

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LUNALDA APARECIDA VAZ POLA

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Lecythis pisonis* CAMBESS POR
MINIESTAQUIA

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2021

LUNALDA APARECIDA VAZ POLA

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Lecythis pisonis* CAMBESS POR
MINIESTAQUIA

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2021

LUNALDA APARECIDA VAZ POLA

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Lecythis pisonis* CAMBESS POR
MINIESTAQUIA

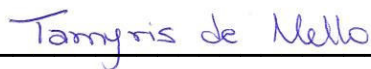
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Aprovada em: 26 de abril de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA



Orientadora: Profª Drª Elzimar de Oliveira Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo



Examinadora: Ma. Tamyris de Mello
Universidade Federal do Espírito Santo



Examinador: Dr. Emanuel França Araújo
Universidade Federal do Espírito Santo

Aos meus pais

Com todo amor!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida.

À memória de meu pai Arnaldo Segundo Pola, por todo amor e sustento, por me ensinar os melhores valores do ser humano e por ter me alegrado com seus telefonemas bem humorados em dias difíceis.

À minha mãe Lucimar Vaz Pola, por todo amor e orações, por não me deixar desistir e por sempre confiar em mim.

A todos da minha família que contribuíram para a realização desse sonho.

A Gabriela, Lara, Lucas e Otávio por estarem sempre me ajudando com os experimentos e pela parceria em todos esses anos.

Às minhas amigas Chansislayne e Jussara pelo companheirismo e bons momentos.

Aos meus companheiros de turma que tornaram a faculdade mais alegre.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Elzimar de Oliveira Gonçalves pelo incentivo, pelas histórias e por todo conhecimento compartilhado.

Ao Dr. Emanuel França Araújo e à Ma. Tamyris de Mello por terem aceitado participar da banca de avaliação, pelas considerações que ajudaram a aperfeiçoar esse trabalho e pela paciência em ensinar.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), à Universidade Federal do Espírito Santo, ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e aos docentes que contribuíram para o meu processo de formação.

RESUMO

A sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) é uma espécie nativa brasileira de ocorrência no bioma Amazônico e da Floresta Atlântica. Por apresentar floração esporádica, frutificação tardia e lento desenvolvimento das mudas, fatores que dificultam a propagação da espécie via sementes, é justificável a utilização da miniestaquia. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a capacidade de enraizamento e produção de mudas por miniestaquia de sapucaia. Foram coletadas as brotações do minijardim aos 12 meses e aos 20 meses de idade. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, testando-se duas doses de cinetina - CIN (0 e 25 mg L⁻¹) e quatro doses de ácido indol-3-butírico - AIB (0, 50, 100 e 200 mg L⁻¹), sendo que no primeiro experimento foi utilizada adubação foliar 15-05-05 a 1% e no segundo foi utilizado fertilizante de liberação controlada 16-08-12, na dose de 5 g L⁻¹. Foram avaliadas a sobrevivência, o teor de clorofila, o crescimento em altura e diâmetro do colo, o enraizamento, o número de raiz de primeira ordem, a massa seca da parte aérea e da raiz e o Índice de Qualidade de Dickson. Em seguida, o minijardim foi submetido a poda drástica, a 10 cm de altura, e as brotações novas foram utilizadas para avaliar a dinâmica de enraizamento. Para isso foram preparadas 100 miniestacas apicais com 4 cm de comprimento, redução foliar de 50% e sem aplicação exógena de reguladores. Após 60 dias do enraizamento, deu-se início ao acompanhamento, em que foi retirado 10 miniestacas em intervalos de 10 dias até completar 100 dias em casa de vegetação. Não houve influência da aplicação de reguladores ($p > 0,05$) na sobrevivência e no enraizamento adventício para as miniestacas de 12 meses de idade. Aos 190 dias as mudas não estavam bem desenvolvidas em altura e sistema radicular, o que indica necessidade de mais tempo em viveiro. O segundo experimento apresentou elevada mortalidade, podendo indicar o baixo vigor das minicepas em relação a época de coleta. O enraizamento de miniestacas de sapucaia se iniciou antes dos 60 dias em casa de vegetação e aos 100 dias foi encontrado enraizamento de 88%. É indicado o uso de miniestacas tenras e oriundas de minicepas jovens e vigorosas para a miniestaquia de sapucaia.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, propagação vegetativa, regulador de crescimento, sapucaia.

SUMÁRIO

Lista de tabelas	viii
Lista de figuras	ix
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos.....	11
1.1.1 Objetivo geral.....	11
1.1.2 Objetivos específicos	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 <i>Lecythis pisonis</i> Cambess – Sapucaia.....	12
2.2 Propagação vegetativa de espécies florestais via miniestaquia	13
2.3 Aspectos relacionados ao enraizamento adventício	15
2.3.1 Condições relacionadas a planta mãe	15
2.3.2 Fatores ambientais.....	16
2.3.3 Reguladores de crescimento	17
3 METODOLOGIA.....	18
3.1 Local de estudo	18
3.2 Formação do minijardim e aquisição das miniestacas.....	18
3.3 Tratamentos e delineamento experimental.....	19
3.4 Experimento 1: Efeito de reguladores no enraizamento de miniestacas de minicepas com doze meses de idade	20
3.5 Experimento 2: Efeito de reguladores no enraizamento de miniestacas de minicepas com vinte meses de idade	21
3.6 Avaliações	22
3.6.1 Sobrevivência	22
3.6.2 Determinação do índice relativo de clorofila das folhas	23
3.6.3 Crescimento em altura da parte aérea e diâmetro do colo das mudas	23
3.6.4 Porcentagem de enraizamento das miniestacas	23

3.6.5 Número de raízes de primeira ordem.....	23
3.6.6 Massa seca.....	23
3.6.7 Índice de qualidade de Dickson (IQD).....	24
3.7 Dinâmica de enraizamento de miniestacas de sapucaia	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Efeito de reguladores no enraizamento de miniestacas de sapucaia	25
4.2 Dinâmica de enraizamento de sapucaia	31
5 CONCLUSÕES	33
6 REFERÊNCIAS.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise foliar das mudas de sapucaia formadas aos 190 dias.....	27
Tabela 2 – Médias de altura (H) de mudas de sapucaia produzidas através de minietaquia, referentes ao experimento 1.....	29
Tabela 3 – Características das mudas de sapucaia aos 190 dias, propagadas via minietaquia.....	30
Tabela 4 – Índice relativo de clorofila (SPAD) em mudas de sapucaia com 190 dias...	31

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Semente de sapucaia submetida a escarificação mecânica.....18
- Figura 2 – Estabelecimento do minijardim de sapucaia: a) transplante das mudas para os vasos; b) quebra das mudas para estimular as brotações; c) minicepas com as primeiras brotações.....19
- Figura 3 – Instalação do experimento: a) miniestaca apical de sapucaia com redução foliar de 50%; b) Imersão das miniestacas em hipoclorito de sódio a 0,5%; c) lavagem em água corrente; d) tratamento com fungicida Captan 0,1%; e) imersão em regulador de crescimento e estaqueamento; f) experimento em casa de vegetação.....20
- Figura 4 – Sobrevivência de miniestacas de sapucaia em diferentes dias, em que C0= 0 mg L⁻¹ CIN e C1= 25 mg L⁻¹ CIN; A0= 0 mg L⁻¹ AIB; A1= 50 mg L⁻¹ AIB; A2= 100 mg L⁻¹ AIB; A3= 200 mg L⁻¹ AIB.....26
- Figura 5 – Perda de folhas em casa de sombra aos 160 dias.....27
- Figura 6 – Porcentagem de enraizamento (E%), porcentagem de calo, número de raiz de primeira ordem (NRP), comprimento da maior raiz (CMR) e número de folhas (NF) de miniestacas em relação ao tempo em casa de vegetação.....32

1 INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa de espécies florestais tem sido estudada e discutida de forma crescente nas últimas décadas, principalmente para os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, o que tem levado ao avanço tecnológico nas práticas silviculturais dessas espécies (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). As pesquisas para espécies nativas brasileiras vêm crescendo nos últimos anos, contudo, são desenvolvidas, em sua maioria, de forma experimental (CARVALHO et al., 2012; STUEPP et al., 2018). Em razão disso, há a subutilização de muitas espécies nativas com potencial de mercado, além de limitar a conservação e o resgate genético (MENDONÇA et al., 2017).

