



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

VANESSA PIMENTEL BERNARDES

**RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Lecythis pisonis* CAMBESS
POR ESTAQUIA**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2016

VANESSA PIMENTEL BERNARDES

**RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Lecythis pisonis* CAMBESS
POR ESTAQUIA**

Dissertação 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 Mestre em Ciências Florestais, na Área de Concentração Ciências Florestais.
Orientadora: Prof^a. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves
Coorientadores: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre, Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

B522r Bernardes, Vanessa Pimentel, 1991-
Resgate e propagação vegetativa de *Lecythis pisonis* Cambess por
estaquia / Vanessa Pimentel Bernardes. – 2016.
56 f. : il.

Orientador: Elzimar de Oliveira Gonçalves.

Coorientador: Rodrigo Sobreira Alexandre ; Marcos Vinicius
Winckler Caldeira.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Sapucaia. 2. Auxina. 3. Estacas. 4. Brotações epicórmicas.
5. Raízes adventícias. I. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. II. Alexandre,
Rodrigo Sobreira. III. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler. IV.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias. V. Título.

CDU: 630

**RESGATE E PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Lecythis pisonis* CAMBESS
POR ESTAQUIA**

VANESSA PIMENTEL BERNARDES

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


Aprovada em 11 de agosto de 2016.



Dr^a. Talita Miranda Teixeira Xavier
UFES
Examinadora Externa



Dr. Ivar Wendling
UFES
Examinador Externo



Prof. Dr^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves
UFES
Orientadora

DEDICATÓRIA

À minha mãe, Ivanda Pimentel, que jamais deixou de estar ao meu lado em todos os momentos de minha vida, sempre me ensinando e apoiando com seu amor incondicional. Por isso, dedico a você, Mãe, o mérito dessa conquista!

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar, iluminar e me dar força para seguir em frente com os meus objetivos.

Aos meus queridos e amados pais, Ivanda e Edilberto Pimentel e aos irmãos Iverton e Erivelton, por todo apoio e amor incondicional.

Ao Elvis Ricardo pelo carinho, parceria e palavras de incentivo no desenvolvimento desse trabalho.

À Universidade Federal de Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), pela realização do curso.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo financiamento da pesquisa (processo 67654096/14 e TO 400).

Às colegas Bruna Sant'Ana, Tamires de Mello e Marciana Christo, mestrandas do PPGCFL, pela ajuda na montagem de experimentos, além da parceria dentro e fora do ambiente de trabalho.

À Professora e orientadora Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves pela paciência, compreensão e orientação.

Aos coorientadores Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre e Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira, pelos ensinamentos e orientações.

Aos membros da banca examinadora, Pos-doutoranda Talita Miranda Teixeira Xavier (UFES) e o pesquisador Dr. Ivar Wendling (Embrapa), por aceitarem o convite de participação e pelas valiosas contribuições.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização desse trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

BERNARDES, Vanessa Pimentel. **Resgate e propagação vegetativa de *Lecythis pisonis* Cambess por estaquia**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientadora: Prof^a. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves. Coorientadores: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre, Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

A sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) é uma espécie nativa que apresenta longo período de juvenilidade, curta viabilidade das sementes e dificuldade na coleta dos frutos, características que justificam o estudo de técnicas de propagação vegetativa, como a estaquia. Por essa razão, objetivou-se no presente estudo, avaliar a capacidade de formação de raízes em estacas caulinares, tratadas com ácido indol-3-butírico (AIB), obtidas de oito árvores de sapucaia localizadas no estado do Espírito Santo, bem como avaliar a eficiência da técnica de resgate vegetativo por galhos destacados de árvores adultas. A pesquisa foi dividida em dois experimentos, sendo que no primeiro objetivou-se avaliar o potencial de enraizamento de estacas herbáceas e semilenhosas (com folha) de 7 a 12 cm de comprimento retiradas de matrizes em fase de transição, localizadas no município de Jerônimo Monteiro, e de matrizes adultas localizadas em Cachoeiro de Itapemirim, Alegre e Linhares-ES, sendo que das matrizes desse último município, além das estacas anteriores foram confeccionadas estacas lenhosas (sem folhas). As estacas foram tratadas com AIB (0; 2000; 4000; 6000 e 8000 mg Kg⁻¹) e seguiu delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e 10 estacas por parcela. Após 120 dias em casa de vegetação, com sistema de irrigação, do tipo intermitente foi analisado a porcentagem de calos e sobrevivência de estacas. Os dados foram submetidos a análise de variância para verificar a diferença significativa entre as médias e se os fatores exerciam influência em alguma variável dependente. No segundo experimento avaliou-se a emissão de brotações epicórmicas em galhos destacados das matrizes adultas selecionadas para o experimento anterior. Para tanto, galhos de 60 cm de comprimento, retirados da copa da árvore, foram seccionados e levados para casa de vegetação, onde permaneceram por 60 dias. Após esse período verificou-se o número das brotações epicórmicas formadas nos galhos. Os resultados demonstraram mortalidade das estacas herbáceas e semilenhosas, porém, uma estaca herbácea retirada da matriz juvenil permaneceu viva e com folha, sendo a única com presença de raiz, e dessa mesma matriz 80,5% das estacas herbáceas tiveram a presença de calo. Observou-

se 52,75% de estacas lenhosas sobreviventes oriundas das matrizes adultas. Conclui-se que a queda precoce das folhas em estacas herbáceas e semilenhosas favorece a mortalidade das mesmas, enquanto as estacas lenhosas apresentam elevado percentual de sobrevivência. As concentrações de AIB não proporcionaram efeito significativo sobre a formação de calos de estacas herbáceas juvenis e na sobrevivência de estacas lenhosas de matrizes adultas. O material vegetativo utilizado no resgate à juvenilidade mostrou-se viável para a formação de brotações, no entanto, o potencial de enraizamento desses brotos precisa ser avaliado.

Palavras-chave: auxina, tipos de estaca, brotações epicórmicas.

ABSTRACT

BERNARDES, Vanessa Pimentel. **Rescue and vegetation propagation of *Lecythis pisonis* Cambess by cuttings**. 2016. Dissertation (Master of Forest Science) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof^a. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves. Co-adviser: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre, Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Sapucaia (*Lecythis Pisonis* Camb.) is a native specie that has a long juvenility period, short seed viability and difficulty to collect fruit, characteristics that justify the vegetative propagation techniques studie such as cuttings. Therefore, the main objective of the present study was to evaluate the root formation capacity in steems cuttings treated with indole-3-butyric acid (IBA), obtained of eight trees of sapucaia specie located in the Espírito Santo state, as well as to evaluate the technique efficiency of vegetative rescue using outstanding branches of adult trees. The research was divided into two experiments, being that in the first it was aimed to assess the rooting potential of herbaceous and semi-woody cuttings (with leaves) of 7cm to 12 cm of length taken from mother trees in transition phase located in the Jerônimo Monteiro municipality, and adult mother trees located in Cachoeiro de Itapemirim, Alegre and Linhares municipalities, being that the mother trees of the latter municipality, beyond of the previous cuttings were made woody cuttings (without leaf). The cuttings were treated using IBA (0; 2000; 4000; 6000 and 8000 mg Kg⁻¹) and followed a randomized block design with four replicates and 10 cuttings per plot. After 120 days in a greenhouse, under irrigation system of intermittent type was analyzed the callus percentage and cuttings survival. The data were submitted to variance analysis to verify if there is significant difference between the means, and if the factors have influence on some dependent variable. In the second experiment evaluated the emission of epicormic sprouts in outstanding branches of adult trees selected to the previous experiment. Thereunto, branches of 60 cm of length, removed of the tree top, were sectioned and carried to the greenhouse, where remained for 60 days. After this period, was observed the number of epicormic sprouts formed on the branches. The results showed mortality of the herbaceous and semi-woody cuttings, however, one herbaceous cuttings obtained of juvenile mother tree remains alive and with leaf, being the only with the presence of root, and of this same mother tree 80.5% of herbaceous cuttings had the presence of callus. Was observed 52.75% of woody cuttings survivors of adult mother trees. It is concluded that premature leaf fall in herbaceous and semi-woody cuttings

favors the mortality of the same, while the woody cuttings present high percentage of survival. The IBA concentrations had no significant effect on the callus formation of juvenile herbaceous cuttings and in the survival of woody cuttings of adult mother trees. The vegetative material used in the juvenility rescue proved be feasible for the sprouts formation, however, rooting potential of sprouts must be assessed.

Keywords: auxin, cuttings types, epicormic sprouts.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. Características gerais de <i>Lecythis pisonis</i>	14
3.2. Propagação vegetativa por estaquia	16
3.3. Fatores que afetam o enraizamento adventício	18
3.3.1. Fatores internos.....	19
3.3.2. Fatores externos.....	20
3.4. Tipos de estacas utilizadas na propagação vegetativa	21
3.5. Presença de folhas nas estacas.....	22
3.6. Hormônios e reguladores de crescimento vegetal.....	23
3.7. Maturação de espécies lenhosas	24
4. METODOLOGIA	28
4.1. Material vegetativo utilizado	28
4.2. Caracterização nutricional do solo ao redor das árvores matrizes de sapucaia	31
4.3. Local de instalação dos experimentos.....	34
4.4. Experimento 1 - Potencial de enraizamento de estacas de sapucaia	35
4.5. Experimento 2 - Indução de brotações epicórmicas em galhos destacados	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 Experimento 1 - Potencial de enraizamento de estacas de sapucaia	40
5.2. Experimento 2 - Indução de brotações epicórmicas em galhos destacados	45
6. CONCLUSÕES	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1. INTRODUÇÃO

A sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) pertencente à família Lecythidaceae é uma espécie nativa característica da Floresta Pluvial Atlântica e região amazônica (SMITH, 2014). A espécie é adequada para plantios, como sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas (INHETVIN, 2010). Pesquisas sobre a composição nutricional de sua castanha sugerem que ela possa ser empregada na alimentação humana, assim como a castanha de caju (*Anarcadium occidentale* Linnaeus) e castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Humboldt & Bonpland), as mais comercializadas no país (SOUZA et al., 2008; DENADAI et al., 2010; CARVALHO et al., 2012).

Para Inhetvin (2010), o plantio de sapucaia destinada a produção de castanhas pode ser uma atividade rentável, uma vez que os retornos econômicos permitiriam ao produtor recuperar o investimento inicial em 8 anos (início da produção de frutos), no entanto, o período de carência de 7 anos até o primeiro retorno representaria um dos principais gargalos para a maioria dos produtores rurais na implantação dessa espécie.

A produção de mudas de sapucaia na prática é feita somente via seminal, sendo recomendado o semeio logo após serem extraídas dos frutos (LORENZI, 2008), pois a mesmas possuem curta viabilidade ao longo do tempo (GARAY et al., 2012). Além disso, as sementes são de importância básica na cadeia alimentar da fauna, uma vez que são muito procuradas por animais de médio e grande porte (INHETVIN, 2010), o que pode limitar a quantidade de sementes para a coleta. O período de juvenilidade longo, curta viabilidade das sementes e dificuldade na coleta dos frutos são fatores que podem representar problemas no incentivo ao plantio de sapucaia destinado à produção de castanhas.

Diante das dificuldades de se realizar a propagação sexuada, as técnicas de propagação vegetativa se apresentam como alternativas para a propagação da espécie, sendo que a estaquia constitui-se em um dos principais processos de produção vegetativa de mudas (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013), pois se apresenta como uma estratégia comum para maximizar o crescimento, uniformidade e a qualidade do produto em sistemas florestais e agrícolas (LEAKEY, 2004; SNEDDEN et al., 2010; NAVARRETE-CAMPOS et al., 2013), além de ser o método de maior viabilidade econômica para o estabelecimento de plantio comercial, pois

permite com menor custo, a multiplicação de genótipos de interesses (MENDES et al., 2014).

Por outro lado, o sucesso da propagação de plantas de espécies lenhosas tem sido limitado por diminuição da capacidade de induzir raízes adventícias, dificuldade relacionada com a idade ontogenética e fisiológica das plantas (CORTIZO et al., 2004; VALDÉS et al., 2004; HARTMANN et al., 2011). Consistindo em uma das principais dificuldades presentes nas árvores que atingiram a fase reprodutiva, sendo necessário o uso de diferentes técnicas para recuperar a capacidade de enraizamento (MATERÁN et al., 2009).

A forma mais simples de reversão à juvenilidade de árvores adultas é a indução de brotações basais obtidas através do corte raso (decepa) da planta (ALFENAS et al., 2009). No entanto, para espécies florestais nativas na maioria das vezes não é possível a adoção da decepa da árvore selecionada (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Dessa forma, faz-se necessário empregar métodos especiais de resgate sem o abate da matriz, como o uso de brotações epicórmicas, induzidas em galhos retirados da copa da planta matriz permitindo a obtenção de propágulos mais juvenis (ALMEIDA; XAVIER; DIAS, 2007; ALFENAS et al., 2009).

Na estaquia são utilizadas estacas foliares, caulinares e radiculares, sendo a caulinar, a mais utilizada na silvicultura clonal, constituída de segmentos de ramos contendo gemas apicais e, ou, laterais (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013), podendo ser de consistência herbácea com tecidos ainda não lignificados e alta atividade meristemática, ou lenhosa com tecidos altamente lignificados (PAIVA; GOMES, 2011; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

São diversos os fatores que afetam o enraizamento das estacas caulinares, tais como: condições fisiológicas da planta matriz, juvenilidade, condições do ambiente de enraizamento, posição e graus de lignificação dos ramos (SILVA; RODRIGUES; SCARPARE FILHO, 2011). Dentre os fatores que podem melhorar os resultados, destacam-se a presença de folhas na estaca, utilização de câmara com nebulização intermitente e reguladores de crescimento (SCALOPPI JUNIOR; MARTINS, 2014). A presença de folhas nas estacas pode proporcionar melhor enraizamento, pois elas são fontes de promotores de enraizamento (auxinas e cofatores) e de fotoassimilados (HARTMANN et al., 2011).

A aplicação de reguladores vegetais, principalmente do grupo das auxinas, vem sendo citada como fator favorável ao processo de enraizamento adventício em diversas espécies. Embora o ácido índol-3-acético (AIA) seja a auxina mais abundante

nos vegetais, a utilização de ácido indol-3-butírico (AIB) têm se mostrado mais eficaz na maioria dos casos (SAUER et al., 2013), variando em suas formas de aplicação, veiculado em talco e líquido e, mais recentemente, via gel (BRONDANI et al., 2008).

Diante do contexto, justificam-se pesquisas visando a propagação assexuada de sapucaia, como alternativa a propagação via seminal, contribuindo para estimular o plantio da espécie. Devido a falta de estudos, referentes a propagação vegetativa da sapucaia tornam-se necessários estudos relacionados com a idade ontogenética, tipo de estaca utilizada e resgate à juvenilidade para verificar como esses fatores influenciam no enraizamento da espécie.

