

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Propagação por estaquia de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.
(Pau de balsa)

Raul Marcílio Modenezi

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2019

Raul Marcílio Modenezi
Engenheiro Agrônomo

Propagação por estaquia de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. (Pau de balsa)
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador
Prof. Dr. **MARCÍLIO DE ALMEIDA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Silvicultura e Manejo Florestal

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Modenezi, Raul Marcílio

Propagação por estaquia de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. (Pau de balsa) / Raul Marcílio Modenezi. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

85 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Estaqueamento 2. Diâmetro da estaca 3. Enraizamento 4. Substrato 5. Câmara úmida I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha esposa e companheira Lucimara Gonçalves Modenezi, pelo apoio, carinho e confiança.

Aos meus pais Raul Modenezi e Marcia Regina Beraldo Modenezi, por estarem presentes na minha vida e me amarem.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar a maravilhosa experiência da vida.

Ao Prof. Dr. Marcílio de Almeida pela orientação, paciência, disponibilidade e críticas.

A Dra. Cristina Vieira de Almeida, pelo apoio a realização deste trabalho.

Ao meu amigo Prof. Dr. Fernando Dini Andreote, por me incentivar a ingressar nesta jornada.

As técnicas Eveline e Aline, e também a Gabriela, Rafaela, Erika, Matheus, Rodrigo e Gabriel pela amizade e ajuda na realização deste trabalho.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Florestais, pela oportunidade da realização deste trabalho.

A Anna Paula Nunes e Leandro Thomazin da empresa Balsa Mundo, por toda ajuda, disposição e suporte a condução dos experimentos.

A minha prima Profa. Dra. Sílvia Helena Modenese Gorla da Silva pela ajuda estatística e matemática aos experimentos.

A minha irmã Aurea Luzia Modenezi Fogolin, pela tradução dos textos e pelos incentivos e pensamentos positivos.

Aos meus enteados Lucas e Victor Gabriel, pela compreensão e paciência.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão do auxílio financeiro.

Muito obrigado!

*Veja!
Não diga que a canção
Está perdida
Tenha fé em Deus
Tenha fé na vida
Tente outra vez!*

*Beba!
Pois a água viva
Ainda está na fonte
Você tem dois pés
Para cruzar a ponte
Nada acabou!*

*Tente!
Levante sua mão sedenta
E recomece a andar
Não pense
Que a cabeça aguenta
Se você parar
Há uma voz que canta
Uma voz que dança
Uma voz que gira
Bailando no ar*

*Queira!
Basta ser sincero
E desejar profundo
Você será capaz
De sacudir o mundo
Tente outra vez!*

*Tente!
E não diga
Que a vitória está perdida
Se é de batalhas
Que se vive a vida
Tente outra vez*

SUMÁRIO

RESUMO:	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
2. INTRODUÇÃO	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE.....	17
3.1.1. <i>Família Malvaceae</i>	17
3.1.2. <i>Descrição taxonômica e Características Gerais da espécie</i>	17
3.1.3. <i>Importância econômica</i>	19
3.1.4. <i>Cultivo</i>	19
3.2. SELEÇÃO DE CLONES	20
3.3. JUVENILIDADE, RESGATE E PROPAGAÇÃO CLONAL	21
3.4. ESTAQUIA	24
3.4.1. <i>Tipos de estaca</i>	26
3.4.2. <i>Fatores Importantes no Enraizamento de Estacas</i>	27
3.4.3. <i>Genótipo</i>	27
3.4.4. <i>Condições Fisiológicas da Planta Matriz</i>	28
3.4.5. <i>Nutrição Mineral da Planta Matriz</i>	29
3.4.6. <i>Armazenamento das Estacas</i>	30
3.4.7. <i>Sanidade das Estacas</i>	31
3.4.8. <i>Aplicação de Reguladores de Crescimento Vegetal</i>	32
3.5. SUBSTRATOS.....	33
3.6. FATORES AMBIENTAIS	34
3.6.1. <i>Luminosidade</i>	34
3.6.2. <i>Umidade</i>	35
3.6.3. <i>Temperatura</i>	36
3.7. ESTAQUIA NA CLONAGEM DE ESPÉCIES NATIVAS	36
4. MATERIAIS E MÉTODOS	39
4.1. ÁREA DO ESTUDO	39
4.2. MATERIAL VEGETAL.....	39
4.3. 1º EXPERIMENTO – DIÂMETROS DAS ESTACAS E DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AIB	40
4.4. 2º EXPERIMENTO – REGIÃO DE ORIGEM DAS ESTACAS NOS RAMOS E DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AIB	41
4.5. 3º EXPERIMENTO – REGIÃO DE ORIGEM DAS ESTACAS NOS RAMOS E DIFERENTES SUBSTRATOS	43
4.6. 4º EXPERIMENTO – UTILIZAÇÃO DE CÂMARA ÚMIDA E CONCENTRAÇÕES DE AIB	44
4.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	46
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1. 1º EXPERIMENTO – DIÂMETROS DAS ESTACAS E DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AIB	47
5.2. 2º EXPERIMENTO – REGIÃO DE ORIGEM DAS ESTACAS NO RAMO E DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AIB	53
5.3. 3º EXPERIMENTO - DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATO E A REGIÃO DE ORIGEM DA ESTACA NO RAMO DA PLANTA	59
5.4. 4º EXPERIMENTO – UTILIZAÇÃO DE CÂMARA ÚMIDA E DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE AIB	63
6. CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	75

RESUMO:

Propagação por estaquia de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. (Pau de balsa)