A espécie *Lecythis pisonis* Cambess, conhecida popularmente como sapucaia, castanha-sapucaia, sapucaia-vermelha e cumbuca-de-macaco apresenta potencial como fonte energético-proteica na alimentação humana pelo consumo da castanha (CARVALHO et al., 2012; PANTANO, 2020), para uso em sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas (GÖTSCH, 1997), podendo ser utilizada também para fins madeireiros, medicinais, paisagísticos e artesanais. Ocorre naturalmente na região amazônica e na Floresta Atlântica, sendo frequente no sul da Bahia e norte do Espírito Santo (LORENZI, 2002).

A propagação é feita principalmente via sementes, porém é limitada pela curta viabilidade da semente que não ultrapassa 90 dias, além disso, a espécie possui baixa frequência natural, floração esporádica e frutificação tardia o que dificulta a coleta de sementes. A produção de mudas apresenta desenvolvimento lento após a germinação, levando de 8 a 10 meses para ficarem prontas para o plantio, e o desenvolvimento em campo é moderado (LORENZI, 1992).

Uma alternativa para contornar esses fatores é a utilização da propagação vegetativa através da miniestaquia, técnica derivada da estaquia convencional que utiliza brotações retiradas de minicepas que podem ter origem seminal, de estaquia convencional ou da micropropagação (FERRIANI; ZUFFELLATO-RIBAS; WENDLING, 2010). As minicepas constituem o minijardim seminal, o minijardim clonal ou jardim miniclinal, que podem ser instalados em canaletões de fibro-cimento, vasos de polipropileno, sacos plásticos ou tubetes (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2002).

Essa técnica é a mais empregada pelas empresas brasileiras para a produção de clones de *Eucalyptus* (ALMEIDA et al., 2007) e vem sendo utilizada com sucesso para espécies nativas, por exemplo *Cariniana estrellensis* (Raddi) (GATTI et al., 2011), *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan (DIAS et al., 2015), *Handroanthus heptaphyllus* Mattos (OLIVEIRA et al., 2016), *Paratecoma peroba* (Registro e Mell) Kuhlmann (ARAÚJO et al., 2019) e *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth (SANTOS et al., 2020).

O uso de reguladores de crescimento em estaquia e miniestaquia tem por finalidade estimular o enraizamento, tendo destaque as auxinas, que atuam na formação de raízes adventícias, além de muitas outras atividades biológicas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Outros reguladores também exercem função no desenvolvimento celular, como as citocininas e brassinoesteroides.

Desse modo testou-se as seguintes hipóteses: (i) a aplicação exógena de auxina e citocinina pode induzir o enraizamento adventício de sapucaia; (ii) a idade das minicepas de sapucaia pode influenciar o enraizamento de miniestacas e a qualidade das mudas; e (iii) o revigoramento de minicepas pode favorecer o enraizamento de miniestacas de sapucaia.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a capacidade de enraizamento e produção de mudas por miniestaquia de sapucaia.

1.1.2 Objetivos específicos

- Quantificar a sobrevivência e o enraizamento das miniestacas de *Lecythis pisonis*;
- Definir uma concentração de CIN e AIB que favoreça enraizamento;
- Estabelecer um tempo de permanência em casa de vegetação, através da observação da dinâmica de enraizamento das miniestacas de sapucaia;
- Analisar a viabilidade de formação de mudas através da técnica de miniestaquia para a espécie.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Lecythis pisonis* Cambess – Sapucaia

A sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) é originária do bioma Amazônico e ocorre também no bioma da Floresta Atlântica, nos estados do Ceará até o Rio de Janeiro (CARVALHO, 2006). Pertencente à família Lecythidaceae, as árvores adultas da espécie podem atingir de 20 a 30 m de altura e 50 a 90 cm de diâmetro a altura do peito (DAP – medido a 1,30 m do solo) (LORENZI, 1992; SOUZA et al., 2014).

Em relação ao estágio sucessional, é secundária tardia. Ocorre principalmente no interior de mata densa, porém é tolerante a ambientes de vegetação aberta, classificada como heliófila ou esciófita. Com relação a fenologia são decíduas no inverno, florescendo na primavera junto com folhas novas em coloração rosada, suas flores são púrpuras progredindo para branco quando ficam mais velhas, seu fruto é do tipo pixídio globoso resistente contendo de 10 a 30 sementes (LORENZI, 2002).

Quanto ao seu plantio comercial, a sapucaia não apresenta impedimentos a silvicultura, porém possui restrições para fins madeireiros devido ao elevado índice de bifurcação. É necessário atentar-se ao longo tempo às práticas de manejo, para viabilizar o retorno econômico proveniente da produção de madeira para serraria, o que pode ser amenizado pela comercialização das castanhas (MENDONÇA et al., 2017).

As sementes possuem amêndoas aromáticas e oleaginosas que podem ser empregadas na alimentação humana *in natura*, cozidas ou assadas (PANTANO, 2020). Apresentam teores elevados de proteínas e lipídeos, entre eles, o ácido linoleico e ácidos graxos essenciais, sendo favorável à saúde cardiovascular. A castanha também apresenta em sua composição vários minerais importantes, como fósforo, zinco, selênio, manganês, ferro e magnésio (CARVALHO et al., 2012; MARTINS et al., 2016).

A importância nutricional e medicinal das castanhas de sapucaia vem sendo estudada por vários pesquisadores e tem demonstrado grande potencial. Estudos conduzidos por Martins et al. (2016) demonstraram que o consumo de castanhas de sapucaia pode ter papel significativo na modulação de processos inflamatórios, pela

sua ação antioxidante, sugerindo que ela possui efeito neuroprotetor. Estudos sobre o óleo de sapucaia mostram que este é rico em ácidos graxos insaturados, principalmente da família ômega e que a qualidade está dentro do estabelecido pela legislação (SANTOS et al., 2019). Esses lipídios ajudam a prevenir doenças cardiovasculares, tendo viabilidade comercial em diversos segmentos da indústria

2.2 Propagação vegetativa de espécies florestais via miniestaquia

A propagação vegetativa consiste na multiplicação assexuada de uma planta por meio de propágulos (raiz, caules, folhas, gemas) que não envolve a recombinação genética (FERRARI; GROSSI; WENDLING, 2004), possibilitado pela capacidade das células em se desdiferenciar e regenerar uma nova planta, a totipotência definida por Haberlandt (1902). Por não haver meiose, os indivíduos obtidos pela propagação vegetativa são geneticamente idênticos a planta matriz que deu origem ao propágulo, diferenciando-se apenas em caso de mutações genéticas naturais. A evolução dos estudos relacionados a esses métodos de propagação, principalmente da estaquia e da micropropagação, foi primordial para o avanço do melhoramento genético das espécies do gênero *Eucalyptus* e para a consolidação do setor florestal atual (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

A miniestaquia é uma técnica derivada da estaquia convencional, na qual são utilizadas brotações para induzir o enraizamento adventício e formar uma nova planta (ALFENAS et al., 2004). Constitui uma boa alternativa para a produção de mudas de espécies com limitações na propagação seminal ou com dificuldade de enraizamento por estacas (FERRIANI; ZUFFELLATO-RIBAS; WENDLING, 2010).

