utilização de espécies nativas em maior escala, tanto para fins comerciais quanto para a revegetação de áreas degradadas depende da disponibilidade de sementes bem como o domínio dos métodos de produção de mudas (CARVALHO et al., 2020).

A propagação de grande parte das espécies florestais nativas no Brasil é realizada por sementes e, muitas dessas, apresentam algum tipo de limitação quanto à produção de mudas para atender a demanda comercial (XAVIER et al., 2013). Nesse caso, o uso da propagação vegetativa na produção de mudas é justificado quando há disponibilidade de genótipos de alta produtividade e/ou a semente é insumo limitado (XAVIER et al., 2003).

Diversos estudos têm evidenciado a eficiência da propagação vegetativa em espécies florestais nativas, apresentando resultados satisfatórios de enraizamento adventício. Como observado nas pesquisas com miniestaquia seminal de *Paratecoma peroba* conduzidas por Araujo et al. (2019, 2020), assim como, na miniestaquia de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) com ácido indolbutírico e substratos (Moura et al., 2019). Em miniestacas de Ipê Amarelo (*Handroanthus chrysotrichus*) com aplicação de regulador de crescimento do extrato aquoso dos tubérculos de tiririca (Oliveira Junior et al., 2020).

Na miniestaquia de *Richeria grandis*, com aplicação de regular de crescimento (Moura et al., 2020). Por meio da miniestaquia de *Jacaranda mimosifolia* Carvalho et al. (2020) avaliaram o potencial de formação de mudas clonais. Com miniestaquia de *Anadenanthera macrocarpa* e o efeito da redução da área foliar de miniestacas apicais e intermediárias e com diferentes substratos, realizada por Dias et al. (2015). Na miniestaquia de *Cariniana estrellensis* utilizando minicepas seminais apresentada por Gatti et al. (2011) e Hernandez et al. (2013).

Oliveira et al. (2015; 2016) com *Handroanthus heptaphyllus*, avaliando o efeito do tipo de miniestacas e a aplicação de ácido indolbutírico. Com miniestacass de *Cedrela fissilis* submetidas a diferentes dosagens do regulador de crescimento AIB, apresentado por Xavier et al. (2003). Em *Araucaria angustifolia* ao avaliar o efeito da sazonalidade e de soluções nutritivas na produção, sobrevivência, enraizamento e vigor radicial de miniestacas juvenis, apresentado por Pires et al. (2013).

Diante do exposto, há grande potencial de uso de espécies arbóreas nativas na silvicultura clonal brasileira (Stueep et al., 2018), contudo, ainda há necessidade de maior aprofundamento nos estudos de propagação vegetativa com espécies nativas, principalmente para as espécies que apresentam dificuldade de enraizamento.

2. 2 Fatores que influenciam o enraizamento adventício

O processo de formação das raízes envolve diversos fatores como condições fisiológicas das plantas matrizes, juvenilidade dos propágulos, balanço hormonal, aplicação de reguladores vegetais (Zhang et al., 2016), além da condição nutricional, maturidade, barreiras anatômicas, tipo de substrato, tipo de estaca, época do ano e genótipo (Dias et al., 2012).

2. 2. 1 Nutrição mineral da planta matriz

O conhecimento dos efeitos da nutrição mineral sobre a fisiologia vegetal de espécies nativas é um importante auxílio para que se obtenha o sucesso

desejado quando estas são usadas no reflorestamento ou na recuperação de áreas degradadas (ANDRADE e BOARETTO, 2019).

A nutrição mineral é considerada fator determinante para a predisposição ao enraizamento, tendo em vista o seu envolvimento na formação de raízes adventícias, bem como, a modulação do comprimento e densidade das mesmas (Cunha et al., 2009), por determinar a quantidade de carboidratos, auxinas e outros compostos do metabolismo, essenciais para a iniciação e desenvolvimento da rizogênese (MALAVOLTA, 2006).

Durante o processo de propagação clonal devem ser fornecidas às estacas, através das plantas matrizes, a concentração dos nutrientes minerais necessários para que ocorra enraizamento (CUNHA et al., 2009; Currey e Lopez. 2014).

Dessa forma, qualquer nutriente que esteja envolvido nos processos metabólicos associados à diferenciação e formação do meristema radicular é essencial para a iniciação radicular (MALAVASI, 1994).

Um desses nutrientes requeridos no processo de rizogênese é o nitrogênio (N), de modo que, diversos estudos têm evidenciado a sua importância para a propagação de plantas, tanto na produção de minicepas quanto no enraizamento de miniestacas.

O nitrogênio pode influenciar a produção e o enraizamento de estacas por fazer parte de inúmeros compostos (Otiende et al., 2017) e estar diretamente relacionado com a capacidade fotossintética das plantas (Rocha et al., 2015), além de participar da síntese de ácidos nucleicos e proteínas (MALAVASI, 1994). Além disso, por influenciar principalmente o crescimento da parte aérea o nitrogênio pode aumentar significativamente a produção de estacas (ROCHA et al., 2015).

A relação existente entre o conteúdo de carboidrato e nitrogênio tem demonstrado que uma elevada relação C/N em matrizes doadoras de propágulos consiste numa condição ótima para o enraizamento de estacas lenhosas (HARTMANN et al., 2011; TSAFOUROS et al., 2019).

No enraizamento de estacas de amoreira-preta foi constatado por Picolotto et al. (2015), o aumento linear do enraizamento e do número de raízes por estaca com o acréscimo da dose de N aplicadas na planta matriz.

Brondani et al. (2014). avaliaram os teores foliares nutricionais de minicepas de *Eucalyptus benthamii* ao longo de sucessivas coletas de brotações e verificaram que os teores foliares de macro e micronutrientes variaram significativamente, ressaltando ainda que as concentrações de N foram classificadas como deficientes independentemente da solução nutritiva, indicando que a concentração de N na solução nutritiva pode ser aumentada de acordo com as necessidades nutricionais.

Os resultados obtidos no estudo de Duarte et al., (2020), indicam que há limites para a disponibilidade de nitrogênio para as minicepas de *Ilex paraguariensis*, e o excesso deste nutriente pode ocasionar a redução do enraizamento das miniestacas, além de prejuízo na produtividade das minicepas.

Em relação às matrizes doadoras de propágulos, Freitas et al. (2017) estudaram o efeito das concentrações de nitrogênio na produtividade de minicepas e o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. Os autores observaram que o nitrogênio influenciou positivamente a produtividade das minicepas em 80% dos clones testados. Rocha et al. (2015) também observaram correlações positivas entre a produtividade das minicepas e o teor de nitrogênio nos tecidos vegetais de miniestacas de eucalipto.

Oliveira et al. (2019) avaliaram a produtividade do minijardim, os nutrientes exportados pelas brotações de três clones de *Toona ciliata* var. *australis* e o consumo total destes nutrientes durante o período de produção. Os autores observaram que a partir da 10ª coleta de miniestacas é indicada a reposição nutricional visando manter a produtividade do minijardim sempre constante, sendo o nitrogênio um dos nutrientes mais exportados pelas coletas das brotações.

Em minicepas de cedro-australiano, Souza et al. (2015) verificaram que níveis elevados de nutrientes nas brotações das minicepas, em específico o nitrogênio, favorecem a produtividade do minijardim clonal, relacionando a produtividade de minicepas à nutrição mineral da planta matriz.

Entretanto, Carvalho Neto et al. (2011) estudaram a influência da adubação NPK na produção e nos teores de nutrientes foliares em miniestacas de eucalipto e observaram efeito significativo apenas para as doses de N isoladamente, para as variáveis de número e massa seca de miniestacas por

minicepa foi constatado efeito linear decrescente com o aumento das doses de N.

Estudando a nutrição mineral com nitrogênio na propagação clonal de *Pinus pinaster*, Martínez-Alonso et al. (2012) correlacionaram as concentrações de N nas minicepas com as percentagens de enraizamento. O trabalho verificou ainda que o tratamento com maiores concentrações de nitrogênio influenciou significativamente o processo de enraizamento, assim como o comprimento, área e volume de raízes.

Diante do exposto, depreende-se que a nutrição mineral tem efeito sobre o minijardim, assim como na produtividade das miniestacas, podendo influenciar o enraizamento adventício, contudo, ainda são necessários estudos com enfoque nas espécies nativas.

2. 2. 2 Juvenilidade dos propágulos

A compreensão dos mecanismos envolvidos na maturação em espécies arbóreas tem contribuído de forma significativa ao processo de propagação vegetativa de espécies nativas, com consequente aplicação da silvicultura clonal (STUEPP et al., 2018).

A obtenção de material vegetativo com grau de juvenilidade adequado é um dos fatores que tem limitado a propagação vegetativa de espécies nativas (DIAS et al., 2012).

Nesse sentido, a maturação em espécies florestais ocasiona alterações nas características de crescimento, morfologia foliar, além de alterações fisiológicas e bioquímicas (WENDLING et al., 2014a). Nas espécies florestais há um gradiente de maturação da base para o ápice da árvore decorrente do envelhecimento ontogenético da planta (HARTMANN et al., 2011; XAVIER et al., 2013).

Uma das expressões mais consistentes da maturação de plantas lenhosas é o potencial de regeneração reduzido, além de um declínio na capacidade de enraizamento e vigor das estacas (WENDLING et al., 2014a).

Contudo, para a maioria das espécies ainda não está claramente definida a transição da fase juvenil para a adulta, pois algumas regiões da

planta podem se apresentar maduras ou senescentes, enquanto outras ainda exibem características juvenis (GREENWOOD, 1995).

Assim, o material vegetal que contém características juvenis possui maior capacidade de enraizamento que materiais adultos, por apresentar condições fisiológicas, como o balanço hormonal, que favorecem o enraizamento, além de apresentarem menor quantidade de inibidores do enraizamento, como também menor lignificação dos tecidos (HARTMANN et al. 2011; STUEPP et al., 2018).

Dessa forma, o grau de juvenilidade dos propágulos é um fator preponderante para formação de raízes (ROCHA et al., 2015). Em miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus*, Oliveira et al. (2016) observaram que o grau de juvenilidade e o balanço hormonal interno dos propágulos utilizados foram eficientes em estimular a emissão das raízes.

Em indivíduos adultos são necessários a utilização de brotos fisiologicamente juvenis (WENDLING et al., 2013). Podendo ser obtidos por meio da indução de brotações basais, sem o corte da raiz, que permite a obtenção de propágulos com maior grau de juvenilidade e mais propensos ao enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2009), com o objetivo de resgatar o material genético sem eliminar a planta matriz (MELO et al., 2012; WENDLING et al., 2013).

De acordo com Wendling e Xavier (2001), o revigoramento consiste na aplicação de práticas, tais como, adubação, irrigação, sombreamento, podas, controle de pragas e doenças etc., que visem retornar a planta a um estado de alto vigor fisiológico.

Assim, a indução de brotações basais pode ser eficiente, pois permite a obtenção de propágulos com maior grau de juvenilidade e mais propensos ao enraizamento adventício (ALFENAS et al., 2009).

Dentre as técnicas utilizadas para a indução de brotações de árvores adultas, a poda tem apresentado resultados satisfatórios para diversas espécies. Em estudo realizado com *Anadenanthera macrocarpa*, Dias et al. (2015) relataram que o resgate e a propagação vegetativa de árvores adultas de *A. macrocarpa* foi tecnicamente eficiente, pelo uso de brotações com maior grau de juvenilidade.

Stuepp et al. (2015) estudando a estaquia de árvores adultas de *Ilex paraguariensis* consideraram que a utilização de brotações rejuvenescidas por meio da decepa, otimizou o enraizamento de estacas da espécie. Na propagação vegetativa de *Vochysia bifalcata*, Rickli et al. (2015) relataram que o uso de brotações epicórmicas induzidas por decepa proporcionou melhor enraizamento adventício do que de envergadura do caule, não necessitando da aplicação de ácido indolilbutírico (AIB).

Para que esta técnica se torne viável à propagação de espécies florestais nativas, muito ainda deve ser explorado em relação ao rejuvenescimento dos propágulos visando à restauração da competência ao enraizamento (DIAS et al., 2012).

Portanto, o desenvolvimento de estudos que envolvam o uso de técnicas de revigoramento, para obtenção de propágulos com maior grau de juvenilidade na propagação de espécies nativas pode contribuir com a silvicultura clonal dessas espécies.

3 REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2 ed. Viçosa. UFV. 2009. 500p.

ANDRADE, M, L. F. de; BOARETTO, A. E. Deficiência de macronutrientes em *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kintze. **Ciência Florestal**. v. 29, n. 2, p. 811-823, 2019.

ARAÚJO, E. F. et al. Adubo de liberação controlada no enraizamento e desempenho de clones de *Paratecoma peroba*. **CERNE**, v..26, n .2, 2020.

ARAÚJO, E. F. et al. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **CERNE**, v. 25, n. 3, p.314-325, 2019.

CARVALHO, A. de. O. et al. Propagação vegetativa de espécies florestais da Amazônia. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 10, p. 83417-83430, 2020.

CARVALHO NETO, J. P. et al. Effect of npk fertilization on production and leaf nutrient content of eucalyptus minicuttings in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 249-254, 2011.

CUNHA, A. de. A. et al. Mata Atlântica Legal: integrando as visões da biogeografia às políticas públicas para conservação de um hotspot de biodiversidade. **Sustainability in Debate**, v. 10, n.3, p. 337-353, 2019.

CUNHA, A. C. M. C. M. da. et al. Papel da Nutrição Mineral na Formação de Raízes Adventícias em Plantas Lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35-47, 2009.

CURREY, C. J.; LOPEZ, R. G. Controlled-release Fertilizer during Cutting Propagation Affects Growth and Tissue Nutrient Concentrations of Rooted Cuttings of Annual Bedding Plants. , **HortScience**, v. 49, n.2, p.152-159, 2014.

DIAS, P. C. et al. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 909-919, 2015.

DUARTE, M. M. et al. Adubação nitrogenada na miniestaquia de erva-mate. **Advances in Forestry Science**. v. 7, n. 2, p. 981-988, 2020.

FREITAS, A. F. de. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 193-202, 2017.

GATTI, K. C. et al. PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE JEQUITIBÁ *Cariniana estrellensis* (Raddi) POR MINIESTAQUIA. **Temas Agrários**. v.16, n. 2, p. 54-63, 2011.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 8th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

HEID, D. M. et al. Luminosidade, ácido indolbutírico e comprimentos de miniestacas na propagação de *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Revista Brasileira de Biociências**. v. 16, n.3, p. 73-80, 2018.

HERNANDEZ, W. et al. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-135, 1994.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARTÍNEZ -ALONSO, C. et al. Optimization of seasonality and mother plant nutrition for vegetative propagation of *Pinus pinaster* Ait **New Forests**, v. 43, p. 651–663, 2012.

MELO, L.A. et al. Methodology for stock plants rescue and cuttings rooting of *Eremanthus erythropappus*. **Revista Cerne**, v.18, n.4, 2012.

MOURA, C. C. et al. Propagação vegetativa de *Richeria grandis* Vahl. por miniestaquia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.15, n.4, e7930, p.1981-0997, 2020.

MOURA, L. C. et al. Ácido indolbutírico (AIB) e substratos na propagação vegetativa de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) por miniestaquia. **Advances in Forestry Science**. v. 6, n. 1, 2019.

MUYLAERT, R. L. et al. Uma nota sobre os limites territoriais da Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 3, p. 302–311, 2018.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C. de. et al. Enraizamento de *Handroanthus chrysotrichus* (mart. Ex dc.) via miniestaquia sob diferentes dosagens do extrato de *cyperus rotundus*. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n.12, p. 102703-102713, 2020.

OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. **Exigência nutricional e produtividade em minijardim clonal de *Toona ciliata* var. *australis***. *Ciencia Florestal*. v. 29, n. 3, p. 1154-1167, 2019

OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. Aplicação de aib e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**. v. 26, n.1, 2016.

OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. Produtividade de minijardim multiclonal e enraizamento de miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 6. n. 4. 2015.

OTIENDE, M. A. et al. Effects of cutting position of rose rootstock cultivars on rooting and its relationship with mineral nutrient content and endogenous carbohydrates. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 204-212, 2017.

PIOTTO, D. et al. Programa de pesquisa e desenvolvimento em silvicultura de espécies nativas. 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/prioridades-e-lacunas-de-pesquisa-edesenvolvimento-em-silvicultura-de-especies-nativas>.

PICOLOTTO, L. et al. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 294-300, 2015.

PIRES, P. et al. Ácido indolbutírico e ortotropismo na miniestaquia de *Araucaria angustifolia*. **Revista Árvore**, v.37, n.3, p.393-399, 2013.

ROCHA, J. H. T. et al. 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**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015.

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

SOUZA, J. S. de. et al. Produtividade de minicepas de cedro-australiano em função do teor inicial de nutrientes. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 617-624, 2015.

STUEPP, C.A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.53, n.9, p.985-1002, 2018.

TSAFOUROS, A. et al. Spatial and temporal changes of mineral nutrients and carbohydrates in cuttings of four stone fruit rootstocks and their contribution to rooting potential. **Scientia Horticulturae**, v. 253, p. 227-240, 2019.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-Part I: concepts, regulation and consequences of phase change. **New Forests**, v.1, p.1-23, 2014a.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. *Floresta e Ambiente*. v. 8, n.1, p.187 - 194, 2001.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.

XAVIER, A. et al. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**. v. 27, n.2, p.139-143, 2003.

ZHANG, W. et al. Mechanisms underlying the regulation of root formation in *Malus hupehensis* stem cuttings by using exogenous hormones. **Journal Plant Growth Regulation**. n. 35, p. 1-12, 2016.

CAPÍTULO 1: Adubação minieral influencia a miniestaquia de *Cariniana legalis* (Raddi) KUNTZE

RESUMO

O sucesso da propagação vegetativa via técnica de miniestaquia está relacionado a diversos fatores, dentre os quais o estado nutricional das plantas matrizes e dos propágulos. Dessa forma, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito das doses de nitrogênio na produtividade das minicepas e no enraizamento de miniestacas de jequitibá-rosa. O experimento foi realizado no Viveiro Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Foram testadas cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹) nas minicepas, com cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Avaliou-se a sobrevivência e produtividade das minicepas, teor de clorofila e teor nutricional das minicepas. Foram coletadas miniestacas para realização das análises bioquímicas (nitrogênio total, proteína bruta e determinação do teor de açúcares totais) e material para análise do teor nutricional das minicepas. No enraizamento, o delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x 5, ou seja, dois tipos de miniestacas (apical e intermediária) e cinco doses de N das minicepas (0, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹). Foram feitas avaliações aos 120 dias após o estaqueamento, quanto ao enraizamento das miniestacas, sobrevivência, comprimento total de raiz (cm), área de superfície de raiz (cm²), volume de raiz (cm³), diâmetro médio de raiz (mm). Também foram determinadas, a área foliar das miniestacas, massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca da raiz. A sobrevivência das minicepas foi de 100% nos tratamentos que receberam nitrogênio e a produção de brotações mostrou tendência crescente com o aumento das doses de N. Não houve efeito do nitrogênio sobre o enraizamento das miniestacas. Quanto ao tipo de miniestaca, as apicais mostraram-se superiores as intermediárias, exceto para o diâmetro médio de raiz, onde não foi observada diferença estatística quanto o tipo de miniestaca, nem entre as doses de N. Conclui-se que a aplicação de N nas minicepas de jequitibá-rosa aumenta a produção de propágulos. De modo geral, as miniestacas apicais mostraram-se mais adequadas e a aplicação da dose 200

mg L⁻¹ de N teve influência no enraizamento do jequitibá-rosa pela miniestaquia.