O pau de balsa é uma espécie arbórea que apresenta importância econômica principalmente pelos diversos usos da madeira, e ecológica por sua participação na sucessão florestal. Até o presente momento o principal meio de multiplicação desta espécie tem sido por sementes. A obtenção de mudas clonais é a principal dificuldade para o cultivo em larga escala dessa espécie. Portanto, o uso da técnica de propagação vegetativa para a silvicultura clonal, como por exemplo, o processo de estaquia, torna-se uma ferramenta útil para superar as possíveis dificuldades que as mudas produzidas a partir de sementes trazem para a silvicultura. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do diâmetro da estaca, o tratamento com promotor de enraizamento (AIB), diferentes tipos de substrato e o uso da câmara úmida, avaliando-se o enraizamento, a formação de calos e sobrevivência de estacas de *Ochroma pyramidale*. Para tanto, quatro experimentos foram instalados, o primeiro foi realizado para avaliar a interação entre o diâmetro das estacas a serem divididas entre o fino, médio e espesso, relacionado ao uso de AIB nas concentrações de 0 e 5.000 mg.L⁻¹. No segundo experimento avaliou-se a interação entre a aplicação de AIB nas concentrações de 0, 1000, 2000 e 4000 mg.L⁻¹ e a região de origem das estacas no ramo, em basal, mediana e apical. No terceiro experimento foram avaliados os tipos de substrato (Areia, Carolina II, Fibra de coco e Vermiculita) em interação com as estacas das duas diferentes origens do ramo (mediana e apical). Por fim, no quarto experimento avaliou-se o uso de ambiente protegido por câmara úmida e a aplicação de diferentes concentrações de AIB (0, 2000, 4000 e 6000 mg.L⁻¹). Concluiu-se que a sobrevivência das estacas é maior entre estacas de diâmetros médio e espesso (1 a 2 cm de diâmetro) e entre estacas provenientes da parte basal do ramo. Quanto ao uso de AIB, os maiores índices de sobrevivência são apresentados quando se aplica 1000 mg.L⁻¹ de AIB, e também sem o uso de ambiente protegido por câmara úmida. A formação de calos é maior entre as estacas de diâmetros médio e espesso (1 a 2 cm de diâmetro) e entre as estacas da parte basal do ramo. Em relação à formação de calos e utilização de AIB, as maiores taxas ocorreram na ausência, 1000 e 4000 mg.L⁻¹ de AIB. O enraizamento das estacas *O. pyramidale* ocorreu quando 6000 mg.L⁻¹ de AIB foi aplicado.

Palavras-chave: Estaqueamento; Diâmetro da estaca; Ácido indolbutírico (AIB); Enraizamento; Substrato; Câmara úmida.

ABSTRACT

Propagation by cutting of *Ochroma pyramidale* (Cav. exLam.) Urban. (Balsa wood)

The balsa wood is a tree species that has economic importance mainly by the many uses of wood, and ecological for its participation in the forest succession. Until the present time, the main way of multiplication of this species have been by seeds. Obtaining clone stakes is the main difficulty for large-scale cultivation of this species. Therefore, the use of the vegetative propagation technique for the clonal silviculture, as for example by cuttings process, becomes useful tools for overcome the possible difficulties that seedlings produced from seeds bring to forestry. This work aimed to evaluate the effect of the diameter of the cutting, the treatment with rooting promoter (IBA), different types of substrate and the use of the chamber moist, by evaluating the rooting, the callus formation and the survival of cuttings of *O. pyramidale*. For this purpose, four experiments were set up, the first one was carried out to evaluate the interaction between the diameter of the cuttings to be divided between thin, medium and thick, related to the use of AIB in the concentrations of 0 and 5,000 mg.L⁻¹. In the second experiment was evaluated the interaction between the application of IBA at the concentrations of 0, 1000, 2000 and 4000 mg.L⁻¹ and the source region of the cuttings in the branch, in basal, median and apical. In the third experiment was evaluated the types of substrate (Sand, Carolina II, Fiber of coconut, and Vermiculite) in interaction with cutting of the two different origins of the branch (median and apical). Finally, in the fourth experiment we evaluated the use of protected environment by the chamber moist and the application of different IBA concentrations (0, 2000, 4000 and 6000 mg.L⁻¹). It was concluded that the survival of the cutting is higher among the cutting of diameters of medium and thick (1 to 2 cm in diameter) and between the cutting originating from the basal branch. As to the use of IBA, the highest rates of survival are shown when applied to 1000 mg.L⁻¹ of IBA, and without the use of environment-protected chamber moist. The callus formation is greater between medium and thick diameters cuttings (1 to 2 cm in diameter) and between cuttings from the branch basal part. Regarding to callus formation and IBA utilization, the highest rates occurred in the absence, 1000 and 4000 mg.L⁻¹ of IBA. The *O. pyramidale* cuttings rooting occurred when 6000 mg.L⁻¹ of IBA was applied.

Keywords: Cutting; Cutting diameter; Indolebutyric acid (IBA); Rooting; Substrate; Chamber moist.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características morfológicas e da madeira de <i>Ochroma pyramidale</i> . A) Árvore adulta; B) Flor; C) Fruto; D) Semente; E) Casca; e F) Madeira.....	18
Figura 2. Detalhes do cultivo de <i>Ochroma pyramidale</i> : A) 1 mês após o transplante; B) 1 Ano após o transplante; C) 2 anos após o transplante	20
Figura 3. Gradiente de juvenilidade em planta de origem seminal. Esquerda: conífera representando o gradiente de juvenilidade: A>F>E>D>C>B, decorrente das diferenças da idade ontogenética. Direita: folhosa representando as estruturas juvenis (A, B, C, D, E e F) e as partes maduras correspondentes à parte apical (G).....	23
Figura 4. Disposição das estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em sacos plásticos com substrato de areia com granulometria média – Experimento 1	41
Figura 5. Regiões de origem das estacas no ramo da planta: A) Apical, B) Mediana e C) Basal	42
Figura 6. Disposição das estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em tubetes com diferentes substratos – Experimento 3.....	43
Figura 7. Tubetes com estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> com diferentes ambientes: A) Sem câmara úmida e B) Com câmara úmida.	45
Figura 8. Porcentagem de sobrevivência em estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em função do diâmetro da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 1. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre os diâmetros das estacas, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.....	49
Figura 9. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em função do diâmetro da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 1. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre os diâmetros das estacas, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.	51
Figura 10. Estacas do experimento 1 – A) Estaca de diâmetro fino, sem formação de calosidades e morta; B) Estaca de diâmetro médio, com formação de calosidades e viva; C) Estaca de diâmetro grosso, com formação de calosidades e viva.	52
Figura 11. Porcentagem de sobrevivência em estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em função da região de origem da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.	56
Figura 12. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em função da região de origem da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.	58
Figura 13. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em função da região de origem da estaca em interação com diferentes tipos de substrato no experimento 3. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada tipo de substrato, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de substratos, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.	61
Figura 14. Porcentagem de sobrevivência em estacas de <i>Ochroma pyramidale</i> em função do uso de câmara úmida em interação com concentrações de AIB no experimento 4. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as concentrações de AIB, para cada tipo de proteção, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de proteção, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.....	65