Essa técnica foi desenvolvida por pesquisadores do IPEF/ESALQ-USP, em 1996, usando mudas de eucalipto originadas da macropropagação (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), devido limitações pelo cultivo *in vitro* (ALMEIDA et al., 2007) e o baixo enraizamento de estacas (TITON, 2001). Ressalta-se algumas diferenças em relação ao sistema convencional que permitem melhorar o enraizamento e a qualidade da muda, como menor área para produção, menor custo de manutenção dos minijardins, necessidade de menor quantidade de auxina, maior taxa de rejuvenescimento dos propágulos e menor influência da sazonalidade (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

Devido essas diferenças, o uso da miniestaquia para o eucalipto tem tido melhores resultados comparado à estaquia convencional na produção de mudas, principalmente por elevar o percentual de enraizamento, a qualidade do sistema radicular e a velocidade na emissão de raízes (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2002).

Todavia, a propagação vegetativa de espécies nativas ainda é pouco estudada, apesar dos notórios avanços nos últimos anos, sendo limitada pela ausência de métodos eficazes de rejuvenescimento do material adulto e pela difícil obtenção de propágulos com juvenilidade adequada para a propagação (DIAS et al., 2012). O uso da miniestaquia é indicado para espécies lenhosas nativas que têm problemas na propagação sexual, como o baixo potencial de germinação, a dificuldade no armazenamento em decorrência do pouco tempo de viabilidade das sementes, e quanto há falta de insumos relacionados a sementes, como baixa frequência de matrizes para coleta e frutificação esporádica (SANTOS, 2002).

Estudos revelam a viabilidade da técnica para miniestacas coletadas de matrizes de origem seminal em espécies como *Cariniana legalis* (jequitibá-rosa), em que Santos (2002) concluiu que o uso de reguladores é necessário, sendo a concentração de 2000 mg L⁻¹ de AIB a de melhor resultado; *Cedrela fissilis* (cedro-rosa) em que Xavier et al. (2003) constataram a efetividade da técnica sem adição de AIB; *Cariniana estrellensis* (jequitibá-branco) em que Gatti et al. (2011) encontraram que o uso de reguladores é eficiente, sendo recomendado o ANA (ácido indolacético) nas concentrações de 2000, 3000 e 4000 mg L⁻¹; e *Paratecoma peroba* (peroba-amarela) em que a produção de mudas foi viável independente do padrão da miniestaquia e sem adição do regulador AIB (ARAÚJO et al., 2019).

Contudo, para algumas espécies a técnica pode não ser eficaz, uma vez que vários fatores influenciam a miniestaquia. A *Plathymenia reticulata* (vinhático) apresentou enraizamento insatisfatório (média de 16,6%), não foram observadas barreiras anatômicas que justificassem a ausência de enraizamento, sendo necessário estudos sobre outras formas de manejo (PESSANHA et al., 2018). O *Hymenaea courbaril* (jatobá) teve um percentual de enraizamento de 5% em estudo desenvolvido por Freire et al. (2020) utilizando miniestacas apicais, intermediárias e basais, com duas concentrações de AIB (0 e 4000 mg kg⁻¹), o que requer novos estudos de propagação vegetativa.

Quanto a propagação vegetativa de sapucaia, Bernardes et al. (2020) utilizaram estacas herbáceas e semilenhosas retiradas de brotos formados no ano e estacas lenhosas, de árvores de dois anos. Os brotos foram coletados de árvores em fase de transição e árvores adultas, com aplicação de AIB nas concentrações 0, 2000, 4000, 6000 e 8000 mg kg⁻¹. Nesse estudo, foi observada elevada queda de folhas para as estacas de árvores adultas e aos 120 dias não houve sobreviventes. Já as estacas provenientes de árvores em transição, mantiveram as folhas até os 90 dias, contudo só houve um sobrevivente, com aplicação de 4000 mg kg⁻¹ de AIB, permanecendo com folhas e raízes até os 120 dias. Com isso, os autores concluíram que a idade ontogenética é importante para a manutenção de folhas e enraizamento da espécie e que novos estudos devem ser realizados para avaliar o potencial de enraizamento.

2.3 Aspectos relacionados ao enraizamento adventício

Os principais fatores de influência no enraizamento de estacas estão relacionados ao genótipo, às condições da planta matriz, aos substratos, à aplicação de reguladores e às condições ambientais, principalmente quanto a luminosidade, temperatura e umidade (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Segundo os mesmos autores, a capacidade de enraizamento varia entre espécies e clones da mesma espécie quanto ao percentual e à qualidade do enraizamento.

2.3.1 Condições relacionadas a planta mãe

A utilização de propágulos juvenis em algumas espécies, principalmente em lenhosas, implica em maior capacidade de enraizamento adventício, qualidade e velocidade de formação de raízes. Isso ocorre devido a maioria das espécies lenhosas possuir um gradiente de juvenilidade em direção à base, promovendo aumento da maturação em função da proximidade com o meristema apical, já que a região próxima à base se formou em época mais próxima a germinação, ou seja, as células ali presentes sofreram menos diferenciação e mantiveram suas características juvenis (WENDLING; XAVIER, 2001). Hartmann et al. (2011) afirmam que a passagem das raízes é facilitada em tecidos menos lignificados, como os de estacas herbáceas e semilenhosas.

Com isso, a idade da planta matriz é importante e pode ser expressa de três formas: a) idade cronológica: é aquela relacionada ao tempo de vida de uma planta, desde sua germinação; b) idade fisiológica: relacionada “aos aspectos negativos da idade” como a perda de vigor da planta, status nutricional, hídrico e sanidade; c) idade ontogenética: é ligada a passagem da planta por sucessivas fases de desenvolvimento, correspondendo a maturação das plantas (FONTANIER; JONKERS, 2000).

Portanto, para o sucesso do enraizamento é importante que as miniestacas apresentem tecidos menos lignificados e menor idade ontogenética. Para que isso ocorra, algumas técnicas de revigoração podem ser empregadas para a manutenção do vigor do minijardim, como adubação e irrigação balanceadas, controle de pragas e doenças, e podas (DIAS et al., 2012; WENDLING; XAVIER, 2001).

2.3.2 Fatores ambientais

A luminosidade é fundamental para o desenvolvimento vegetal, por ser fonte de energia para a fotossíntese. A necessidade de luz é variável de acordo com a espécie, não sendo claro na literatura o efeito de diferentes condições de iluminação no enraizamento, contudo, estudos mostram que para as condições brasileiras, a diminuição da luz natural aumenta o enraizamento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

A faixa ideal de temperatura para a rizogênese se dá entre 20 e 30 °C, evitando-se a perda de água por transpiração excessiva e a necrose dos tecidos (SOUZA, 2019). Temperaturas muito baixas diminuem o metabolismo e levam ao aumento no tempo de enraizamento.

A umidade do ar tem efeito no status hídrico das miniestacas, uma vez que elas não possuem raízes para absorver água, sendo assim é indicado que a umidade esteja acima de 80% para que a turgidez do tecido seja mantida.