Palavras-chaves: Nutrição mineral, propagação vegetativa, miniestaquia.

ABSTRACT

Vegetative propagation success via minicutting techniques is related to several factors, including nutritional status of mother trees and of propagation material. The objective of the study was to evaluate productivity of mini-stumps and the rooting of mini-cuttings of jequitibá-rosa in response to nitrogen doses. The experiment was carried out at the forest nursery at the Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Five doses of nitrogen (0, 50, 100, 200 and 400 mg L⁻¹) were tested in the mini-stumps, with five replications, in a completely randomized design. The survival and productivity of the mini-stumps, chlorophyll content and nutritional content were evaluated. At the time of staking, mini-cuttings were collected for biochemical analysis (total nitrogen, crude protein and total sugar content) and material for the analysis of the nutritional content of the mini-stumps. In the rooting, the experimental design was completely randomized, in a 2x5 factorial, that is, two origins of mini-cuttings (apical and intermediate) and five nitrogen concentrations (0, 50, 100, 200 and 400 mg L⁻¹). Assessments were made at 120 days in the vegetation house, for rooting of minicuttings, survival, total root length (cm), root surface area (cm²), root volume (cm³), average root diameter (mm). The leaf area of the mini-cuttings, fresh and dry mass of the aerial part and fresh and dry mass of the root was also determined. The mini-stumps survival was 100% in the treatments that received nitrogen and the production of shoots showed an increasing trend with the increase of the N doses. As for the rooting, there was no increasing increase with the doses applied in the mini-stumps. However, the 200 mg L⁻¹ dose showed higher values for most of the characteristics evaluated. As for the type of mini-cuttings, the apicals were shown to be superior to the intermediate, except for the average root diameter, where no statistical difference was observed in the type of the mini-cuttings, nor between the N doses. In conclusion, the N application in mini-stumps from jequitibá-rosa is viable, due to the increased supply of propagules. In general, the apical mini-cuttings were more appropriate and the application of the 200 mg L⁻¹ dose of N identified had influence on the rooting of the jequitibá-rosa by the minicutting.

Keywords: Mineral nutrition, vegetative propagation, mini-cutting.

1 INTRODUÇÃO

Cariniana legalis (Raddi) KUNTZE, popularmente conhecida como jequitibá-rosa, pertence à família Lecythidaceae, é uma árvore heliófita, característica da floresta latifoliada semidecídua, com porte de 30 a 50 m de altura e 70 a 100 cm de diâmetro (LORENZI, 2002). A espécie ocorre preferencialmente nos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, tanto na floresta pluvial atlântica como na semidecídua de altitude e da bacia do Paraná (LORENZI, 2014). A espécie estava incluída na lista de espécies da flora ameaçadas de extinção, na categoria Vulnerável (FIGLIOLIA et al., 2000), no entanto, recentemente passou para a categoria Em perigo (MMA, 2017).

A propagação do jequitibá-rosa no Brasil é realizada por sementes, o que limita a disponibilidade de suas mudas e o desenvolvimento de seus povoamentos (HERNANDEZ et al., 2013), aliado ao fato da espécie estar ameaçada de extinção, dificultando a oferta de sementes. Como a maioria das espécies nativas, o jequitibá rosa não possui um protocolo padrão de propagação vegetativa para produção de mudas em larga escala, o que possibilitaria a implantação de povoamentos comerciais ou para outros fins (CIRIELLO et al., 2021).

Nesse sentido, a possibilidade de utilização de espécies nativas em maior escala, depende do domínio dos métodos de produção de mudas de qualidade, de modo que, técnicas como a miniestaquia podem ser otimizadas para a propagação em massa de espécies florestais (CARVALHO et al., 2020).

A eficiência da técnica de miniestaquia está relacionada diretamente à maturidade das minicepas, pela utilização de propágulos juvenis, em que o enraizamento de estacas tende a ser maior (STUEPP et al., 2018).

Para a obtenção de sucesso na oferta de mudas através da propagação vegetativa, deve-se atentar para vários fatores, entre eles a nutrição mineral da planta matriz. Destes, os que influenciam a qualidade, destaca-se a fertilização nitrogenada, uma vez que o nitrogênio (N) é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelas plantas (Soares et al., 2017), além de estar ligado, de forma direta ou indireta, à todas as rotas metabólicas vegetais devido à sua

participação na atividade fotossintética, promovendo assim maior acúmulo de biomassa (TAIZ et al., 2017).

Os nutrientes influenciam de diferentes maneiras o enraizamento adventício, dessa forma, deve-se fornecer a nutrição adequada às plantas matrizes, visando atender as exigências nutricionais requeridas no processo de rizogênese adventícia (CUNHA et al., 2009). O nitrogênio pode influenciar a produção e o enraizamento de estacas, por fazer parte de inúmeros compostos e estar diretamente relacionado com a capacidade fotossintética das plantas, além de participar da síntese de ácidos nucléicos e proteínas (MALAVASI, 1994; ROCHA et al., 2015).

Contudo, definir um padrão de fertilização que satisfaça as exigências das espécies nativas é complexo, devido à ampla diversidade genética e diferentes demandas nutricionais, evidenciando assim a necessidade de estudos específicos (REIS et al., 2012). Desta forma, os efeitos dos nutrientes e as faixas favoráveis ao enraizamento devem ser estudados para cada espécie e ajustados para cada ocasião e material genético, em virtude das variações entre indivíduos, espécies e procedências (PEREIRA e PERES, 2016).

Diante da importância da nutrição mineral para a propagação vegetativa, objetivou-se avaliar a produtividade de minicepas e o enraizamento das miniestacas de jequitibá-rosa, em resposta às doses de nitrogênio aplicadas em solução nutritiva no minijardim multiclonal.

Para isto, testou-se as seguintes hipóteses: (i) diferentes doses de nitrogênio aplicadas nas minicepas influenciam a sua produtividade e o enraizamento de miniestacas; (ii) o tipo de miniestaca influencia o enraizamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo e formação do minijardim clonal

O experimento foi conduzido no Viveiro Universitário do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, localizado na Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro, ES, a 20° 47' S e de 41° 23' W e altitude de 120 m. O clima da região é do tipo Cwa - inverno seco e verão chuvoso de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

O minijardim de jequitibá-rosa foi estabelecido a partir de mudas propagadas por sementes coletadas em árvores matrizes da Floresta Nacional de Pacotuba, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim- ES (20°45'S e 41°17'W), a qual possui uma área total de 450 hectares.

As minicepas foram produzidas em vasos de prolipopileno com capacidade de 2,6 litros (altura 20 cm, diâmetro superior 14 cm e diâmetro inferior 11,8 cm), preenchidos com substrato comercial e dispostos em canteiros suspensos a 1 m de altura, cobertos com malha preta (50%). A irrigação foi realizada por gotejamento acionada durante 10 minutos duas vezes ao dia, e vazão de 8 mm m⁻².

O substrato comercial utilizado para condução das minicepas (Tabela 1) tem em sua composição casca de *Pinus*, vermiculita, resíduo orgânico agroindustrial classe A, serragem de madeira, esterco – camas de equinos, NPK, com pH de 6,2, densidade de 0,5 g cm⁻³, umidade de 55%, condutividade elétrica 0,4 mS cm⁻¹.

Tabela 1. Composição química do substrato comercial.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	Cu
g/Kg						mg/Kg				
6,60	5,60	3,90	9,50	7,40	2,00	31,30	47,70	122,70	356,60	15,90

2.2. Nutrição das minicepas

Após a implantação das minicepas no minijardim, visando homogeneizar o estado fisiológico antes do início da aplicação dos tratamentos, foi aplicada solução nutritiva (Tabela 2), estabelecida por Dias et al. (2015) para espécies nativas.

Tabela 2. Concentração dos sais utilizados na solução nutritiva (Dias et al. 2015) aplicada no minijardim multiclonal de *Cariniana legalis*.

Sais	Concentração
nitrito de cálcio	0,920 g L ⁻¹
cloreto de potássio	0,240 g L ⁻¹
nitrito de potássio	0,140 g L ⁻¹
fosfato monoamônio	0,096 g L ⁻¹),
sulfato de magnésio	0,364 g L ⁻¹
hidroferro	0,040 g L ⁻¹
ácido bórico	2,800 mg L ⁻¹
sulfato de zinco	0,480 mg L ⁻¹
sulfato de manganês	1,120 mg L ⁻¹
sulfato de cobre	0,100 mg L ⁻¹
molibdato de sódio	0,040 mg L ⁻¹

Quando as mudas atingiram 20 cm de altura, tiveram seus ápices podados à altura de 12 cm da base, para estimular as brotações nas minicepas, formando o minijardim multiclonal (OLIVEIRA et al., 2015).

A aplicação dos tratamentos com nitrogênio iniciou-se assim que as minicepas estavam formadas, aos três meses após o plantio. Foram acrescidos à solução nutritiva os tratamentos com nitrogênio. A fonte de nitrogênio utilizada foi sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄], com 20% de N. As soluções foram ajustadas para que somente o nutriente nitrogênio variasse e aplicadas manualmente 10 mL da formulação por minicepa, sendo essa quantidade parcelada três vezes durante a semana, por 90 dias.

As minicepas de jequitibá-rosa receberam cinco concentrações de nitrogênio (0, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹). O minijardim clonal foi constituído por

cinco tratamentos (concentrações de N) com cinco repetições, compostas por cinco vasos cada, constituindo 125 minicepas de jequitibá-rosa.

2.3 Preparo das estacas para enraizamento

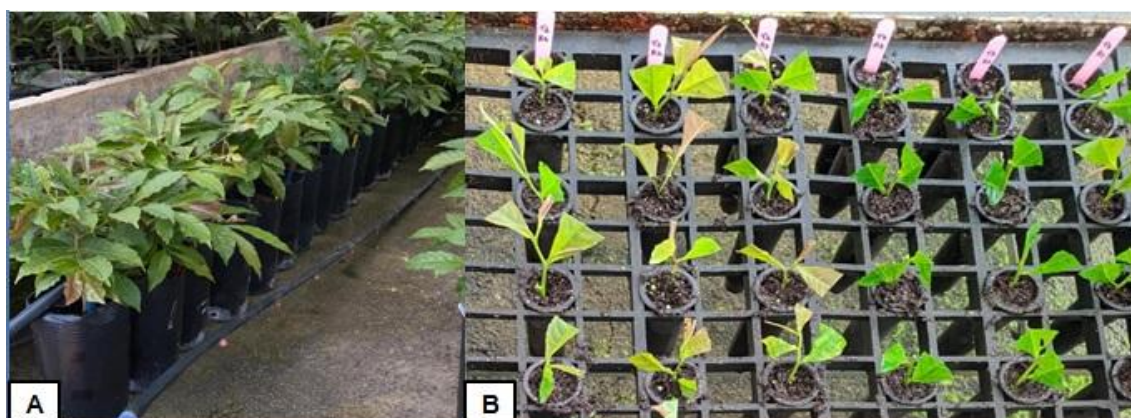
Aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos, foram coletadas as brotações que deram origem às miniestacas (Figura 1A). Foram preparadas miniestacas apicais com 5 cm de tamanho e intermediárias com 10 cm, mantendo-se dois pares de folhas reduzidas à metade de seu tamanho original.

As miniestacas coletadas foram acondicionadas em caixas de isopor com água até a etapa de estaqueamento, a fim de manter as condições de vigor e turgescência do material vegetal, sendo que o período entre a coleta das miniestacas e o estaqueamento foi sempre inferior a 15 minutos.

Para o enraizamento, foram utilizados, como recipiente, tubetes de polipropileno com capacidade de 55 cm³, com comprimento de 12 cm; diâmetro superior externo com 3,5 cm, e substrato comercial (Tabela 1). As miniestacas foram dispostas no substrato, com atenção à centralização, retidão, profundidade (2 cm) e firmeza (Figura 1B).

Posteriormente, foram acondicionados em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24°C ± 2°C e umidade relativa do ar superior a 80% de). O manejo do minijardim consistiu em monitoramento integrado de pragas e doenças (MIPD) e limpeza da casa de vegetação.

Figura 1- Minicepas de *Cariniana legalis* (A); Estaqueamento das miniestacas na casa de vegetação (B). Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em fatorial 2x5, testando-se dois tipos de miniestaca (apical e intermediária) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 200 e 400 mg L⁻¹) aplicadas nas minicepas. Cada tratamento teve quatro repetições, com doze miniestacas por unidade experimental.

2.4 Avaliação da produtividade e caracterização do minijardim multiclonal

As avaliações realizadas nas minicepas do minijardim multiclonal constituíram-se do registro da produção de miniestacas por minicepa, sendo realizada uma coleta mensalmente, porcentagem de sobrevivência das minicepas, teor de clorofila, teor nutricional das minicepas, e análises bioquímicas (proteínas e açúcares totais).

2.4.1 Teor de clorofila das minicepas

A análise do teor de clorofila das minicepas foi realizada no Laboratório de Fitotecnia do Instituto Federal do Espírito Santo- Campus de Alegre – ES.

Para extração e análise do teor de clorofila foi adaptada a metodologia proposta por Rêgo e Possamai (2004). Foram retiradas amostras dos folíolos das folhas completamente expandidas, dos últimos lançamentos maduros, de cinco plantas de cada parcela, de cada tratamento.

As nervuras mais grossas foram eliminadas e foram confeccionados quatro discos foliares de 6 mm de diâmetro. As amostras foram identificadas, pesadas e transferidas para tubos de ensaio, recebendo cerca de 5 mL de DMSO (dimetilsulfoxido, 99% de pureza) em volume.

Os tubos foram fechados com tampa de borracha e colocados em banho-maria com água pré-aquecida a 70° C, durante duas horas, para solubilização da clorofila. O processo de extração foi considerado completo, quando as amostras das folhas tornaram-se transparentes, através de um exame visual.

Posteriormente, os tubos foram centrifugados e a quantificação da clorofila a e b foi feita por espectrofotometria. Alíquotas das soluções foram transferidas para uma cubeta de vidro de 3 cm³, onde foram feitas colorimetricamente as leituras de absorbância (%) para as faixas de comprimentos de ondas de 665 nm e 648 nm, utilizando-se como o branco apenas o DMSO 99%.

A absorbância dos extratos foi medida em espectrofotômetro marca Kasuaki, modelo UV – IL-226- NM. Os cálculos de mg de clorofila por g de peso fresco de tecido foliar foram feitos segundo as equações (1) e (2), de acordo com Ronen e Galun (1984) e Barnes et al (1992).

$$(1) \quad Ca = 14,85(A_{665}) - 5,14(A_{648})$$

$$(2) \quad Cb = 25,48(A_{648}) - 7,36(A_{665})$$

Em que:

Ca : quantidade de clorofila a, em mg.cm⁻³ extrato;

Cb: quantidade de clorofila b, em mg.cm⁻³ extrato;

A648 e A665: absorbância como indicada no comprimento de onda.

O teor de clorofila foi determinado em relação à massa fresca da folha (mg.mg^{-1} p.s) e a área da folha (mg.m^{-2})

2.4.2 Teor nutricional das minicepas

O teor nutricional foliar das minicepas foi realizado em Laboratório Agrônomo Especializado, localizado em Manhuaçu- Minas Gerais- MG. A coleta do material vegetal foi realizada no mesmo dia em que as miniestacas foram preparadas para estaqueamento.

As folhas foram coletadas das porções basal, intermediária e superior (jovens e maduras) das minicepas. As amostras foliares foram misturadas para atingir a quantidade de massa seca necessária à determinação dos teores nutricionais foliares. Posteriormente foram pesadas e colocadas para secar em estufas de circulação de ar forçado a 60°C até apresentarem massa constante. Após esse processo, as folhas foram moídas até apresentarem a consistência de pó, através de moinho elétrico homogeneizador de tecidos de facas do tipo Micro Wiley com peneira de 20 mesh de abertura.

Os macronutrientes e micronutrientes foram determinados pelo método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

2.4.3 Análises bioquímicas

2.4.3.1 Preparo das amostras

As análises bioquímicas das miniestacas foram realizadas no Laboratório de Química do Instituto Federal do Espírito Santo- Campus de Alegre – ES.

No momento da instalação dos experimentos de enraizamento foram coletadas brotações das minicepas para confecção de miniestacas para a realização das análises bioquímicas (proteínas e açúcares totais).

Logo após a coleta, o material vegetal utilizado para as análises de proteínas e açúcares totais foram triturados, utilizando o moinho elétrico homogeneizador de tecidos de facas do tipo Micro Wiley com peneira de 20 mesh de abertura.

Para quantificação de açúcares totais e proteínas foram utilizadas três repetições de oito miniestacas por tratamento.

2.4.3.2 Determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta

A determinação de proteínas foi realizada a partir da adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta, estabelecida por Galvani e Gaertner (2006). Foram pesados 0,5 g de amostra triturada em triplicata dos tratamentos e transferidas para o tubo digestor, onde foram adicionados 0,4 a 0,45 g de catalisador (Na_2SeO_3 , CuSO_4 e Na_2SO_4) e 5 mL de ácido sulfúrico concentrado.

As amostras foram digeridas em bloco digestor Tecnal a 350 °C por 3 horas, até ficarem completamente transparentes e, após atingirem temperatura ambiente, adicionou-se 15 mL de água destilada acoplando o tubo ao sistema de destilação de nitrogênio (BRASIL, 2005).

O teor de proteínas foi calculado após destilação do nitrogênio, onde as amostras foram tituladas com ácido clorídrico ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e os valores de titulação utilizados para calcular o valor de Nitrogênio total (NT) e de Proteínas totais (PT) das amostras, seguindo as equações:

$$\text{NT} = \frac{(\text{Va} - \text{Vb}) \times \text{F} \times 0,01 \times 0,014 \times 100}{100}$$

$$\text{PT} = \text{NT} \times \text{F}_\text{N}$$

Em que:

Va- volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros;

Vb- volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitros;

F- fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol/L;

P1 - massa da amostra (em gramas);

$F_N - 6,25$.

2.4.3.3 Determinação dos teores de açúcares totais

A determinação do teor de açúcares totais foi realizada a partir da adequação do método de DNS estabelecido por Maldonade et al. (2013).