Figura 15. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de *Ochroma pyramidale* em função do uso de câmara úmida em interação com concentrações de AIB no experimento 4. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as concentrações de AIB, para cada tipo de proteção, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de proteção, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%......67

Figura 16. Estacas de *O. pyramidale* evidenciando a formação de calosidades – Experimento 4.68

Figura 17. Porcentagem de formação de raízes em estacas de *Ochroma pyramidale* em função do uso de câmara úmida em interação com concentrações de AIB no experimento 4. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as concentrações de AIB, para cada tipo de proteção, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de proteção, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%......69

Figura 18. Estacas de *Ochroma pyramidale* com formação de raízes – Experimento 4.70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Requerimentos nutricionais durante o processo de enraizamento adventício para fases de indução e formação de raízes	30
Tabela 2. Efeito da interação de diferentes diâmetros das estacas e a concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB) em relação ao percentual de formação de calos, formação de raízes, sobrevivência e mortalidade após 60 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.....	47
Tabela 3. Análise de variância da variável sobrevivência do experimento 1.	48
Tabela 4. Análise de variância da variável calosidade do experimento 1.....	50
Tabela 5. Efeito da interação de diferentes localizações de origem das estacas no ramo e concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB) em relação ao percentual de sobrevivência, formação de calos e formação de raízes após 60 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.....	53
Tabela 6. Análise de variância da variável sobrevivência do experimento 2.	54
Tabela 7. Análise do desdobramento de região de origem da estaca no ramo dentro de cada nível de concentração de AIB do experimento 2. (Codificação para o desdobramento, 1=0 mg.L⁻¹, 2=1000 mg.L⁻¹, 3=2000 mg.L⁻¹ e 4=4000 mg.L⁻¹).....	54
Tabela 8. Análise do desdobramento de concentração de AIB dentro de cada nível de região de origem da estaca no ramo do experimento 2. (Codificação para o desdobramento, 1=apical, 2=mediana, 3=basal) ...	55
Tabela 9. Análise de variância da variável formação de calosidades do experimento 2.	57
Tabela 10. Efeito da interação de diferentes regiões de origem das estacas no ramo e diferentes tipos de substratos em relação ao percentual de sobrevivência, formação de raízes e formação de calosidades após 60 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.....	60
Tabela 11. Análise de variância da variável formação de calosidade no experimento 3.....	61
Tabela 12. Efeito da interação de ambiente protegido ou não e a concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB) em relação ao percentual de sobrevivência, formação de raízes e formação de calosidades após 45 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.....	64
Tabela 13. Análise de variância da variável sobrevivência do experimento 4.	64
Tabela 14. Análise de variância da variável calosidades do experimento 4.	66
Tabela 15. Análise de variância da variável enraizamento para o experimento 4.	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ – Micromol por metro quadrado por segundo

2,4 D – 2,4-Diclorofenoxiacético

AIA – Ácido Indol-3-Acético

AIB – Ácido Indol-3-Butírico

ANA – Ácido Naftaleno Acético

APG – Angiosperm Phylogeny Group

B – Boro

Ca – Cálcio

cm – Centímetro

cm^3 – Centímetro Cúbico

Cu – Cobre

DAP – Diâmetro à altura do peito

Fc – Estatística F

Fe – Ferro

FV – Fonte de Variação

g – Grama

GL – Graus de Liberdade

ha – Hectare

K – Potássio

Kg.m^{-3} – Quilogramas por Metro Cúbico

L – Litros

m – Metros

m^3 – Metro cúbico

Mg – Magnésio

mg.L^{-1} – Miligrama por Litro

mm – Milímetros

Mn – Manganês

Mo – Molibdênio

mS/cm - Millisimens por Centímetro

N – Nitrogênio

°C – Graus Celsius

°GL - °Gay Lussac

P – Fósforo

ppm – Parte por Milhão

Pr – Valor de P

QM – Quadrado Médio

S – Enxofre

SQ – Soma de Quadrados

WP – Pó Molhável

Zn – Zinco

1. INTRODUÇÃO

É notório o reconhecimento da ampla diversidade e riqueza de espécies da flora brasileira, sendo a Amazônia a floresta tropical com a maior diversidade vegetal da terra (PEREIRA et al., 2011). Entretanto, a mesma floresta amazônica ainda apresenta muitas espécies pouco conhecidas e também pouco estudadas.

Dentre as espécies arbóreas com potencial de uso para o reflorestamento, a espécie pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban.) se mostra muito importante nas relações ecológicas, atuando como uma árvore pioneira, participando assim da sucessão florestal, e também tendo uma relevante importância econômica, devido às diversas possibilidades de usos da madeira proveniente desta espécie (VASQUEZ-YANES, 1974).

Esta espécie pode ser utilizada para confecção de papel e celulose, fabricação de forros de tetos e embarcações (LOUREIRO & SILVA, 1968). Outra característica interessante que cabe destacar para a espécie está na função de isolante térmico, podendo ser utilizada em caixas para embalagem de produtos perecíveis, além de um excelente potencial na confecção de chapas de madeira para divisórias, pisos e móveis, provenientes de árvores a partir de um ano após seu plantio. (RIZZINI, 1978).

Na silvicultura, o termo clone faz referência a um grupo de árvores obtido a partir de propágulos vegetativos retirados de uma planta matriz. Neste processo, tudo está envolvido no programa para obtenção dos clones, e inicia-se com a seleção de árvores com características superiores, que através de seus propágulos darão origem a exemplares por meio da clonagem (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Na área florestal, o método de clonagem mais utilizado relacionado à propagação vegetativa se dá por meio da técnica da estaquia, mas também destacamos a propagação *in vitro* (micropropagação) e a enxertia dentre outras técnicas de propagação.

Muito pouco se domina em relação à propagação vegetativa pelo método da estaquia e também sobre o resgate vegetativo de espécies florestais brasileiras nativas. A grande maioria da produção de mudas de espécies nativas, até então, se dá por meio de sementes, e a maioria destas, até este presente momento, evidenciam algum tipo de restrição ou impedimento, no que tange à produção de mudas visando atender a demanda comercial.