Dessa forma, objetivou-se no presente estudo avaliar o potencial de enraizamento de estacas caulinares tratadas com AIB, obtidas de árvores adultas e em fase de transição de sapucaia, localizadas no estado do Espírito Santo, bem como a viabilidade da produção de brotos em galhos destacados de árvores adultas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a capacidade de formação de raízes e a influência de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB) em estacas caulinares, obtidas de árvores de sapucaia na fase adulta e em fase de transição, localizadas no estado do Espírito Santo, bem como a viabilidade da produção de brotos em galhos destacados de árvores adultas.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a capacidade de enraizamento adventício em estacas caulinares herbáceas, semilenhosas e lenhosas;
- Avaliar o efeito de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico em estacas caulinares herbáceas, semilenhosas e lenhosas;
- Avaliar o revigoramento de árvores adultas, por meio da indução de brotações epicórmicas em galhos destacados;
- Avaliar o potencial de enraizamento de estacas obtidas de brotações epicórmicas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Características gerais de *Lecythis pisonis*

Lecythis pisonis Cambess conhecida popularmente como castanha-sapucaia, sapucaia vermelha, cumbuca-de-macaco, ou simplesmente sapucaia, pertence à família Lecythidaceae (CARVALHO, 2006). Originalmente sua distribuição natural se estendia desde o Ceará até o Rio de Janeiro na Mata Atlântica de várzea, sendo mais predominante no sul da Bahia, Espírito Santo até o norte do Rio de Janeiro, com ocorrência também na região amazônica, como demonstrado na Figura 1 (INHETVIN, 2010).

Figura 1 - Locais identificados de ocorrência natural de sapucaia (*Lecythis pisonis*), no Brasil.



Fonte: Carvalho (2006).

A sapucaia é uma espécie heliófila que não tolera baixas temperaturas, geralmente alcança de 20 a 30 m de altura, 50 a 100 cm de diâmetro quando adulta. Floresce nos meses de setembro a outubro e a coleta dos frutos pode ser realizada

de junho a setembro, pois os mesmos levam cerca de oito meses para atingir a maturação (CARVALHO, 2006). É considerada uma planta semidecídua, que perde suas folhas no inverno, surgindo folhas novas de cor rosa-avermelhada na primavera (Figura 2) (INHETVIN, 2010).

Figura 2 - Árvore de sapucaia (*Lecythis pisonis*). A: Árvore adulta e B: Árvore com folhas jovens de cor rosa-avermelhada.

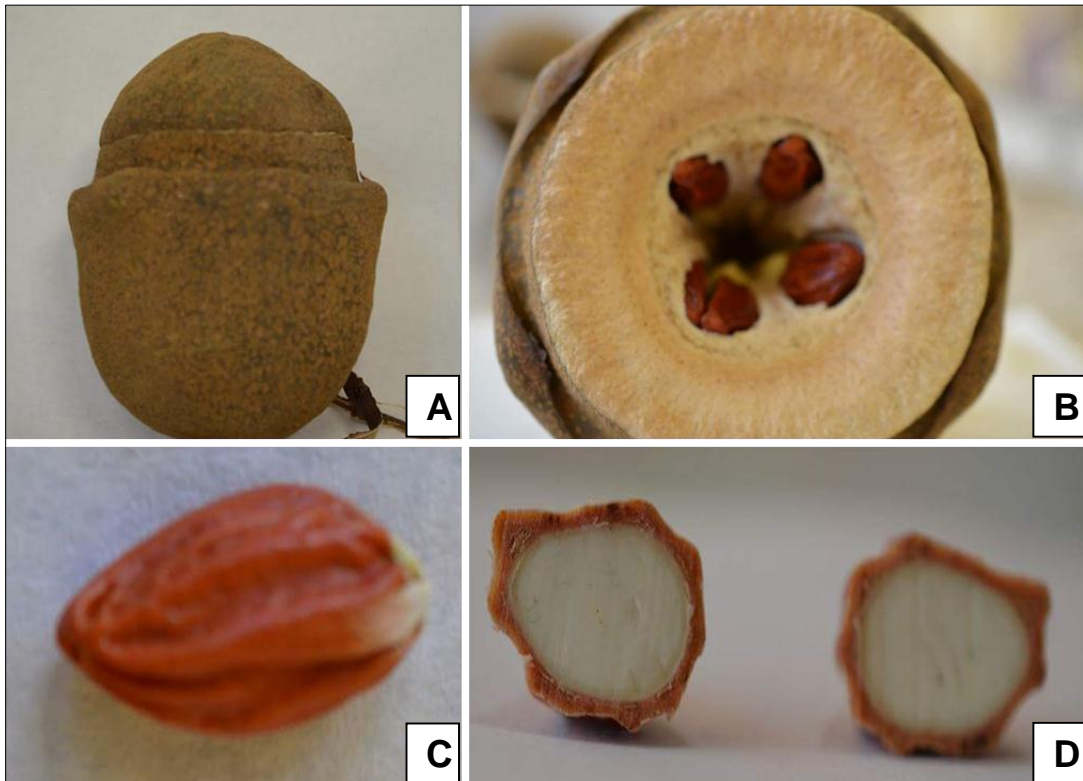


Fonte: a autora.

Seu fruto, botanicamente denominado de pixídio e popularmente conhecido como cumbuca possui formato arredondado ou achatado, casca rígida e espessa e coloração castanha (Figura 3A). Quando maduros, ocorre o fendilhamento em formato arredondado na parte inferior, semelhante a uma tampa, por onde as sementes são liberadas, Figura 3B (GARAY et al., 2012).

As sementes (Figuras 3C e 3D) aromáticas e oleaginosas, podem ser consumidas cruas, cozidas ou assadas (DENADAI et al., 2007), constituindo-se em excelente alimento para os seres humanos, pois são amêndoas ricas em proteínas e lipídios, não possuem colesterol, são boas fontes de fibras e possuem quantidades razoáveis de tiamina, riboflavina e niacina e de vitaminas B1 e B2 (CARVALHO et al., 2012).

Figura 3 - Fruto de sapucaia. A: Fruto intacto (pixídio), B: Sementes dentro do fruto sem a tampa. C: Semente e D: Aspecto da amêndoa.



Fonte: Paulucio (2016).

O uso da sapucaia abrange a transformação do seu fruto em artesanato, como a fabricação de objetos de uso e de ornamento como vasos, potes, pratos, marmitas e instrumentos musicais (INHETVIN, 2010). Sua madeira dura e resistente pode ser usada em obras externas como mourões, postes, e em estruturas de acabamento da construção civil (GARAY et al., 2012), sendo também indicada para a produção de carvão (CARVALHO, 2006).

3.2. Propagação vegetativa por estaquia

A propagação de plantas é a primeira fase da produção vegetal e pode ser agrupada em dois tipos: propagação sexuada, que se baseia no uso de sementes e a propagação assexuada ou vegetativa, baseada no uso de estruturas vegetais. A diferença entre os métodos é a ocorrência da mitose e da meiose. Na assexuada a divisão celular implica na multiplicação simples (mitose), mantendo o número de cromossomos, enquanto, na sexuada a meiose proporciona a redução do número de cromossomos (HOFFMANN et al., 2005).

A propagação vegetativa consiste em multiplicar partes de plantas, originando indivíduos idênticos à planta-mãe. O processo de propagação vegetativa, só é

possível devido à capacidade que células, partes de órgãos ou órgãos têm para regenerar órgãos ou plantas, dada a totipotência das células, ou seja, capacidade de qualquer célula do organismo vegetal encerrar em seu núcleo toda a informação necessária à regeneração de uma planta completa, por meio da reprodução somática, baseada exclusivamente na mitose (SOUZA, 2007).

O uso dessa forma de propagação tem possibilitado a obtenção de plantios uniformes e de rápido crescimento (ALFENAS et al., 2009). Essas vantagens contribuem para o aumento no interesse pela propagação vegetativa de espécies florestais, justificando o fato da maioria dos povoamentos comerciais de eucalipto ser proveniente de mudas clonais (TONELLO, 2004). Os principais métodos de propagação vegetativa usados em nível comercial são: estaquia, miniestaquia, microestaquia, enxertia e propagação *in vitro* (FERRARI; GROSSI; WENDLING, 2004).

A técnica de estaquia consiste em retirar da planta original um ramo, uma folha ou raiz e colocá-los em um meio adequado para que se forme um sistema radicular e, ou, desenvolva a parte aérea (PAIVA; GOMES, 2011). Constitui-se em um dos principais processos de produção de mudas, representando a base da silvicultura clonal no Brasil, sobretudo pela sua efetividade em capturar os ganhos genéticos obtidos dos programas de melhoramento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

A estaquia pode reduzir o período de juvenilidade, ou seja, o tempo até as plantas iniciarem a fase reprodutiva (floração e frutificação) (BETANIN; NIENOW, 2010). A técnica também tem sido utilizada quando o abastecimento de mudas é limitado por dificuldade de acesso às plantas com sementes, floração irregular, baixa produção de sementes ou baixa germinação (POHIO et al 2005; AMRI et al., 2010).

Alguns estudos têm sido desenvolvidos, visando verificar a possibilidade de propagação por estaquia para espécies nativas, como *Caesalpinia echinata* (pau-brasil) (ENDRES et al., 2007), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré) (HERNANDEZ et al., 2012), *Cariniana estrellensis* (jequitibá-rosa) (HERNANDEZ et al., 2013), *Cordia trichotoma* (louro-pardo) (KIELSE et al., 2013; FAGANELLO et al., 2015), *Schizolobium amazonicum* (paricá) (DIAS et al., 2015a) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho) (DIAS et al., 2015b), entre outros.

Na propagação vegetativa por enraizamento de estacas, o sistema radicular é denominado de adventício, ou seja, as raízes formadas são adventícias, pelo fato de terem sido induzidas em um local diferente daquele onde se forma no curso normal de seu desenvolvimento (XAVIER, 2002). A formação de raízes em estacas é um

processo anatômico e fisiológico complexo, associado à desdiferenciação e ao redirecionamento do desenvolvimento de células vegetais totipotentes para a formação de meristemas que darão origem a raízes adventícias (ALFENAS et al., 2009).

Tanto em plantas arbóreas como em herbáceas ocorrem dois modos de formação de raízes adventícias. O primeiro é denominado de desenvolvimento direto, no qual o primórdio radicular tem origem de células do sistema vascular ou de células próximas a ele. O segundo é o desenvolvimento indireto, no qual ocorre a formação de calo para posterior iniciação radicial (ALTAMURA, 1996). A formação do calo e raízes são processos independentes para a maioria das plantas, entretanto, para algumas espécies, a formação de calo pode ser precursora da formação de raízes (HARTMANN et al., 2011).

Apesar de todas as plantas possuírem a habilidade para regenerar órgãos partindo de células diferenciadas, observa-se que esse processo é mais acentuado em algumas células e partes das plantas do que em outras (NASCIMENTO et al., 2012), sendo a habilidade de regeneração dependente das características genéticas da planta doadora de propágulos, níveis endógenos de substâncias promotoras e/ou inibidoras do enraizamento adventício, juvenilidade dos propágulos entre outros fatores (FERRIANI, 2008; RIOS et al., 2012).

Santos et al. (2011) estudando o enraizamento de estacas lenhosas, provenientes de ramos de árvores adultas, observaram que as espécies *Tapirira guianensis* (guapiruba), *Sebastiania commersoniana* (branquilho), *Erythrina falcata* (corticeira da serra), *Inga marginata* (ingá feijão), *Inga vera* (ingá do brejo), *Magnolia ovata* (bagaçu), *Maclura tinctoria* (tajuva) e *Casearia sylvestris* (guaçatonga) não demonstraram potencial de enraizamento, mesmo mantidas em condições ambientais favoráveis (27°C de temperatura e 85% de umidade relativa do ar) ao enraizamento adventício.

3.3. Fatores que afetam o enraizamento adventício

Os fatores que afetam o enraizamento das estacas podem ser divididos em intrínseco à planta matriz, como exemplo tem-se a idade, balanço hormonal e época de coleta, fatores externos, relativos às condições ambientais, como umidade relativa do ar, temperatura e luminosidade, e o substrato utilizado para o estaqueamento das estacas (HARTMANN et al., 2011).

3.3.1. Fatores internos

A Idade da planta matriz é um fator de grande influência no enraizamento de estacas (FRANZON; CARPENEDO; SILVA, 2010), isso porque, na transição da fase juvenil para a fase adulta, as plantas passam por mudanças em seus meristemas apicais, que ocorrem em períodos distintos de desenvolvimento e idade ontogenética, aumentando a dificuldade de enraizamento (TARRAGÓ et al., 2005; SCHWAMBACH et al., 2008; HARTMANN et al., 2011; HUSEN, 2011)

De modo geral, os materiais genéticos de espécies lenhosas em idade ontogenética mais avançada apresentam maiores dificuldades para o enraizamento adventício (ALMEIDA; XAVIER; DIAS, 2007; MANTOVANI et al., 2010). Isso se deve ao acúmulo de inibidores de enraizamento e redução dos níveis fenólicos à medida que o tecido se torna mais velho, além da barreira anatômica de tecido lignificado entre o floema e o córtex (XAVIER et al., 2013).

Alguns experimentos sugerem a diferença de enraizamento entre estacas oriundas de matrizes adultas e juvenis, como o estudo de Gratieri-Sossella; Petry; Nienow (2008), que para estacas lenhosas e semilenhosas de material adulto de *Erythrina crista-galli* L. (corticeira do banhado) observaram baixa capacidade de enraizamento (1,5% a 5%), enquanto que estacas herbáceas retiradas de plantas jovens (1 ano de idade), apresentou porcentagens de enraizamento que variaram de 75% a 100%.

Resultado semelhante foi obtido por Neves et al. (2006), estudando a propagação vegetativa de *Erythrina falcata* (corticeira da serra) com estacas caulinares provenientes de árvores adultas de 20 anos de idade (estacas herbáceas, semilenhosas e de rebrota) e plantas com 1 ano de idade, concluíram que as estacas oriundas de material juvenil apresentaram maior percentual de enraizamento.

As estacas possuem certa quantidade endógena de hormônios promotores ou inibidores de enraizamento, sendo necessário um balanceamento adequado entre auxinas, giberelinas, citocininas e co-fatores de enraizamento (substâncias endógenas, capazes de atuar sinergicamente com as auxinas no enraizamento de estacas, atuando como promotores ou inibidores desse processo), para que haja enraizamento (HARTMANN et al., 2011). Dessa forma, o fornecimento de auxina pode promover alteração hormonal, favorecendo ou não o enraizamento (DIAS et al., 2012).

Existe certa contradição quanto à melhor estação do ano para a coleta do material vegetativo (BORTOLINI et al., 2008). O efeito de cada estação sobre o enraizamento de estacas, parecendo estar relacionado ao nível endógeno de auxina

e que mesmo com aplicação de fitorreguladores nas estacas, essa relação é mantida (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001). Assim, o efeito dos reguladores aplicados pode variar conforme a estação do ano, estimulando em uma ou até inibindo em outra (IRITANI et al., 1986).

Segundo Hartmann et al. (2011), estacas coletadas na primavera e no verão tendem a ter maior facilidade de enraizamento em função do crescimento vegetativo nessa época, diferente das coletas no inverno, por ser um período de repouso vegetativa (dormência) das plantas. No entanto, para Xavier (2002), a melhor época de coleta varia de espécie para espécie, como observado por Santos et al. (2011), em estacas de *Guazuma ulmifolia* (mutamba) que somente enraizaram no verão, diferente de estacas de *Ficus adathodifolia* (figueira branca), que enraizaram mais na primavera.