Primeiramente, os açúcares não redutores foram hidrolisados para conversão em açúcares redutores, para tal. Para tal, 0,4 g de cada amostra foi macerada em almofariz com 25 mL de tampão fosfato 0,2 M (pH = 7,5) e, em seguida foi feita a filtração à vácuo em papel filtro quantitativo de faixa azul. Foram pipetados para tubos de ensaios, 2,0 mL do filtrado e 2,0 mL de HCl 2N. Os tubos foram aquecidos em banho maria a 100°C por cinco minutos e resfriados em banho de gelo por 5 minutos. Após resfriamento, foram adicionados 2mL de NaOH 2N e realizado o ajuste do pH com auxílio de um pHmetro (MS-TECNOPON, mPA-220) e soluções diluídas de HCl e NaOH.

A amostra hidrolisada foi transferida para balão volumétrico de 10 mL e completado o seu volume com água destilada. Foi construída também, uma curva de calibração de glicose com soluções aquosas de glicose (0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 g L⁻¹).

Para quantificação de açúcar redutor foi utilizado 0,5 mL de cada amostra (incluindo amostra hidrolisada, padrões e branco) e adicionado 0,5mL de DNS (Ácido 3,5-dinitrosalicílico), seguido de aquecimento em banho-maria por cinco minutos e posterior resfriamento em banho de gelo por cinco minutos. Após o resfriamento adicionou-se 5 mL de água destilada e efetuou-se a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro de UV/VIS (EDUTECH, model EEQ-9023) a 490 nm.

Os teores de açúcares totais das amostras foram calculados a partir da curva padrão de glicose: $f(x) = ax + b$

Em que:

$f(x)$ = absorvância lida;

a e b = coeficientes da equação da reta;

x = concentração de açúcar total em g L^{-1} .

Para converter os valores obtidos em mg g^{-1} utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Teor açúcar total (mg g}^{-1}\text{)} = (C f_D)/m] 25$$

Em que:

C = concentração da amostra em g L^{-1} obtida a partir da curva padrão;

f_D = fator diluição = 2/10;

25 = volume em mL da solução amostral

m = massa da amostra em mg

2.5. Avaliação do enraizamento das miniestacas aos 120 dias após o estaqueamento

Após 120 dias no ambiente de enraizamento, foram avaliadas: porcentagem de enraizamento, área foliar, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e características do sistema radicular.

As raízes das miniestacas foram lavadas, sendo submergidas em bandejas contendo água, até que os sistemas radiculares das mudas ficassem livres de substrato. Para evitar perda de material durante esse procedimento, foi utilizado um conjunto de peneiras de 20 e 60 Mesh.

Após o processo de lavagem do sistema radicular, as plantas foram separadas em sistema radicular (SR) e parte aérea (PA), na altura do colo.

2.5.1 Área foliar das miniestacas

Para a determinação da área foliar, foram utilizadas 10 mudas

enraizadas por tratamento, através da utilização de um integrador de área (LI-3100, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA).

As folhas foram retiradas das mudas e passadas individualmente no aparelho, sendo o valor expresso em cm^2 por muda.

2.5.2 Massa seca de parte aérea

Após a pesagem da massa fresca da parte aérea, o material foi armazenado em sacos de papel e transportado para uma estufa de circulação de ar forçado a 65°C , aproximadamente 72 horas. Após a secagem, o material vegetal foi pesado para determinação de sua massa seca.

2.5.3 Características das raízes

As análises das raízes foram realizadas no Laboratório de Fitotecnia do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) - Campus Alegre. A morfologia da raiz foi realizada por meio do *software* WinRhizo, realizadas com scanner de raiz EPSON STD4800: e armazenadas como arquivos TIFF para posterior acesso por meio da planilha excel XLRhizo integrada ao sistema. Foi utilizada uma definição de 300 dpis, como descrita por Bouma et al. (2000).

As raízes foram dispostas em uma cuba de acrílico de 20 cm de largura por 30 cm de comprimento, contendo, aproximadamente, 1 cm de água. As leituras foram realizadas em dez miniestacas por tratamento.

As características morfológicas radiculares foram: comprimento total de raiz (cm), área de superfície de raiz (cm^2), volume de raiz (cm^3), diâmetro médio de raiz (mm).

2.5.4 Massa seca da raiz

Após a determinação das características morfológicas de raiz, o material foi pesado e armazenado em sacos de papel e transportado para uma estufa de circulação de ar forçado a 72°C , até que fosse atingida massa constante.

Logo após a secagem, o material vegetal foi pesado, para a determinação da massa seca.

2.6 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de Shapiro Wilk e O'Neill e Matews para verificação da homogeneidade de variâncias e normalidade de resíduos, pressupostos estes da análise de variância. As variáveis, comprimento total de raiz (cm), área de superfície de raiz (cm²), volume de raiz (cm³) e diâmetro médio de raiz (mm) não atenderam aos pressupostos para análise de variância e, foram submetidos à transformação pelo método Box e Cox (1964). A fim de comparar o efeito das diferentes formas de obtenção de miniestacas, as médias dentro de cada nível de nitrogênio foram comparadas pelo Teste t de Student, ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Quando observada a existência de efeito significativo dos níveis de nitrogênio dentro de cada tipo de miniestacas, foram testados os modelos de regressão linear de primeiro e segundo grau. A significância dos coeficientes de regressão e do coeficiente de determinação foram comparadas via Teste t de Student, ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Para os dados submetidos à transformação, os valores de média apresentados nas tabelas e gráficos foram os valores reais, porém, a significância das diferenças foi determinada a partir dos dados transformados.

As análises foram conduzidas com auxílio do programa R (R Core Team, 2020), a partir das funções disponíveis nos pacotes ExpDes.pt (Ferreira et al, 2021) e MASS (Venables, 2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito do N nas minicepas

As minicepas de jequitibá-rosa que receberam doses superiores de nitrogênio apresentaram altas percentagens de sobrevivência (99 e 100%), após duas coletas, aos 10 meses de manejo do minijardim multiclonal (Tabela 3), diferenciando-se da testemunha, demonstrando a eficiência dos tratamentos culturais aplicados, assim como o potencial dessa metodologia para essa espécie. Esses resultados corroboram com os encontrados por Hernandez et al. (2013) e Gatti et al. (2011) que trabalhando com a mesma espécie e com aplicação de diferentes dosagens de reguladores de crescimento, obtiveram respectivamente 100 e 98% de sobrevivência em média.

No entanto, as minicepas que não receberam adicional de nitrogênio durante o período de experimento, apresentaram sobrevivência inferior a 70%, evidenciando que o substrato utilizado e a solução aplicada não continha a quantidade suficiente do nutriente em questão para otimizar a produção do minijardim multiclonal.

Em relação à produção de miniestacas por minicepa (Tabela 3), observa-se que as maiores médias ocorreram nas maiores doses de N aplicadas, sendo até 50% maior do que as minicepas que receberam doses inferiores de N. Os valores do presente estudo mostraram-se superiores (6,5 e 6,2) comparando a produção de miniestacas obtida por Hernandez et al. (2013) e Gatti et al. (2011), sendo 5,0 e 3,9 miniestacas, respectivamente, para a mesma espécie.

Esses resultados indicam o potencial do jequitibá-rosa, quanto à regeneração vegetativa das minicepas, em função de quatro coletas de miniestacas (HERNANDEZ et al., 2013). O efeito positivo do nitrogênio foi relacionado ao aumento do número de miniestacas produzidas, pelo fato desse nutriente ser responsável pelo crescimento vegetativo (CUNHA et al., 2008), além de compor as proteínas e ácidos nucleicos, enzimas e coenzimas, vitaminas, hormônios, glicosídeos e lipoproteínas e pigmentos, como a clorofila e outros produtos secundários (PEREIRA e PERES, 2016).

Tabela 3 – Sobrevivência e produtividade de minicepas de *Cariniana legalis*, aos 180 dias, em função da aplicação de doses de nitrogênio.

Doses de N (mg L ⁻¹)	Sobrevivência (%)	Miniestaca/minicepa
0	68,0 b	3,0 c
50	99,0 a	3,8 b
100	99,0 a	4,1b
200	100,0 a	6,5 a
400	99,0 a	6,2 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey (p=0,05).

Os valores médios da concentração de nitrogênio nas brotações (Tabela 4) apresentaram relação direta com a produtividade das minicepas, possivelmente em razão do favorecimento do nitrogênio na produção de brotações. Resultados semelhantes aos encontrados neste estudo foram observados por Freitas et al. (2017), em que os autores observaram que o nitrogênio influenciou positivamente a produtividade das minicepas de 80% dos híbridos de *Eucalyptus globulus*. Em minijardins multiclonais de cedro-australiano em canaletão e em tubetes, Souza et al. (2015) verificaram correlação positiva entre o teor de nitrogênio e a produtividade de miniestacas.

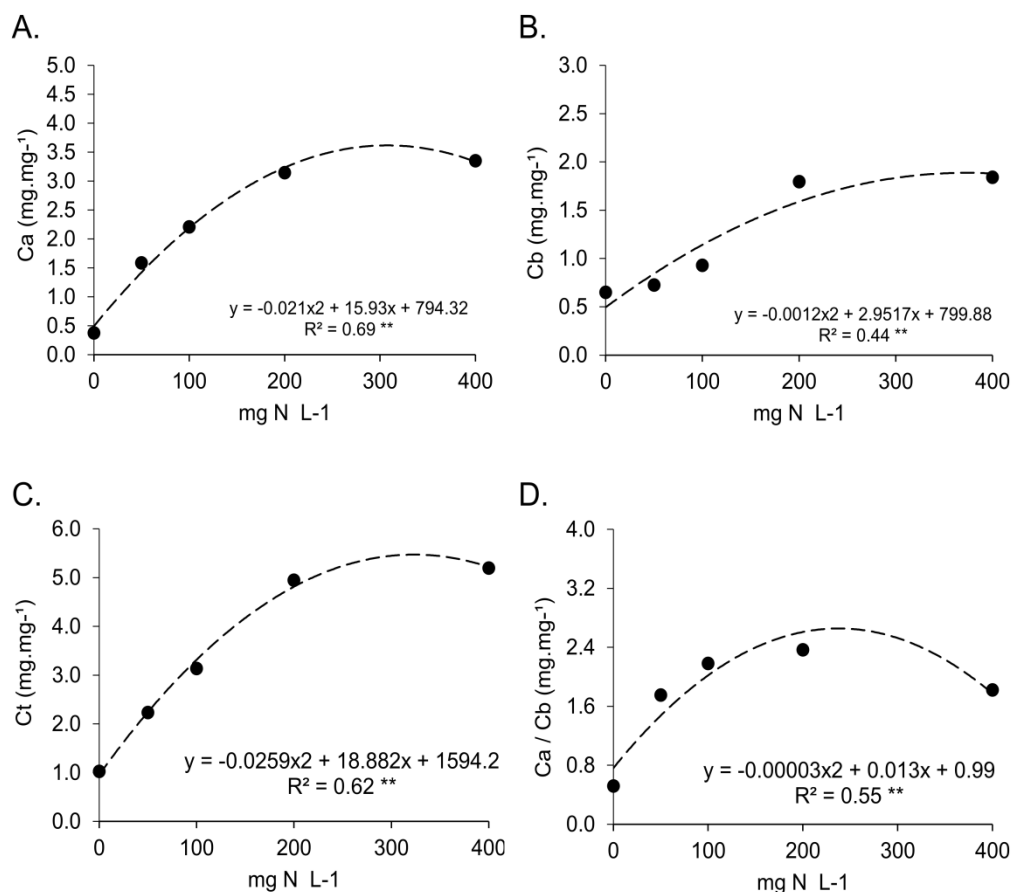
As doses aplicadas no minijardim influenciaram a concentração de N nas brotações (Tabela 4). Esses resultados corroboram com os obtidos por Rocha et al. (2013) ao avaliarem a influência da aplicação de doses crescentes de nitrogênio (0; 80; 160; 240 e 320 mg L⁻¹) nas concentrações de macro e micronutrientes das miniestacas de *E. urophylla* x *E. grandis* em minijardim clonal. Os autores observaram que a concentração de N nas brotações apresentou comportamento linear crescente em função das doses aplicadas. Em minijardim clonal de erva-mate, Rosa et al., (2011), observaram uma produção crescente de miniestacas à medida que se aumentava o fornecimento de nitrogênio às minicepas.

Tabela 4 – Médias das concentrações de nutrientes nas brotações do minijardim multiclonal de *Cariniana legalis*, aos 180 dias, em função das doses de nitrogênio aplicadas.

		0	50	100	200	400
Teor Foliar		mg N L ⁻¹				
Nitrogênio	g Kg	7,87	8,83	18,37	29,40	33,80
Fósforo	g Kg	2,80	3,57	4,83	7,17	5,67
Potássio	g Kg	13,60	13,57	15,73	16,40	16,87
Cálcio	g Kg	15,40	12,03	8,47	10,00	10,07
Magnésio	g Kg	3,57	4,13	4,00	5,53	4,27
Enxofre	g Kg	3,53	3,60	2,50	3,60	4,23
Boro	mg Kg	40,73	32,27	33,03	35,00	32,27
Zinco	mg Kg	21,60	13,77	17,67	13,40	10,20
Manganês.	mg Kg	86,07	70,63	91,30	117,93	93,47
Ferro	mg Kg	101,37	130,47	119,77	87,93	133,20
Cobre	mg Kg	5,63	4,10	4,73	5,20	5,20

Os maiores teores de clorofila **a** e **b** e clorofila total (Figura 2) foram observados nas minicepas de jequitibá-rosa que receberam aplicação de doses mais elevadas de N (200 e 400 mg L⁻¹), exceto para a relação clorofila **a/b**, em que foi observado decréscimo na maior dose de N (400 mg L⁻¹). Essa diminuição pode ser explicada pela relação entre o índice de clorofila e a concentração de nitrogênio, que segundo Abreu e Monteiro (1999) é linear até um limite em que o nitrogênio passa a não ser mais assimilado pelas plantas. De modo geral, segundo Malavolta (2006), o N é essencial para a planta por compor pigmentos, como a clorofila e outros produtos secundários.

Figura 2- Teor de clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e relação clorofila a/b (D) das minicepas de *Cariniana legalis*, aos 180 dias, obtidas de doses de nitrogênio aplicadas nas minicepas (concentração em mg.mg⁻¹). Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



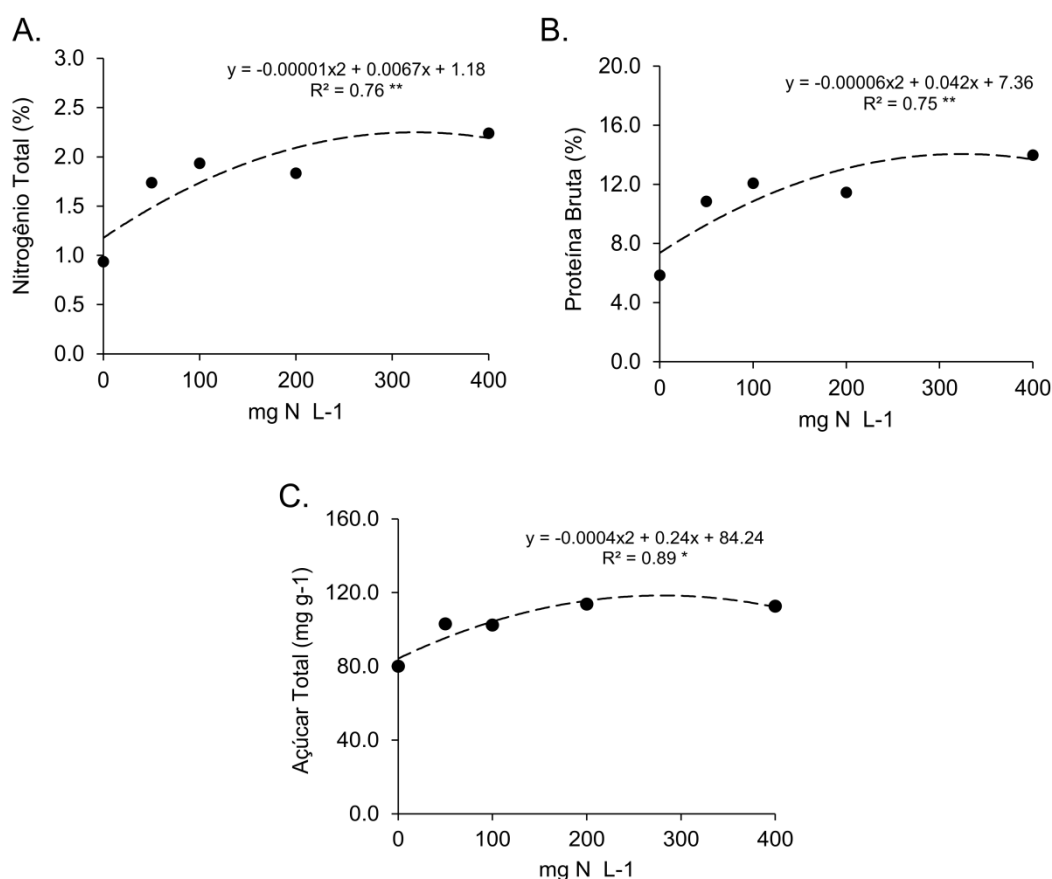
Conforme demonstrado na Figura 3, não houve aumento crescente dos níveis de nitrogênio total (Figura 3A) e de proteína bruta (Figura 3B) em função das doses de N aplicadas nas minicepas, sendo que, esses valores podem variar de acordo com a espécie estudada. Na formação de raízes, os carboidratos têm importância, pois a auxina exige uma fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para formação de raízes (FACHINELLO et al., 1995).

As maiores concentrações de açúcares totais (Figura 3C) ocorreram nas maiores doses de N aplicadas (média de 112,66 e 113,77 mg g⁻¹). Segundo Sá et al. (2018), possivelmente, o aumento da taxa fotossintética e/ou maior

disponibilização de carboidratos da fonte para o dreno esteja relacionada à maior produção de açúcares. Entretanto, não foram observadas variações nas minicepas que receberam doses inferiores de N. De acordo com Cunha et al. (2009), o aumento nos teores de açúcares na estaca pode não ser acompanhado pelo aumento de enraizamento adventício.

Trabalhando com estaquia de *Piptocarpha angustifolia*, com uso de regulador de crescimento vegetal em diferentes épocas do ano, Ferriani et al. (2008) verificaram que os teores de açúcares totais e proteínas não foram correlacionados ao enraizamento adventício.

Figura 3 – Nitrogênio total (A); proteína bruta (B) e açúcar total (C) de minicepas de *Cariniana legalis*, aos 180 dias, em função de doses de nitrogênio. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.