A composição química, física e biológica do substrato também afeta o desenvolvimento de mudas produzidas a partir de estacas e miniestacas (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000). Pimentel et al. (2016) observaram que o cultivo de miniestacas de *Handroanthus heptaphyllus* em substrato comercial, areia e vermiculita na proporção 1:1:1 teve baixo percentual de enraizamento, o que foi atribuído a alta densidade, baixa porosidade e a baixa capacidade de retenção de água desse

substrato, fatores que dificultam o desenvolvimento radicular. Araújo et al. (2019) encontraram resultados de enraizamento diferentes para miniestacas de *P. peroba* cultivadas em areia lavada e substrato a base de casca de *Pinus*, em que foi constatado a ineficiência da areia pela sua alta densidade.

2.3.3 Reguladores de crescimento

Os hormônios vegetais são substâncias produzidas naturalmente em baixas concentrações pelas plantas, que atuam na regulação de determinados processos fisiológicos (MELO, 2002). Os hormônios mais estudados na produção vegetal são as auxinas, citocininas, giberelinas, etileno e ácido abscísico. Essas substâncias podem ser aplicadas de forma exógena para diversos fins, sendo denominadas reguladores de crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As auxinas são os principais fitorreguladores utilizados na indução de raízes adventícias. Nas plantas, são sintetizados no meristema apical, nas gemas axilares e folhas jovens, sendo translocados para as demais partes das plantas e são responsáveis pelo crescimento de caules, pela inibição do crescimento de raízes, pela dominância apical e pelo retardamento da abscisão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004). A auxina mais utilizada na aplicação exógena para enraizamento de estacas e miniestacas é o ácido indol-3-butírico (AIB).

As citocininas são importantes no crescimento das plantas por induzir a divisão celular. A síntese nas plantas se dá no meristema radicular e em sementes em desenvolvimento, a translocação ocorre pelo xilema (MELO, 2002). As citocininas de maior interesse na propagação são a zeatina (ZEA), de ocorrência natural, 6-benzilaminopurina (BAP) e cinetina (KIN).

O equilíbrio auxina/citocininas é base para a propagação de plantas, em que uma alta relação favorece o enraizamento, uma baixa relação induz a formação de brotações e o alto nível de ambos favorece o desenvolvimento de calos (SKOOG; MILLER, 1957).

3 METODOLOGIA

3.1 Local de estudo

Os experimentos foram conduzidos no Viveiro Florestal Universitário, localizado na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, pertencente à Universidade Federal do Espírito Santo (DCFM-UFES), município de Jerônimo Monteiro – ES, latitude de 20° 47' S, longitude de 41° 24' W e altitude de 120 m.

Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo “Cwa”, tropical de verão quente e úmido, com inverno frio e seco, temperatura média de 23,1 °C e precipitação total média de 1341 mm (LIMA et al., 2008).

3.2 Formação do minijardim e aquisição das miniestacas

O minijardim foi formado a partir de mudas oriundas de sementes que foram submetidas a escarificação mecânica, por meio de corte na região do hilo (Figura 1), e germinadas em tubetes de 280 cm³ preenchidos com substrato comercial a base de casca de *Pinus*, turfa, vermiculita, minerais e fertilizante de liberação controlada Basacote 6M 16-08-12+2 (Mg), na dose de 5 g L⁻¹.



Figura 1 – Semente de sapucaia submetida a escarificação mecânica.
Fonte: o autor (2019).

Após sete meses da sementeira, as mudas foram transferidas para vasos de 3,8 L (H: 25 cm, Ø superior: 17 cm e Ø inferior: 11 cm) preenchidos com substrato comercial a base de casca de *Pinus*, fibra de coco, vermiculita e casca de arroz e terra de subsolo na proporção 1:1, enriquecido com fertilizante de liberação controlada Basacote 9M, na dose de 8 g L⁻¹, cuja formulação é 16-08-12+(2) (Figura 2a).



Figura 2 – Estabelecimento do minijardim de sapucaia: a) transplante das mudas para os vasos; b) quebra das mudas para estimular as brotações; c) minicepas com as primeiras brotações.

Fonte: o autor (2019).

Após o transplante, as mudas tiveram seus caules quebradas a uma altura de 15 cm acima do coleto, visando a quebra da dominância apical e indução de brotações laterais (Figura 2b), depois de 30 dias quando as brotações já haviam sido emitidas, foi realizada a retirada das partes quebradas com auxílio de tesoura de poda. As minicepas foram conduzidas para casa de sombra com irrigação por gotejamento com duração de dois minutos, duas vezes ao dia (Figura 2c). Com o minijardim formado, as brotações emitidas foram utilizadas para confeccionar as miniestacas utilizadas nos experimentos.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2 x 4, testando-se: presença x ausência de CIN (0 mg L⁻¹ e 25 mg L⁻¹) e quatro doses de AIB (0 mg L⁻¹, 50 mg L⁻¹, 100 mg L⁻¹ e 200 mg L⁻¹), com quatro repetições de 10 miniestacas, totalizando 320 miniestacas. Os experimentos foram realizados em sequência.

3.4 Experimento 1: Efeito de reguladores no enraizamento de miniestacas de minicepas com doze meses de idade

As primeiras brotações emitidas após a formação do minijardim foram utilizadas para o primeiro experimento, em que as miniestacas foram confeccionadas a partir da porção apical das brotações, com comprimento de 6 a 8 cm e com redução de 50% da área foliar (Figura 3a). Após a coleta, as brotações foram acondicionadas em bandejas com água para manutenção das condições fisiológicas durante o preparo das miniestacas até o estaqueamento.



Figura 3 – Instalação do experimento: a) miniestaca apical de sapucaia com redução foliar de 50%; b) imersão das miniestacas em hipoclorito de sódio a 0,5 %; c) lavagem em água corrente; d) tratamento com fungicida Captan® 0,1%; e) imersão da base das miniestacas em regulador de crescimento, e estaqueamento; f) experimento em casa de vegetação.

Fonte: o autor (2020).

As bases das miniestacas foram cortadas em bisel simples, desinfestadas com solução do produto comercial Qboa[®] a 0,5%, contendo hipoclorito de sódio, por 1 minuto e lavadas em água corrente. Em seguida, as estacas foram tratadas com o produto comercial Captan[®] 0,1%, cujo princípio ativo é o fungicida captana, por 1 minuto (Figura 3b; c; d).

O estaqueamento foi feito em tubetes de polipropileno com capacidade volumétrica de 180 cm³, preenchidos com substrato comercial Tropstrato HT Hortaliças[®], a base de *Pinus*, turfa, vermiculita expandida, macro e micronutrientes, e acondicionados em bandejas sobre canteiros suspensos, em casa de vegetação com telas de sombreamento de 50%, com temperatura entre 25 e 30°C e umidade acima de 80%, com nebulização intermitente, controlados automaticamente (Figura 3e; f). Não houve necessidade de realizar controle fitossanitário durante o período de permanência das miniestacas na casa de vegetação.

Foram realizadas adubações foliares com adubo Casa Verde[®] 15-05-05, diluído a 1%, com intervalo de 20 dias entre aplicações, iniciando após 30 dias do estaqueamento.

As miniestacas permaneceram na casa de vegetação por 120 dias e em seguida foram transferidas para a casa de sombra, onde o regime de irrigação é por microaspersão, com duração de 8 minutos acionado automaticamente 5 vezes ao dia e sombreamento de 75%, onde permaneceram por 30 dias. Ao final desse período, as mudas sobreviventes foram transferidas para pleno sol com irrigação por microaspersão com duração de 15 minutos por 5 vezes a dia, onde permaneceram por 30 dias. Retirou-se uma amostra de folhas para envio ao laboratório para realização de análise foliar.

3.5 Experimento 2: Efeito de reguladores no enraizamento de miniestacas de minicepas com vinte meses de idade

Foram utilizadas miniestacas provenientes das brotações oriundas da quarta poda do minijardim. Elas foram confeccionadas com 6 a 8 cm de comprimento, retiradas da porção apical da brotação, com redução em 50% do tamanho das folhas. Foi adotado o mesmo manejo de preparo do experimento 1.