Para Zem et al. (2015), a propagação de *Drimys brasiliensis* (cataeira) é indicada com utilização de estacas coletadas em épocas frias. Por outro lado, as estações da primavera e verão são mais propícias para coleta de material vegetal como também para o enraizamento de estacas de *Psychotria nuda*/ casca-de-anta (NERY; ZUFFELLATO-RIBAS; KOEHLER, 2014). Da mesma forma, estacas de *Tibouchina sellowiana* (quaresmeira) coletadas na primavera são mais recomendáveis para a propagação da espécie (BORTOLINI et al., 2008).

3.3.2. Fatores externos

Dentre os fatores ambientais a temperatura e umidade relativa do ar são os que exercem influência no enraizamento de estacas, sendo importante o controle das condições dessas variáveis para o sucesso da estaquia. De acordo com Hoffmann et al. (2005), um dos problemas a serem enfrentados em estufas na maioria das regiões brasileiras, é o aumento excessivo da temperatura e temperaturas ao redor de 35 a 40 °C, que limitam o crescimento das raízes da maioria das espécies lenhosas.

Para espécies florestais, um bom enraizamento pode ser obtido em um amplo intervalo de temperatura (15 e 35 °C). Baixas temperaturas diminuem o metabolismo das estacas, levando a um maior tempo para o enraizamento, ou, até mesmo, o não desenvolvimento e crescimento radicial (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Temperaturas ao redor de 35 a 40 °C limitam o crescimento das raízes da maioria das espécies lenhosas (HOFFMANN et al., 2005).

Em relação a umidade relativa do ar indica-se que seja mantida acima de 80% (RASMUSSEN; SMITH; HUNT, 2009; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013), pois a deficiência hídrica pode conduzir ao insucesso do enraizamento na propagação vegetativa, uma vez que, para ocorrer a divisão celular é necessário que as células se mantenham túrgidas. Por outro lado, o excesso de umidade favorece o desenvolvimento de patógenos (FACHINELLO et al., 2013). Como forma de evitar a perda de água recomenda-se a utilização da nebulização intermitente em casa de vegetação, além da manutenção das folhas nas estacas (HARTMANN et al., 2011).

Além da temperatura e umidade relativa do ar, o substrato é um fator externo que pode afetar o enraizamento adventício, pois tem a função de sustentar as estacas durante o período de enraizamento, proporcionar umidade e permitir aeração em suas bases, pois o oxigênio é indispensável para atender à respiração resultante dos processos de calejamento e emissão de raízes (BORTOLINI, 2006). Na estaquia, recomenda-se a utilização de substratos que apresentem maior porosidade, em vista da maior umidade do ambiente de enraizamento (WENDLING; DUTRA, 2010).

A areia, casca de arroz e vermiculita são uns dos substratos que apresentam essas características, sendo que a areia ainda apresenta a vantagem de ser de baixo custo e fácil aquisição (SODRÉ, 2007). De acordo com Paiva e Gomes (2011), não há consenso quanto ao melhor, e tal fato deve-se à espécie e às condições em que se trabalha, sendo necessário maiores estudos destas condições em função da espécie selecionada.

3.4. Tipos de estacas utilizadas na propagação vegetativa

Na propagação vegetativa de plantas podem ser usados três tipos de estacas: foliar, caulinar e radicular. A estaca foliar é constituída pelo pecíolo e limbo da folha ou apenas pelo limbo foliar da planta, com maior sucesso na floricultura. Enquanto a radicular é obtida a partir de segmentos das raízes da planta, sendo de aplicação rara na silvicultura. Por outro lado, a estaca caulinar é a mais utilizada na silvicultura clonal, sendo constituída de segmentos de ramos contendo gemas apicais e, ou, laterais (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

As estacas caulinares, de acordo com sua consistência, podem ser classificadas em herbáceas e lenhosas (PAIVA; GOMES, 2011). As herbáceas são aquelas cujos tecidos não estão lignificados, ou seja, estão com tecidos tenros e de coloração verde, enquanto as lenhosas são aquelas de tecidos altamente lignificados.

Além das estacas lenhosas e herbáceas, tem-se obtidas de ramos parcialmente lignificados, tenras no ápice e firme na base, denominadas de semilenhosas (SILVA; RODRIGUES; SCARPARE FILHO, 2011).

Devido a consistência tenra, as estacas herbáceas, apresentam o inconveniente de ter baixa resistência à desidratação, com posterior deterioração em condições ambientais adversas no processo de enraizamento. Por outro lado, estacas lenhosas apresentam maior capacidade de sobrevivência, mas o elevado grau de lignificação dos tecidos pode resultar em dificuldade de enraizamento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

De modo geral, a escolha do tipo de estaca quanto à consistência pode variar de acordo com a espécie selecionada. Na propagação de estacas de *Drimys brasiliensis* (cataeira) submetidas a diferentes concentrações de AIB, as herbáceas apresentaram 46,75% de enraizamento em comparação a 34,44% das semilenhosas (ZEM et al., 2015). Enquanto que estacas herbáceas são as mais indicadas para a estaquia de brotações de árvores adultas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico vermelho), por apresentar melhor enraizamento em relação as semilenhosas (DIAS et al., 2015b).

Por outro lado, estacas lenhosas de *Spondias tuberosa* (umbuzeiro) demonstraram melhores resultados em relação às estacas herbáceas quanto à sobrevivência (PAULA et al., 2007). Para Santos et al. (2011), estacas lenhosas de *Sebastiania scottiana* (sarandi), *Ficus citrifolia* (figueira), *Nectandra nitidula* (canela do mato) e *Schinus terebintifolius* (aroeira vermelha) e *Siparuna guianensis* (fedegoso) apresentam-se promissoras para propagação vegetativa.

3.5. Presença de folhas nas estacas

O efeito estimulante de folhas no início da formação de raízes tem, em geral, sido atribuído à produção de carboidratos pela fotossíntese, auxina endógena e cofatores de enraizamento sintetizados pelas folhas e a regulação do estado hídrico na estaca (FACHINELLO et al., 2013). Vários estudos experimentais comprovam o efeito estimulante da presença de folhas na formação de raízes e sobrevivência das estacas.

No estudo de Betanin e Nienow (2010), foi avaliada a sobrevivência e capacidade de enraizamento de estacas caulinares herbáceas de *Erythrina falcata* (corticeira-da-serra) com ausência e presença de folhas, no qual verificaram que as

estacas sem folhas apresentaram elevada mortalidade e ausência de enraizamento, enquanto que estacas com folhas apresentaram enraizamento médio de 35,4%.

Para Bortolini et al. (2008), a alta taxa de mortalidade de estacas *Tibouchina sellowiana* (quaresmeira), no outono, 75% para estacas tratadas com 0 e 3.000 mg kg⁻¹ de AIB (talco), pode ser justificada pela perda das folhas nos primeiros dias da instalação do experimento. Os autores afirmam ainda, que nas quatro estações as estacas dessa espécie só enraizaram quando as folhas existentes durante a confecção destas permaneceram posteriormente.

Por outro lado, Fochesato et al. (2006), na estaquia de *Laurus nobilis* (louro), mantendo 0, 2 ou 4 folhas, obtiveram, após 173 dias, 100% das estacas mortas na ausência de folhas, enquanto com 2 e 4 folhas a mortalidade foi de 16,7% e 11,5%, respectivamente. Os autores atribuíram o resultado ao esgotamento das reservas, por ocasião da brotação, e à ausência de hormônios produzidos nas folhas, a mortalidade total das estacas sem folhas.

No estudo de Ferriani et al. (2008) foi verificada elevada mortalidade das estacas de *Piptocarpha angustifolia* (vassourão branco) no inverno, sendo registrada a queda maciça de folhas e necrose das bases das estacas, sugerindo que a manutenção das folhas pode contribuir como aparato fotossintético necessário à iniciação radicial.

Stuepp et al. (2015) avaliando o enraizamento de estacas caulinares de *Paulownia fortunei* var. *mikado* (quiri), com e sem folhas, coletadas em três estações do ano, com a aplicação de ácido indol-3-butírico, observaram que as sem folhas (coletadas no outono), demonstraram maior porcentagem de enraizamento (12,75%). Os autores atribuíram esse fato a queda precoce (cinco dias após a instalação) das folhas em estacas com um par de folhas, atingindo queda total com cerca de 30 dias após a instalação do experimento.

3.6. Hormônios e reguladores de crescimento vegetal

Os hormônios vegetais são substâncias orgânicas sintetizadas no interior das plantas, geralmente em tecidos jovens em crescimento, com capacidade de produzir modificações qualitativas nos vegetais em um local distinto do qual foi originado (SILVA; DONADIO, 1997). Algumas substâncias, ao serem aplicadas em vegetais, produzem efeitos semelhantes a esses hormônios vegetais, sendo denominadas de

reguladores de crescimento (ALBUQUERQUE; MOUCO; ALBUQUERQUE NETO, 2008).

Há vários grupos desses reguladores, sendo as auxinas de maior interesse no enraizamento de estacas, pois a função delas está ligada aos processos de crescimento e alongamento celular, possuindo capacidade de promover o alongamento de coleótilos, de segmentos de caule, e em presença de citocininas promover a divisão celular em culturas de calos, formação de raízes adventícias em folhas ou caules recortados (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Entre os compostos com atividades auxínicas têm-se o ácido indolacético, ácido naftalenoacético, ácido 2-4 diclorofenoxiacético e o ácido indol-3-butírico, comprovadamente indutores de enraizamento (PAIVA; GOMES, 2011). O ácido indol-3-butírico (AIB) tem apresentado maior eficiência na promoção de raízes adventícias em estacas florestais, dada a sua menor mobilidade e maior estabilidade química no interior da estaca (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Com a aplicação dessas substâncias, pode-se aumentar a porcentagem de enraizamento em estacas, acelerar a formação de raízes, aumentar o número e a qualidade das raízes e uniformizar o enraizamento (OLIVEIRA et al., 2001). A aplicação pode ser líquida ou via talco inerte (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013), e as concentrações podem variar em função das condições de trabalho e das características de cada material genético (BRONDANI et al., 2010), nesse sentido, recomenda-se realizar testes com diferentes concentrações, quando não se dispõe de informações a respeito da concentração ideal para a espécie (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

O uso de AIB tem apresentado resultados satisfatórios em diferentes concentrações veiculadas na forma líquida ou sólida para várias espécies propagadas vegetativamente, como *Varronia curassavica* (erva-baleeira) com 10 anos de idade, na concentração de 2000 mg L⁻¹ (MENDES et al., 2014), *Schizolobium amazonicum* (paricá) com propágulos juvenis, com 32.000 mg L⁻¹ (DIAS et al., 2015a), *Ginkgo biloba* L. (Ginkgo) de sete anos, com 4000 ou 8000 mg kg⁻¹ (BITENCOURT et al., 2010) e *Psidium guajava* (goiabeira) de 8 anos, com 2000 mg kg⁻¹ de AIB (YAMAMOTO et al., 2010).

3.7. Maturação de espécies lenhosas

O ciclo de vida das plantas se constitui de sucessivas fases de desenvolvimento, isto é, embriogênese, germinação, crescimento vegetativo e

reprodutivo e senescência, denominada de idade ontogenética, enquanto que, o vigor fisiológico de uma planta, envolvendo aspectos tais como nutrientes e estado da água, refere-se à idade fisiológica da planta, sendo frequentemente aplicada aos aspectos negativos da idade, incluindo a perda da taxa de crescimento, aumento da susceptibilidade às condições adversas e senescência, já a idade cronológica refere-se ao tempo decorrido desde a germinação até a data de observação (FORTANIER; JONKERS, 1976).

Na fase juvenil a planta ou parte dela apresenta dominância de características juvenis em relação às maduras, sendo que a capacidade para reprodução sexuada é adquirida com a maturação (TAIZ; ZEIGER, 2013). As características de maturação se conservam em função de sua relativa estabilidade e são transmitidas por meio das divisões celulares de uma geração somática para a próxima (HACKETT; MURRAY, 1993), por esse motivo, a maturação em espécies lenhosas é um assunto de extrema importância na propagação vegetativa (WENDLING; XAVIER, 2001).

A maturação de plantas refere-se a um processo contínuo que resulta no desenvolvimento relativamente estável de mudanças que envolvem a diminuição da taxa de crescimento, aumento da frequência de reprodução e alteração nas características morfológicas (GREENWOOD et al., 1989), que são mantidas mesmo sob condições fisiológicas melhoradas (ROBINSON; WAREING 1969).

Uma das mais consistentes expressões da maturação em plantas lenhosas trata-se da transição da alta para a baixa capacidade de enraizamento de estacas caulinares (HACKETT, 1987; ELDRIDGE et al., 1994). De modo geral, os materiais genéticos de espécies lenhosas em idade ontogenética mais avançada apresentam maiores dificuldades para o enraizamento adventício (ALMEIDA; XAVIER; DIAS, 2007; MANTOVANI et al., 2010).

Dessa forma, quando o genótipo a ser reproduzido for de indivíduos adultos o desafio inicial do processo é estabelecer um grau de juvenilidade das estacas que favoreça o enraizamento, obtido por meio do rejuvenescimento ou revigoramento, que consiste na utilização de tratamentos ou técnicas que façam com que a planta ou parte dela passe de um estado maduro para o estado juvenil (SCHUCH et al., 2008).

O Rejuvenescimento de plantas refere-se à reversão de maturação durante a reprodução sexual e formação do embrião, ou pelo uso de tratamentos culturais como podas sucessivas, propagação vegetativa seriada ou a aplicação de inibidores de crescimento de plantas (HAND et al., 1996; WENDLING; XAVIER, 2001; WENDLING; TRUEMAN; XAVIER, 2014).

O rejuvenescimento é muitas vezes confundido com o revigoramento, no entanto, revigoramento (ou falso rejuvenescimento) refere-se à restauração do vigor de uma planta ou parte dela como resultado de tratamentos culturais, como irrigação, aplicação de nutrientes, poda ou controle de pragas (WENDLING; XAVIER, 2001). De modo geral, o revigoramento refere-se a diminuição na idade fisiológica, enquanto rejuvenescimento à uma diminuição na idade ontogenética, devido à verdadeira reversão para um estado mais juvenil (WENDLING; TRUEMAN; XAVIER, 2014).

Em escala operacional, no eucalipto a reversão à juvenilidade de matrizes adultas é normalmente conseguida a partir de brotações epicórmicas oriundas do toco, após o corte raso da matriz selecionada (ALFENAS et al., 2009). Para espécies florestais nativas brasileiras, essa etapa constitui-se em um grande desafio, pois na maioria das vezes não é possível a adoção da decepa da árvore selecionada para o resgate (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013).

Dessa forma, faz-se necessário empregar métodos especiais de resgate sem o abate da matriz e, entre as técnicas utilizadas, citam-se o uso de galhos podados, mantidos sob nebulização intermitente, visando a indução do crescimento de brotações epicórmicas (brotações originadas a partir de gemas axilares latentes, denominadas gemas epicórmicas, com a finalidade de recompor a copa da planta) para produção de estacas ou utilização na enxertia e propagação *in vitro* (ALFENAS et al., 2009).