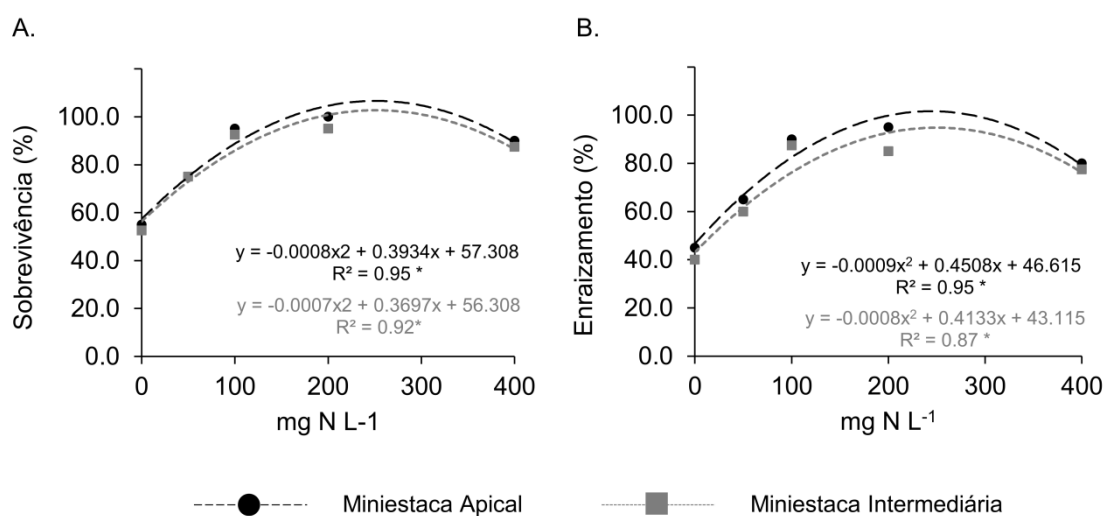


3.2 Efeito do N na sobrevivência e no enraizamento das miniestacas

A sobrevivência das miniestacas no momento da saída da casa de vegetação, foi maior, para ambos os tipos de miniestacas, em minicepas fertilizadas com as doses de 100, 200 e 400 mg L⁻¹ de N (Figura 4A), indicando que possivelmente as condições nutricionais fornecidas às minicepas foram favoráveis a sobrevivência das miniestacas. Os menores valores de sobrevivência foram observados nas doses de 0 e 50 mg L⁻¹ de N, evidenciando que o estado nutricional das plantas matrizes doadoras de propágulos pode ser considerado um dos aspectos importantes ao sucesso da propagação vegetativa da espécie (Figura 4).

Os menores valores de sobrevivência foram observados nas doses de 0 e 50 mg L⁻¹ de N independente do tipo de miniestaca (Figura 4 A), evidenciando que o estado nutricional das plantas matrizes doadoras de propágulos é considerado um dos aspectos importantes ao sucesso da propagação vegetativa da espécie (CUNHA et al., 2009).

Figura 4 – Sobrevivência de mudas de jequitibá-rosa produzidas a partir de miniestacas apicais e intermediárias (A), enraizamento de miniestacas apicais e intermediárias (B) de *Cariniana legalis*, em função da aplicação de doses de nitrogênio, aos 120 dias após o estaqueamento. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



Com relação ao enraizamento das miniestacas de jequitibá rosa é possível observar que a aplicação da dose de 200 mg L⁻¹ de N nas minicepas, proporcionou 95% de enraizamento para as miniestacas apicais (Figura 4B). Essa alta percentagem de enraizamento pode indicar que a relação carbono/nitrogênio, o balanço hormonal e a umidade do substrato estavam adequados à formação de raízes (MOREIRA et al., 2010). Resultados semelhantes foram obtidos por Picolotto et al. (2015) com uso do nitrogênio em plantas matrizes de *Morus nigra*, indicando que o seu uso pode ser benéfico ao enraizamento de estacas, bem como ao desenvolvimento inicial do sistema radicular e da parte aérea das novas plantas.

Comparando os dados deste estudo com os de Gatti et al. (2011) trabalhando com minicepas seminais produzidas de sementes da mesma espécie e aplicação de reguladores de crescimento (AIB e ANA), estes foram superiores aos encontrados pelos referidos autores (83,3% com aplicação de 2000 mg L⁻¹ de ANA e 78% sem regulador de crescimento). Indicando que há relação significativa entre a nutrição mineral e o enraizamento (PEREIRA e PERES, 2016; MALAVASI, 1994). Desta forma, utilizando propágulos juvenis para o jequitibá-rosa, possivelmente, a otimização da nutrição é mais importante do que aplicação de reguladores de crescimento, visto que no presente estudo não foi utilizado regulador vegetal.

Os tratamentos que não receberam aplicação de N apresentaram menores percentuais de enraizamento, com 45% de enraizamento para as miniestacas apicais e 40% para as intermediárias (Figura 4B), evidenciando que o incremento no fornecimento de nutrientes em minicepas de jequitibá, podem potencializar o enraizamento das miniestacas (CURREY e LOPEZ, 2014).

Tendo como base as equações obtidas (Tabela 5), a estimativa da dose ótima para o percentual de sobrevivência e enraizamento estariam entre as doses de 246 e 258 mg L⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Duarte et al. (2020) ao avaliarem a influência de doses de nitrogênio (104, 206, 380, 760 e 1142 mg L⁻¹) na rizogênese de miniestacas de *Ilex paraguariensis* coletadas em diferentes épocas do ano. Os autores recomendaram a aplicação

de 104 a 380 mg L⁻¹ de nitrogênio, indicando a importância das condições ambientais e nutricionais nas quais as minicepas são mantidas.

Tabela 5- Estimativa de dose ótima e resposta esperada de acordo com os respectivos coeficientes de regressão.

Miniestaca Apical		
	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)
Dose ótima - mg N L ⁻¹	245,87	250,44
Resposta Esperada (y)	100%	100%
Miniestaca Intermediária		
	Sobrevivência (%)	Enraizamento (%)
Dose ótima - mg N L ⁻¹	264,07	258,31
Resposta Esperada (y)	100%	96%

Analizando a Figura 5 que expõe a influência das doses de N nas características após o enraizamento, verificam-se diferenças entre as doses de nitrogênio e os tipos de miniestacas. A área foliar do jequitibá-rosa (Figura 5A) foi maior nas mudas provenientes de minicepas conduzidas na dose de 200 mg N L⁻¹, tanto para miniestacas apicais quanto para as intermediárias. O aumento de área foliar indica que o aparato fotossintético desta espécie sofreu um ajustamento (Rego e Possamai, 2006). As mudas provenientes de miniestacas apicais foram superiores em relação às intermediárias quanto à área foliar, massa fresca da raiz, massa seca da raiz, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea (Figura 5), a partir da dose de 100 mg N L⁻¹ sendo esse comportamento observado nas demais características analisadas. Não foi constatada diferença entre os tipos de miniestacas para massa seca de raiz (Figura 5C), na dose de 400 mg L⁻¹ de N, indicando que doses maiores de N podem não apresentar melhores resultados. As estacas intermediárias apresentaram valores superiores às miniestacas apicais apenas nas doses de 0 e 50 mg L⁻¹ de N.

De modo geral, as miniestacas apicais apresentaram valores superiores às intermediárias. Possivelmente, pelo fato das miniestacas apicais serem

coletadas na extremidade do ramo e por apresentam menores diâmetro inicial do colo. Além da produção de auxinas, que são importantes ao enraizamento adventício (HARTMANN et al., 2011; FRASSETTO et al., 2010).

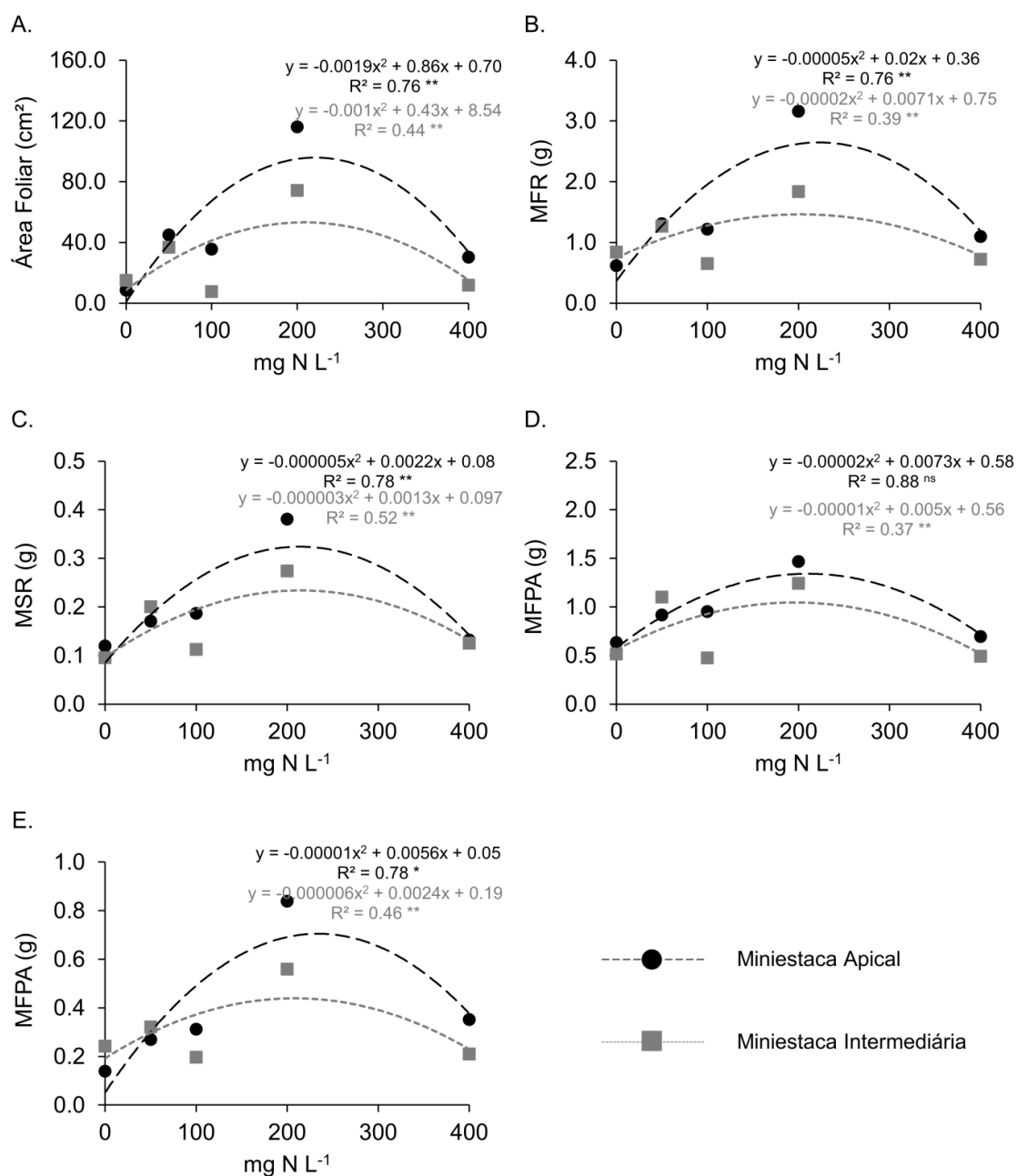
A superioridade observada nas miniestacas apicais, segundo Dias et al. (2015), pode estar relacionada ao maior vigor fisiológico das miniestacas apicais no momento da coleta das brotações no jardim clonal.

A nutrição mineral da planta matriz pode influenciar o enraizamento adventício de duas formas distintas: o vigor vegetativo da planta matriz, da qual são coletadas as brotações ou o próprio estado nutricional do material coletado (XAVIER, 2021). Além do estado nutricional da planta-matriz ser imprescindível para a manutenção do vigor vegetativo dos propágulos, é essencial para a produção de miniestacas (OLIVEIRA et al., 2019).

O enraizamento nas miniestacas apicais pode ser facilitado devido à ausência ou menor quantidade de compostos fenólicos, menor grau de lignificação e pelas células meristemáticas dessa região apresentarem metabolismo mais ativo (HARTMANN et al., 2004).

Verificou-se maior alocação de massa seca para o sistema radicular e na parte aérea nas miniestacas apicais provenientes das minicepas fertilizadas com 200 mg L^{-1} de N (Figura 5C e E). De acordo com Engel. (1989) a quantidade de massa seca acumulada pela planta tem relação direta com a produção fotossintética líquida, somada à quantidade de nutrientes minerais absorvidos.

Figura 5 – Área foliar (A), massa fresca da raiz (B), massa seca da raiz (C), massa fresca da parte aérea (D), massa seca da parte aérea (E) das mudas de *Cariniana legalis*, em função da aplicação de doses de nitrogênio e tipo de miniestaca (apical e intermediária), aos 120 dias após o estaqueamento. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.

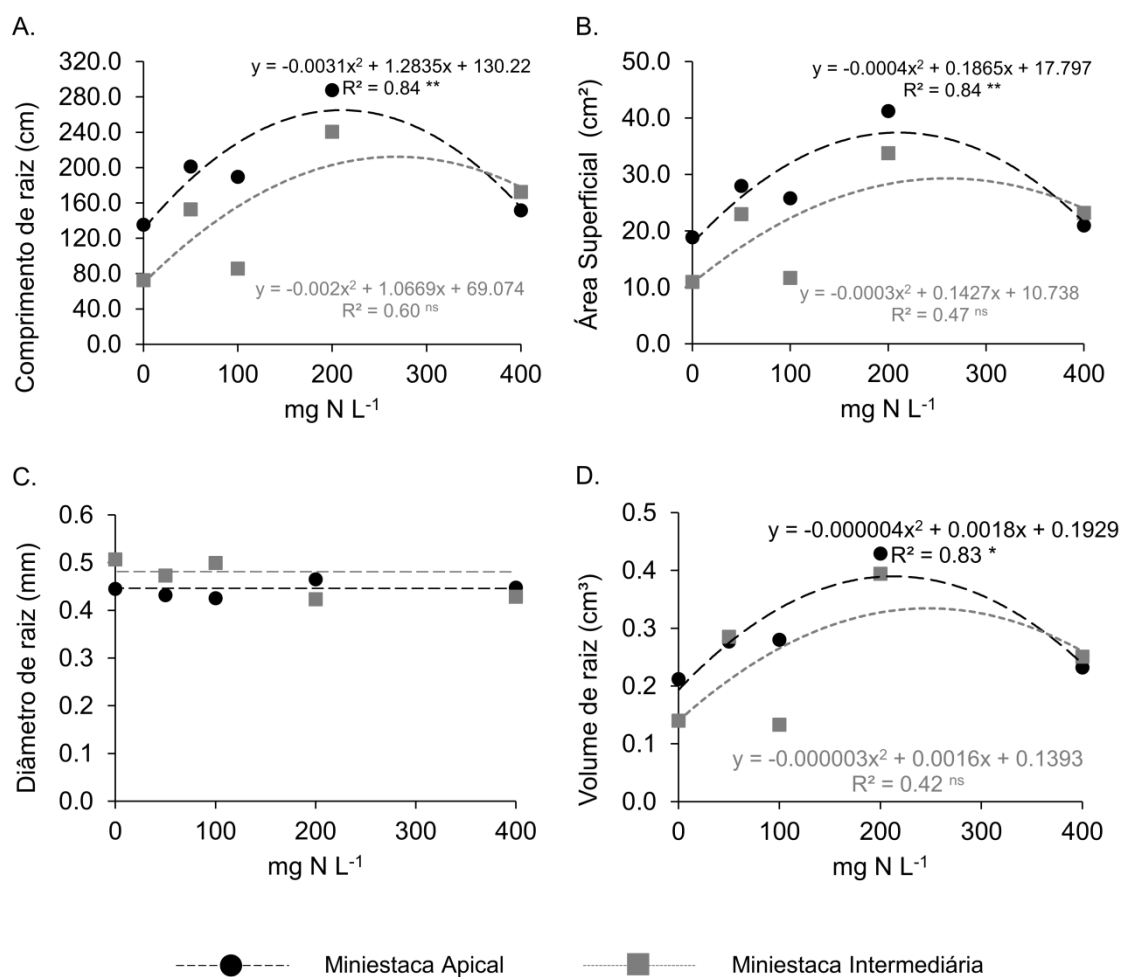


Com relação às características da raiz (Figura 6), de modo geral, as mudas provenientes de miniestacas apicais apresentaram maiores valores médios em comparação às intermediárias. Não houve diferença estatística para os valores de diâmetro médio da raiz, independentemente das doses de N e dos tipos de miniestaca (Figura 6C).

A superioridade do enraizamento nas miniestacas apicais em relação às miniestacas intermediárias pode ser facilitada devido à síntese de auxina ser realizada principalmente em regiões de crescimento ativo, como gemas terminais e primórdios foliares (Taiz e Zeiger, 2013), associado à posição apical do ramo ter menor grau de lignificação dos tecidos e à ausência ou menor quantidade de compostos fenólicos (HARTMANN et al., 2004).

Resultados diferentes foram relatados por Dias et al. (2015), ao estudarem o efeito do AIB no enraizamento de estacas apicais e intermediárias de paricá (*Schizolobium amazonicum*). Os autores observaram melhores resultados no enraizamento adventício das estacas intermediárias, utilizando solução de AIB na concentração de 32000 mg.L⁻¹.

Figura 6 – Comprimento da raiz (A), área superficial da raiz (B), diâmetro médio da raiz (C), volume da raiz (D) de mudas de *Cariniana legalis*, em função da aplicação de doses de nitrogênio e tipo de miniestaca (apical e intermediária) aos 120 dias após o estaqueamento. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



A dose ótima de N (Tabela 6) para as variáveis de comprimento de raiz, área superficial de raiz e volume de raiz das miniestacas apicais são entre 207,02 e 233,12 mg L⁻¹, enquanto para as miniestacas intermediárias são necessárias doses maiores de N, variando entre 237,83 e 266,27 mg N L⁻¹.

Tabela 6- Estimativa de dose ótima e resposta esperada, de acordo com os respectivos coeficientes de regressão. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.

Miniestaca Apical			
	Comprimento de raiz	Área Superficial de raiz	Volume de raiz
Dose ótima - mg N L ⁻¹	207,02	233,12	225,00
Resposta Esperada (y)	263,07 cm	39,54 cm ²	0,40 cm ³
Miniestaca Intermediária			
	Comprimento de raiz	Área Superficial de raiz	Volume de raiz
Dose ótima - mg N L ⁻¹	266,72	237,83	266,67
Resposta Esperada (y)	211,35 cm	27,71 cm ²	0,35 cm ³

4 CONCLUSÕES

- O enriquecimento do substrato comercial com N permite elevar a produtividade e a sobrevivência das minicepas de jequitibá-rosa.
- Recomenda-se o uso de 200 mg L⁻¹ de nitrogênio na solução nutritiva das minicepas;
- As miniestacais apicais e intermediárias mostraram-se adequadas à miniestaquia de jequitibá-rosa, a partir de material seminal, embora as miniestacas apicais resultem em mudas com sistema radicular mais robusto.

5 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711–728, 2014.

ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. **Produção e nutrição do capim Marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento**. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v. 56, p. 137-146, 1999.

BARNES, J. D. et al. Reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 32, n. 2, p. 85-100, 1992.

BOUMA, T. J. et al. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, v. 218, p. 185-196, 2000.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRASIL, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. Instituto Adolf Lutz, 4ª Edição, p. 122-125, Brasília, 2005, 1018 p.