As empresas florestais que trabalham com o pau-de-balsa não fazem o uso da clonagem como meio de obtenção de mudas, principalmente por falta de protocolos para tal método, em consequência a principal via de produção de mudas para esta espécie tem sido via seminal,

trazendo consigo todas as desvantagens silviculturais que esta técnica possui, como por exemplo, a intensa variabilidade, ou seja, a ausência de uniformidade entre plantas quanto ao tamanho, à velocidade de crescimento, à densidade de madeira, entre outros aspectos, levando assim a obtenção de um produto final de baixa qualidade, sendo a madeira o produto final neste caso.

A clonagem é vista como primordial, na silvicultura, para poder se alcançar um plantio com uniformidade elevada e também para alcançar uma alta produtividade, além da melhoria da qualidade da madeira, dos seus produtos e subprodutos. A geração de indivíduos resistentes a doenças e pragas, adaptados a lugares específicos, e também para a transferência de gerações, das particularidades genéticas aditivas e não-aditivas, podem retornar na forma de maiores ganhos na mesma geração de seleção.

Diante do crescente interesse por parte de empresas do setor florestal e produtores rurais pelo cultivo do pau-de-balsa, justifica-se a realização de estudos direcionados à espécie e também estudos direcionados à madeira no Brasil.

Perante o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o enraizamento, a formação de calosidades e a sobrevivência de estacas de *Ochroma pyramidale* em função:

- a) do diâmetro da estaca;
- b) do tratamento com promotor de enraizamento;
- c) de diferentes tipos de substrato;
- d) do uso de ambiente controlado por câmara úmida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Descrição da espécie

2.1.1. Família Malvaceae

A espécie *Ochroma pyramidale* pertence à família Malvaceae, que, de acordo com o sistema APG (Angiosperm Phylogeny Group), engloba representantes das famílias Bombacaceae, Sterculiaceae, Tiliaceae e Malvaceae, apresentando 70 gêneros, aproximadamente 765 espécies, 3 subespécies e 9 subfamílias (APG IV, 2016), tendo como o maior local de ocorrência a América do Sul, apresentando também alguns gêneros na Ásia e África (CRONQUIST, 1981). No Brasil há ocorrência de 18 gêneros e perto de 100 espécies (BARROSO et al., 1978);

2.1.2. Descrição taxonômica e Características Gerais da espécie

Ochroma pyramidale popularmente denominada pau-de-balsa no Brasil, sendo em outras regiões do planeta conhecida por designações comuns como pau-balsa, pau-de-jangada, pata-de-lebre, balsa (Português - Portugal), corcho, balso, lano, guano, topa, palo-de-balsa (Espanhol); coton fleurs, bois flot, ouattier (Francês); bobwood, balsa wood, corkwood (Inglês), korkholz (Alemão) (RIZZINI e MORS, 1976; LAMPRECHT, 1990; LOUREIRO et al., 1979; FRANCIS 1991; LORENZI, 2002; IUNC, 2006; AGROSOFT, 2000).

Com ocorrência natural entre as latitudes de 22° norte até aproximadamente de 15° sul do continente americano, *Ochroma pyramidale*. Apresenta área de dispersão cobrindo toda a extensão que compreende desde a Bolívia até o sul do México, incluindo Cuba, Venezuela, Antilhas, Colômbia, Peru e também o Brasil, onde comumente ocorre nos vales entre as montanhas e também nas zonas baixas (HUECK, 1972; BETANNCOURT BARROSO, 1987; BISSE, 1998; LAMPRECHT, 1990; FRANCIS, 1991).

No Brasil, ocorre na parte ocidental da Amazônia, nos estados do Amazonas, Pará e Acre, onde se desenvolve em clareiras, integrada à vegetação secundária, bem como em margens inundáveis de rios e igapós (CARVALHO, 2010).

O pau-de-balsa apresenta-se como uma espécie arbórea que normalmente atinge de 15 a 25 metros de altura, apresentando um diâmetro à altura do peito médio (DAP) de 50 cm (Figura 1A). Seu tronco é livre de ramificações por aproximadamente 8 a 10 metros de altura, com copa

vasta e pouco ramificada (LAMPRECHT, 1990). As folhas são simples, angulosas ou lobadas, sub-íntegras ou denteadas, palmatinérveas; nervuras impressas nas partes inferiores, que é inteiramente coberto por pêlos estrelados, de cor de ferrugem; pecíolos compridos com 30 a 40 cm de comprimento, cilíndricos e de mesmo modo pilosos. As flores são brancas, de tamanho grande chegando a 25 cm de extensão, vigorosamente pedicelados (Figura 1B). Os frutos são do tipo cápsula, de formato oblongo, cinco angulosos, extensos e delgados, concedendo painas (Figura 1C) (LOUREIRO, 1979). As suas sementes podem medir até 4,0 mm de comprimento, com 1,5 mm de diâmetro, com uma terminação pontiaguda e são abrangidas por uma porção de plumas de tonalidade que vai de marrom clara a cinza, que simplifica a sua disseminação pelo vento (Figura 1D) (CARVALHO, 2010). Possui uma casca lisa com poucas cicatrizes lineares de cor clara, com casca interna creme amarelada, ocasionalmente rosada com textura e brilho acetinados (Figura 1E). A tonalidade de sua madeira vai do branco ao creme ligeiramente roseado nas partes internas do tronco. Sua casca é manchada de pardo a branco (Figura 1F).

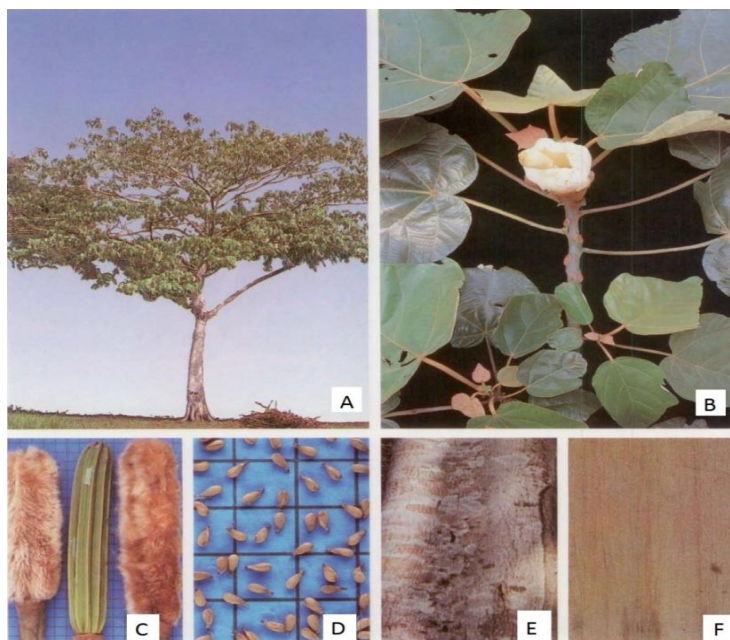


Figura 1. Características morfológicas e da madeira de *Ocroma pyramidale*. A) Árvore adulta; B) Flor; C) Fruto; D) Semente; E) Casca; e F) Madeira.