A adubação foi realizada através da incorporação de fertilizante de liberação controlada Basacote 9M, na dose de 5 g L⁻¹, cuja formulação é 16-8-12+2, no substrato

comercial Tropstrato HT Hortaliças[®], a base de *Pinus*, turfa, vermiculita expandida, macro e micronutrientes.

As miniestacas ficaram em casa de vegetação por 120 dias, em seguida foram transferidas para a casa de sombra, onde permaneceram por 60 dias. Ao final desse período, as mudas sobreviventes foram transferidas para pleno sol onde permaneceram por 25 dias.

3.6 Avaliações

Foi adotada a mesma metodologia de avaliação para ambos os experimentos. Aos 60, 100 e 120 dias em casa de vegetação foi realizada a avaliação de sobrevivência. Aos 120 dias as mudas foram transferidas para a casa de sombra e na sequência para a área a pleno sol, sendo realizada avaliação de sobrevivência na transferência. Após o período ao sol, as primeiras cinco mudas sobreviventes de cada tratamento, retiradas em sequência da bandeja, tiveram o seu índice relativo de clorofila medido e foram submetidas a avaliação destrutiva, analisando o enraizamento, crescimento em altura, diâmetro do colo, número de raízes de primeira ordem, massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) e Índice de Qualidade de Dickson.

3.6.1 Sobrevivência

Foi quantificado o número de plantas vivas e a taxa de sobrevivência, conforme descrito por Batista et al. (2014), aos 60, 100 e 120 dias em casa de vegetação, na saída da casa de sombra e na avaliação final após o período em pleno sol.

$$S\% = \left(\frac{V}{P}\right) * 100$$

em que:

S% = porcentagem de sobrevivência;

V = número de plantas vivas;

P = número de plantas estaqueadas no experimento.

3.6.2 Determinação do índice relativo de clorofila das folhas

Foi feita a leitura dos teores de clorofila, amostrando-se folhas intermediárias e completamente expandidas das mudas, isentas de doenças e ataque de pragas, por meio de medidor portátil de clorofila SPAD-502.

3.6.3 Crescimento em altura da parte aérea e diâmetro do colo das mudas

Foi determinada a altura da planta, expressa em cm, medida com régua milimetrada, considerando-se a região compreendida entre o colo e a gema apical. O diâmetro do colo, expresso em mm, foi medido acima do substrato, utilizando-se um paquímetro digital.

3.6.4 Porcentagem de enraizamento das miniestacas

Foi contabilizado o número de miniestacas enraizadas em relação às miniestacas vivas, conforme equação a seguir (BATISTA et al. 2014).

$$E\% = (e/S) * 100$$

em que:

E% = porcentagem de enraizamento;

e = número de plantas com raiz;

S = número de plantas vivas.

3.6.5 Número de raízes de primeira ordem

Mensurado a partir da contagem visual das raízes de primeira ordem das miniestacas enraizadas.

3.6.6 Massa seca

As mudas foram separadas em parte aérea e raiz, colocadas em sacos de papel e levadas a estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até obtenção de peso constante, depois foram pesadas em balança analítica de alta precisão (0,0001g),

obtendo os valores de MSPA, MSR e massa seca total (MST) pela soma dos dois anteriores.

3.6.7 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Com as informações de massa seca, diâmetro do colo e altura foi realizado o cálculo do IQD (DICKSON et al., 2005).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

Em que:

MST= massa seca total (g)

H= altura da parte aérea (cm)

DC= diâmetro do colo (cm)

MSPA= massa seca da parte aérea (g)

MSR= massa seca da raiz (g)

Os dados do primeiro experimento foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk a 5% de significância. Os dados referentes ao NRP e MSPA não apresentaram distribuição e foram transformados com uso da função $Y = \text{raiz}(x)$. Em seguida, os dados foram submetidos a análise de variância, e ao verificar diferenças significativas, pelo teste F a 5%, foi realizado teste de Tukey a 5% de significância. Os dados foram analisados através do software R Core Team, versão 3.5.3.

Os dados do segundo experimento não apresentaram distribuição normal, mesmo submetidos a transformação, por isso optou-se pela estatística descritiva.

3.7 Dinâmica de enraizamento de miniestacas de sapucaia

Após a realização dos experimentos, o minijardim foi submetido a poda drástica, a 10 cm de altura, para emissão de novas brotações mais jovens e tenras. As brotações produzidas foram utilizadas para verificar o desenvolvimento das raízes e o tempo de permanência em casa de vegetação.

Foram utilizadas 100 miniestacas de 4 cm de comprimento, provenientes da porção apical das brotações, com redução de um terço das folhas, em seguida foram estaqueadas em tubetes com capacidade de 180 cm³ contendo substrato comercial Tropstrato HT Hortaliças[®], a base de *Pinus*, turfa, vermiculita expandida, macro e micronutrientes com fertilizante de liberação controlada Osmocote[®] 8M, cuja formulação é 15-09-12, na dose de 5 g L⁻¹. Não foram utilizados reguladores de crescimento. O material foi mantido em casa de vegetação com nebulização intermitente com umidade acima de 80% e temperatura entre 25 e 30°C.

Após 60 dias do estaqueamento deu-se início ao acompanhamento do enraizamento através da amostragem de 10 miniestacas retiradas de forma sequencial, em um intervalo de 10 dias até completar os 100 dias em casa de vegetação.

Foi avaliado a porcentagem de enraizamento (E%), o número de raízes de primeira ordem (NRP), o comprimento da maior raiz (CMR), o número de folhas (NF) e a presença de calos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito de reguladores no enraizamento de miniestacas de sapucaia

A hipótese de que a aplicação exógena de CIN e AIB influencia na formação de raízes em miniestacas de sapucaia foi rejeitada, uma vez que não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos para a variável enraizamento. Todas as miniestacas vivas aos 190 dias formaram raízes, independente do tratamento, evidenciando que a formação do sistema radicular é crucial para a sobrevivência e desenvolvimento das miniestacas nas etapas de produção posteriores à casa de vegetação. O número e o comprimento das raízes não foram influenciados por nenhum dos reguladores aplicados, portanto, o uso desses reguladores para a metodologia empregada é dispensável.

Para *Cariniana estrellensis* o enraizamento foi de 78% para miniestacas sem tratamento com AIB e 75% para miniestacas tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB (GATTI et al., 2011). Miniestacas de *Paratecoma peroba* tiveram enraizamento de 82,5%, sem

a necessidade de aplicação de reguladores (ARAÚJO et al., 2019), o mesmo foi encontrado para *Peltophorum dubium* em que o AIB não influenciou na indução radicular, mas estimulou a produção de massa seca de raízes (MANTOVANI et al., 2017).

Em relação ao efeito de reguladores no enraizamento de miniestacas com doze meses de idade (experimento 1), não houve influência ($p > 0,05$) da CIN e AIB na sobrevivência de miniestacas de sapucaia aos 190 dias. Houve elevada sobrevivência nos primeiros 120 dias (Figura 4), período em que as miniestacas estavam em casa de vegetação, em média 75%, indicando que o ambiente de enraizamento foi adequado em termos de temperatura (BORGES et al., 2011). Contudo, após a transferência para a casa de sombra, foi observada elevada perda de folhas e mortalidade mesmo com a formação de raízes (Figura 5). Aos 190 dias, a média de sobrevivência foi de 28%.