CARVALHO, A. de. O. et al. Propagação vegetativa de espécies florestais da Amazônia. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 10, p. 83417-83430, 2020.

CIRIELLO, Eduardo. et al. *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze). In: Fátima C. M. PIÑA-RODRIGUES; SILVA, José Mauro Santana da. **Silvicultura tropical: o potencial madeireiro e não madeireiro das espécies tropicais**. Sorocaba, SP : Ed. dos Autores, 2021. p. 146-163.

CUNHA, A. C. M. C. M. da. et al. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35-47, 2009.

CUNHA, A. C. M. C. M. et al. Relação do estado nutricional de minicepas com o número de miniestacas de eucalipto. **Scientia Forestais**, v. 36, n. 79, p. 203-213, 2008.

CURREY, C. J.; LOPEZ, R. G. Controlled-release Fertilizer during Cutting Propagation Affects Growth and Tissue Nutrient Concentrations of Rooted Cuttings of Annual Bedding Plants. , **HortScience**, v. 49, n.2, p.152-159, 2014.

DAVIS, T.D. et al. **Adventitious root formation in cuttings**. Oregon: Dioscorides Press, 1986. 315 p.

DIAS, P. C. et al. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 379-386, 2015.

DUARTE, M. M. et al. Adubação nitrogenada na miniestaquia de erva-mate. **Advances in Forestry Science**. v. 7, n. 2, p. 981-988, 2020.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anlytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

ENGEL, V. L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia**. 1989. 202 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz, Piracicaba.

FACHINELLO, J. C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1995. 178p.

FERREIRA, E. B. et al. (2021). **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues)**. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>.

FRASSETTO, E. G. et al. Enraizamento de estacas de *Sebastiania schottiana* Müll. Arg. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2505-2509, 2010.

FERRIANI, A. P. et al. Estaquia e anatomia de vassourão-branco. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 159-166, 2008.

FREITAS, A. F. de. et al. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de híbridos de *Eucalyptus globulus* Labill. em resposta a nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 193-202, 2017.

FIGLIOLIA, M. B. et al. 2000. Conservação de sementes de *Cariniana estrellensis* Kuntze em diferentes condições de acondicionamento e armazenamento. **Revista Árvore**, v. 24, n. 4, p.121-134.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta**. Corumbá: Embrapa, 2006. 9p Circular Técnica, 63.

GATTI, K. C. et al. PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE JEQUITIBÁ *Cariniana estrellensis* (Raddi) POR MINIESTAQUIA. **Temas Agrários**. v.16, n. 2, p. 54-63, 2011.

HARTMANN, H. T. e al. **Plant propagation: principles and practices**. 8 ed. New Jersey:: Prentice Hall, 2011. 915p.

HARTMANN, H. T.; Kester, D. E.; Davies, F. T.; Geneve, R. L. **Plant propagation: Principles and practices**. 7.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2004. 880p

HERNANDEZ, W. et al. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis*(Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v.1. 368p.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas – Perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 131-135, 1994.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MALDONADE, I. R. et al. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. Comunicado Técnico, 85, Embrapa, 2013.

OLIVEIRA, T. P. de. F. de. et al. Exigência nutricional e produtividade em minijardim clonal de *Toona ciliata* var. *australis*. **Ciencia Florestal**. v. 29, n. 3, p. 1154-1167, 2019.

OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. Aplicação de aib e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**. v. 26, n.1, 2016.

OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. Produtividade de minijardim multiclonal e enraizamento de miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 6. n. 4. 2015.

PEREIRA, F. B.; PERES, F. S. B. Nutrição e enraizamento adventício de plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 319-326, 2016.

PICOLOTTO, L. et al. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. **Revista Ceres**, v. 62, n.3, p. 294-300, 2015.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. **Avaliação dos Teores de Clorofila no Crescimento de Mudras do Jequitibá-Rosa (*Cariniana legalis*)**. Colombo: Embrapa, 2004. 4p. Comunicado Técnico, 128.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

REIS, B. E. dos. et al. Crescimento e qualidade de mudras de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.

ROCHA, J. H. T. et al. 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**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015.

RONEN, R.; GALUN, M. Pigment extracion from lichens with dimethyl sulfoxide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. **Environmental and Experimental Botany**, v. 24, n. 3, p. 239-245, 1984.

ROSA, L. S.; GROSSI, F.; WENDLING, I. BRONDANI, G. E. Adubação nitrogenada na fertirrigação de minicepas de *Ilex paraguariensis* St.-Hil. In: Congresso Sudamericano de La Yerba Mate, 5. Posadas, 2011, **Acta...** Posadas: INYM/ INTA/INaM, 77 - 82.

SÁ, F. P. de et al. **Teor hormonal e bioquímico na miniestaquia de clones de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. em função da sazonalidade.** II Simpósio de Propagação de Plantas e Produção de Mudas. Águas de Lindoia-SP. Out. 2018.

SOARES, C. B. et al. Nitrogen sources and doses on growth and quality of seedlings of *Cassia grandis* and *Peltophorum dubium*. **Revista Árvore**, v. 41, n.2, 2017.

SOUZA, J. S. de. et al. Produtividade de minicepas de cedro-australiano em função do teor inicial de nutrientes. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 617-624, 2015.

STUEPP, C.A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.53, n.9, p.985-1002, 2018.

TAIZ, L. et al. *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal*. 6th ed. Porto, (2017). 888 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

VENABLES, W. N. & Ripley, B. D. (2002) **Modern Applied Statistics with S**. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura Clonal - Princípios e Técnicas**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2021. 275p.

CAPÍTULO 2- REVIGORAMENTO DE MINIJARDIM DE *Paratecoma peroba* AOS DOIS ANOS APÓS SUA INSTALAÇÃO

RESUMO

A Mata Atlântica é uma área de alta biodiversidade e ao mesmo tempo altamente ameaçada. *Paratecoma peroba* é uma das espécies que se encontram ameaçadas de extinção. Dessa forma, estudos que visam à produção de mudas são importantes para a conservação dessa espécie, sendo a propagação vegetativa uma ferramenta viável para produção de mudas em larga escala. Para tanto, estudou-se a resposta da produção de brotações viáveis para a confecção de miniestacas, submetendo as minicepas a dois fatores: poda e fertilizante de liberação controlada (FLC). O minijardim foi constituído por 150 mudas de *Paratecoma peroba*, propagadas por sementes a partir do seu segundo ano de estabelecimento. As minicepas receberam cinco doses de FLC (0; 2; 4; 6 e 8 kg m⁻³), com formulação 13-6-16 (N-P-K) e tempo de liberação de 8 meses. Após seis meses, foi realizada a poda nas minicepas em três alturas (5, 10 e 20 cm). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 5, com três alturas de poda x cinco doses de FLC (0, 2; 4; 6 e 8 kg m⁻³). Quando detectada a existência de diferenças significativas, as diferentes alturas de poda foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$) e as doses de FLC, foram testados pelo teste t de Student ($p < 0.05$). A maior produção de brotos foi observada nas minicepas submetidas a poda com 20 e 10 cm de altura, respectivamente. A indução das brotações por meio da poda foi eficiente para o revigoração das minicepas, recomendando-se a altura de 20 cm para a produção e enraizamento de miniestacas de *Paratecoma peroba*. A aplicação de doses de adubação nas minicepas não influenciou o enraizamento das miniestacas.

Palavras-chaves: Poda; Miniestaquia; Silvicultura.

ABSTRACT

The Atlantic Forest is an area of high biodiversity and at the same time highly threatened. *Paratecoma peroba* is one of the species that is threatened with extinction. Thus, studies aimed at the production of seedlings are important for the conservation of these species, and vegetative propagation is a viable tool for the production of seedlings on a large scale. Therefore, we studied the response of the production of viable sprouting to the production of mini-cuttings, subjecting the mini-stumps to two factors: coppicing and controlled release fertilizer (CRF). The minigarden was formed from 150 seedlings propagated by *Paratecoma peroba* seeds with two years submitted. The mini-stumps received five doses of controlled release fertilizer (0, 2, 4, 6 and 8 kg m⁻³), with a release time of 8 months. After eight months, coppicing was carried out on the mini-stumps at three heights (5 cm, 10 cm and 20 cm). The experiment was conducted according to a completely randomized design, in a 3 x 5 factorial, with three pruning heights x five doses of CRF (0, 2; 4; 6 and 8 kg m⁻³). When significant differences were detected, the different heights of decepta were compared by the Tukey test ($p < 0.05$) and for the FLC doses within each level of pruning, the regression coefficients were estimated, which were tested by the Student's t test ($p < 0.05$). The analyzes were conducted with the R program, based on the functions available in the ExpDes.pt package. The highest production of sprout was observed in the 10 of 20 cm high pruned mini-stumps. Sprouting induction through coppicing was effective for invigorating mini-stumps; recommending a height of 20 cm for the production and rooting of mini-cuttings of *Paratecoma peroba*.

Key-words: Pruning; minicutting; Forestry.

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é uma das regiões com maior endemismo e riqueza de espécies do planeta e, ao mesmo tempo, altamente ameaçada (Cunha et al., 2019). Sendo um dos biomas mais alterados (Santos et al., 2018), estima-se que haja apenas 12,4% da cobertura vegetal original (SOS Mata Atlântica e INPE, 2020).

A exploração desmedida e indiscriminada das formações florestais naturais tem promovido o desaparecimento gradual de algumas espécies nativas (MARTINS et al., 2012). Dentre as espécies ameaçadas que ocorrem na Mata Atlântica têm-se *Paratecoma peroba* (Bigoniaceae), espécie florestal nativa brasileira de grande interesse econômico e ecológico, que atualmente encontra-se em risco de extinção devido à exploração excessiva de sua madeira (Araújo et al., 2019), classificada como “Em perigo”, no Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI e MORAES, 2013).

A ameaça de extinção da espécie se deve à fragmentação do bioma, aliada à intensa exploração de sua madeira, que possui em alta demanda no comércio ilegal (Abreu et al., 2014), sendo indicada para o mercado de móveis de luxo, atingindo alto valor comercial (BONNET e CURCIO, 2015).

Normalmente, a propagação de *Paratecoma peroba* ocorre por via sexuada, entretanto, a dificuldade na obtenção de sementes pode limitar a produção de mudas em larga escala. A propagação vegetativa da espécie, utilizando minicepas de material seminal, apresenta-se como uma alternativa viável (Araújo et al., 2019; Araújo et al., 2020), com potencial para produção de mudas para fins de restauração e plantios comerciais.

O sucesso na propagação vegetativa está diretamente relacionado à juvenilidade do material a ser propagado. No entanto, com o passar do tempo, as plantas doadoras de propágulos podem perder o vigor fisiológico, resultando em menores índices de enraizamento adventício.

Uma forma de contornar esse problema é usar técnicas de revigoração, que visam à redução na idade fisiológica, ou seja, redução do declínio do vigor, sem, necessariamente, qualquer redução da idade ontogenética (WENDLING et al., 2014a), na tentativa de propiciar a emissão de brotações com maior capacidade de enraizamento.

Visando otimizar o tempo de utilização de minicepas do minijardim, uma técnica que pode ser empregada é a indução de brotações pela poda drástica (STUEPP et al., 2014), onde é possível obter sucesso no enraizamento de estacas, sem a necessidade de eliminar a planta-matriz (WENDLING et al., 2013; STUEPP et al., 2015).

O processo de decepa em árvores adultas tem como principal finalidade quebrar a dormência existente nas gemas adventícias e assim estimular o surgimento de brotações para a produção das miniestacas (FERNANDES et al., 2017).

Essas brotações possuem características morfológicas e fisiológicas de plantas juvenis, possibilitando assim, a recuperação da capacidade de enraizamento (MELO et al., 2012; WENDLING et al., 2013), visto que em espécies florestais, há um gradiente de maturação em virtude da maior proximidade com o meristema apical, decorrente do envelhecimento ontogenético (WENDLING et al., 2009).

A altura da poda para a formação da minicepa varia com a espécie e condições de manejo do minijardim clonal, sendo essencial conhecer a altura de poda que propicie um maior número de brotações a fim de se obter uma maior produção de miniestacas e, conseqüentemente, de mudas para cada espécie (FERNANDES et al., 2017).

De modo geral, os estudos que relacionam os métodos de indução de brotações aptas a serem usadas para a propagação vegetativa são realizadas em plantas adultas. Contudo, ressalta-se que sob uma perspectiva prática, comumente ocorre o descarte da minicepa, pela diminuição acentuada da produtividade do minijardim e da capacidade de enraizamento dos propágulos. Assim, os processos que envolvem a propagação vegetativa precisam ser desenvolvidos e aprimorados, por serem fundamentais para o sucesso de programas de silvicultura clonal da espécie (WENDLING et al., 2009).

Informações sobre a poda em espécies de árvores nativas ainda são escassos, com lacunas em relação ao vigor vegetativos e a capacidade de produzir brotações (STUEPP et al., 2018). Os estudos que enfocam o uso da poda de minicepas em espécies nativas em minijardim são ainda mais restritos.

Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o enraizamento de miniestacas provenientes de minicepas de *Paratecoma peroba* de origem

seminal, submetidas a três alturas de poda e aplicação de doses de fertilizante de liberação controlada. Para isso, testou-se as hipóteses: (i) minicepas seminais fornecem propágulos viáveis para a propagação vegetativa de *P. peroba* independente da altura da poda; e (ii) há uma dose de fertilizante de liberação controlada para maximizar a produção das minicepas e o enraizamento de miniestacas de *P. peroba*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido durante os meses de janeiro de 2019 a novembro de 2020, no Viveiro Florestal pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM-CCA-UFES), em Jerônimo Monteiro, ES, a 20° 47' S e de 41° 23' W e uma altitude de 120 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa - inverno seco e verão chuvoso (ALVARES et al., 2014).

2.2 Formação e manejo do minijardim

O minijardim seminal de *Paratecoma peroba* para multiplicação e formação das minicepas foi estabelecido no estudo realizado por Araujo (2019) e conduzido conforme descrito a seguir: Foram utilizadas plantas matrizes propagadas por sementes, coletadas em árvores matrizes localizadas em Sooretama e Linhares-ES. As minicepas foram conduzidas em vasos de 3,8 L (altura 25 cm, abertura superior 17 cm, e base 11 cm), preenchidos com substrato comercial à base de casca de pinus moída e compostada, pó de coco e aditivos minerais (Tabela 2). Os vasos foram mantidos em área com tela de polipropileno com 50% de sombreamento. A irrigação foi realizada por gotejamento acionada durante 10 minutos duas vezes ao dia, e vazão de 8 mm m⁻².

Para a realização do trabalho, foram utilizadas 150 plantas matrizes de *Paratecoma peroba*, a partir do segundo ano de seu estabelecimento em viveiro. As plantas matrizes receberam cinco doses de fertilizante de liberação controlada (FLC) (0; 2; 4; 6 e 8 kg m⁻³), com tempo de liberação de 5 a 6 meses. A formulação do FLC é 13-6-16 (N-P-K), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 1- Caracterização químico-física do fertilizante de liberação controlada, utilizado para a produção de mudas de *Paratecoma peroba*.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Mg	Fe	Cu	Mn	Mo	Diâmetro grânulos	Peso 1000 grãos
g Kg ⁻¹									mm	g
13,0	6,0	16,0	10,0	1,40	0,26	0,05	0,06	0,15	1,5-2,5	9,58

Tabela 2- Caracterização químico-física do substrato comercial à base de casca Pinus utilizado para a produção de mudas de *Paratecoma peroba*.

pH	N	P	K	Ca	Mg	S	CE	Densidade	CRA
H ₂ O	g Kg ⁻¹						MS cm ⁻¹	g cm ⁻³	%
6,2	11,5	9,0	5,2	15,0	7,2	4,5	0,8	0,35	50

CE – Condutividade elétrica; CRA – capacidade de retenção de água.

Com o objetivo de verificar o percentual de enraizamento e sobrevivência das miniestacas no momento da poda drástica (1° coleta), foram coletadas as brotações das minicepas e confeccionadas 120 miniestacas (Figura 1A). Após a desinfecção, as estacas foram plantadas em tubetes preenchidos com substrato comercial e mantidas em casa de vegetação climatizada, com nebulização intermitente (temperatura de 24°C ± 2°C e umidade relativa do ar superior a 80%).

A indução de brotações basais pela poda foi realizada em minicepas de *Paratecoma peroba* a partir do 2° ano de seu estabelecimento. Para estímulo das brotações, as minicepas foram podadas a 5, 10 e 20 cm, acima do nível do substrato (Figura 1B).

Aos 90 dias após a realização da poda, foram coletadas brotações que deram origem às miniestacas (Figura 1C). As brotações induzidas foram consideradas aptas e quantificadas, quando atingiram aproximadamente 15 cm de comprimento.

Figura 1- Minijardim de *Paratecoma peroba* com dois anos de idade (A); Minijardim após um mês da poda drástica (B); Minijardim no momento da coleta das brotações para estaqueamento, três meses após a poda (C). Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



2.3 Preparo das miniestacas

As brotações utilizadas para o preparo das miniestacas foram coletadas utilizando uma tesoura de poda, no período da manhã, visando manter as condições de turgescência e vigor. Logo após a coleta, as estacas foram preparadas para estaqueamento nas bancadas da área de trabalho do viveiro florestal.

As estacas foram confeccionadas com cerca de 10 cm de comprimento, com gema apical e 100% da área foliar, conforme estabelecido por ARAÚJO et al. (2019) para a espécie *Paratecoma peroba*. A desinfecção foi realizada mediante imersão, por um minuto, em hipoclorito de sódio a 0,5%, com posterior lavagem em água corrente, e em seguida imersa em fungicida não sistêmico a 0,2%, à base de Captana a 480 g L⁻¹.

Em seguida, tubetes de polipropileno com capacidade de 180 cm³ (diâmetro externo 63 mm; diâmetro interno 52 mm e altura 135 mm) foram preenchidos com substrato comercial e acondicionados em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24°C ± 2°C e umidade relativa do ar superior a 80%).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 3 x 5, constituído por três alturas de poda (5, 10 e 20 cm) e cinco doses de FLC (0, 2; 4; 6 e 8 kg m⁻³) nas minicepas, com quatro repetições e oito estacas por parcela.

2.4 Avaliações

Após 90 dias da realização da poda, foi quantificado o número de brotações aptas para serem convertidas em estacas.

Aos 60 dias após o estaqueamento, as estacas foram avaliadas quanto ao percentual de enraizamento (estacas vivas que apresentavam raízes no fundo do tubete) e porcentagem de sobrevivência (estacas que se encontravam com tecidos vivos).

Após esse período, as estacas enraizadas foram transferidas para casa de sombra e, aos 120 dias após o estaqueamento, foram determinadas as seguintes características: altura da parte aérea (H, cm), avaliada a partir do colo da muda até a inserção da última folha, com auxílio de régua graduada; diâmetro do colo (DC, mm), medido ao nível do substrato, utilizando-se paquímetro digital; concentração de clorofila foliar total (CFT, $\mu\text{g cm}^{-2}$), por meio de medidor portátil de clorofila SPAD-502.