Fonte: Lorenzi, 1992

O florescimento da espécie acontece do mês de fevereiro até o mês de maio e a sua polinização ocorre por quiropterofília, ou seja, feita por morcegos. Suas flores são visitadas também por abelhas que recolhem o néctar. Já os frutos têm sua época de amadurecimento de agosto a novembro (CARVALHO, 2010).

2.1.3. Importância econômica

A madeira da árvore de pau-de-balsa é muito leve, de densidade baixa, mas com uma alta resistência às tensões aplicadas a ela. É também macia, fácil de manusear e trabalhar. Devido às características apresentadas, apresenta-se de uso ideal para engenharia naval (revestimentos de navios, iates e outros), engenharia aérea (hélices, aerodelismo) e também engenharia civil (como isolante térmico e acústico). Sendo também empregada na confecção de caixas leves, de maquetes, de pranchas de windsurfe, em artesanato, e também podendo suceder a cortiça, em seus mais diversos usos. É compatível para a produção de papel, celulose e também laminados; com presenças de fibras naturalmente longas, produzem um modelo de celulose de altíssima qualidade, apresentando um nível de rendimento entre 45 e 50%, que é muito fácil de branquear quando está crua (WEIRICH, 2008).

As sementes são envolvidas por uma pluma que é utilizada para encher travesseiros e almofadas, para a fabricação de chapéu de feltro, colete salva-vidas e flutuadores. É muito resistente ao apodrecimento, sendo optada por sua utilização em relação ao uso dos “kapok” que são derivados de *Ceiba spp*, além das suas folhas poderem ser utilizadas como fitoterápicos por apresentarem propriedades medicinais (WEIRICH, 2008). Característica essa também, indicada para resolver problemas de ordens intestinais (CARDENAS, 2000).

Outra utilização que pode ser apreciada por essa espécie encontra-se no uso em sistemas agroflorestais para promover sombreamentos, para utilização como cerca viva e também como adorno de jardins públicos e de praças. Além de possuir importância social e econômica, a espécie também pode ser utilizada em plantios mistos dedicados à reestruturação de áreas de preservação permanente degradadas, por ter crescimento rápido e ter alta tolerância à incidência luminosa direta (LORENZI, 1992).

2.1.4. Cultivo

A planta de pau-de-balsa apresenta-se exigente quanto à qualidade do solo, tendo bom desenvolvimento em solos profundos e bem drenados (CARVALHO, 2010). Neste contexto é importante mencionar que a espécie produz madeira mais leve quando se desenvolve nos solos mais férteis. Em solos mais pobres e com plantas sob estresse, produz madeira relativamente pesada e com qualidade inferior (LOCATELLI et al., 2003).

Na literatura foram encontrados alguns relatos de avaliação de desempenho da espécie. Assim, com vistas à obtenção de melhores produtividades, os espaçamentos indicados para produção madeireira da espécie (Figura 2) variam entre 3m x 3m a 3m x 2m (WEIRICH, 2008). O desenvolvimento da árvore de pau-de-balsa, em condições ideais, foi aferido em aproximadamente 70 cm de DAP e 24 metros de altura, aos 7 anos de idade (BETANCOURT BARROSO, 1987). O incremento anual médio de madeira foi estimado entre 17 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (LAMPRECHT, 1990).



Figura 2. Detalhes do cultivo de *Ochroma pyramidale*: A) 1 mês após o transplante; B) 1 Ano após o transplante; C) 2 anos após o transplante

Fonte: Site www.ciflorestas.com.br

2.2. Seleção de clones

Para qualquer espécie florestal, o tema seleção é agente de grande relevância, e somente com a ocorrência de variabilidade genética é possível à realização satisfatória de uma seleção de exemplares (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013). A primeira parte abarca a seleção da árvore matriz à idade de corte, e isso pode ser efetivado em plantios heterogêneos provenientes de sementes, em teste de progênies ou de procedências (ALFENAS, ZAUZA, MAFIA, 2009).

Vários aspectos devem ser levados em consideração quanto à seleção da espécie implicada para o melhoramento. Dentre eles, encontram-se as fontes originais das sementes, os estudos das analogias climáticas, edáficas e fisiológicas, os locais de plantio, o conhecimento das qualidades tecnológicas da madeira da espécie, entre outros. Posteriormente à eleição da espécie ideal, é necessário determinar as fontes geográficas ou procedências mais apropriadas, tanto para a busca de material genético, como para obtenção de sementes comerciais para a instauração de programas florestais de melhoramento genético (ASSIS, 1996).

O procedimento de escolha da árvore matriz, a qual irá formar o futuro clone, constitui-se numa fase de fundamental relevância para se alcançar a meta almejada na silvicultura clonal. Os melhores exemplares tidos como árvores matrizes devem integrar os predicados silviculturais desejáveis, assim sendo, uma planta de arquétipo superior. A escolha correta dos exemplares superiores a serem clonados necessita ser feita de modo criterioso, de maneira prática e fundamentado em critérios científicos, os quais variam em função da espécie, da metodologia de seleção, do tempo, da disponibilidade de material genético, das estruturas de apoio e, especialmente, com os objetivos cobijados no procedimento seletivo (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Para a seleção de árvores matrizes superiores para a clonagem, o uso de testes de progênies tem sido considerado a forma mais apropriada e mais eficiente, principalmente nos casos onde o programa de clonagem fundamenta-se em atributos de baixa herdabilidade. Estes testes de progênies, alojados em sítios representativos, fornecem informações sobre o valor genético e o desempenho das famílias, permitindo assim escolher exemplares dentro das famílias de maior produtividade. Entretanto, em testes de progênies, a seleção de árvores superiores com controle genético originam maiores dispêndios de recursos humanos na condução dos experimentos, gastos maiores com investimentos em testes de campo e maior tempo de produção de resultados confiáveis, restringindo sua operacionalidade em larga escala (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