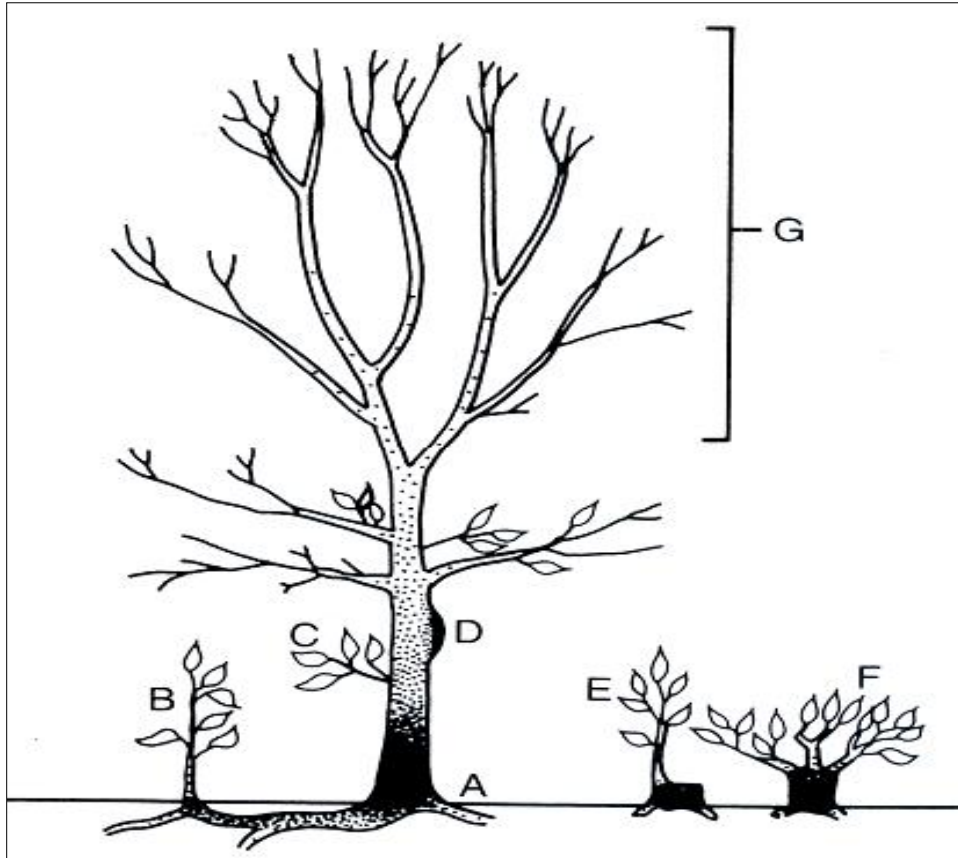
No geral, galhos colhidos das porções mais baixas da planta tendem a originar brotações mais juvenis, com maior capacidade rizogênica em virtude do maior grau de juvenilidade (ALFENAS et al., 2009), isso se deve ao fato de que muitas plantas, principalmente as lenhosas, possuem um gradiente de maturação, denominado de gradiente de juvenilidade ou cone de juvenilidade, sendo efetivo em direção à base da árvore (Figura 4) (WENDLING; XAVIER, 2001; HARTMANN et al., 2011).

A região próxima da base da árvore é considerada mais jovem na idade ontogenética (HACKETT; MURRAY, 1993; PIJUT et al., 2011), porque muitos meristemas basais são formados no início da vida da planta do que muitos dos meristemas apicais (HARTMANN et al., 2011), e algumas características associadas à juvenilidade são mantidas em porções basais da planta madura (HACKETT, 1987).

Um aumento no gradiente de maturação da base ao topo da árvore é claramente observado em espécies que são capazes de brotar a partir da base do tronco, exibindo brotos basais que exibem características juvenis que contrastam com as características maduras de brotos localizados na copa (FRANCLET et al., 1987).

Folhas de morfologia semelhante às folhas de mudas juvenis são encontradas em ramos desenvolvidos a partir da base de árvores adultas de *Sequoia sempervirens* (sequoia) e *Olea europaea* (oliveira) (ARNAUD et al., 1993; GARCIA et al., 2000).

Figura 4 - Gradientes de juvenilidade-maturidade em folhosas que se inicia na base da árvore: estruturas juvenis (A, B, C, D, E e F) e partes maduras correspondentes a parte apical (G).



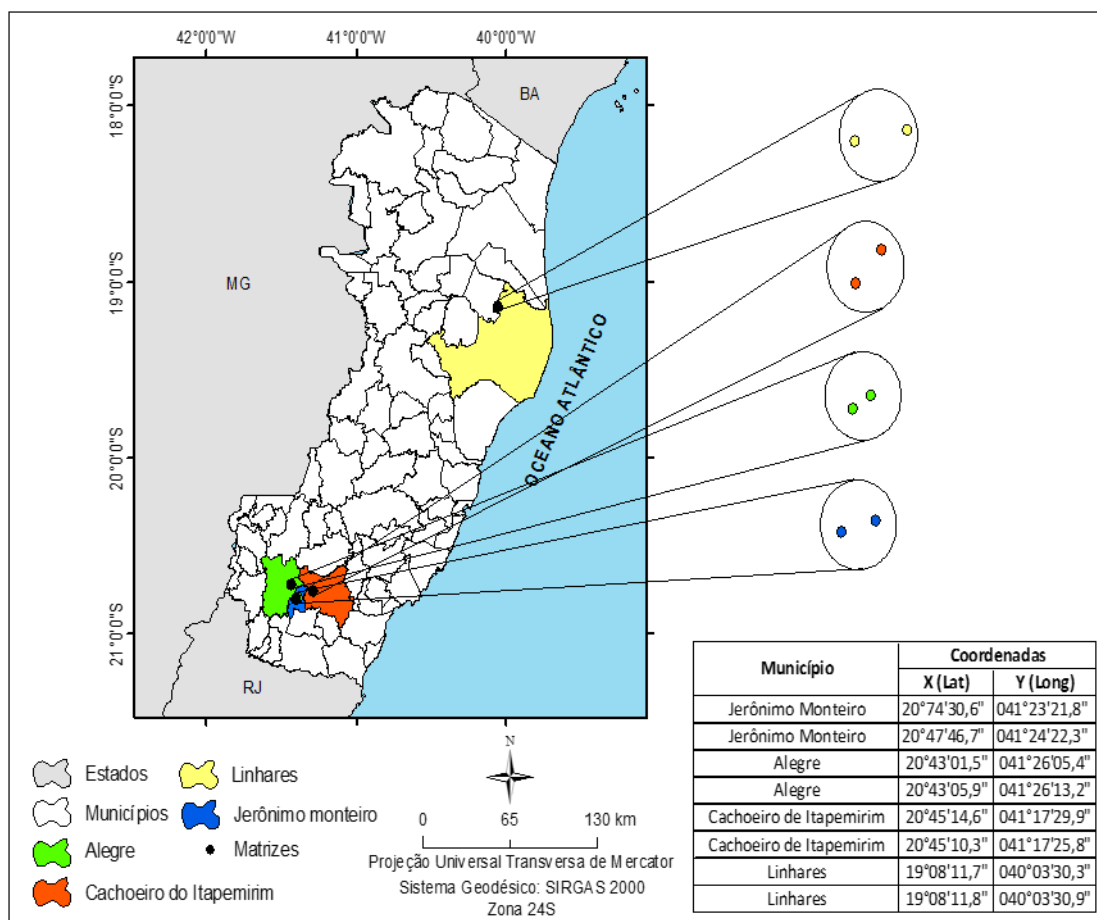
Fonte: Hartmann et al. (2011).

4. METODOLOGIA

4.1. Material vegetativo utilizado

Os ramos para a confecção das estacas foram retirados de oito árvores matrizes de sapucaia localizadas em quatro diferentes municípios do estado do Espírito Santo: Jerônimo Monteiro, Cachoeiro de Itapemirim, Alegre, situados ao Sul e Linhares, ao Norte. Em cada município foram selecionadas duas árvores de sapucaia como doadoras de material vegetativo (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de localização das árvores matrizes selecionadas nos diferentes municípios do Estado do Espírito Santo.



Fonte: a autora.

As matrizes de Jerônimo Monteiro fazem parte do arboreto da Área Experimental pertencente ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), e ainda não atingiram a fase reprodutiva, portanto, foram consideradas como material em fase de transição (período que marca a transição de uma planta da fase juvenil para a fase adulta).

As de Cachoeiro de Itapemirim estão próximas ao escritório do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) e são árvores que atingiram a fase reprodutiva, no entanto, não apresentam produção contínua de frutos, ainda assim foram selecionadas para verificar o possível potencial de propagação. No município de Alegre, as matrizes localizam-se em uma propriedade particular situada no distrito de Santa Angélica consorciadas com espécies agrícolas e apresentam boa produção de frutos, assim como as de Linhares, que fazem parte de um povoamento implantado (março/1988) e conduzido na Reserva Natural da Vale (RNV).

No Quadro 1 estão citadas algumas informações referentes a cada árvore matriz de sapucaia.

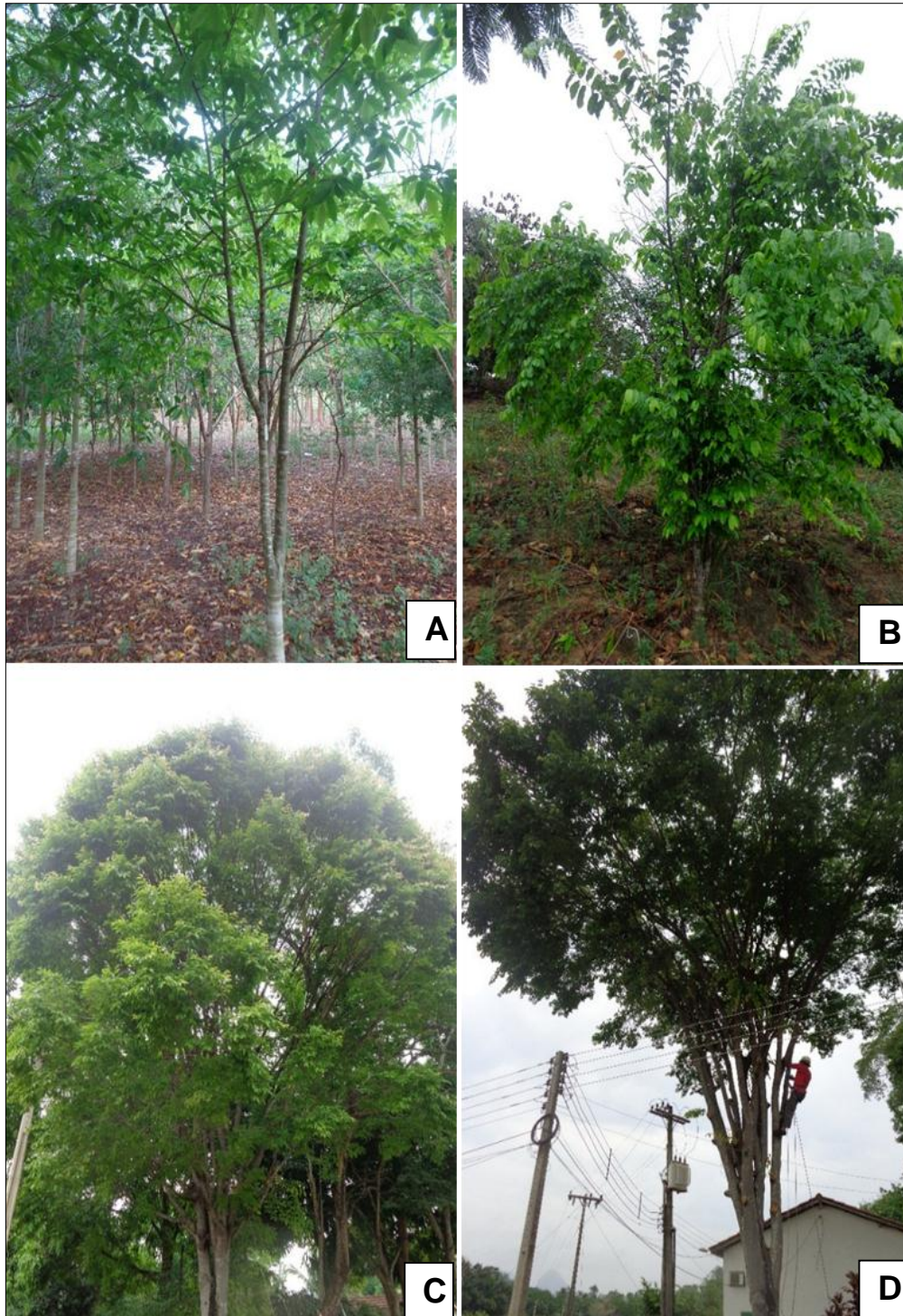
Quadro 1 – Características gerais das árvores de sapucaia localizadas nos diferentes municípios do estado do Espírito Santo.

Matrizes	Informações gerais				
	Local	Altura Total (metros)	Altura de corte dos galhos (metros)	Idade cronológica (anos)	Idade ontogenética (fase)
M1J	Jerônimo Monteiro	4	2,0	6	Transição
M2J	Jerônimo Monteiro	2,5	0,5	6	Transição
M1C	Cachoeiro de Itapemirim	13	3,2	20 a 25	Adulta
M2C	Cachoeiro de Itapemirim	13	6,2	20 a 25	Adulta
M1A	Alegre	13	4,5	25 a 30	Adulta
M2A	Alegre	16	6,5	25 a 30	Adulta
M1L	Linhares	15	7,5	27	Adulta
M2L	Linhares	14	8,0	27	Adulta

Fonte: a autora.