2.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise dos pressupostos para análise de variância pelos testes de O'neil e Matews e Shapiro Wilk (1972) ao nível de significância de 5%. Por seguinte, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F considerando delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial (3 x 5) com três alturas de poda e cinco doses de FLC, com quatro repetições de oito estacas por unidade experimental.

Quando detectada a existência de diferenças significativas, alturas de poda foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$) e, doses de FLC dentro de cada nível de poda, foram estimados os coeficientes de regressão, os quais foram testados pelo teste t de Student ($p < 0.05$). As análises foram conduzidas com auxílio do programa R (R Core Team, 2020), a partir das funções disponíveis nos pacotes ExpDes.pt (Ferreira et al., 2021) e MASS (Venables, 2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Enraizamento e sobrevivência das miniestacas coletadas antes da poda

Decorridos 90 dias após o estaqueamento, verificou-se que as estacas coletadas das minicepas, no momento da poda drástica, apresentaram baixa percentagem de enraizamento (29%) e sobrevivência (35%). Estes resultados mostram que o material apresentou maior dificuldade de enraizamento, possivelmente, pela falta de manejo e utilização de propágulos vegetativos provenientes de minicepas com maior idade fisiológica, que de acordo com Stuepp et al., (2017), evidencia o menor vigor associado a estas plantas em comparação a plantas mais jovens.

A redução da capacidade de enraizamento observada nas estacas antes da poda pode indicar que a planta matriz perdeu vigor, necessitando de revigoração. Assim, a aplicação de práticas que visam retornar a planta a um estado de alto vigor fisiológico (WENDLING e XAVIER, 2001) pode ser eficiente na propagação da espécie. A poda drástica implica na perda da dominância apical (WENDLING et al., 2009; XAVIER et al., 2013).

No estudo conduzido por Araújo et al., (2020), utilizando o mesmo minijardim de *Paratecoma peroba*, os autores observaram alta percentagem de sobrevivência das miniestacas (85%), evidenciando que as minicepas do minijardim, utilizadas no período do presente estudo, apresentavam menor vigor dos propágulos, no momento da coleta. De acordo com Oliveira et al. (2016), as miniestacas devem ser coletadas no máximo vigor vegetativo da planta doadora de propágulos, uma vez que irá influenciar na formação de raízes e crescimento das mudas.

3.2 Sobrevivência e produtividade das minicepas, enraizamento e sobrevivência das miniestacas

As minicepas de *Paratecoma peroba* apresentaram taxa de sobrevivência de 99%, independentemente da altura da poda drástica das

mudas para a formação da minicepa, indicando que a metodologia utilizada apresentou-se eficiente, e, portanto, demonstrou que a espécie adaptou-se bem às diferentes alturas de poda utilizadas, além de evidenciar a capacidade da espécie em sofrer podas apicais e fornecer miniestacas.

No estudo conduzido por Fernandes et al. (2017) com minicepas de origem seminal de *Azadirachta indica*, decepadas em três alturas, para o estabelecimento de minijardim clonal da espécie, foi obtido alto percentual de sobrevivência independentemente da altura de poda das mudas, aos 189 dias após a semeadura.

A análise de variância (ANOVA) revelou que não houve interação entre a altura da poda e as doses de FLC para a característica do número de brotações, indicando que os fatores são independentes. Não houve influência do FLC, somente o fator altura da poda mostrou diferença significativa para esta variável (Tabela 3).

A maior produção de brotações foi verificada em minicepas submetidas à poda de 20 cm, em comparação com às alturas de 5 e 10 cm (Tabela 3). Esse comportamento foi similar ao observado por Wendling et al. (2016) em árvores adultas, em que menores alturas de poda resultam em menor brotamento inicial, enquanto maiores alturas de corte tendem a induzir maior emissão de brotos. Resultados superiores foram obtidos por Araújo (2019), para o número de brotos por minicepa de *P. peroba*, na miniestaquia seminal da espécie.

Tabela 3 – Número de brotações de minicepas de *Paratecoma peroba*, aos 45 dias após a poda, em diferentes alturas. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.

Altura da poda	Número de brotações
5 cm	4,21 b
10 cm	4,82 b
20 cm	8,13 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao avaliarem minicepas de aroeira de origem seminal, a partir do 3º ano de seu estabelecimento, em função de alturas de poda e do uso de substratos alternativos, Luz et al., (2020) não observaram diferenças significativas entre as alturas de poda, entretanto, os autores indicaram a poda a 10 cm, pois permite o início da produção dos propágulos mais cedo e, conseqüentemente, o retorno do investimento mais rápido.

Justino et al. (2019) avaliaram minicepas de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) de origem seminal, a partir do 2º ano de seu estabelecimento, submetidas a diferentes alturas de poda (10, 25 e 40 cm) e a eficiência do extrato de tubérculos de *Cyperus rotundus* L.. Os autores verificaram que a poda à 10 cm é a mais indicada, pois permite o início da produção dos propágulos mais cedo e, conseqüentemente, o retorno do investimento mais rápido.

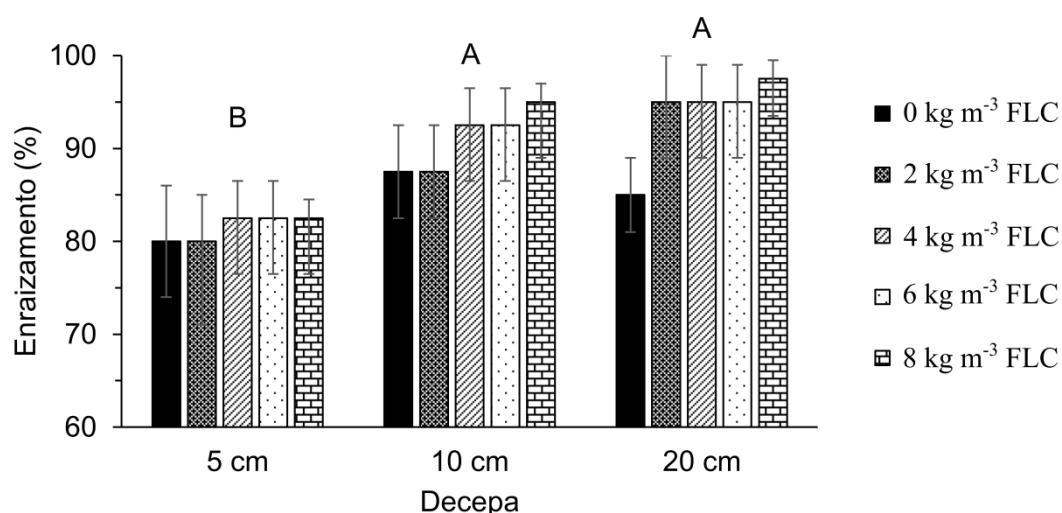
Diversos trabalhos relatam a utilização da poda no revigoramento. O método de indução das brotações por meio de decape para *Ilex paraguariensis* tem se mostrado eficiente para o revigoramento da espécie (STUEPP et al., 2015). O

Contudo, no presente estudo, a capacidade de rebrota das minicepas de *Paratecoma peroba* indica que a partir de novas podas e novo rebaixamento é possível reativar um minijardim de dois anos. Além disso, a elevada sobrevivência das minicepas deixa evidente a eficiência desta metodologia no revigoramento da espécie, otimizando o fornecimento de propágulos no minijardim de forma contínua.

A sobrevivência das mudas aos 90 dias após o estaqueamento foi de 100%, indicando a viabilidade da miniestaquia para produção de mudas, podendo ser resultado. A qualificação nos procedimentos adotados, em especial pela reduzida exposição à condição de estresse fisiológico, redução das perdas hídricas e manejo das condições ambientais (temperatura e umidade) em casa de vegetação (STUEPP et al. 2017). O alto percentual de sobrevivência apresentado pelas mudas oriundas da poda, aliado a manutenção das folhas durante o período de permanência em casa de vegetação, pode ter colaborado para o sucesso no enraizamento, que segundo Hartmann et al. (2011) tem influência devido as folhas serem fontes de carboidratos e auxinas.

A formação de brotos capazes de enraizar a partir da podade minicepas de *Paratecoma peroba* ocorreu independentemente da aplicação das doses de FLC (Figura 2). Conforme demonstrado na Figura 2, as miniestacas provenientes das minicepas podadas às alturas de 10 e 20 cm apresentaram maiores porcentagens de enraizamento, possivelmente relacionados ao aumento do vigor vegetativo, que de acordo com Rasmussen et al. (2015) evidencia a eficiência do método adotado.

Figura 2- Enraizamento de miniestacas de *Paratecoma peroba* provenientes de diferentes alturas de poda e de doses de FLC nas minicepas. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021. Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ($P > 0,05$).



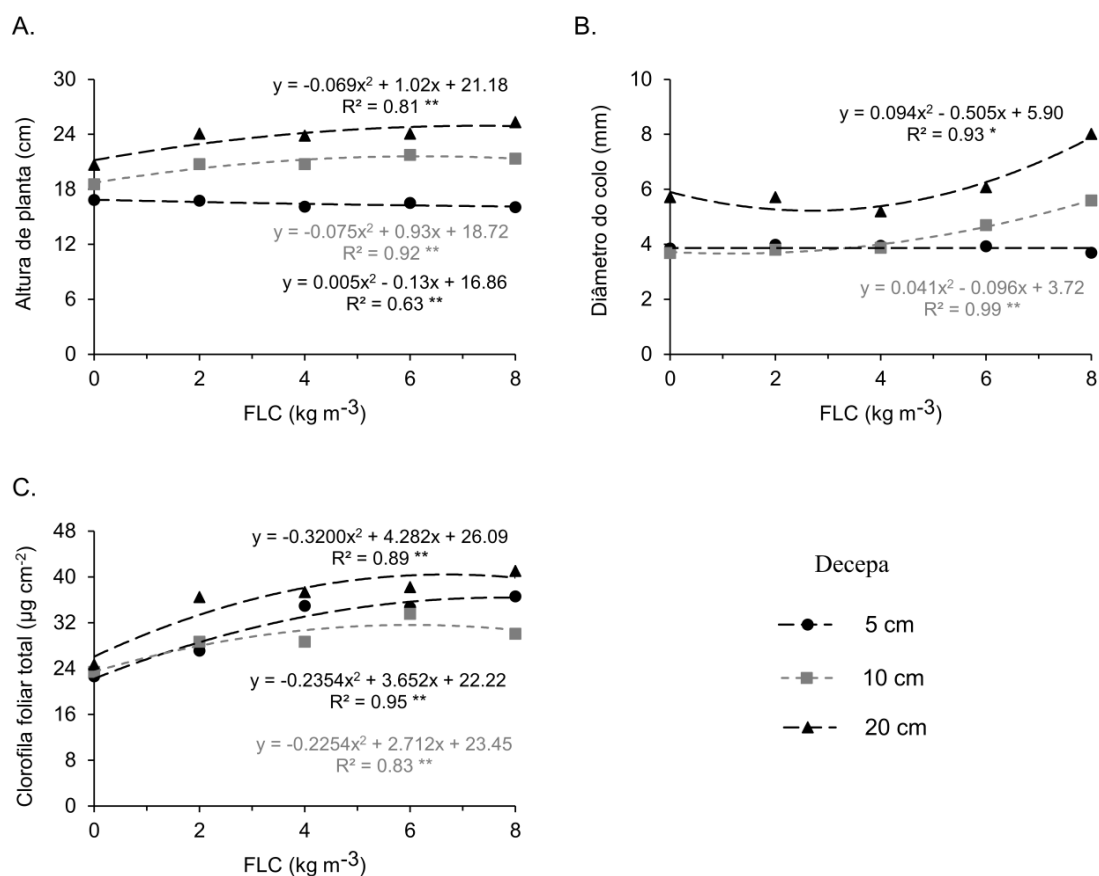
Apesar da baixa emissão de brotações em minicepas podadas a altura de 5 cm, estas apresentaram porcentagens de enraizamento (80,0 a 83,0%) satisfatórias (Figura 2).

Os resultados de enraizamento indicam a potencialidade de produção de mudas a partir da podade minicepas, visto que avaliando o mesmo minijardim em estudo da miniestaquia de *Paratecoma peroba*, Araújo et al. (2019) relataram 82,5% de enraizamento de miniestacas mantidas em casa de vegetação climatizada. Assim, os resultados do presente estudo mostram que

as miniestacas revigoradas pela poda drástica podem alcançar percentuais de enraizamento elevados para a espécie estudada.

Houve interação entre os fatores altura da de cepa e aplicação de doses de FLC para as características de altura, diâmetro do colo e clorofila total das mudas de *Paratecoma peroba* aos 120 dias após o estaqueamento (Figura 3). De maneira geral, as médias diferem entre si ($P < 0,05$), para essas variáveis, sendo que o sistema de poda com 20 cm apresentou resultado superior aos demais.

Figura 3- Altura (A), diâmetro do colo (B), clorofila foliar total (C) de mudas de *Paratecoma peroba*, com 120 dias após o estaqueamento, provenientes de diferentes alturas de poda e de doses de FLC nas minicepas. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



Miniestacas coletadas de minicepas podadas na altura de 20 cm proporcionaram mudas com maior altura, diferindo das mudas provenientes de poda de minicepas a 5 cm (Figura 3A). A altura das mudas aos 120 dias após o estaqueamento, apresentou valores semelhantes aos encontrados por Araújo et al. (2020), na miniestaquia de *Paratecoma peroba*, indicando a eficiência da podaem induzir brotações viáveis e capazes de produzir mudas com características de crescimento satisfatórias.

Minicepas que receberam as maiores doses de FLC (6 e 8 Kg m⁻³) e que foram submetidas a poda de 10 e 20 cm de altura, originaram brotações que possibilitaram produzir mudas com maiores valores de diâmetro do colo (Figura 3B). Mudas com maiores de diâmetro de colo apresentam maior capacidade de sobrevivência, principalmente pela maior capacidade de formação e crescimento de novas raízes (Souza et al., 2006).

O aumento das doses de FLC (2; 4; 6 e 8 kg m⁻³) nas minicepas, aumentou a quantidade de clorofila nas mudas, sendo esse aumento maior nas mudas submetidas a podaa altura de 20 cm, o que evidencia a importância do fornecimento de nutrientes para os propágulos, influenciando nas variáveis após o enraizamento, visto que a concentração de clorofila foliar serve como indicador do teor de N e do desenvolvimento do cloroplasto (BANDARRA et al., 2019).

Trabalhando com diferentes fertilizantes (Osmocote®, Kimcoate® e convencional) e recipientes de diferentes tamanhos na produção de mudas de cedro-rosa, Pias et al. (2015) observaram que o fertilizante de liberação controlada aplicado proporcionou os melhores níveis de qualidade das mudas. Araújo et al. (2020), estudando a utilização do mesmo adubo de liberação controlada do presente estudo, no enraizamento e no desempenho de clones de *Paratecoma peroba*, observaram que a incorporação do adubo de liberação controlada ao substrato contribuiu para a melhoria do desempenho morfológico e fisiológico das mudas da espécie.

Na propagação vegetativa de erva-mate, a poda para revigorar um minijardim tem proporcionando maior velocidade e qualidade de enraizamento, refletindo na qualidade da muda produzida (STUEPP et al., 2016).

No presente estudo, foi possível revigorar um minijardim de *Paratecoma peroba* de dois anos obtendo a mesma produtividade e qualidade das mudas que no início da produção.

O processo de indução de brotações é restrito às espécies com potencial de rebrota das cepas. A espécie em estudo possui esse potencial, aliado ao fato de estar ameaçada de extinção, dessa forma, pode auxiliar a sua conservação, através da possibilidade do fornecimento de mudas em larga escala.

4. CONCLUSÕES

- Foi possível o revigoramento do minijardim, obtendo-se o mesmo nível inicial de produtividade e de qualidade das mudas produzidas pela poda das minicepas;
- As minicepas produziram maior quantidade de brotos quando submetidas a poda na altura de 20 cm;
- Miniestacas provenientes de brotações da poda (10 e 20 cm) apresentaram maior aptidão ao enraizamento adventício;
- A aplicação de fertilizante de liberação controlada nas minicepas não influenciou o enraizamento das miniestacas.

5 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 711–728, 2014.

ARAÚJO, E. F. et al. Adubo de liberação controlada no enraizamento e desempenho de clones de *Paratecoma peroba*. **CERNE**, v.26, n .2, 2020.

ARAÚJO, E. F. et al. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **CERNE**, v. 25, n. 3, p.314-325, 2019.

BANDARA, A. Y. et al. Stalk rot resistant sorghum genotypes are resilient to pathogen-mediated photosystem II quantum yield retardation. **Crop Protection**, v. 124, 104852, 2019.

BONNET, A., CURCIO, G. Uso de espécies arbóreas nativas para a propriedade rural e mercado regional na região de Sooretama, ES. **Embrapa Florestas**, Comunicado Técnico 368, p. 1-16, 2015.

CUNHA, A. de. A. et al. Mata Atlântica Legal: integrando as visões da biogeografia às políticas públicas para conservação de um hotspot de biodiversidade. **Sustainability in Debate**, v. 10, n.3, p. 337-353, 2019.

DIAS, P. C. et al. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. **CERNE** v. 21, n. 1, p. 83-89, 2015.

FERNANDES, S. P. dos. et al. Altura de decepa para estabelecimento de minijardim clonal de nim (*Azadirachta indica* A. Juss). **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.13, n.1, p.67-71, 2017.

FERREIRA, E. B. et al. (2021). **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues)**. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>.

GATTI, K.C. **Propagação vegetativa de pau mulato, jequitibá rosa e da teca por miniestaquia.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. 2002. 75p. (Tese de doutorado).

HARTMANN, H. T. et al. (2011) ***Plant propagation: principles and practices.*** 8th ed. New Jersey, Prentice Hall, 915p.

JUSTINO, S. T. P. et al. Minicepas decepadas em diferentes alturas e uso de auxina natural na clonagem de *Myracrodruon urundeuva*. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.15, n.1, p. 39-47, 2019.

LUZ, M. N. da. et al. Miniestaquia seminal em *Myracrodruon urundeuva* Allemão com o uso de substratos alternativos. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n.12, p.102017-102034, 2020.

MARTINS, I. D. et al. Produção de miniestacas em minicepas de *Dipteryx alata* Vogel (Barú). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. v.19, n.1, p. 109-117, 2012.

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.

OLIVEIRA, T. P. de. F. et al. Aplicação de aib e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**. v. 26, n.1, 2016.

PIAS, O. H. de. C. Qualidade de mudas de cedro em função da utilização de fertilizantes e recipientes de diferentes tamanhos. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 9, n. 2, p. 208-213, 2015.

RASMUSSEN, A. et al. Adventitious rooting declines with the vegetative to reproductive switch and involves a changed auxin homeostasis. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 66, n. 5, p. 1437-1452, 2015.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

STUEPP, C. A. et al. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.53, n.9, p.985-1002, 2018.

STUEPP, C. A. et al. Métodos de resgate e idades cronológicas de plantas-matrizes no enraizamento de brotações epicórmicas de *Ilex paraguariensis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1409-1413, 2017.