2.3. Juvenilidade, resgate e propagação clonal

Constituem-se clones as árvores matrizes elegidas e multiplicadas assexuadamente, e o método de multiplicação tem início com o resgate do elemento superior. Para isso, a primeira etapa depois da escolha do exemplar que servirá de matriz está na promoção do seu revigoramento ou seu rejuvenescimento, estimulando e/ou induzindo o surgimento de brotações mais jovens, que estão fisiologicamente mais adequadas ao enraizamento e apresentam maior potência para o crescimento (WENDLING et al., 2014).

Ao longo de sua vida, as plantas apresentam contínuos momentos de crescimento vegetativo (formação do caule, folhas e raízes) e igualmente de desenvolvimento reprodutivo (formação de sementes, frutos e flores), gerados por padrões sazonais, abalizados em mudanças climáticas (precipitação, temperatura, luz,) e pela resposta às alterações por todo o ciclo de sua vida (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

O ciclo de vida superior a dois anos caracteriza as plantas perenes, as quais exibem repetidos ciclos vegetativo-reprodutivos, anual, bianual ou ainda em tempos mais estendidos. Em linhas gerais, arbustos tem um maior tempo de juvenilidade em comparação às árvores e, não obstante a fase madura, também ocorre nas plantas herbáceas perenes e anuais. Esta, em geral, é menor no que diz respeito a sua duração; as alterações nas qualidades morfofisiológicas ligadas às trocas de fase são menos caracterizadas do que em outras plantas (HACKETT, 1988).

A maturação é frequentemente confundida com a idade cronológica, conquanto seja reversível sob algumas condições, já a idade não. De maneira generalizada, com o transcorrer do tempo, a planta ou o tecido vegetal segue uma linha de tendência à senescência e conseqüentemente à morte, enquanto os meristemas apicais de plantas adultas podem ter sua juventude restituída, ou seja, rejuvenescida (HUANG et al., 1990).

O rejuvenescimento pode ser avaliado como um meio de reverter a planta do estágio adulto para o estágio juvenil, readquirindo a capacidade da totipotência. De maneira geral, certas características ligadas à maturação apresentam-se mais fáceis de serem revertidas do que outras, e os respectivos tratamentos para o estímulo do rejuvenescimento influenciam cada um de forma diversa ao outro, indicando que o rejuvenescimento acontece em medidas relativas e não absolutas (HACKETT, MURRAY, 1993).

Em sua fase adulta, a propagação clonal nas espécies florestais se dá principalmente pelo processo de enraizamento de estacas. Na etapa de seleção deste processo, o primeiro estágio integra a aquisição de brotações com maior habilidade ao enraizamento adventício. O processo mais utilizado incide em cortar a árvore elegida, buscando estimular a emissão de brotações na base da planta em amostras com maior nível de juvenilidade (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013). Além da técnica da decepa, existem outras técnicas e métodos de resgate de juvenilidade (Figura 3), nas quais a árvore matriz é conservada em sua condição inicial no local onde se encontra, tais como a indução das brotações basais pela ação do fogo, o uso de brotações epicórnica em partes de galhos e ramos da árvore elegida, a enxertia, e o anelamento no pé do tronco (ALFENAS et al., 2009). Todas essas técnicas visam à produção de estacas para aquisição de mudas clonais, para um futuro estabelecimento de testes clonais (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Em espécies de plantas lenhosas, a maturação é assunto de maior importância, principalmente quando diz respeito às formas e taxas de crescimento, nas diferenças referentes à competência de propagação vegetativa, na velocidade e qualidade de formação das raízes, nas formas e taxas de crescimento, na morfologia foliar, nas alterações das características de crescimento e, também, nas mudanças bioquímicas e fisiológicas, com a passagem do estado

juvenil para o estado maduro. Para todas as fases da silvicultura, incluindo a propagação vegetativa, torna-se muito importante o reconhecimento de quais órgãos, tecidos ou indivíduos se apresentam juvenis ou são capazes de ser rejuvenescidos (WENDLING, 2006).

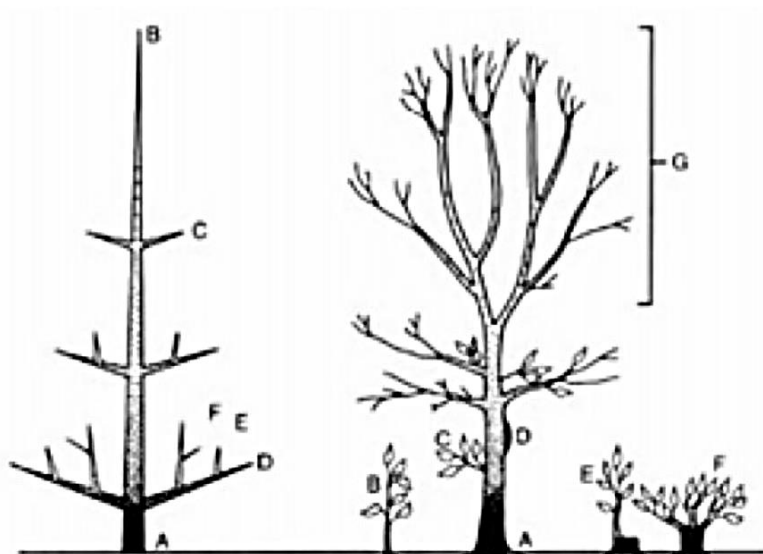


Figura 3. Gradiente de juvenilidade em planta de origem seminal. Esquerda: conífera representando o gradiente de juvenilidade: $A > F > E > D > C > B$, decorrente das diferenças da idade ontogenética. Direita: folhosa representando as estruturas juvenis (A, B, C, D, E e F) e as partes maduras correspondentes à parte apical (G).

Fonte: HARTMANN et al., (1997).