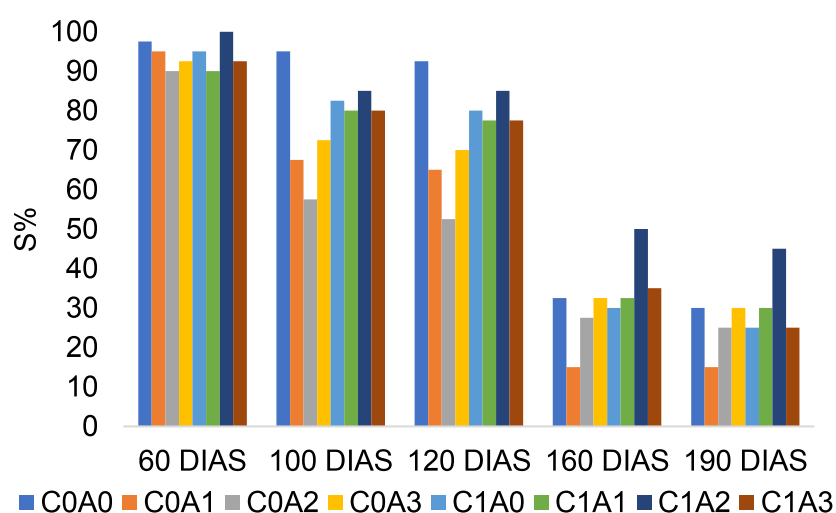


Figura 4 – Sobrevivência de miniestacas de sapucaia em diferentes dias, em que C0= 0 mg.L⁻¹ CIN e C1= 25 mg.L⁻¹ CIN; A0= 0 mg.L⁻¹ AIB; A1= 50 mg.L⁻¹ AIB; A2= 100 mg.L⁻¹ AIB; A3= 200 mg.L⁻¹ AIB.

Fonte: o autor (2021).



Figura 5 – Perda de folhas em casa de sombra, aos 160 dias.

Fonte: o autor (2021).

A diferença de ambientes entre a casa de vegetação e a casa de sombra, em relação a temperatura e umidade, pode ter levado as miniestacas a estresse e elevado a concentração de ácido abscísico, resultando na queda de folhas.

A análise foliar apresentada na Tabela 1 mostra baixos níveis de cálcio nas mudas formadas ao final do experimento. O cálcio tem papel importante na regulação do metabolismo da planta, além de atuar como mensageiro secundário na ativação de diversas enzimas, com isso, afeta a atividade de hormônios e enzimas que regulam a senescência e a abscisão foliar (MALAVOLTA, 1980). A deficiência desse nutriente, pode ser um dos fatores que contribuiu para a queda de folhas observada após a saída do setor de enraizamento, e afetado o desenvolvimento das mudas, resultando em baixa sobrevivência.

Tabela 1 – Análise foliar das mudas de sapucaia formadas aos 190 dias.

Determinações		Resultado	Valores de referência*
Nitrogênio	g/kg	29,3	15,51 – 23,41
Fósforo	g/kg	2,3	0,80 – 3,28
Potássio	g/kg	15,5	6,34 – 13,12
Cálcio	g/kg	3,4	5,07 – 12,15
Magnésio	g/kg	2,1	1,59 – 3,28
Enxofre	g/kg	1,5	1,42 – 1,86

Boro	mg/kg	27,5
Zinco	mg/kg	19,6
Manganês	mg/kg	104,8
Ferro	mg/kg	185,3
Cobre	mg/kg	3,7
N/K		1,89
N/Ca		8,62
N/S		19,53
P/K		0,15
P/S		1,53
P/Zn		0,12
K/Ca		4,56
K/Mg		7,38
K/Mn		0,15
Ca/Mg		1,62
Ca/B		0,12
Ca/Mn		0,03
Fe/Mn		1,77

*Foi utilizado o valor de referência para a espécie *Bertholletia excelsa* (DAMACENO; LOBATO; OLIVEIRA, 2019), por não haver na literatura valores definidos para *L. pisonis*.

Fonte: o autor (2021).

No experimento 2, foi observada elevada mortalidade de miniestacas em todos os períodos de avaliações, o que inviabilizou a análise dos dados conforme o delineamento inicial, não sendo possível definir o melhor tratamento aplicado. Aos 120 dias, a média de sobrevivência foi de 7%. Houve intensa queda de folhas e seca do ápice das miniestacas durante a permanência no local de enraizamento. Aos 200 dias sobreviveram quatro mudas distribuídas em: uma muda do tratamento de 0 mg L⁻¹ de CIN e 50 mg L⁻¹ de AIB (C0A1); uma muda do tratamento 0 mg L⁻¹ de CIN e 100 mg L⁻¹ de AIB (C0A2); e duas mudas do tratamento 0 mg L⁻¹ de CIN e 200 mg L⁻¹ de AIB (C0A3), sendo que não houve indivíduos sobreviventes nos tratamentos com aplicação de cinetina.

Em estudos com estacas herbáceas e semilenhosas de *L. pisonis*, Bernardes et al. (2020) obtiveram aos 120 dias apenas uma estaca com enraizamento e folhas, tratada com 4000 mg kg⁻¹ de AIB. Silva (2017) também verificou a dificuldade na sobrevivência e enraizamento de miniestacas da mesma espécie, em que aos 90 dias não foi observado a formação de raízes e a mortalidade foi de 90%, independente da dose de AIB e ANA (ácido naftaleno acético).

A diferença de sobrevivência entre os experimentos 1 e 2 pode ter sido influenciado pela época de montagem dos experimentos, uma vez que a variação sazonal influencia as condições fisiológicas da planta-mãe, modificando os níveis endógenos de hormônios e nutrientes (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013; PIZZATTO et al., 2011). O primeiro foi instalado no mês de novembro, período em que as minicepas estão mais vigorosas, e o segundo foi instalado em agosto, período em que as minicepas estão com menor atividade metabólica nos tecidos e se recuperam da perda de folhas do inverno. Com isso, é pouco provável que a diferença de idade entre os experimentos possa ter induzido diferenças nas características fisiológicas das matrizes, portanto é necessário estudos para avaliar o tempo de viabilidade do minijardim de sapucaia.

Em relação ao experimento 1, houve interação ($p \leq 0,05$) entre os fatores CIN e AIB para a H, sendo que a ausência desta citocinina combinada com ausência da auxina promoveu uma maior altura (Tabela 1). A combinação 25 mg L⁻¹ de CIN e 100 mg L⁻¹ de AIB influenciou positivamente a H de miniestacas de sapucaia aos 190 dias.

Tabela 2 – Médias de altura (H) de mudas de sapucaia produzidas através de miniestaquia, referentes ao experimento 1.

CIN (mg L ⁻¹)	AIB (mg L ⁻¹)	H (cm)	Tukey
0	0	3,07	aA*
25		2,34	bA
0	50	2,82	aA
25		3,03	aA
0	100	2,42	bA
25		3,03	aA
0	200	2,3	aA
25		2,58	aA
CV%		15,22	

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Letras minúsculas se referem a CIN e letras maiúsculas a AIB.

Fonte: o autor (2021).

Para as variáveis DC, MSPA, MSR e IQD não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre as doses de AIB e as doses de CIN, indicando que esses fatores são independentes. Houve diferença estatística para as doses de cinetina, em que a aplicação do regulador possibilitou maior ganho em massa seca (Tabela 4).

Tabela 3 – Influência da cinetina nas características das mudas de sapucaia aos 190 dias, propagadas via miniestaquia.

CIN (mg L ⁻¹)	DC (mm)	MSPA(g)	MSR (g)	IQD
0	1,86 b*	0,1233 b	0,0757 b	0,0645 b
25	2,11 a	0,1529 a	0,1081 a	0,0961 a
CV%	14,48	25,97	28,36	33,39

CIN: cinetina; DC: diâmetro do colo; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; IQD: índice de qualidade de Dickson. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de F a 5%.