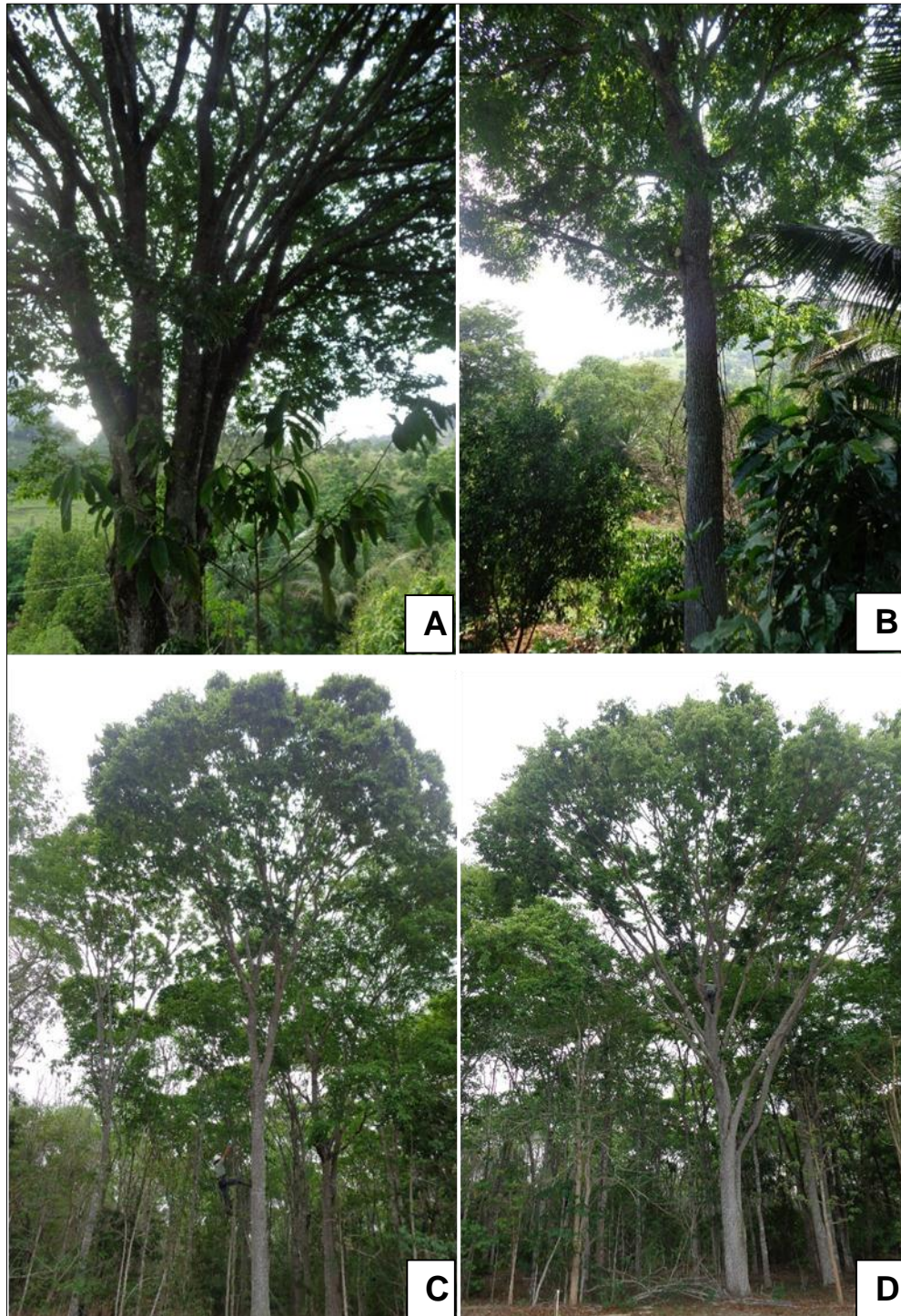
Na seleção das árvores doadora de estacas atentou-se para que as mesmas estivessem livres de sintomas visuais como desfolha, descoloração ou deformação das folhas, uma vez que esses distúrbios podem interferir no processo de enraizamento (Figuras 6 e 7).

Figura 6 - Aspecto das árvores matrizes de sapucaia localizadas nos diferentes municípios do Estado do Espírito Santo, utilizadas como fonte de material nos experimentos. A: Matriz 1 (M1J) e B: Matriz 2 (M2J), localizadas no município de Jerônimo Monteiro; C: Matriz 1 (M1C) e D: Matriz 2 (M2C), no município de Cachoeiro de Itapemirim.



Fonte: a autora.

Figura 7 - Aspecto das árvores matrizes de sapucaia localizadas nos diferentes municípios do Estado do Espírito Santo, utilizadas como fonte de material nos experimentos. A: Matriz 1 (M1A) e B: Matriz 2 (M2A), no município de Alegre; C: Matriz 1 (M1L) e D: Matriz 2 (M2L), no município de Linhares.



Fonte: a autora.

4.2. Caracterização nutricional do solo ao redor das árvores matrizes de sapucaia

Pelo fato da observação visual em campo não ser indicativo suficiente para determinar o estado nutricional de uma planta foram retiradas amostras simples de solo de 0-20 cm de profundidade, com o auxílio de um trado do tipo calador, em três

pontos na área de projeção da copa, de modo a formar uma amostra composta de solo para cada árvore. O material foi acondicionado em sacos plásticos e devidamente identificado.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Solos do Centro de Ciências de Agrárias da UFES "Raphael M. Bloise", no município de Alegre, ES, onde realizou-se: análise química, física e de matéria orgânica (carbono orgânico total). Os resultados da análise para cada matriz encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas e físicas de solo coletado, para cada árvore de sapucaia, selecionada nos municípios de Jerônimo Monteiro (M1J e M2J), Cachoeiro de Itapemirim (M1C e M2C), Alegre (M1A e M2A) e Linhares (M1L e M2L) no estado do Espírito Santo.

Características	Matrizes							
	M1J	M2J	M1C	M2C	M1A	M2A	M1L	M2L
Físicas								
Argila (%)	0,00	16,00	28,00	35,00	55,00	38,00	15,00	15,00
Silte (%)	24,00	5,00	17,00	7,00	10,00	13,00	3,00	2,00
Areia (%)	76,00	79,00	55,00	58,00	35,00	49,00	82,00	83,00
Químicas								
Fósforo (mg dm ³)	18,91	7,63	75,61	36,20	51,57	43,89	8,11	11,18
Potássio (mg dm ³)	97,00	97,00	103,00	144,00	292,00	284,00	79,00	94,00
Sódio (mg dm ³)	12,00	4,00	0,00	14,00	11,00	54,00	7,00	8,00
Cálcio (cmol _c dm ³)	1,81	1,01	12,86	4,60	3,98	5,06	3,35	1,32
Magnésio (cmol _c dm ³)	0,94	0,84	1,71	1,63	1,78	1,52	0,99	0,80
Alumínio (cmol _c dm ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
H + Al (cmol _c dm ³)	3,05	2,14	0,00	3,05	4,29	3,71	2,80	3,96
Soma de bases (cmol _c dm ³)	3,06	2,13	14,84	6,66	6,55	7,55	4,58	2,39
CTC (cmol _c dm ³)	3,06	2,13	14,84	6,66	6,55	7,55	4,58	2,59
CTC a pH 7,0 (cmol _c dm ³)	6,11	4,28	14,84	9,72	10,84	11,26	7,38	6,35
Saturação por bases (%)	50,04	49,87	100,00	68,58	60,44	67,03	62,01	37,63
Saturação por alumínio (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,73
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	12,77	12,60	32,58	46,07	35,71	35,80	22,61	19,28
pH em água	5,79	5,91	7,35	6,61	5,93	6,24	5,73	5,21

Fonte: a autora.

De acordo com os atributos físicos, o solo no qual se encontra a árvore M1J foi classificado como de textura arenosa, enquanto o solo ao redor da M2J, M1C, M1L e M2L de textura média e os da M2C, M1A e M2A de textura argilosa. Os resultados

dos atributos químicos dos solos foram interpretados seguindo os limites definidos por Fullin e Dadalto (2001) no estado do Espírito Santo.

Para os valores de pH em água, não foi observada acidez elevada ($\leq 5,0$) nos solos coletados. Nos solos ao redor da M1J, M2J, M1A, M1L e M2L foi observada acidez média (5,1 - 5,9), enquanto que o da M2C e M2A acidez fraca (6,0 - 6,9) e para o solo ao redor da M1C alcalinidade fraca (7,1 - 7,8). Em relação a acidez potencial (H + Al) em nenhum dos solos foi verificado níveis altos ($> 5,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$), apenas níveis médios (2,6 - 5,0 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) para M1J, M2C, M1A, M2A, M1L e M2L e baixos ($\leq 2,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) para M2J e M1C. A presença de alumínio (Al) foi encontrada apenas no solo ao redor da árvore M2L, porém em baixo teor ($\leq 0,3 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) e baixo percentual de saturação por alumínio (m).

Os valores de cálcio (Ca) foram altos ($>4,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) para o solo ao redor das árvores M1C, M2C e M2A, médios (1,6 - 4,0 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) para M1J, M1A e M1L e baixos ($\leq 1,5 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) para M2J e M2L. Os teores de magnésio (Mg) foram altos ($>1,0 \text{ cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) para M1C, M2C, M1A e M2A e médios (1,6 - 4,0 $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$) para M1J, M2J, M1L e M2L. O solo ao redor de todas as matrizes apresentou teores altos ($> 60 \text{ mg dm}^{-3}$) de potássio (K), exceto a M1L que apresentou valor médio (31 - 60 mg dm^{-3}).

A acidez é uma característica, que causa principalmente diminuição na disponibilidade de cátions nutrientes (Ca, Mg, K) e aumento na solubilidade de cátions tóxicos (H, Al). A deficiência de Ca e a toxidez de Al são as principais limitações químicas para o crescimento radicular, cujas consequências se manifestam pelo estresse nutricional e hídrico nas plantas (FRANCHINI et al., 2001), deficiência e toxicidade não observada nos solos ao redor das matrizes de sapucaia selecionadas nesse estudo.

Os percentuais de saturação por base (V%) foram para todos os solos acima de 50%, exceto para a M2J que foi de 49,87 e para M2L de 37,63%. De acordo com Ronquim (2010), a saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo divididos em eutróficos (férteis) quando a V% é acima de 50% e solos distróficos (pouco férteis) com V% abaixo de 50%.

De modo geral, pode-se inferir que as matrizes se encontravam em solos férteis e com bom equilíbrio nutricional para as plantas, sendo um fator de suma importância, pois a nutrição equilibrada da planta matriz aliada a outros fatores, determinará a concentração de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas,

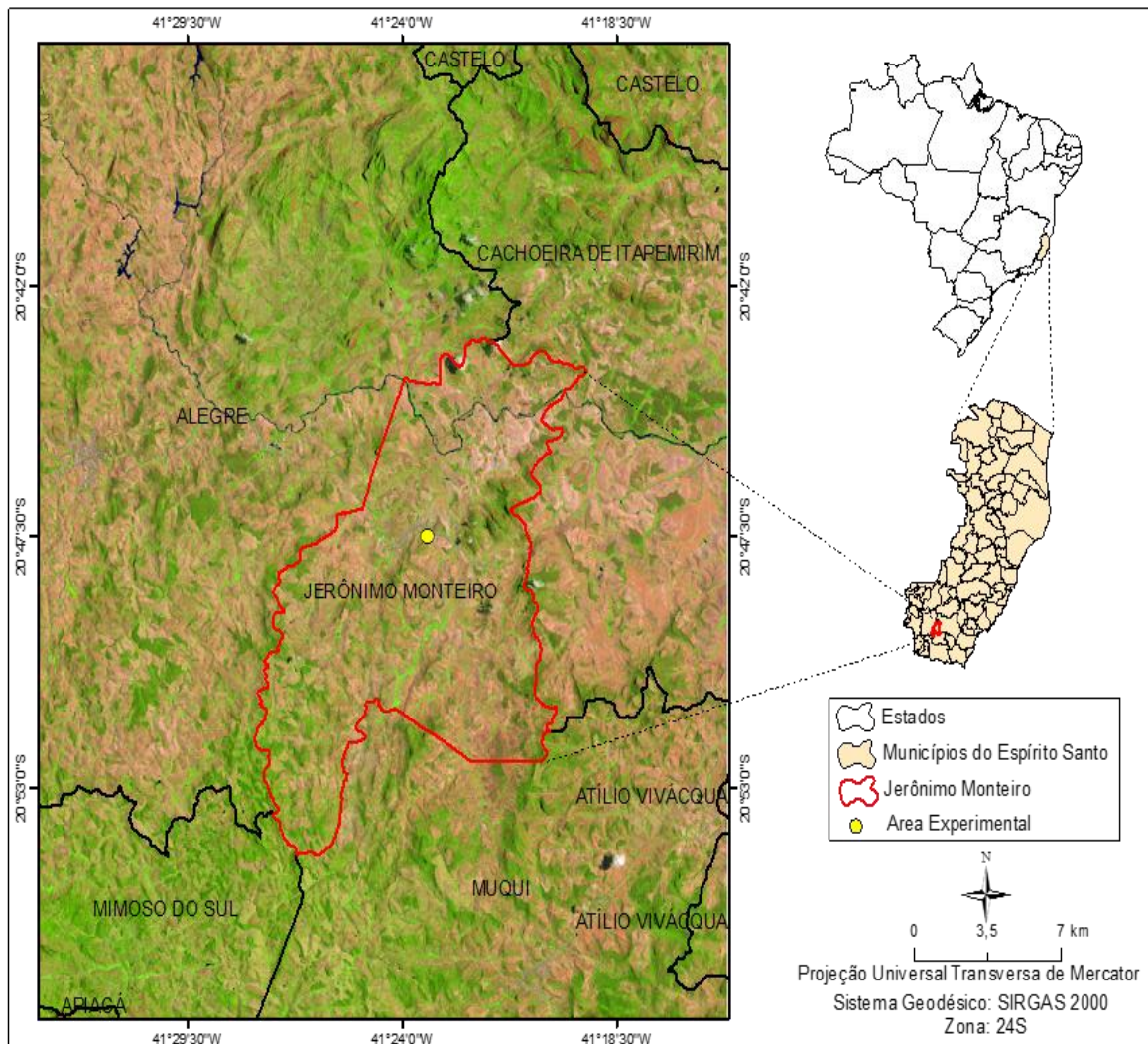
compostos fenólicos, entre outras substâncias promotoras do enraizamento (LÓPEZ-BUCIO et al., 2002; CUNHA et al., 2009).

4.3. Local de instalação dos experimentos

A pesquisa foi conduzida no período de outubro de 2015 a abril de 2016 na casa de vegetação situada 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-CCA-E-UFES) no município de Jerônimo Monteiro, ES (Figura 8). A área experimental possui como coordenadas geográficas $20^{\circ} 47' 30,3''$ de Latitude Sul e $41^{\circ} 23' 21,8''$ de Longitude Oeste.

Segundo a classificação Internacional Köppen, o clima predominante na região é o Cwa, caracterizado por apresentar verão chuvoso e inverno frio e seco, temperatura média de $23,1^{\circ}\text{C}$ e precipitação total média de 1341 mm (LIMA et al. 2008).

Figura 8 - Localização da área experimental no município de Jerônimo Monteiro.



Fonte: a autora.

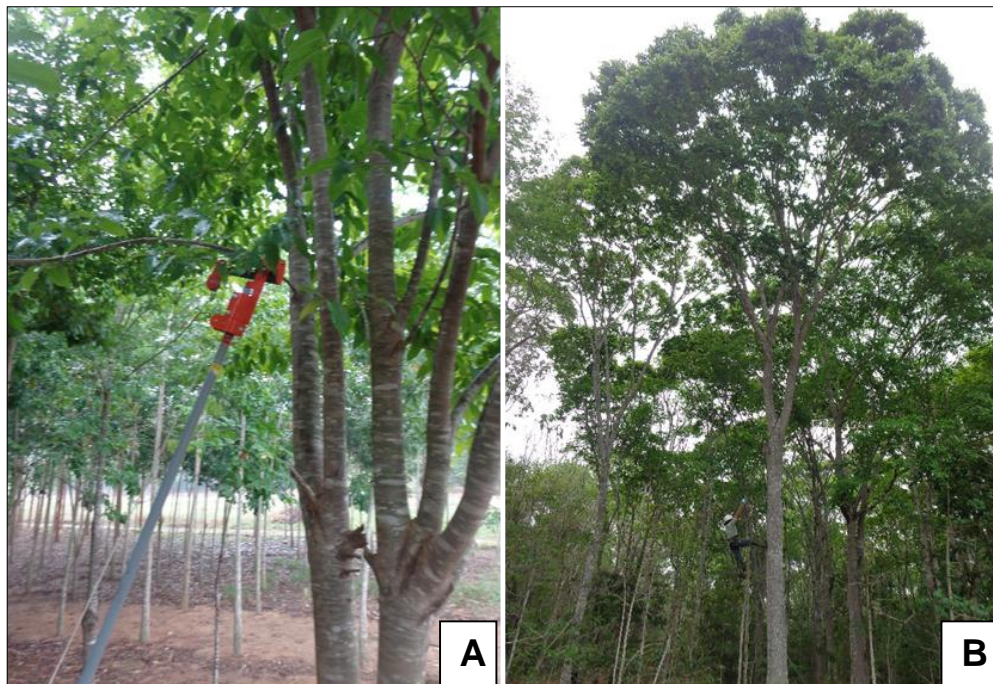
A casa de vegetação possui estrutura de alumínio galvanizado, teto em capela, revestida com polietileno transparente de baixa densidade (PEBD). O sistema de irrigação, do tipo intermitente, constava de seis linhas distanciadas de 1,5 m, com bicos nebulizadores dispostos a cada 1 m, controlado por um *timer* e acionado a cada três minutos, com período de molhamento de 15 segundos ininterruptos.