Algumas plantas apresentam um nível de juvenilidade em direção à sua base, sendo que este grau pode ser variável entre espécies diferentes, o que causa o aumento da maturação conforme o distanciamento do meristema apical é aumentado. O fato dos meristemas próximos à base se formarem em períodos mais próximos, a germinação leva a uma maior juvenilidade dos mesmos se compararmos aos meristemas apicais mais distantes (HARTMANN et al., 2011). A compreensão da troca de fase juvenil para a fase adulta irá aumentar as probabilidades de sucesso na clonagem de árvores adultas, gerando maior eficiência na técnica de seleção, melhoramento e clonagem e, por conseguinte, em uma eficiência maior na silvicultura clonal intensiva (WENDLING, 2006).

Determinadas células possuem capacidade para regenerar tecidos, órgãos e plantas, e com o crescimento da árvore essas células têm sua competência em regenerar diminuída, isso torna o processo de reversão da juvenilidade mais difícil (BACCARIN, 2012).

Conforme Hackett (1988), a perda da capacidade de crescimento de raízes adventícias é uma peculiaridade que tem sido verificada em muitas espécies com o aumento da sua idade. O processo de maturação é resultante do desenvolvimento ontogênico e, regularmente afligem as

espécies arbóreas lenhosas de maneira mais relevante. No processo da clonagem, uma das mais relevantes consequências para o envelhecimento ontogênico pode ser considerada a atenuação, ou ainda, a supressão da competência rizogênica, verificada em plantas adultas.

2.4. Estaquia

A estaquia é o método de propagação vegetativa que se fundamenta em assentar um segmento caulinar, foliar ou radicular em ambiente apropriado para o enraizamento do mesmo e também o crescimento e desenvolvimento da sua parte aérea, objetivando assim à constituição de uma muda. A estaquia representa um dos principais métodos de propagação vegetativa de clones selecionados tendo em vista atenderem aos objetivos da silvicultura clonal, visto assim por sua aplicabilidade operacional, técnica e valor de produção competitivo em comparação aos outros demais métodos de reprodução assexuada (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Os japoneses já utilizavam a propagação vegetativa em *Cryptomeria japonica*, e ao mesmo tempo em que a *Cunninghamia lanceolata* tinha sido multiplicada por meio de estacas enraizadas na China por vários séculos, muito antes mesmo que a genética florestal tivesse sido reconhecida como hoje é. Em *Pinus spp*, Zak e Mcalpine (1957, citados por MALAVASI, 1994) alcançaram sucesso no enraizamento, ainda que faltasse conhecimento; no entanto, averiguou-se que tal enraizamento não desenvolvia caule normal.

Na divisão das angiospermas, algumas espécies de clima temperado vêm sendo propagadas vegetativamente há muito tempo, como por exemplo, os gêneros *Salix*, *Platanus*, *Morus* e *Populus*. Entretanto, esse método é um tanto quanto recente quando se refere a espécies de clima tropical, destacando-se, por exemplo, a propagação de *Ilex paraguariensis*, *Eucalyptus*, *Erythrina sp.*, *Salix bunboldtiana*, e várias outras espécies das famílias Moraceae, Myrtaceae, Bignoniaceae e Leguminosae.

O fundamento da técnica de estaquia é a rizogênese, ou seja, a formação de raízes em determinadas partes da planta, sendo a técnica mais disseminada entre as empresas florestais para a instalação de plantios de florestas clonais (WENDLING, 2006). Essa metodologia pode permitir a produção de grande quantidade de mudas de alta qualidade em um pequeno espaço de tempo, dependendo da predisposição à formação de raízes de cada espécie, do nível de qualidade das raízes formadas e do posterior desenvolvimento da planta (OLIVEIRA et al., 2001).

A formação de raízes nas estacas envolve a reestruturação e reorganização de meristemas radiculares começando diretamente dos tecidos integrados ao tecido vascular

(organogênese direta), ou a começar do tecido caloso desenvolvido na parte basal da estaca (organogênese indireta), sendo, em função do genótipo, da espécie e do nível de maturação da planta matriz, a instigação da renovação do sistema radicular (WENDLING, 2006).

Segundo Hartmann et al. (2011), podem ser determinados, durante o procedimento de enraizamento de estacas, alguns níveis nos estágios de desdiferenciação, desenvolvimento de raízes iniciais, formação das raízes iniciais em primórdios radiculares, e expansão e emergência dos primórdios radiculares. E esses níveis, conceitualmente, podem assim ser expressos:

- a) desdiferenciação: procedimento de atingir uma condição meristemática não diferenciada em células anteriormente diferenciadas. Isto é, a habilidade que as células diferenciadas possuem de começar a divisão e constituir um novo ponto meristemático de crescimento.
- b) desenvolvimento de raízes iniciais: baseado nas células diferenciadas no nível 1 sucede a constituição das raízes iniciais, ainda não explícitas.
- c) formação dos primórdios de raiz perceptíveis: neste nível, as raízes iniciais se exteriorizam das raízes reconhecíveis e tornam-se perceptíveis, que possibilitarão o crescimento radical.
- d) expansão e emergência dos primórdios radiculares: fundamenta-se no último nível do enraizamento de estacas, no qual decorre a formação radicial satisfatório para possibilitar a sustentação da muda.

Em estacas caulinares de plantas lenhosas, quando se diz respeito à origem da raiz adventícia, esta pode ser de células parenquimáticas vivas (quando jovem), pode ser originada do raio vascular/medular, ou cambio, ou floema, de calos internos e externos, também de canais resiníferos, do córtex ou lenticelas (HARTMANN et al., 2011).

Quanto à emergência do sistema radicular adventício podem-se ser considerados dois padrões básicos: direto e indireto. No direto o enraizamento adventício advém com a emergência da raiz diretamente da estaca. E no indireto o enraizamento advém da formação de calo anteriormente ao desenvolvimento do sistema radicular (HARTMANN et al., 2011).

Mesmo com a evolução dos métodos e técnicas para potencializar a rizogênese, os fundamentos biológicos para a geração de raízes adventícias ainda são pouco conhecidos (ALFENAS et al. 2009).