Fonte: o autor (2021).

A altura e o diâmetro do colo são variáveis importantes para analisar a qualidade da muda e a idade de plantio, pois são de fácil medição e não destrutivas, e refletem o manejo e a nutrição aplicados no viveiro (CARNEIRO, 1995). A altura das miniestacas aos 190 dias foi muito baixa, mesmo nos melhores tratamentos, indicando que não houve crescimento das miniestacas. Desse modo, é possível que a sapucaia precise de mais tempo para formar uma muda de qualidade a partir de miniestacas.

O valor ideal de DC é alcançado com a aplicação exógena de cinetina (25 mg L⁻¹), o que pode ter suprido a falta de citocinina na estaca, já que o sítio de síntese desse hormônio é na raiz. O índice de robustez, relação H/DC, expressa o equilíbrio de crescimento e fornece informação de quão delgada está a planta, em que a relação ideal deve estar entre 5,4 e 8,1 (CARNEIRO, 1995). A relação H/DC para esse trabalho é de 0,65 evidenciando a baixa qualidade da muda formada.

Apesar da aplicação de cinetina ter influenciado positivamente o DC e aumentado a massa seca das mudas, os valores de MSPA, MSR e IQD ainda foram baixos.

O IRC teve interação significativa para as doses de AIB, sendo a dose de 200 mg L⁻¹ a que possibilitou maior teor, porém não diferindo da dose de 100 mg L⁻¹ (Tabela 5), contudo os valores SPAD variam de 0 a 50 e os mais elevados podem servir para indicar plantas mais saudáveis, por ter mais clorofila atuando na fotossíntese, com isso os valores encontrados são considerados baixos. A clorofila é indispensável para a conversão de energia luminosa em energia química, pela captura de luz utilizada na fotossíntese, portanto está intimamente relacionada com a eficiência fotossintética das plantas e com a capacidade de adaptação em diferentes ambientes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 4 – Índice relativo de clorofila (SPAD) em mudas de sapucaia com 190 dias.

AIB (mg L⁻¹)	IRC (SPAD)
0	9,79 b*
50	9,65 b
100	10,94 ab
200	15,65 a
CV%	33,14

*Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor (2021).

4.2 Dinâmica de enraizamento de sapucaia

Aos 60 dias foi observado enraizamento de 60% das miniestacas, com o mesmo percentual de presença de calos. As plantas avaliadas aos 100 dias apresentaram enraizamento de 88% (Figura 6a). Silva (2017) não observou a presença de raízes para miniestacas de sapucaia que permaneceram em estufa de nebulização por 45 dias, e Sant'ana (2017) obteve 45% de enraizamento aos 75 dias para miniestacas da espécie em questão. Os resultados da dinâmica do enraizamento da sapucaia indicam que a espécie necessita de um período maior de enraizamento e, com isso, mais dias de permanência em casa de vegetação, quando comparado à outras espécies nativas como a *C. estrellensis* (GATTI, et al., 2011) e *P. peroba* (ARAÚJO et al., 2019), que necessitaram de 60 dias.

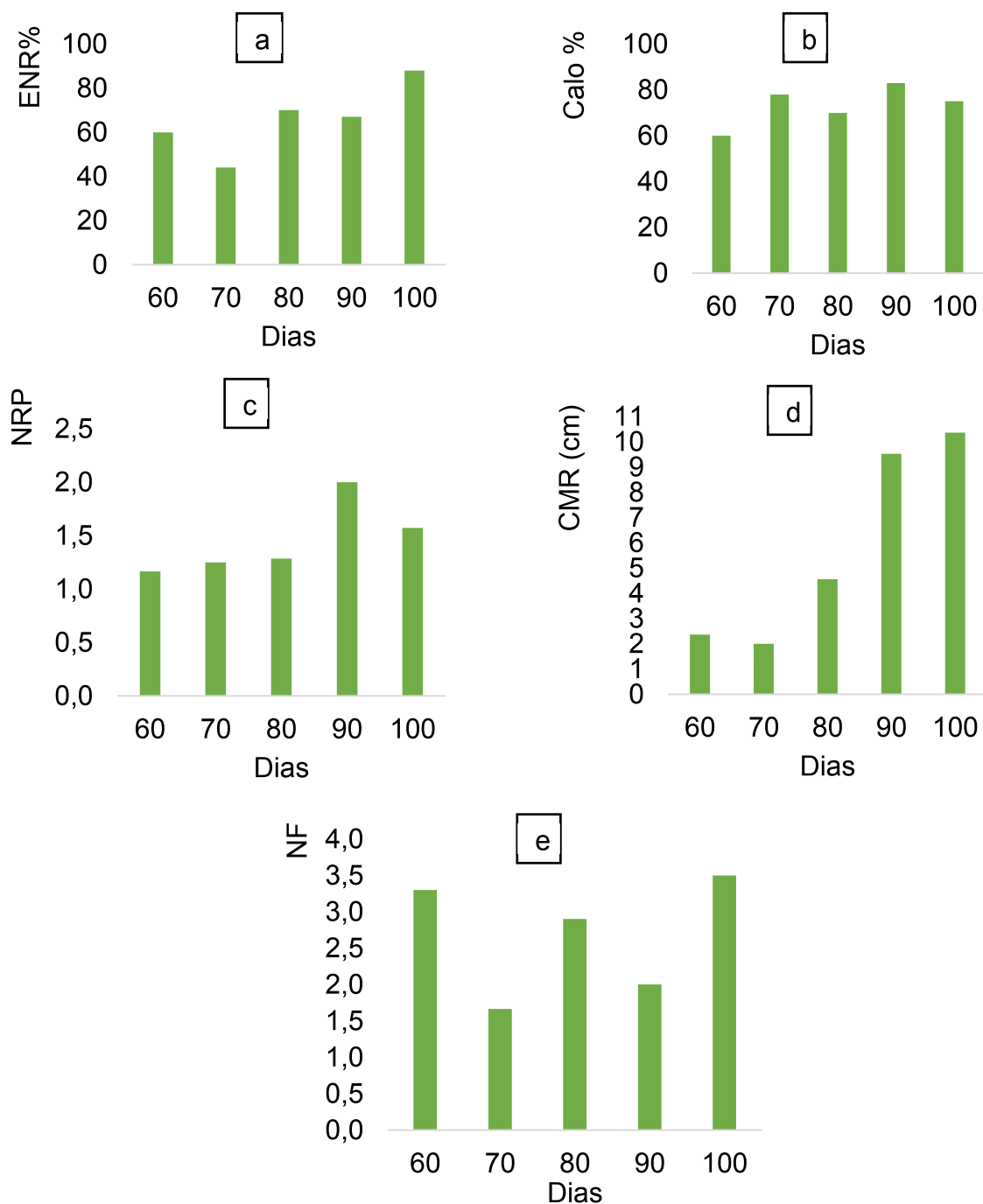


Figura 6 – a) Porcentagem de enraizamento (E%); b) porcentagem de calo; c) número de raiz de primeira ordem (NRP); d) comprimento da maior raiz (CMR); e) número de folhas (NF) de miniestacas em relação ao tempo em casa de vegetação.

Fonte: o autor (2021).

O revigoramento das minicepas através da poda drástica e o uso de miniestacas mais tenras podem ter influenciado positivamente no enraizamento, uma vez que a porcentagem de miniestacas enraizadas foi maior que nos experimentos realizados anteriormente a poda e com brotações mais velhas, confirmando a terceira

hipótese desse estudo. Sant'ana (2017), observou que miniestacas provenientes de mudas de sapucaia de dois anos tiveram máximo de 3,75% de enraizamento e, após o revigoramento, a porcentagem de miniestacas com raízes passou para 45%.