A pesquisa foi dividida em dois experimentos, no primeiro objetivou-se avaliar o potencial de enraizamento de estacas herbáceas, semilenhosas e lenhosas oriundas de matrizes, localizadas nos municípios de Jerônimo Monteiro, Cachoeiro de Itapemirim, Alegre e Linhares, e no segundo verificar a emissão e o enraizamento de brotações epicórmicas originárias de galhos destacados das árvores de sapucaia localizadas em Cachoeiro de Itapemirim, Alegre e Linhares.

4.4. Experimento 1 - Potencial de enraizamento de estacas de sapucaia

As coletas dos ramos foram realizadas no início da manhã, devido menor temperatura nesse período. Para coleta de galhos em árvores com altura inferior a 4 metros (M1J e M2J) utilizou-se tesoura de poda alta com cabo (podão) (Figura 9A), e em árvores superiores a 13 metros (M1C, M2C, M1A, M2A, M1L e M2L) foi necessário o auxílio de um escalador equipado com serra de poda manual (Figura 9B).

Figura 9 - Coleta do material vegetativo a ser utilizado na confecção de estacas de sapucaia. A: Coleta de galhos de árvore de pequeno porte (4m), com uso do podão e B: Coleta de galhos para árvore de maior porte (15m), com auxílio de um escalador altura superior a 13 metros.



Fonte: a autora.

Na coleta selecionou-se os galhos localizados na parte mais próxima da base da árvore, por se tratar de um material mais juvenil, em virtude do gradiente de juvenilidade existente em direção à base da árvore (HARTMANN et al., 2011). A altura de coleta dos galhos em relação ao nível do solo variou de 0,5 a 8,0 metros entre as matrizes.

Após a coleta dos galhos, os ramos laterais foram retirados, cortados e acondicionados em caixas de isopor (Figura 10A) e para manter as condições de vigor e turgescência dos mesmos, pulverizou-se água, mediante pulverizador manual (Figura 10B) até a etapa de estaqueamento (realizada na manhã seguinte, em virtude da distância entre o local de coleta e o local de montagem do experimento).

Figura 10 - Coleta do material vegetativo a ser utilizado na confecção de estacas de sapucaia. A: Corte dos ramos com tesoura de poda para acondicionamento em caixa de isopor e B: Pulverização de água nos ramos de sapucaia.



Fonte: a autora.

Na etapa seguinte, dos ramos oriundos das árvores M1C, M2C, M1A e M2A, M1J e M2J foram confeccionadas estacas caulinares de consistência herbácea e semilenhosa (com um par de folhas, reduzidas pela metade com objetivo de diminuir a superfície de transpiração), e para as matrizes M1L e M2L além das estacas herbácea e semilenhosas (com folhas) foram confeccionadas estacas lenhosas (sem folha) (Figura 11).

As estacas classificadas nesse experimento como lenhosas foram retiradas de brotações do 2º ano enquanto que as estacas herbáceas (posição apical) e semilenhosas (posição basal) foram obtidas de brotações do ano.

Figura 11 - Consistência (herbácea, semilenhosa e lenhosa) do ramo de sapucaia.



Fonte: a autora.

Todas as estacas mediram aproximadamente de 7 cm a 12 cm de comprimento e na porção inferior das mesmas foi feito um corte em bisel, para aumentar a superfície de contato com as concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB) (Figura 12).

Figura 12 - Estaca semilenhosa, herbácea (1/2 folha) e lenhosa (sem folha) com 7 a 12 cm de comprimento e corte em bisel na base (da esquerda para a direita).

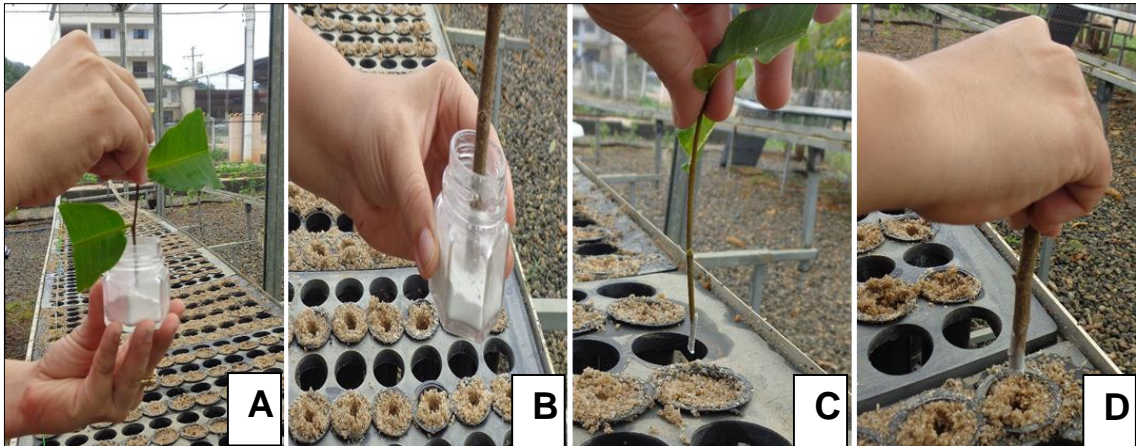


Fonte: a autora.

Depois de confeccionadas, as estacas foram submetidas à desinfecção mediante imersão, por 5 minutos, em hipoclorito de sódio a 0,3%, com posterior lavagem em água corrente. As estacas foram submetidas ao enraizamento sob aplicação do ácido indol-3-butírico (via talco inerte) na parte basal das mesmas (3 cm), sendo que o tratamento controle consistiu na ausência de aplicação de AIB (Figuras 13A e 13B). As concentrações de AIB utilizadas foram 0, 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg kg⁻¹.

O estaqueamento foi realizado em tubetes com capacidade de 120 cm³ utilizando como substrato areia esterilizada a 127 °C em autoclave (vapor saturado sob pressão) por 60 minutos (Figuras 13C e 13D).

Figura 13 - Etapa de plantio das estacas na casa de vegetação. A: Aplicação de AIB na base da estaca herbácea; B: Aplicação de AIB na base da estaca lenhosa; C: Plantio da estaca herbácea em tubete contendo areia e D: Plantio da estaca lenhosa em tubete contendo areia.



Fonte: a autora.

O preparo das diferentes concentrações de AIB consistiu na mistura com talco industrial ($3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) em pó. Para preparar 10.000 mg da fórmula contendo AIB a 2.000, 4.000, 6.000 e 8.000 mg kg⁻¹ utilizou-se 20, 40, 60 e 80 mg de AIB puro, respectivamente, e acrescentou-se talco industrial até completar 10.000 mg, e em seguida fez-se uma agitação manual para homogeneizar a mistura, obtendo assim o peso final de cada concentração desejada.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com esquema fatorial (6x2x5), seis genótipos de sapucaia, dois tipos de estacas (herbácea e semilenhosa) e cinco concentrações de AIB (0; 2.000; 4.000; 6.000 e 8.000 mg Kg⁻¹), para as matrizes M1C, M2C, M1A, M2A, M1J e M2J. Enquanto que para as matrizes M1L e M2L o esquema fatorial foi 2x3x5, com dois genótipos, três tipos de estacas (herbácea, semilenhosa e lenhosa) e cinco concentrações de AIB. Para todos os tratamentos utilizou-se quatro repetições e 10 estacas por parcela.

Após 120 dias da permanência das estacas em casa de vegetação, os resultados permitiram analisar as seguintes variáveis: porcentagem de estacas mortas, porcentagem de estacas vivas e porcentagem de estacas com calos.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância para verificar se existe diferença significativa entre as médias e se os fatores exercem influência em alguma variável dependente, com auxílio do programa computacional Assistência Estatística - Assistat 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

4.5. Experimento 2 – Indução de brotações epicórmicas em galhos destacados

Neste experimento foram utilizados os galhos resultantes da coleta de material vegetativo para o experimento anterior, retirados da parte mais próxima da base das árvores matrizes adultas, localizadas no município de Cachoeiro de Itapemirim (M1C e M2C), Alegre (M1A e M2A) e Linhares (M1L e M2L).

Ainda no local de coleta, os galhos podados foram seccionados para tamanho de aproximadamente 60 cm de comprimento, com diâmetro variável, colocados em sacos de polietileno, efetuando irrigação sempre que necessário até a chegada na casa de vegetação. Na casa de vegetação, os galhos tiveram suas extremidades protegidas com saco plástico para evitar a perda de água e colocados sobre a bancada, permanecendo por um período de 60 dias (Figura 14).

Figura 14 – Resgate por galhos destacados de árvores de sapucaia. A: Corte do galho próximo a base da planta matriz; B: Galhos destacados acondicionados em casa de vegetação e C: Brotos emitidos após 60 dias dos galhos em casa de vegetação.



Fonte: a autora.

Após 60 dias, as brotações epicórmicas formadas nos galhos seriam empregadas na produção de estacas para verificar o possível enraizamento das mesmas, no entanto, não se obteve material suficiente em virtude de que nem todos os brotos atingiram tamanhos mínimos para o uso, o que justifica a ausência de tratamento nesse experimento. Dessa forma, avaliou-se nesse experimento o número total de brotações emitidas dos galhos destacados das árvores matrizes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Experimento 1 – Potencial de enraizamento de estacas de sapucaia

Decorridos sete dias de instalação do experimento notou-se queda acentuada das folhas das estacas herbáceas e semilenhosas oriundas dos genótipos adultos, sendo que após 45 dias do estaqueamento todas essas estacas perderam suas folhas. Ao final de 120 dias observou-se 100% de mortalidade das estacas herbáceas e semilenhosas de todos esses genótipos (Tabela 2).

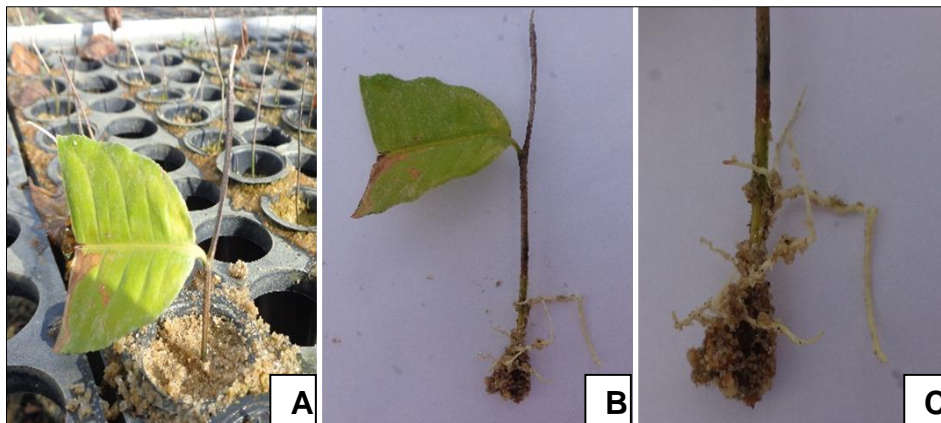
Tabela 2 - Percentual de estacas mortas após 120 dias em casa de vegetação, oriundas de matrizes localizadas no município de Jerônimo Monteiro (M1J e M2J), Cachoeiro de Itapemirim (M1C e M2C), Alegre (M1A e M2A) e Linhares (M1L e M2L).

Matrizes	Mortalidade (%)
M1J	99,5
M2J	100
M1C	100
M2C	100
M1A	100
M2A	100
M1L	100
M2L	100

Fonte: a autora.

As estacas herbáceas e semilenhosas oriundas dos genótipos de seis anos de idade (M1J e M2J) permaneceram com folhas até 90 dias após o estaqueamento e ao final do experimento (120 dias) uma estaca herbácea da matriz M1J tratada com a concentração 4.000 mg kg^{-1} de ácido indol-3-butírico (AIB) permaneceu viva e com folha, sendo a única estaca com presença de raiz (Figura 15).

Figura 15 - Estaca herbácea oriunda da árvore matriz de Jerônimo Monteiro, ES (M1J). A: Estaca sobrevivente com folha (metade); B: Estaca com presença de raiz e C: Aspecto da raiz da estaca herbáceas de sapucaia.



Fonte: a autora.

Observou-se que as estacas herbáceas oriundas de árvores adultas perderam suas folhas mais cedo que as de árvores mais jovens, o que permite inferir que a idade do genótipo é um fator que afeta a retenção foliar em estacas herbáceas, estando esse fato relacionado às características fisiológicas das plantas matrizes. Resultado semelhante foi observado no estudo de Neves et al. (2006) com a espécie *Erythrina falcata* (corticeira da serra), no qual as estacas oriundas de material juvenil continuaram com folhas, ao longo do experimento (80 dias), o que não ocorreu com as estacas herbáceas oriundas de árvores adultas (20 anos).

No presente estudo, a queda precoce das folhas pode ter comprometido a sobrevivência das estacas herbáceas e semilenhosas, considerando que apenas a estaca com folha permaneceu viva e enraizada. Estudos realizados para diferentes espécies corroboram com estes resultados, como *Laurus nobilis* (louro) (FOCHESATO et al., 2006), *Piptocarpha angustifolia* Dusén (vassourão branco) (FERRIANI et al., 2008), *Tibouchina sellowiana* (quaresmeira) (BORTOLINI et al., 2008; NIENOW et al., 2010) e *Erythrina falcata* (corticeira da serra) (BETANIN; NIENOW, 2010).

Em todos esses trabalhos, a elevada mortalidade das estacas ou mesmo a ausência de enraizamento foi relacionado pelos autores com a queda precoce das folhas, bem como a sobrevivência e enraizamento das estacas com o fato das folhas existentes durante a confecção das mesmas permanecerem posteriormente. Fato comprovado nesse experimento com a manutenção de pelo menos uma folha (reduzida à metade) na estaca oriunda da árvore M1J de sapucaia ao final de 120 dias.

Para Pacheco e Franco (2008), devido as folhas serem locais de síntese de auxina e carboidratos, espera-se que a retenção foliar favoreça a sobrevivência e a formação radicial, além disso, segundo os autores é provável que o enraizamento e a sobrevivência das estacas com folha estejam relacionados à síntese de compostos fenólicos pela parte aérea.

Quanto a formação de calos observou-se após 120 dias a presença na base das estacas herbáceas oriundas da matriz M1J, sendo verificado média de 80,5% de estacas com calos, no entanto, as estacas já se encontravam mortas. O efeito sobre a porcentagem de calos não foi significativo para as concentrações utilizadas (Tabela 3), o que justifica o fato da análise de regressão não ser apresentada para as concentrações de AIB.