STUEPP, C. A.; BITENCOURT, J.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepta em erva-mate. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 1009-1022, 2016a.

STUEPP, C. A. et al. Propagação de erva-mate utilizando brotações de anelamento e decepta em matrizes de duas idades. **Cerne**, v. 21, n. 4, 2015.

STUEPP, C.A; et al. Vegetative propagation of mature dragon trees through epicormic shoots. **Revista Bosque**, v.35, n.3, p.333-341, 2014.

VENABLES, W. N. & Ripley, B. D. (2002) **Modern Applied Statistics with S**. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.

WENDLING, I. et al. **Resgate vegetativo por anelamento e decepta e estaquia de árvores adultas de erva-mate**. Comunicado Técnico 385, Colombo- PR, Setembro, 2016.

WENDLING, I.; BRONDANI, G. **Produção de mudas de erva-mate**. In: WENDLING, I.; SANTIN, D. (Ed.). Propagação e nutrição de erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 11-98.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-Part I: concepts, regulation and consequences of phase change. **New Forests**, v.1, p.1-23, 2014a.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry-part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v.1, p.1-14, 2014b.

WENDLING, I. et al. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 1, p. 117-125, 2013.

WENDLING, I. et al. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomía Costarricense**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

CAPÍTULO 3: ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE SAPUCAIA (*Lecythis pisonis* Camb.) PROVENIENTES DE MUDAS DE DIFERENTES IDADES

RESUMO

Lecythis pisonis Cambess, popularmente conhecida como sapucaia, é uma espécie arbórea que ocorre naturalmente na Mata Atlântica, com importância econômica e ecológica. A propagação da espécie ocorre por via seminal, entretanto, suas sementes apresentam baixa germinação e por serem predadas por animais, limitam a produção de mudas da espécie por sementes. Assim, a propagação vegetativa é uma alternativa com potencial para ser empregada em espécies onde a semente é um fator limitante. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das idades das mudas no enraizamento de miniestacas provenientes do ápice das mudas de *Lecythis pisonis*. O experimento foi implantado em delineamento inteiramente casualizado, constituído pelas idades das mudas (30, 60 e 90 dias), com cinco repetições de oito miniestacas por parcela. Ao atingirem 30, 60, 90 dias foram coletadas as respectivas brotações apicais nas mesmas plantas para a instalação do experimento. Foram confeccionadas miniestacas com 5 cm a partir da parte apical da muda. Após 90 dias em casa de vegetação, as mudas foram avaliadas quanto às percentagens de enraizamento, sobrevivência e foram realizadas análises anatômicas na base das miniestacas. As miniestacas enraizadas foram transplantadas para tubetes de 280 cm³ e avaliadas aos 180 dias após o estaqueamento. As avaliações realizadas nas mudas foram: comprimento total de raiz (cm), área de superfície de raiz (cm²), volume de raiz (cm³), diâmetro médio de raiz (mm), área foliar (cm), massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca da raiz (g). O enraizamento das miniestacas de *Lecythis pisonis* variam em função da idade das mudas. A presença de bainha diferenciada na periderme, possivelmente constitui uma barreira ao enraizamento adventício em *Lecythis pisonis*.

Palavras-chaves: Propagação vegetativa, idade da muda, minijardim.

ABSTRACT

Lecythis pisonis Cambess popularly known as sapucaia, is a tree species that occurs naturally in the Atlantic Forest, with economic and ecological importance. The propagation of the species occurs through the seminal route, however, its seeds have low germination and because they are preyed on by animals, they limit the production of seedlings of the species by seeds. Thus, vegetative propagation is an alternative with the potential to be used in species where seed is a limiting factor. The objective of this work was to evaluate the effect of seedling age (30, 60 and 90 days) on the rooting of mini cuttings from the apex of *Lecythis pisonis* seedlings. The experiment was implemented in a completely randomized design, consisting of the age of the seedlings (30, 60 and 90 days), with five repetitions of 8 mini-cuttings per plot. When they reached 30, 60, 90 days, the respective apical shoots were collected for the installation of the experiment. Mini-cuttings with 5 cm were made from the apical part of the seedling. After preparation, the mini-cuttings were planted in tubes with commercial substrate. After 90 days in a greenhouse, mini-cuttings were evaluated for rooting, survival percentages and anatomical analyzes were performed at the base of the minicuttings. Rooted mini-cuttings were transplanted into 280 cm³ tubes and evaluated 180 days after staking. The evaluations carried out on the seedlings were: total root length (cm), root surface area (cm²), root volume (cm³), average root diameter (mm), leaf area (cm), fresh and dry mass of the aerial part and fresh and dry root mass (g). The age of the seedlings influenced the rooting. The presence of a differentiated sheath in the peridermic constitutes an anatomical barrier in *Lecythis pisonis*.

Keywords: Vegetative propagation, seedling age, mini garden.

1 INTRODUÇÃO

Lecythis pisonis Cambess. (Lecythidaceae), popularmente conhecida como sapucaia, é uma espécie arbórea que ocorre naturalmente na Amazônia e na Mata Atlântica (LORENZI, 2002).

A espécie tem importância econômica e ecológica (Rodrigues et al., 2015), sendo indicada para reflorestamento, por ser uma espécie clímax e atrair a fauna local, além de sua casca e folha apresentarem propriedades medicinais (LORENZI, 2014). Além de que em suas castanhas são encontrados selenoproteínas, que são importantes para prevenir hepatopatias, doenças cardiovasculares, e carcinogênese, como bem como para melhorar a função cerebral e a fluência verbal em idosos (Cardoso et al., 2016; Demoliner, de Britto Policarpi, Ramos, et al., 2018; Demoliner, de Britto Policarpi, Vasconcelos, et al., 2018; Navarro-Alarcon & Cabrera-Vique, 2008).

A castanha de sapucaia é uma potencial fonte energético-protéica e de minerais importantes para a saúde (CARVALHO et al., 2012). Suas castanhas são ricas em selênio e fonte de compostos bioativos (Demoliner et al., 2018), podendo ser utilizada como ingrediente alimentar funcional e alternativa à castanha-do-pará e outras castanhas (Rosa et al., 2020), sendo semelhante à castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) (TEIXEIRA et al., 2018a). A farinha da castanha de sapucaia pode ser utilizada como ingrediente na produção de alimentos com o objetivo de aumentar seu valor nutricional e propriedades funcionais (TEIXEIRA et al., 2018b).

Atualmente, a propagação da sapucaia ocorre por sementes. Contudo, as sementes apresentam baixa germinação, relacionada à dormência física imposta pelo tegumento (Araujo et al., 2020), além das suas castanhas serem predadas por animais. A espécie tem baixa frequência natural nas florestas e floresce esporadicamente, alguns indivíduos florescem anualmente e outros a cada cinco anos (WICKENS, 1991). Ocasionalmente a limitação da disponibilidade de suas mudas e desenvolvimento de seus povoamentos.

Nesse sentido, a propagação vegetativa constitui uma alternativa de superação das dificuldades encontradas na propagação de espécies nativas, podendo ser utilizadas para fins comerciais, assim como auxiliar no resgate e conservação de recursos genéticos florestais (DIAS et al., 2012).

Contudo, alguns estudos têm demonstrado dificuldade no enraizamento de estacas de *Lecythis pisonis*, para material seminal e juvenil (BERNARDES et al., 2020; SANTANA, 2017; BERNARDES, 2016). As raízes adventícias são componente chave limitante da propagação vegetativa (BELLINI et al., 2014), sendo a presença de uma barreira anatômica no material vegetal, uma das dificuldades do enraizamento (ZOTTELE et al., 2020), principalmente em espécies lenhosas.

Essa dificuldade de enraizamento pode ser resultante da rápida perda de capacidade de enraizar dos propágulos. Na propagação vegetativa de *Pinus taeda* a idade das mudas influenciou o enraizamento, de modo que a diminuição da idade das mudas aumentou o índice de enraizamento, dificultando o enraizamento quando não se utiliza material juvenil dessa espécie como fonte de propágulos (ALCÂNTARA, 2007).

Além disso, diversas espécies apresentam barreiras anatômicas que impedem o sistema radicular de se desenvolver (ONO e RODRIGUES, 1996). A barreira anatômica é originada pela esclerificação contínua do floema e é considerada um dos principais obstáculos para a formação de raízes adventícias em propágulos vegetativos (MAYER, 2006).

Dessa forma, conhecer a anatomia do material a ser propagado durante o processo de enraizamento fornece informações importantes, que permitem entender o processo de formação de raiz e propagação clonal da espécie (LOPES et al., 2019).

Levando em conta o potencial da espécie e a carência de informações sobre a sua propagação vegetativa, o objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes idades das mudas de *Lecythis pisonis* no enraizamento de miniestacas provenientes do ápice das mudas.

Para tanto, testou-se as seguintes hipóteses: (i) o ápice das mudas mais jovens fornecem propágulos capazes de enraizar a espécie *L. pisonis*; e (ii) existem barreiras físicas que impedem a emissão de raízes de *L. pisonis*, sendo estas eliminadas quando se utilizam mudas mais jovens.

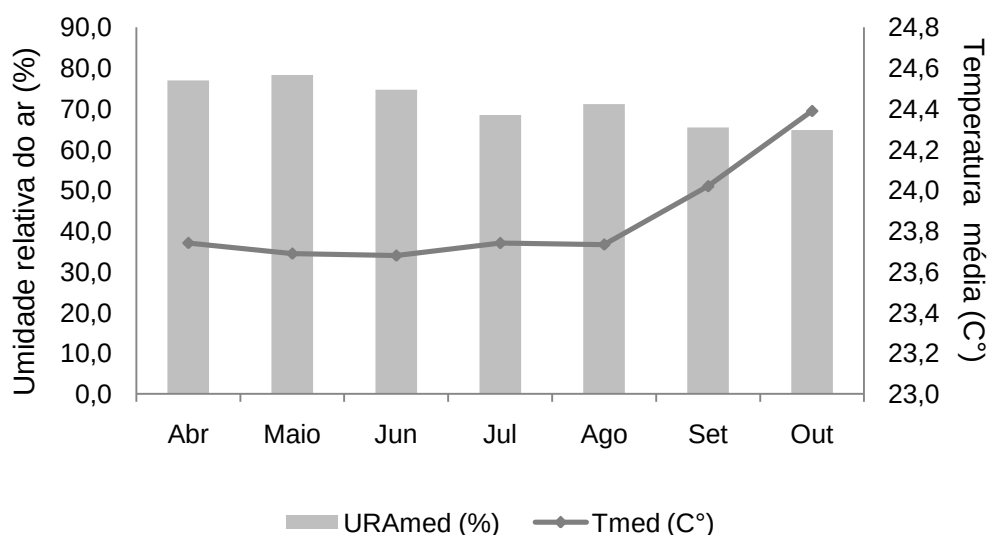
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido no Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, localizado na Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro, ES, a 20° 47' S e de 41° 23' W e altitude de 120 m. O clima da região é do tipo Cwa - inverno seco e verão chuvoso de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

O registro das condições de umidade relativa do ar média e temperatura média durante o período de condução do experimento são apresentados na Figura 1.

Figura 1- Registro mensal de umidade relativa do ar média e temperatura média no período de condução do experimento, entre os meses de abril e outubro de 2020. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



2.2 Estabelecimento e condução do experimento

As sementes de sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) foram coletadas em propriedade particular localizada no município de Atílio Vivácqua- ES. As sementes foram submetidas à escarificação mecânica, sendo friccionadas manualmente em lixa nº 80, no lado oposto ao eixo embrionário, até desgastar o tegumento (PAULUCIO, 2016).

Posteriormente, tubetes de polipropileno com capacidade de 280 cm³ (diâmetro externo 63 mm, diâmetro interno 52 mm e altura 190 mm) preenchidos com substrato comercial e adubadas com 150 g de fertilizante de liberação controlada por m³ de substrato, com formulação 15-9-12 (N-P-K) e tempo de liberação de 5 a 6 meses.

O substrato comercial utilizado para produzir as mudas (Tabela 1) apresenta em sua composição, casca de *Pinus*, vermiculita, resíduo orgânico agroindustrial classe A, serragem de madeira, esterco – camas de equinos, NPK, com pH de 6,2, densidade de 0,5 g cm⁻³, umidade de 55%, condutividade elétrica 0,4 mS cm⁻¹.

Tabela 1. Composição química do substrato comercial.

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Zn	Mn	Fe	Cu
g/Kg						mg/Kg				
6,60	5,60	3,90	9,50	7,40	2,00	31,30	47,70	122,70	356,60	15,90

2.3 Preparo das miniestacas

O minijardim multiclonal constituiu-se de 160 mudas de *Lecythis pisonis*. Quando as mudas atingiram a idade de 30, 60 e 90 dias após a semeadura, as respectivas brotações apicais foram coletadas, com o auxílio de tesoura para serem utilizadas como miniestacas.

O ápice das mudas foi coletado com aproximadamente 8 cm de comprimento e a partir destes, confeccionadas miniestacas de 5 cm de comprimento, (WENDLING et al., 2000). A gema apical foi mantida, sendo confeccionada apenas uma miniestaca por brotação coletada, mantendo-se um par de folhas reduzido a 50% da sua área original.

Após o preparo, as miniestacas foram desinfestadas, com imersão total em solução de Captan® (0,1%), durante 10 min, seguida de três lavagens sucessivas em água corrente.

Para o enraizamento, as miniestacas foram plantadas em tubetes de 55 cm³ (comprimento de 12 cm; diâmetro superior externo com 3,5 cm) preenchidos com substrato comercial e fertilizante de liberação controlada (15-9-12), com atenção à centralização, retidão, profundidade e firmeza.

As miniestacas foram mantidas em casa de vegetação climatizada com nebulização intermitente (temperatura de 24°C ± 2°C e umidade relativa do ar superior a 80%).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos constituídos pelas coletas das mudas (aos 30, 60 e 90 dias), com cinco repetições de oito miniestacas por parcela.

2.4 Avaliações das miniestacas aos 90 dias em casa de vegetação

Após 90 dias em casa de vegetação, o experimento foi avaliado quanto às seguintes características: Porcentagem de estacas enraizadas (estacas vivas que apresentavam raízes no fundo do tubete); porcentagem de estacas com calos (estacas vivas, sem raízes, com formação de massa celular indiferenciada na base); porcentagem de estacas vivas (estacas vivas que não apresentaram indução radicial nem formação de calos); porcentagem de estacas mortas (estacas que se encontravam com tecidos necrosados).

Posteriormente, as miniestacas que emitiram raiz foram transplantadas para tubetes de prolipropileno com capacidade de 280 cm³ (diâmetro externo 63 mm, diâmetro interno 52 mm e altura 190 mm), preenchidos com substrato comercial e 150 g de fertilizante de liberação controlada por m³.

2.5 Avaliações das mudas formadas aos 180 dias após o estaqueamento em casa de sombra.

Aos 180 dias após o estaqueamento, foram avaliadas a área foliar, massa seca da raiz, massa seca da parte aérea e características do sistema radicular das miniestacas.

As mudas passaram pelo processo de lavagem das raízes, sendo submergidas em bandejas contendo água, até que os sistemas radiculares das plântulas ficassem livres de substrato. Para evitar perda de material durante esse processo, foi utilizado um conjunto de peneiras de 20 e 60 Mesh.

Após o processo de lavagem do sistema radicular, as mudas foram separadas em sistema radicular (SR) e parte aérea (PA), na altura do colo.

2.5.1 Área foliar das mudas

A análise de área foliar foi realizada no Laboratório de Fitotecnia do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) - Campus Alegre.

Para avaliação da área foliar foram utilizadas todas as mudas formadas aos 180 dias após o estaqueamento. Para a determinação da área foliar, foi utilizado um integrador de área (LI-3100, Li-Cor, Inc. Lincoln, NE, USA).

As folhas foram retiradas das miniestacas e passadas individualmente no aparelho, sendo o valor expresso em cm² por muda.

2.5.2 Massa seca de parte aérea

Após as pesagens da massa fresca de parte aérea, o material foi armazenado em sacos de papel e transportado para uma estufa de circulação de ar forçada a 65°C até obtenção de massa constante, aproximadamente 72 horas. Após a secagem, o material vegetal foi pesado para determinação de sua massa seca.

2.5.3 Características das raízes

As análises das raízes foram realizadas no Laboratório de Fitotecnia do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) - Campus Alegre. A morfologia da raiz foi realizada por meio do *software* WinRhizo, realizadas com scanner de raiz EPSON STD4800:e armazenadas como arquivos TIFF para posterior acesso por meio da planilha excel XLRhizo integrada ao sistema. Foi utilizada uma definição de 300 dpis, como descrita por Bouma et al. (2000).

As raízes foram dispostas em uma cuba de acrílico de 20 cm de largura por 30 cm de comprimento, contendo, aproximadamente, 1 cm de água. As leituras foram realizadas em dez miniestacas por tratamento.

As características morfológicas radiculares foram: comprimento total de raiz (cm), área de superfície de raiz (cm²), volume de raiz (cm³), diâmetro médio de raiz (mm).

2.5.4 Massa seca da raiz

Após a determinação das características morfológicas de raiz, o material foi pesado e armazenado em sacos de papel e transportado para uma estufa de circulação de ar forçada a 72°C, até que fosse atingida massa constante. Logo após a secagem, o material vegetal foi pesado, para a determinação da massa seca.

2.6 Análises anatômicas

As análises anatômicas foram realizadas no LBCT- Laboratório de Biociências e Biotecnologia, setor de Anatomia Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro- UENF, localizada em Campos dos Goytacazes- RJ.

Após 90 dias em câmara de nebulização, foram amostradas aleatoriamente três miniestacas provenientes das mudas provenientes da primeira coleta e da segunda coleta de miniestacas, respectivamente, para

retirada da base das miniestacas, conforme estabelecido por Pimentel et al., (2020).

Os fragmentos da base das miniestacas foram fixados em uma solução aquosa contendo 2,5% de glutaraldeído, 4% de formaldeído e 0,05M de tampão cacodilato de sódio ao pH 7,2, em temperatura ambiente (Karnovsky 1965 modificado por Da Cunha et al., 2000), lavadas por quatro vezes no mesmo tampão.

Em seguida, os fragmentos foram desidratados em uma série alcoólica de 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%, 100% e 100% com intervalos de uma hora. A infiltração substituiu gradualmente o álcool pela solução de infiltração da resina Leica Histoiresin[®]. A inclusão foi feita com solução de embebimento da resina Leica Histoiresin em formas de plástico.

Com o auxílio da navalha descartável foram obtidos cortes finos de 5-6 μm de espessura em micrótomo rotatório (Cut 4050 Slee Mainz). Os cortes foram corados com azul de toluidina 1% por um minuto (O'Brien et al., 1965).

As lâminas foram seladas com glicerina 50% e observadas em microscópio óptico de campo claro (Axioplan ZEISS Germany). As imagens foram obtidas através deste microscópio acoplado ao sistema de captura de imagem (Moticam Pro 282B, Hong Kong).