Foi observado elevada formação de calos em todas avaliações (Figura 6b). Apesar do processo de formação de raízes e calos serem independentes, em algumas espécies a formação de calos é precursora das raízes adventícias, como é o caso da sapucaia (MELLO et al., 2020).

Em relação ao comprimento da maior raiz (CMR), foi observado uma tendência de aumento com o passar do tempo, o mesmo ocorre com o número de raiz de primeira ordem (NRP), indicando que a permanência em casa de vegetação é importante para o desenvolvimento do sistema radicular e para a formação da futura muda (Figura 6 c; d).

Com isso é possível inferir, para esse estudo, que o início do enraizamento miniestacas de sapucaia ocorre entre 50 e 60 dias e o período de permanência na casa de vegetação é em torno de 100 dias, alcançando enraizamento próximo de 90%. Contudo, é necessário novos estudos para observar se 100% de enraizamento pode ser alcançado com um maior período em casa de vegetação.

5 CONCLUSÕES

- A aplicação exógena de cinetina e AIB não influenciaram no enraizamento de miniestacas de sapucaia nesse trabalho;
- Não foi possível avaliar a influência da diferença de idade das minicepas na sobrevivência e no enraizamento de sapucaia, nesse estudo.
- É indicado o uso de miniestacas tenras e oriundas de minicepas jovens e vigorosas para a propagação de sapucaia via miniestaquia;
- É indicado que as miniestacas de sapucaia permaneçam em casa de vegetação por 100 dias;
- Há necessidade de estudar a melhor forma de conduzir a muda após o enraizamento.

6 REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2004. 442 p.
- ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- ARAÚJO, E. F. et al. Mini-cutting technique for vegetative propagation of *Paratecoma peroba*. **Cerne**, v. 23, n. 3, p. 314-325, 2019.
- BATISTA, A. F. et al. Influência do sistema de corte basal de miniestacas na propagação clonal de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* subsp. *maidenii*. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1115-1122, 2014.
- BERNARDES, V. P. et al. Vegetative rescue and clonal propagation of *Lecythis pisonis* Cambess. **Floresta e ambiente**, v. 27, n. 4, p. 1-8, 2020.
- BORGES, S. R. et al. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1995. 451 p.
- CARVALHO, I. M. M. 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.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília - DF: Embrapa informação tecnológica, 2006. 627 p.
- DAMACENO, J. B. D.; LOBATO, A. C. N.; OLIVEIRA, D. M. *Peer review* sobre os estudos dos teores foliares de nutrientes em *Bertholletia excelsa* Bonp. **Ecologia e nutrição florestal**, v.7, n. 4, p. 1-9, 2019.
- DIAS, P. C. et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, p. 453-462, 2012.
- 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.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries**. In: BERNARDINO, D. C. S., et al. CRESCIMENTO E QUALIDADE DE MUDAS DE *Anadenanthera macrocarpa*. V. 29, 2005. p. 863-870.
- FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa, v. 94, 2004.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agroambiente**, v. 4, n. 2, p. 102-109, 2010.

FONTANIER, E. J.; JONKERS, H. **Juvenility and maturity of plants as influenced by their ontogenetical and physiological aging**. In: HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. D. A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. [S.l.]: Circular técnica IPEF, v. 192, 2000. p. 14.

FREIRE, J. M. et al. Propagação vegetativa de *Hymenaea courbaril* L. e *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. por meio da miniestaquia. **Revista Árvore**, v. 44, n. 4405, 2020.

GATTI, K. C. et al. Propagação vegetativa de Jequitibá *Cariniana estrellensis* (Raddi) por miniestaquia. **Temas Agrarios**, v. 16, n. 2, p. 54-63, 2011.

GÖTSCH, E. **Homem e natureza**: Cultura na agricultura. 2. ed. Recife: Recife Gráfica Editora, 1997.

HABERLANDT, G. Culturversuche mit isolierten Pflanzenzellen. **Sitz-Ber Mat Nat Kl Kais Akad Wiss Wien**, v.111, n. 1, p 69–92, 1902.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation**: principles and practices. 8. ed. New Jersey, 2011.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. D. A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba - São Paulo, v. 1, n. 192, p. 1-14, 2000.

_____. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica IPEF**, v.1, n. 194, p. 1-21, 2002.

LIMA, J. S. D. S. et al. Variabilidade temporal de precipitação mensal em Alegre, ES. **Ciência Agrônômica**, v. 39, p. 327-332, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa - SP: Editora Plantarum, v. 1, 1992.

_____. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4^a. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1, 2002. 368 p.

MALAVOLTA, E. **Elemento de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Agrônômica Ceres, 1980. 252 p.

MANTOVANI, N. et al. Cultivo de Canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim e propagação por miniestacas. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 225-236, 2017.

MARTINS, M. V. et al. Neuroprotective effect of Sapucaia nuts (*Lecythis pisonis*) on rats fed with high-fat diet. **Nutrición Hospitalaria**, v. 33, n. 6, p. 1424-1429, 2016.

MELLO, T.; GONÇALVES, E. O.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILT, E. R.; OTONI, V. C. Establishment and in vitro morphogenesis of sapucaia explants (Lecythidaceae). **In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant**, v. 56, p. 882–893, 2020.

MELO, N. F. D. **Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal**. Petrolina - PE: Embrapa Semi-árido, 2002.

MENDONÇA, G. C. et al. Avaliação silvicultural de dez espécies nativas da Mata Atlântica. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 277-290, 2017.

OLIVEIRA, T. P. D. F. et al. Aplicação de AIB e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 313-320, 2016.

PANTANO, A. P. **Sapucaia - *Lecythis ollaria* ou *L. pisonis***. Jardim de flores, 2020. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A47sapucaia.htm>>. Acesso em: 26 Outubro 2020.

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. Shoot segment and substrate composition in rooting of juvenile ipe-roxo mini-cuttings. **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 996-1002, 2016.

PIZZATTO, M. et al. Influência do uso de IBA, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 487-492, 2011.

SANT'ANA, B. T. **Propagação vegetativa de sapucaias por estaquia e miniestaquia**. Jerônimo Monteiro-ES: Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

SANTOS, A. R. et al. Mini-cuttings technique for vegetative propagation of *Dalbergia nigra*. **CERNE**, v. 26, n. 4, p. 427-434, 2020.

SANTOS, G. A. D. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestaquia**. Viçosa, MG: Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SANTOS, O. V. et al. Chemical, chromatographic-functional, thermogravimetric-differential and spectroscopic parameters of the sapucaia oil obtained by different extraction methods. **Industrial Crops and Products**, v. 132, p. 487-496, 2019.

SILVA, C. V. D. **Enraizamento de miniestacas de *Lecythis pisonis* Cambess tratadas com ácido indolbutírico e ácido naftaleno acético**. Jerônimo Monteiro - ES: Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

Skoog, F.; Miller, C.O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured in vitro. **Symp Soc Exp Biol** v.11,p. 118–130, 1957.

SOUZA, A. S. et al. **Conhecendo Espécies de Plantas da Amazônia: Sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess. - Lecythidaceae)**. Comunicado Técnico - Embrapa, Belém - PA, Novembro 2014. 5p.

SOUZA, L. K. F. **Propagação vegetativa de gabirobeira associada a reguladores vegetais**. Jataí - GO: Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), 2019.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TITON, M. **Propagação clonal de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia e microestaquia**. Viçosa - MG: Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

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

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa - MG: Editora UFV, 2013.