Tabela 3 - Percentual de estacas com calos após 120 dias em casa de vegetação, para as diferentes concentrações aplicadas de ácido indol-3-butírico (AIB), em estacas herbáceas oriundas da árvore matriz de Jerônimo Monteiro (M1J).

Tratamento	Calos (%)
0	77,5 a
2000	77,5 a
4000	82,5 a
6000	82,5 a
8000	82,5 a
Média	80,5

Fonte: a autora.

Para algumas espécies a presença de AIB provoca maiores porcentagens de calos em relação a ausência, como em *Ficus carica* (figueira), *Croton sonderianus* Muell. Arg (marmeleiro), *Tectona grandis* (teca), nos estudos de Lajús et al. (2007), Lopes et al. (2014) e Georgin; Bazzoti e Perrando (2014), respectivamente.

Por outro lado, resultados obtidos por Neves et al. (2006), Endres et al. (2007) e Leandro et al. (2008) para *Erythrina falcata* (corticeira da serra), *Caesalpinia echinata* (pau brasil) e *Couepia edulis* (castanha de cutia) respectivamente, indicaram que o AIB não incrementou e nem afetou a formação de calos nas estacas dessas espécies, assim como observado no presente experimento para estacas herbáceas oriundas da árvore M1J.

Para Hartmann et al. (2011), quando uma estaca é preparada, as células da superfície cortada são lesionadas, iniciando um processo de cicatrização e regeneração, esse efeito do ferimento na base das estacas, causado pela segmentação das mesmas, mostra-se benéfico para o enraizamento, por estimular a divisão celular e a formação de calos, sendo que a atividade celular na área ferida é estimulada pelo aumento da taxa respiratória e dos teores de auxinas, carboidratos e etileno, resultando na formação de raízes nas margens da lesão.

Observou-se no presente estudo, que a estaca herbácea de sapucaia com formação de raiz apresentou calo nas proximidades do corte. Observação semelhante foi realizada por Souza e Lima (2005) e Barbosa et al., (2007) para estacas da espécie *Spondias mombin* (cajazeira) e híbridos de *Pyrus pyrifolia* x *Pyrus communis* (pereira 'Limeira'), respectivamente, verificando que as raízes adventícias foram formadas nas

proximidades da região cambial e sobre o tecido caloso formado no corte realizado na base das estacas.

Para estacas de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau brasil) e *Sapium glandulatum* (leiteiro) com presença de calo, os autores Endres et al. (2007) e Ferreira et al. (2009), respectivamente, sugerem a possibilidade de emissão de raízes em longo prazo, se as mesmas permanecerem no leito de enraizamento. Sugestão que poderia ser atendida no presente experimento para as estacas herbáceas oriundas da matriz M1J de sapucaia, se as mesmas já não estivessem mortas quando analisadas.

Com relação as estacas lenhosas das matrizes M1L e M2L (Linhares), a análise estatística não evidenciou interação significativa entre os fatores genótipo e concentração para a variável porcentagem de sobrevivência, indicando que os fatores são independentes. Considerando os genótipos utilizados, estes não apresentaram diferenças estatisticamente significativas para a variável em análise, assim como concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB) aplicadas, o que justifica o fato da análise de variância e regressão não serem apresentadas.

Dessa forma, na Tabela 4 encontra-se o percentual de sobrevivência das estacas lenhosas, tratadas com ácido indol-3-butirico (AIB), obtidas de matrizes localizadas no município de Linhares.

Tabela 4 - Percentual de estacas sobreviventes após 120 dias em casa de vegetação, para as diferentes concentrações de ácido indol-3-butirico (AIB) aplicadas em estacas lenhosas, oriundas das árvores matrizes de Linhares (M1L e M2L).

Matrizes	Tratamento	Sobrevivência (%)
M1L	0	52,5 a
M1L	2000	57,5 a
M1L	4000	37,5 a
M1L	6000	57,5 a
M1L	8000	57,5 a
M2L	0	47,5 a
M2L	2000	42,5 a
M2L	4000	52,5 a
M2L	6000	60,0 a
M2L	8000	52,5 a
Média		52,75

Fonte: a autora.

O fato de não existir efeito das concentrações de AIB, indica que a sobrevivência das estacas lenhosas de sapucaia não está relacionada com a aplicação do regulador e sim com o tipo de estaca utilizada. Isso indica que não ocorreu efeito tóxico pelo AIB nas concentrações utilizadas, pois de acordo com Heintze et al. (2015), a toxicidade é facilmente observada pela redução acentuada no enraizamento ou morte das estacas com o aumento da concentração do ácido idol-3-butírico.

No geral, as estacas lenhosas nesse experimento demonstraram bom percentual de sobrevivência, com média de 52,75%, durante o período avaliado. Entretanto, apesar de permanecerem vivas, essas estacas lenhosas não apresentaram formação de raiz ou tecido caloso.

Esses resultados, provavelmente ocorrem em função dessas estacas apresentarem maior lignificação dos tecidos, conferindo maior resistência à perda de água, permitindo a sua sobrevivência sem enraizar, durante o período de permanência na casa de vegetação. No entanto, essa maior lignificação impede a formação de raízes, uma vez que a maturação dos tecidos vegetais constitui uma barreira física à emergência das raízes pela deposição de lignina nas paredes celulares, além de reduzir a habilidade fisiológica em formar primórdios radiculares (XAVIER et al., 2013; HARTMANN et al., 2011).

Além do grau de lignificação da estaca, deve-se também levar em consideração a idade das árvores matrizes de Linhares (27 anos de idade), pois de acordo com Xavier et al. (2013) a ausência de enraizamento de estacas oriundas de árvores adultas pode ocorrer em razão da diminuição da capacidade de formar raízes com o aumento da idade, uma vez que, ramos maduros tendem a ter menor concentração de auxina em virtude da maior idade ontogenética. Ainda segundo os autores, isso se deve ao acúmulo de inibidores de enraizamento e redução dos níveis fenólicos à medida que o tecido se torna mais velho, além da barreira anatômica de tecido lignificado entre o floema e o córtex.

Santos et al. (2011) estudando o enraizamento de estacas lenhosas, provenientes de ramos de árvores adultas, observaram que as espécies *Tapirira guianensis* (guapiruba), *Sebastiania commersoniana* (branquilha), *Erythrina falcata* (corticeira da serra), *Inga marginata* (ingá feijão), *Inga vera* (ingá do brejo), *Magnolia ovata* (bagaçu), *Maclura tinctoria* (tajuva) e *Casearia sylvestris* (guaçatonga) não demonstraram potencial de enraizamento, mesmo mantidas em condições ambientais

favoráveis (27°C de temperatura e 85% de umidade relativa do ar) ao enraizamento adventício.

Muitas espécies que foram inicialmente consideradas difícil de propagar provaram serem passíveis de propagação vegetativa uma vez que o estado nutricional da planta matriz, o ambiente de propagação ou tratamentos como a aplicação de auxina foram otimizados (ATANGANA et al. 2006; TRUEMAN et al. 2007; WENDLING et al. 2010; MAJADA et al. 2011), melhorias essas que poderão ser aplicadas em estudos futuros, que visem a propagação vegetativa de sapucaia.

5.2. Experimento 2 – Indução de brotações epicórmicas em galhos destacados

Quanto à formação de brotos induzidos em galhos destacados, essa técnica se mostrou eficiente na indução de brotações, principalmente dos galhos retirados de matrizes do município de Cachoeiro do Itapemirim, com 70 e 74 brotos emitidos e das matrizes oriundas de Alegre, com 58 e 60 brotos, para cada matriz selecionada (Tabela 5), retirados de aproximadamente 10 galhos.

Tabela 5 - Número de brotações emitidas por galho destacado (60cm) das matrizes adultas localizadas no município de Cachoeiro de Itapemirim (M1C e M2C), Alegre (M1A e M2A) e Linhares (M1L e M2L), após o período de 45 dias mantido em casa de vegetação.

Matrizes	Brotações/galho
M1C	7,0
M2C	7,4
M1A	5,8
M2A	6,0
M1L	0,2
M2L	0,3

Fonte: a autora.

Ainda na Tabela 5, observa-se que a formação de brotos em galhos destacados das árvores selecionadas no município de Linhares apresentou valores bem abaixo das demais matrizes. Esse resultado pode estar relacionado à baixa capacidade genética das árvores matrizes para emitir brotações, ou ainda, ao fato dos galhos retirados da copa das árvores estarem situados em alturas acima de 7,5 metros em relação ao nível do solo, pois em algumas plantas, especialmente lenhosas, há um gradiente de juvenilidade em direção à base da árvore, devido ao fato de que os

meristemas mais próximos da base formaram-se em épocas mais próximas à germinação que o das regiões terminais (HARTMANN et al., 2011).

Apesar da emissão de brotações suficiente para pelo menos um tratamento, essas não foram utilizadas por apresentarem tamanhos irregulares, sendo a maioria inferiores a 4 cm de comprimento. Além disso ao final do experimento (60 dias) a mortalidade das brotações foi próxima a 100%. Resultado semelhante foi encontrado no estudo de Wendling et al. (2009), no qual se verificou elevada mortalidade das brotações induzidas em indivíduos adultos de *Araucaria angustifolia* (araucária) ao final de 120 dias, além da baixa emissão de brotos.

Propágulos juvenis de plantas adultas são importantes para viabilizar a propagação vegetativa de espécies de difícil enraizamento, uma vez que, quando ramos adultos não enraízam ou enraízam com baixo percentual e pequeno vigor de raízes, o rejuvenescimento pode ser uma alternativa viável a ser adotada (RICKLI et al., 2015).

Os resultados desse experimento são promissores, pois verificou-se que a técnica de resgate é viável para induzir brotações. O problema da falta de material suficiente pode ser suprimido com a coleta de maiores quantidades de galhos, ou ainda utilizar esses brotos em outros métodos de propagação vegetativa, como a propagação *in vitro*.

6. CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi conduzido, os resultados obtidos permitem concluir que:

- Estacas caulinares herbáceas e semilenhosas tiveram a sobrevivência comprometida com a queda precoce de suas folhas.
- Estacas caulinares herbáceas com folhas são aptas para formação de calos.
- Estacas caulinares lenhosas sem folhas de matrizes adultas apresentam sobrevivência até o período de 120 dias.
- As concentrações do ácido indol-3-butírico não proporcionaram efeito sobre a formação de calos de estacas herbáceas com folhas.
- As concentrações do ácido indol-3-butírico não proporcionaram efeito sobre a sobrevivência de estacas caulinares lenhosas de matrizes adultas.
- A técnica de resgate é viável para induzir brotações, no entanto, o potencial de enraizamento desses brotos precisa ser avaliado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, T. C. S. de; MOUCO, M. A. do C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. de. Reguladores de crescimento vegetal na concentração de macronutrientes em videira Itália. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 553-561, 2008.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 442 p.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- ALTAMURA, M. M. Root histogenesis in herbaceous and woody explants cultured *in vitro*: a critical review. **Agronomie**, Roma, v. 16, p. 589-602, 1996.
- AMRI, E; LYARUU, H. V. M.; NYOMORA, A. S.; KANYEKA, Z; L. Vegetative propagation of African Blackwood (*Dalbergia melanoxylon* Guill. & Perr.): effects of age of donor plant, IBA treatment and cutting position on rooting ability of stem cuttings. **New Forests**, v. 39, p. 183-194, 2010.
- ARNAUD, Y.; FRANCLLET, A.; TRANVAN, H.; JACQUES, M. Micropropagation and rejuvenation of *Sequoia sempervirens* (Lamb) Endl: a review. **Annals of Forest Science**, v. 50, p. 273-295, 1993.
- ATANGANA, A. R.; TCHOUNDJEU, Z.; ASAAH, E. K.; SIMONS, A. J.; KHASA, D. P. Domestication of *Allanblackia floribunda*: amenability to vegetative propagation. **Forest Ecology Management**, Yaoundé, v. 237, p. 246–251, 2006.
- BARBOSA, W.; PIO, R.; FELDBERG, N. P.; CHAGAS, E. A.; VEIGA, R. F. A. Enraizamento de estacas lenhosas de pereira tratadas com AIB e mantidas em ambiente de estufa tipo B.O.D. e de telado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 589-594, 2007.
- BETANIN, L.; NIENOW, A. A. Propagação vegetativa da corticeira-da-serra (*Erythrina falcata* Benth.) por estaquia caulinar e foliar. **Semina**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 871-880, 2010.
- BITENCOURT, J.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Estaquia de *Ginkgo biloba* L. utilizando três substratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 135-140, 2010.
- BORTOLINI, M. F. **Uso de ácido indol butírico na estaquia de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.** 2006. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BORTOLINI, M. F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; CARPANEZZI, A. A.; DESCHAMPS, C.; OLIVEIRA, M. de C.; BONA, C.; MAYER, J. L. S. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.: enraizamento, anatomia e análises bioquímicas nas quatro estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.2, p.159-171, 2008.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A. de; PIRES, P. P. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.153-158, 2008.

BRONDANI, E. G.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; ARAÚJO, M. A. de. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 667-674, 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 627 p.

CARVALHO, I. M. M.; QUEIRÓS, L. D.; BRITO, L. F.; SANTOS, F. A.; BANDEIRA, A. V. M.; SOUZA A. L.; QUEIROZ, J. H. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) da região da zona da mata mineira. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.6, p.971-977, 2012.

CORTIZO M., ALONSO P., FERNÁNDEZ B, RODRÍGUEZ A, CENTENO M, ORDÁS R. Micrografting of mature stone pine (*Pinus pinea* L.) trees. **Forest Science**, León, v. 61, p. 843–845, 2004.

CUNHA, A. C. M. C. M. da; PAIVA, H. N. de; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. de; LEITE, F. P. Influência do estado nutricional de minicepas no enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 607-615, 2009.

DENADAI, S. M. S.; HIANE, P. A.; MARANGONI, S.; BALDASSO, P. A.; MIGUEL, A. M. R. O.; MACEDO, M. L. R. *In vitro* digestibility of globulins from sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) nuts by mammalian digestive proteinases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 535-543, 2007.

DIAS, P. C.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; WENDLING, I. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.32, n.72, p. 453-462, 2012.

DIAS, P. C.; ATAÍDE; G. da M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; PAIVA, H. N. de. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p.379-386, 2015a.

DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; FÉLIX, G. de A.; PIRES, I. E. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p.83-89, 2015b.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWIID, C.; van WYK.; G. **Eucalypt domestication and breeding**. Reino Unido: Oxford University Press, 1994. 312 p.

ENDRES, L.; MARROQUIM, P. M. G.; SANTOS, C. M. dos; SOUZA, N. N. F. Enraizamento de estacas de Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) tratadas com ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 886-889, 2007.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação vegetativa por estaquia. In: FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTGAL, J. C. (Eds.). **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2013. p. 69-109.

FAGANELLO, L. R.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C.; MALAVAS, M. de M. Efeito dos ácidos indolbutírico e naftalenoacético no enraizamento de estacas semilenhosas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 863-871, 2015.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de espécies florestais. Colombo: **Embrapa Florestas**, Documentos, 94, 2004. 22 p.