2.7 Análise dos dados

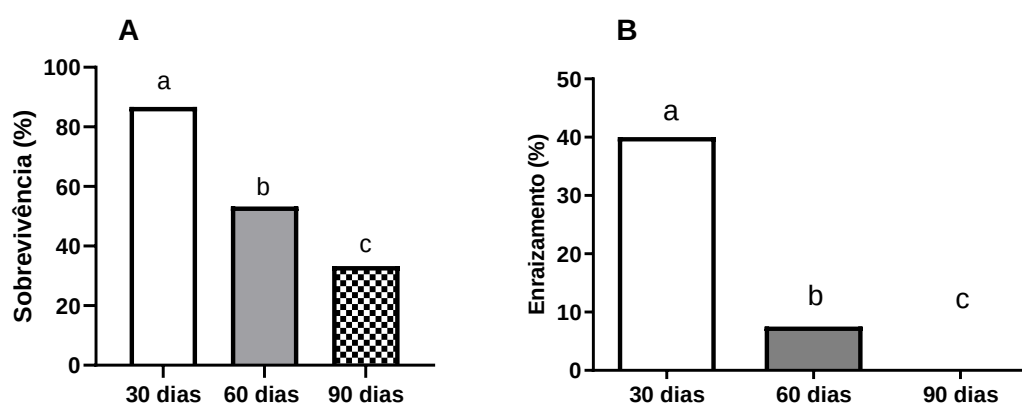
Os dados de porcentagem de enraizamento foram transformados em $\sqrt{(x+1)}$. Após a transformação, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para a comparação de médias, os dados foram submetidos ao Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a realização da análise estatística foi utilizado o programa o GraphPad Prism[®] (La Jolla, CA, USA), versão 6.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aos 90 dias em ambiente de enraizamento, as miniestacas provenientes das mudas da aos 30 dias de idade apresentaram valores de sobrevivência superiores às miniestacas provenientes da coleta aos 60 dias (Figura 2B). A sobrevivência das miniestacas indica que as condições ambientais fornecidas aos propágulos em casa de vegetação foram adequadas.

Para o enraizamento adventício, de modo geral, a tendência foi diminuição das percentagens em decorrência do aumento da idade das mudas (Figura 2A). Os resultados mostraram superioridade no percentual de enraizamento (40%) obtido para miniestacas provenientes de mudas com idade de 30 dias, em relação às mudas com idade de 60 dias. Não houve formação de raízes nas miniestacas oriundas de mudas com 90 dias de idade.

Figura 2 – Sobrevivência (A) e Enraizamento (B) de miniestacas de *Lecythis pisonis*, coletadas de mudas em diferentes idades, em casa de vegetação, aos 90 dias após o estaqueamento. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).



A espécie em estudo tem sido considerada de difícil enraizamento. Bernardes et al. (2020) ao avaliaram a capacidade de enraizamento de estacas tratadas com ácido indol butírico (AIB) e a eficiência da técnica de resgate vegetativo de árvores-mãe adultas e transicionais de *L. pisonis* e observaram

que as estacas provenientes de propágulos adultos não formaram raízes. Em estudo com miniestaquia seminal de *L. pisonis*, Santana (2017), não obteve resultados significativos (10%) para o enraizamento da espécie, mesmo com a aplicação de regulador de crescimento. Assim, os resultados do presente estudo resultaram em porcentagem média de enraizamento de 40%, sendo este valor superior ao obtido pelos autores citados anteriormente.

O efeito da idade das mudas (60, 90, 120 e 150 dias) e das estações do ano no enraizamento de miniestacas de *P. taeda* foi estudado por Alcantara et al., (2007). Os autores observaram que o aumento no índice de enraizamento (85%) ocorreu com a diminuição da idade das mudas, em comparação quando as miniestacas foram colhidas de mudas com 120 dias de idade (8,75%), no período do inverno, inferindo que possivelmente esse resultado está relacionado com o balanço adequado entre os diferentes reguladores vegetais, promovendo o enraizamento adventício.

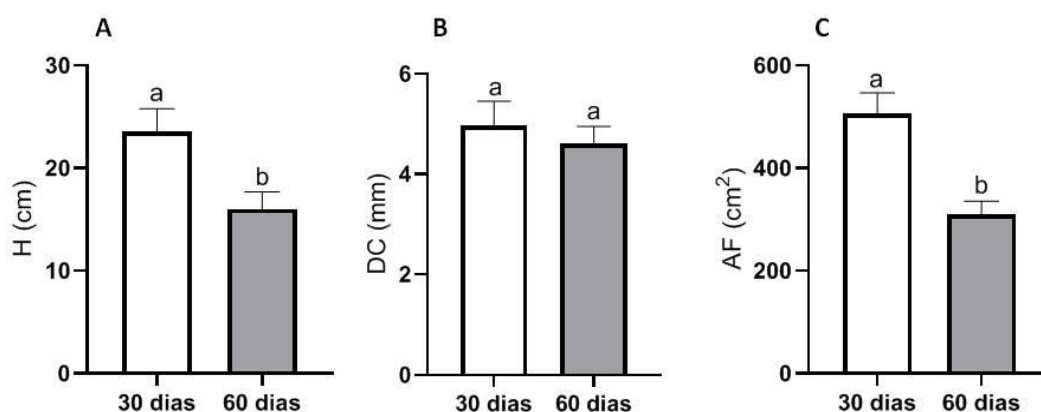
Ainda pela análise da Figura 2, verificou-se diminuição no enraizamento com o aumento da idade das mudas, aos 90 dias após o estaqueamento, indicando que há perda de capacidade de enraizamento dos propágulos ao longo das coletas. Aos 90 dias em casa de vegetação, não foi observada emissão de raízes em miniestacas oriundas de mudas da terceira coleta, aos 90 dias de idade (Figura 2B), portanto, essas miniestacas não alcançaram a fase de mudas. Desta forma, os resultados obtidos após 180 dias de estaqueamento, são referentes somente as mudas provenientes da primeira e segunda coleta.

Houve diferenças nas variáveis biométricas das mudas, ao final do ciclo, em função da idade das mudas em que foram coletadas as miniestacas (Figura 3). As miniestacas formadas a partir de mudas de 30 dias idade apresentaram maiores valores de altura e área foliar. Entretanto, não houve diferenças significativas para o diâmetro do colo.

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram obtidos por Oliveira et al., (2016), com tipos de miniestacas e aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de *Handroanthus heptaphyllus*. Os autores observaram que as mudas formadas a partir de propágulos oriundos das primeiras coletas, apresentaram maior média de altura (23,96 cm) e maior diâmetro do colo (5,6 mm) aos oito meses após a poda apical. Já as mudas

provenientes da coleta aos onze meses após a poda apical, apresentaram menores médias de área foliar, massa seca da parte aérea e do sistema radicular.

Figura 3 – Altura, H em cm, (A), diâmetro do colo, DC em mm, (B) e área foliar, AF em cm² (C) de miniestacas de *Lecythis pisonis*, coletadas de mudas em diferentes idades, aos 180 dias após o estaqueamento. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Barras indicam desvio padrão. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



As mudas provenientes de miniestacas da primeira coleta, aos 30 dias após a semeadura, apresentaram raízes formadas de melhor qualidade, o que pode ser evidenciado pela maior área superficial da raiz e volume de raízes (Tabela 2). O comprimento total da raiz e diâmetro médio da raiz não variou em função da idade das mudas, no entanto, a massa fresca e seca da raiz aumentou na primeira coleta (30 dias), em comparação com mudas da segunda coleta (60 dias) (Tabela 2). Em miniestacas de *Pinus taeda* oriundas de mudas com 60 dias de idade, Alcantara et al., (2007) obtiveram os maiores valores de massa seca das raízes (2,9 g).

O incremento na massa fresca e seca da parte aérea foi maior nas mudas provenientes da primeira coleta (30 dias), aos 180 dias após o estaqueamento (Tabela 2).

Tabela 2 – Comprimento total da raiz (CTR), área superficial da raiz (ASR), diâmetro médio da raiz (DMR), volume da raiz (VR), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz (MSR), massa fresca parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), de mudas de *Lecythis pisonis*, coletadas de mudas em diferentes idades, aos 180 dias após o estaqueamento. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.

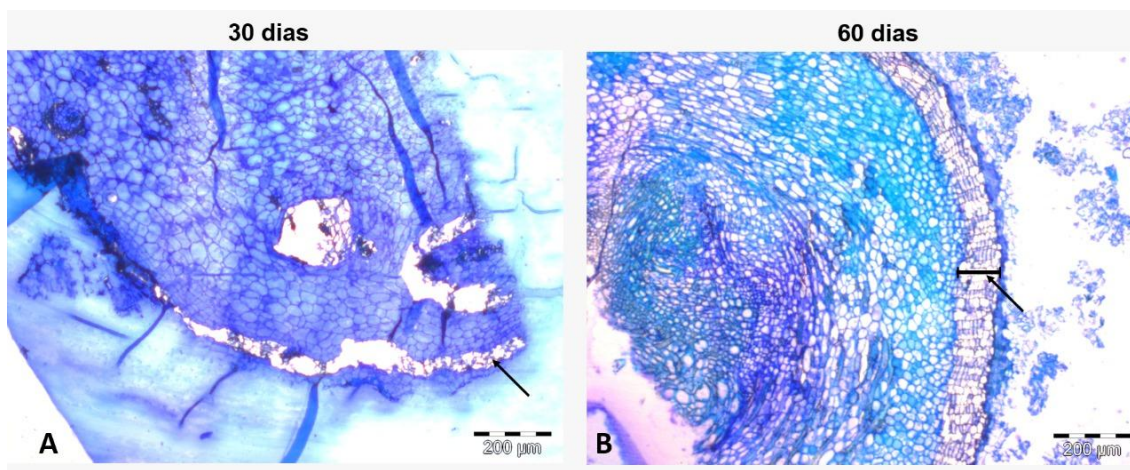
Idade das mudas	CTR cm	ASR cm ²	DMR mm	VR cm ³	MFRg.....	MSR	MFPA	MSPA
30 dias	522,21a	147,95a	0,75a	2,83a	7,03a	2,62a	12,18a	4,69a
60 dias	494,91a	109,31b	0,70a	1,93b	4,71b	1,01b	7,81b	2,52b

Dados expressos em média. Letras diferentes na mesma coluna significa diferença estatística.

Analisando as secções transversais das bases das miniestacas coletadas da base das mudas de *Lecythis pisonis* observa-se que, para aquelas oriundas da primeira coleta (30 dias de idade), apresentaram periderme com cerca de duas a três camadas de células epidérmicas (Figura 4A). Nas miniestacas provenientes de mudas com 60 dias de idade, essa foi formada por periderme com cerca de seis a sete camadas de células epidérmicas (Figura 4B).

Possivelmente, o aumento da espessura da periderme constituiu uma barreira anatômica à formação das raízes. De acordo com Chaves et al. (2003), em estacas lenhosas, a presença de uma bainha diferenciada, pode ser a razão pela dificuldade de enraizamento encontrada em algumas espécies. A maturação dos tecidos vegetais forma uma barreira física para a emergência de raízes por deposição de lignina nas paredes celulares e reduz a capacidade fisiológica de formar primórdios de raiz (XAVIER et al., 2013; HARTMANN et al., 2011).

Figura 4 - Microscopia óptica. Secções transversais da base das miniestacas de *Lecythis pisonis*, obtidas de mudas de diferentes coletas. Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil, 2021.



A- corte transversal da região do caule/raiz da miniestaca obtida de mudas da primeira coleta. B- corte transversal da região do caule/raiz da miniestaca obtida de mudas da segunda coleta. Barras: 200 µm.

Uma vez que um anel contínuo de esclerênquima é formado entre o floema e o córtex fora do ponto de origem das raízes adventícias com envelhecimento e maturação, essas células podem dificultar o processo de enraizamento (HARTMANN et al., 2011).

Pessanha et al. (2018) observaram uma bainha de células não diferenciadas entre a periderme e o floema em miniestacas de *Plathymenia foliolosa*, entretanto, de acordo com os autores, pelo fato dos tecidos não terem atingido a maturidade, não foi possível afirmar se essa bainha constituiu uma barreira anatômica.

Alguns estudos têm mostrado a ausência de barreira anatômica em espécies florestais. Pimentel et al. (2020) caracterizando a anatomia das raízes adventícias de miniestacas de *Ilex paraguariensis*, verificaram que as diferenças na capacidade rizogênica de miniestacas de clones de erva-mate não foram devidas à presença de barreiras anatômicas, mas que a dificuldade de enraizamento da espécie se deu pela presença de grãos de amido nos propágulos.

As análises anatômicas realizadas por Rickli et al. (2015) em estacas de *Vochysia bifalcata*, demonstraram que a presença de fibras na região cortical do caule não constituiu uma barreira anatômica para a emissão radicial, pois estas apresentaram maior capacidade de enraizamento (81%).

Assim, a anatomia do processo de enraizamento adventício é variável e ainda pouco compreendida, principalmente para as espécies de difícil enraizamento (PIMENTEL et al., 2020) assim como, auxiliam na elucidação das possíveis causas de recalcitrância ou dificuldade de enraizamento adventício.

Os resultados obtidos no presente trabalho apontam para a necessidade de maiores estudos sobre a influência das coletas na formação de raízes adventícias em *Lecythis pisonis*, bem como a elucidação dos processos anatômicos envolvidos no enraizamento adventício da espécie.

4 CONCLUSÕES

- O enraizamento das miniestacas de *Lecythis pisonis* varia em função da idade das mudas;
- Há redução na capacidade de enraizamento com o aumento da idade das mudas;
- As coletas realizadas em mudas mais jovens, aos 30 dias, originaram mudas com maior altura, área foliar, área superficial da raiz e volume de raiz aos 180 dias após o estaqueamento;
- A presença de bainha diferenciada na periderme, possivelmente constitui uma barreira ao enraizamento adventício em *Lecythis pisonis*.

5 REFERÊNCIAS

ALCANTARA, G. B. de. et al. (2007), G. B. de. et al. Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v.31, n.3, p.399-404, 2007.

ARAUJO, C. P. et al. Superação da dormência de sementes e enraizamento em mudas poliembrionárias de alporquia de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.). **Australian Journal of Crop Science**. v. 14, n. 5, p. 816-821, 2020.

BELLINI, C. et al. Adventitious roots and lateral roots: similarities and differences. **Annu Rev Plant Biol**. v. 65, p. 639-666, 2014.

BERNARDES, V. P. et al. Resgate vegetativo e propagação clonal de *Lecythis Pisonis* Cambess. **Floresta e Ambiente**. v.27, n.4, p. 2020.

BERNARDES, V. P. **Resgate e propagação vegetativa de *Lecythis pisonis* Cambes por estaquia**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.

BOUMA, T. J. et al. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, v. 218,p. 185-196, 2000.

CARVALHO, I, M. M. de. et al. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da zona da mata mineira. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 971-977, 2012.

CHAVES, C. R. M. et al. Enraizamento de 5 tipos de estacas caulinares de corticeira-do-banhado. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 15, p. 135, 2003.

DEMOLINER, F. et al. Sapucaia nut (*Lecythis pisonis* Cambess) and its by-products: A promising and underutilized source of bioactive compounds. Part I:

Nutritional composition and lipid profile. **Food Research International**. v. 108, p. 27-34, 2018.

DIAS et al. P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.

FIGUEIREDO, A. C. S., Barroso, J. M. G., Pedro, L. M. G., Ascensão, L. (2007). **Histoquímica e Citoquímica em Plantas: Princípios e Protocolos**. 1 ed. Lisboa: Ciência de Biotecnologia Vegetal, 66p.

HARTMANN, H. T. Et al.. **Propagação de plantas: princípios e práticas**. 8ª ed. Nova Jersey: Prentice-Hall; 2011.

KARNOVSKY MJ. 1965. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**. v. 27, p. 137-138.

LOPES, A. Da. S. et al. Efeitos da nutrição mineral, coleta de brotações e ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento e histologia de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Scientia Forestalis**. v. 47, n. 123, p. 482-493, 2019.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5 ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008, v. 1, 384p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002, v. 1. 368 p.

MAYER, J. L. S. et al. Capacidade de enraizamento de estacas de quatro cultivares de *Vitis* L.(Vitaceae) relacionada com os aspectos anatômicos (Rooting ability of four *Vitis* L. (Vitaceae) cultivar cuttings related to anatomy). **Acta Bot Bras**. v. 20, n. 3, p. 563-568. 2006.

O'BRIEN, T. P. et al. 1965. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v. 59, n. 2, p. 367-373.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 1996. 83p.

PAULUCIO, M. C. **Germinação ex vitro e potencial organogênico e embriogênico in vitro de *Lecythis pisonis* cambes**. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. 72 f. 2016.

PESSANHA, S. E. G. L. et al. Limitações na produção de vinhático (*Plathymenia reticulata* Benth) por miniestaquia. **Ciência Florestal**. v. 28, n. 4, p. 1688-1703, 2018.

PIMENTEL, N. et al. Anatomical Characterization of the Adventitious Roots of Mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) Mini-cuttings. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.63: e20190359, 2020.

RICKLI, H. C. et al. Origem de brotações epicórmicas e aplicação de ácido indolilbutírico no enraizamento de estacas de *Vochysia bifalcata* Warm. **Ciência Florestal**. v. 25, n. 2, p. 385-393, 2015.

RODRIGUES, A. B. et al. First microsatellite markers for *Lecythis pisonis* (Lecythidaceae), an important resource for Brazilian fauna. **Conservation Genet Resour**, v. 7, p. 437-439, 2015.

ROSA, T. L. M. Sapucaia nut: Morphophysiology, minerals content, methodological validation in image analysis, phenotypic and molecular diversity in *Lecythis pisonis* Cambess. **Food Research International**, v. 137, n. 109383, 2020.

SANTANA, B. T., PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Lecythis* spp. POR ESTAQUIA E MINIESTAQUIA. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

TEIXEIRA, G. L. et al. Chemical, thermal and rheological properties and stability of sapucaia (*Lecythis pisonis*) nut oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. v. 131, p. 2105-2121, 2018a.

TEIXEIRA, G. L. et al. Sapucaia nut (*Lecythis pisonis* Cambess.) flour as a new industrial ingredient: Physicochemical, thermal, and functional properties. **Food Research International**, v. 109, p. 572-582, 2018b.

WENDLING, I. et al. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.181-186, 2000.

WICKENS, G. E. Questões de gestão para o desenvolvimento de produtos florestais não madeireiros. *Unasylva*, 1991, v. 42 (165f): p. 3-8. Disponível em: Disponível em:<https://bit.ly/2QAOTi2>.

XAVIER, A. et al. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2ª ed. Viçosa: Editora UFV; 2013.

ZOTTELE, L. et al. Influência dos diferentes tipos de estacas caulinares no enraizamento e morfoanatomia de *Aphelandra nitida* Ness & Mart. (Acanthaceae). **Brazilian. Journal of Development**. v. 6, n. 7, p. 49290-49309, 2020.