FERREIRA, B. G. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; KOEHLER, H. S. Metodologias de aplicação de AIB no enraizamento de estacas semilenhosas de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 196-201, 2009.

FERRIANI, A. P.; MAYER, J. L. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; BONA, C.; KOEHLER, H. S.; DESCHAMPS, C.; CARPANEZZI, A. A.; OLIVEIRA, M. C. Estaquia e anatomia de vassourão branco. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.159-166, 2008.

FOCHESATO, M. L.; MARTINS, F. T.; SOUZA, P. V. D.; SCHWARZ, S. F.; BARROS, I. B. I. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 72-77, 2006.

FORTANIER, E. J.; JONKERS, H. Juvenility and maturity of plants as influenced by their ontogenetical and physiological ageing. **Acta Horticulturae**, v. 56, p. 37-44, 1976.

FRANCHINI, J. C.; MEDA, A. R.; CASSIOLATO, M. E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por método biológico. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 2, p. 357-360, 2001.

FRANCIET, A.; BOULAY, M.; BEKKAOUI, F.; FOURET, Y.; VERSCHOORE-MARTOUZET, B.; WALKER, N. Rejuvenation. In: BONGA J. M.; DURZAN, D. J. (Eds.). **Cell and tissue culture in forestry**. Amsterdam: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. p. 232-248.

FRANZON, R.C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J.C.S. Produção de mudas: principais técnicas na propagação de fruteiras. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, 2010. 56 p.

FULLIN, E. A.; DADALTO, G. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. In: DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. Vitória: SEEA & INCAPER, 2001. p. 21-55.

GARAY, I.; FOLZ, J.; DEL PIERO, N.; CAROLINA, K. **Espécies arbóreas para reflorestamento**: restauração solidária de floresta atlântica. Cariacica, ES: Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), 2012. 76 p.

GARCIA, J. L.; AVIDAN, N.; TRONCOSO, A.; SARMIENTO, R., LAVEE, S. Possible juvenile-related proteins in olive tree tissues. **Scientia Horticulturae**, v. 85, p. 271-284, 2000.

GEORGIN, J.; BAZZOTI, R.; PERRANDO, E. Indução ao enraizamento de estacas de teca (*Tectona grandis* L.f). **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 18 n. 3, p.1246-1256, 2014.

GRATIERI-SOSSELLA, A.; PETRY, C.; NIENOW, A. A. Propagação da corticeira do banhado (*Erythrina crista-galli* L.) (FABACEAE) pelo processo de estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 163-171, 2008.

GREENWOOD, M. S.; HOPPER, C. A.; HUTCHISON, K. W. Maturation in larch: I. Effect of age on shoot growth, foliar characteristics and DNA methylation. **Plant Physiology**, v. 90, n. 2, p. 406-412, 1989.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Eds.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 11-28.

HACKETT, W. P.; MURRAY, J. R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M. R. (Ed.). **Micropropagation of woody plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 93-105.

HAND, P.; BESFORD, R. T.; RICHARDSON, C. M.; PEPPIT, S. D. Antibodies to phase related proteins in juvenile and mature *Prunus avium*. **Plant Growth Regulation**, v. 20, p. 25-29, 1996.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2011. 915 p.

HEINTZE, W.; PETRY, H. B.; SCHWARZ, S. F.; de SOUZA, P. V.; SCHAFER, G. Propagação de *Thunbergia mysorensis* (Wight) por estaquia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1455-1458, 2015.

HERNANDEZ, W.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; WENDLING, I. Propagação vegetativa do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p. 813-823, 2012.

HERNANDEZ, W.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; WENDLING, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C. Formas de propagação de plantas frutíferas. In: FACHINELLO, J. C. **Propagação de Plantas Frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 45-56.

HUNT, M. A.; TRUEMAN, S. J.; RASMUSSEN, A. Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* P. *caribaea* var. *hondurensis* cuttings. **New Forests**, v. 41, n. 3, p. 349–360.

HUSEN, A. Rejuvenation and adventitious rooting in coppice-shoot cuttings of *Tectona grandis* as affected by stock-plant etiolation. **American Journal of Plant Sciences**, Gondar, v. 2, n. 3, p. 370-374, 2011.

HUSEN, A. Changes of soluble sugars and enzymatic activities during adventitious rooting in cuttings of *Grewia optiva* as affected by age of donor plants and auxin treatments. **American Journal of Plant Physiology**, v. 7, p. 1-16, 2012.

INHETVIN, T (Org.). **Relatório de estudo**: cadeias de valor da sociobiodiversidade no corredor central da Mata Atlântica (Bahia e Espírito Santo). Salvador, BA, 2010. 160 p.

IRITANI, C.; SOARES, V. R.; GOMES, A. V. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, v. 15, p. 21-46, 1986.

KIELSE, P.; BISOGNIN, D. A.; HEBERLE, M.; FLEIG, F. D.; XAVIER, A.; RAUBER, M. A. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steudel por estaquia radicular. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 1, p. 59-66, 2013.

LAJÚS, C. R.; SOBRAL, L. S.; BELOTTI, A.; SAVARIS, M.; LAMPERT, S.; SANTOS, S. R. F.; KUNST, T. Ácido indolbutírico no enraizamento de estacas lenhosas de figueira (*Ficus carica* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, v. 2, p. 1107-1109, 2007.

LEAKEY, R. R. B. Physiology of vegetative reproduction. In: BURLEY J.; EVANS, J, YOUNGQUIST J. A. (Eds.) **Encyclopaedia of forest sciences**. London: Academic Press, 2004. p. 1655-1668.

LEANDRO, R. C.; YUYAMA, K. Enraizamento de estacas de castanha-de-cutia com uso de ácido indolbutírico. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 597-602, 2008.

LIMA, J. S. de S.; SILVA, S. de A.; OLIVEIRA, R. B. de; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre, ES. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.

LOPES, M. C. S.; MELO, Y. L.; BEZERRA, L. L.; RIBEIRO, M. C. C.; BERTINO, A. M. P.; FERREIRA, N. M. Propagação vegetativa por estaquia em marmeleiro (*Croton sonderianus*) submetido a diferentes indutores de enraizamento. **Agropecuária Científica no Semi-Árido (ACSA)**, Paraíba, v. 10, n. 2, p. 111-116, 2014.

LÓPEZ-BUCIO, J.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the *Arabidopsis* root system. **Plant Physiology**, v. 129, n. 1, p. 244-256, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 384 p.
MAJADA J.; MARTÍNEZ-ALONSO, C.; FEITO, I.; KIDELMAN, A.; ARANDA, I., ALÍA, R. Mini-cuttings: an effective technique for the propagation of *Pinus pinaster*. **New Forests**, v. 41, p. 399–412, 2011.

MANTOVANI, N. C.; GRANDO, M. F.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Resgate vegetativo por alporquia de genótipos adultos de urucum (*Bixa orellana* L.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, n. 3, p. 403-410, 2010.

MATERÁN, M. E.; FERNÁNDEZ, M.; VALENZUELA, S.; SÁEZ, K.; SEEMAN, P.; SÁNCHEZ-OLATE, M.; RÍOS, D. Abscisic acid and 3-indolacetic acid levels during the reinvigoration process of *Pinus radiata* D. Don adult material. **Plant Growth Regulation**, v. 59, p. 171-177, 2009.

MENDES, A. D. R.; LACERDA, T. H. S.; ROCHA, S. M. G.; MARTINS, E. R. Reguladores vegetais e substratos no enraizamento de estacas de erva-baleeira (*Varronia curassavica* Jacq.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 262-270, 2014.

NASCIMENTO, P. K.V. **Propagação vegetativa de louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell.) por estaquia radicular e miniestaquia**. 2012. 117 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

NAVARRETE-CAMPOS, D.; BRAVO, L. A.; RUBILAR, R. A.; EMHART, V.; SANHUEZA, R. Drought effects on water use efficiency, freezing tolerance and survival of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus globulus* x *nitens* cuttings. **New Forests**, v. 44, p. 119-134, 2013.

NERY, F. da S. G.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Enraizamento de *Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) Wawra (Rubiaceae) nas quatro estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 243-250, 2014.

NEVES, T. dos S.; CARPANEZZI, A. A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; MARENCO, R. A. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e variação sazonal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1699-1705, 2006.

NIENOW, A. A.; CHURA, G.; PETRY, C.; COSTA, C. Enraizamento de estacas de quaresmeira em duas épocas e concentrações de ácido indolbutírico. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 1/4, p. 139-142, 2010.

OLIVEIRA, M.C.; RIBEIRO, J. F.; RIOS, M. N. da S.; REZENDE, M. E. Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria. **Embrapa-Cerrados**, Brasília, 2001. (Recomendação Técnica n.41). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/566480>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

PACHECO, J. P.; FRANCO, E. T. H. Ácido indolbutírico em diferentes diâmetros na estaquia de *Luehea divaricata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.6, p. 1624- 1629, 2008.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 52p.

PAULA, L. A.; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. de S.; CELOTO, M. I. B. Efeito do ácido indolbutírico e raizon no enraizamento de estacas herbáceas e lenhosas de umbuzeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 411-414, 2007.

PAULUCIO, M. C. ***Lecythis pisonis* Cambess (Sapucaia)**. 2016. 4 fotografias.

PIJUT, P. M.; WOWSTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of adventitious root formation of difficult-to-root hardwood tree species. **Horticultural Reviews**, v. 38, p. 213-251, 2011.

POHIO, K. E.; WALLACE, H. M.; PETERS, R. F.; SMITH, T. E.; TRUEMAN, S. J. Cuttings of Wollemi pine tolerate moderate photoinhibition and remain highly capable of root formation. **Trees**, v. 19, p. 587–595, 2005.

RICKLI, H. C.; BONA, C.; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C. Origem de brotações epicórmicas e aplicação de ácido indolilbutírico no enraizamento de estacas de *Vochysia bifalcata* Warm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 385-393, 2015.

RIOS, S. E. M. C.; PEREIRA, L. S.; SANTOS, T. C.; SOUZA, V. G. R. Concentrações de ácido indol-3-butírico, comprimento e época de coleta de estacas na propagação de umbuzeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 52-57, 2012.

ROBINSON, W.; WAREING, P. F. Experiments on the juvenile-adult phase change in some woody species. **New Phytologist**, v. 68, p. 67-78, 1969.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

SANTOS, dos J. de P.; DAVIDE, A. C.; TEIXEIRA, L. A. F.; MELO, A. J. S.; MELO, L. A. de. Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 293-301, 2011.

SAUER, M.; ROBERT, S.; KLEINE-VEHN, J. Auxin: simply complicated. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, p. 2565–2577, 2013.

SCALOPPI JUNIOR, E. J.; MARTINS, A. B. G. Estaquia em Anonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 147-156, 2014.

SCHUCH, M. W.; DAMIANI, C. R.; SILVA, L. C. da; ERIG, A. C. Micropropagação como técnica de rejuvenescimento em mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) cultivar clímax. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n.3, p. 814-820, 2008.

SCHWAMBACH, J.; RUEDELL, C. M.; ALMEIDA, M. R.; PENCHEL, R. M.; ARAÚJO, E. F.; FETT-NETO, A. Adventitious rooting of *Eucalyptus globulus* × *maidennii* mini-cuttings derived from mini-stumps grown in sand bed and intermittent flooding trays: a comparative study. **New Forests**, v. 36, n. 3, p. 261-271, 2008.

SILVA, J. A. A.; DONADIO, L. C. **Reguladores vegetais na citricultura**. Jaboticabal: Unesp/Funep, 1997. 38 p.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVA, S. R.; RODRIGUES, K. F. D.; SCARPARE FILHO, J. A. **Propagação de árvores frutíferas**. Piracicaba: USP, ESALQ, 2011. 63 p.

SMITH, N. P. **Lista de espécies da Flora do Brasil**: jardim botânico do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8561>>. Acesso em: 14 Jun. 2016.

SNEDDEN, J.; LANDHAHUSSE, S. M.; LIEFFERS, V. J.; CHARLESON, L. R. Propagating trembling aspen from root cuttings: impact of storage length and phenological period of root donor plants. **New Forests**, v. 39, p. 169–182, 2010.

SODRÉ, G.A. **Substratos e estaquia na produção de mudas de cacaueteiro**. 2007. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária da UNESP, Jaboticabal, 2007.

SOUZA, F. X.; LIMA, R. N. Enraizamento de estacas de diferentes matrizes de cajazeira tratadas com ácido indolbutírico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 189–194, 2005.

SOUZA, J. C. A. V. **Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2007.

SOUZA, V. A. B.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, K. S.; FERREIRA, C. S. Características físicas de frutos e amêndoas e características químico-nutricionais de amêndoas de acessos de sapucaia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 946-952, 2008.

STUEPP, A.C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; IVAR WENDLING, I.; KOEHLER, H.; BONA, C. Presença de folhas e ácido indol butírico no enraizamento de estacas de quiro. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 2, p. 181-193, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TARRAGÓ, J.; SANSBERRO, P.; FILIP, R.; LÓPEZ, P.; GONZÁLEZ, A.; LUNA, C.; MROGINSKI, L. Effect of leaf retention and flavonoids on rooting of *Ilex paraguariensis* cuttings. **Scientia Horticulturae**, v. 103, n. 4, p. 479-488, 2005.

TONELLO, K. C. Melhoramento de essências florestais. **Revista da Madeira**, v. 83, p. 60-62, 2004.

TRUEMAN, S. J.; RICHARDSON, D. M. *In vitro* propagation of *Corymbia torelliana* x *C. citriodora* (Myrtaceae) via cytokinin-free node culture. **Australian Journal of Botany**, v. 55, p. 471-481, 2007.

VALDÉS, A.; FERNÁNDEZ, B.; CENTENO, M. Hormonal changes throughout maturation and ageing in *Pinus pinea*. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 42, p. 335-340, 2004.

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

WENDLING, I., DUTRA, L. F.; BETTIO, G.; HANSEL, F. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. **Agronomia Costarricense**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 2009.

WENDLING, I.; BRONDANI G. E.; DUTRA, L. F.; HANSEL, F. A. Mini-cuttings technique: a new *ex vitro* method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, v. 39, p. 343-353, 2010.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: SANTOS, A. F. dos; AUER, C. G.; QUEIROZ, D. L. de; SANTOS, D. L. de; SANTOS, G. P.; WENDLING, I.; FERNÁNDEZ, J. I. R.; ZANUNCIO, J. C.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 49-80.

WENDLING, I.; TRUEMAN, S. J.; XAVIER, A. Maturation and related aspects in clonal forestry - part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. **New Forests**, v. 45, p. 473-486, 2014.

XAVIER, A. **Silvicultura Clonal I: princípios e técnicas de propagação Vegetativa**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 64 p. (Caderno Didático)

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 279 p.

YAMAMOTO, L. Y.; BORGES, R. de S.; SORACE, M.; RACHID, B. F.; RUAS J. M. F.; SATO, O.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S. R. Enraizamento de estacas de *Psidium guajava* L. 'Século XXI' tratadas com ácido indolbutírico veiculadas em talco e álcool. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1037-1042, 2010.

ZEM, L. M., WEISER, A. H. ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RADOMSKI, M. I. Estaquia caulinar herbácea e semilenhosa de *Drimys brasiliensis*. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 2, p. 396-403, 2015.

ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: UFPR, 2001. 39 p.