2.4.1. Tipos de estaca

Segundo Xavier (2013) podem ser usados, na propagação vegetativa de plantas, três tipos de estacas. A estaca foliar que é de raro uso na silvicultura, apresentando uso mais intenso na floricultura. Esta estaca pode ser formada pelo limbo foliar e o pecíolo da folha ou somente pelo limbo da folia da planta destinada a multiplicação vegetativa. Em espécies florestais, é muito difícil o enraizamento de estaca foliar, restringindo seu uso na produção de mudas. A estaca radicular que é obtida a partir de parcelas das raízes da planta almejada a se propagar. Igualmente à foliar, é incomum na silvicultura, restringindo-se a algumas espécies quando possíveis. E a estaca caulinar que é o tipo mais difundido dentro da silvicultura clonal e de utilização mais comum para enraizamento de estacas na propagação vegetativa. Constitui-se da confecção de segmentos de ramos incluindo gemas laterais e, ou apicais.

No referente à posição original das estacas caulinares em sua brotação, Xavier (2013) também expõe que, sua classificação pode ser dividida em mais três tipos: apicais, medianas e basais. Normalmente a estaca apical apresenta consistência herbácea e, por apresentar a gema apical, colabora com a propagação vegetativa por enraizamento, o que possibilita a confecção de uma muda de qualidade melhor e com facilidade de manejo maior. Quanto ao comprimento, as estacas caulinares são classificadas como grandes, médias e pequenas, em virtude da espécie, do procedimento e também dos padrões determinados para o método de enraizamento escolhido. Dentro das estacas caulinares temos outro tipo de classificação, quanto à sua consistência: herbáceas, semilenhosas ou lenhosas:

- a) herbácea: apresenta a maior competência para regeneração de uma nova planta, graças à sua maior juvenilidade fisiológica; contudo, em consequência a sua consistência tenra, demonstra não ter muita resistência à perda de água, com consecutiva deterioração em condições ambientais contrárias às adequadas ao processo de enraizamento.
- b) lenhosa: ao contrario da herbácea oferece maior competência de sobrevivência, todavia apresenta maior dificuldade ao enraizamento, em consequência da lignificação maior na estaca.
- c) semilenhosa: apresenta um grau intermediário entre a herbácea e a lenhosa, quanto à competência de regeneração e sobrevivência.

Em espécies florestais lenhosas, quanto à produção de mudas pelo enraizamento adventício, geralmente as estacas caulinares são confeccionadas conservando-se um a dois pares de folhas, sendo elas diminuídas em sua área pela metade ou de tamanho proporcional ao

tamanho da estaca produzida. Uma vez que estas folhas fornecem, principalmente, carboidrato e hormônios, a manutenção de folhas em uma estaca caulinar promove o enraizamento da mesma. O carboidrato gerado é de suma importância para a sobrevivência da estaca, assegurando melhores condições fisiológicas no desenvolvimento de raiz. O hormônio geralmente produzido nas folhas compõe-se de auxinas, que são levadas para a base da estaca, mediante ao movimento polar basípeto, que para o sucesso da rizogênese da estaca, pode ser essencial. Outro detalhe que vale levar em consideração, visando à produção de raízes com melhor distribuição espacial, é a presença de um par de folhas na estaca, pois, uma vez que estacas com somente uma folha podem induzir ao enraizamento somente do lado em que a folha permanece presente, por causa da maior atividade fisiológica e maior facilidade de translocação dos compostos que operam no enraizamento adventício (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

2.4.2. Fatores Importantes no Enraizamento de Estacas

Na literatura pertinente estão descritos alguns fatores que podem afetar a propagação vegetativa pelo enraizamento adventício de estacas. Entre eles estão relacionados o genótipo da planta, as condições fisiológicas e de nutrição mineral, também os substratos usados para o enraizamento, o local e condições de armazenamento, a aplicação de reguladores de crescimento vegetal, a sanidade das estacas, assim como as condições ambientais, basicamente a luminosidade, a temperatura e a umidade.

2.4.3. Genótipo

Segundo Xavier (2013), a capacidade para a rizogênese é completamente diferente entre as espécies florestais, desta forma, estas espécies também podem ser separadas entre: espécies de fácil formação de raízes; espécies com respostas ao enraizamento de maneira crescente quando são dispostas a condições apropriadas de controle ambiental e manejo; e espécies com nenhuma resposta ou pequena resposta aos estímulos para formação de raízes.

Na silvicultura podem se observar variações entre as espécies plantadas, como também entre clones dentro da própria espécie, quanto ao grau de porcentagem e também à qualidade de formação de raízes. Resultados de literatura apresentam valores de formação de raízes podendo oscilar de 0% a 100% para o gênero *Eucalyptus* (HIGASHI et al., 2003) e também para *Ilex*

paraguariensis (TAVARES et al., 1992). Assis e Teixeira (1998) descreveram que existem vários indícios de que o desenvolvimento de raízes adventícias em estacas caulinares é geneticamente regulado, o que pode ser revelado pela enorme variação observada entre as espécies e clones como tem, por exemplo, a maior competência de enraizamento de estacas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* em comparação com o enraizamento de estacas de *Eucalyptus globulus*, e da mesma maneira que existe uma grande oscilação de respostas de formação de raízes de estacas entre clones da mesma espécie de *Eucalyptus urophylla*.

Não obstante estimativas alcançadas por Correa (1995) sobre os coeficientes de herdabilidade, sobre *Ilex paraguariensis*, relativos ao caráter de formação de raízes de estacas em três procedências e ao nível de indivíduo, apontaram baixa amplitude para a totalidade das procedências, em sentido tanto restrito, como amplo.

2.4.4. Condições Fisiológicas da Planta Matriz

As espécies lenhosas, no decorrer do seu desenvolvimento, atravessam por mudanças morfológicas e fisiológicas que necessariamente induzem seus hábitos de crescimento, vigor, disposição das folhas no caule, estrutura e forma das folhas, presença ou não de espinhos, competência para o enraizamento ou florescimento, anatomia do caule, assim por diante, também conhecidas como alternância da fase juvenil para a fase adulta (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Segundo Hackett (1988), a mudança da alta para a baixa competência de formação de raízes de estacas é uma das mais evidentes expressões da maturação em plantas lenhosas. Estacas de espécies lenhosas provindas de plantas mais novas, na maioria das vezes, enraízam de forma mais fácil, à medida que outras oriundas de plantas mais velhas formam raízes esporadicamente ou não. Vale ressaltar que em espécies com maior capacidade para propagação vegetativa a idade ontogenética da planta mãe pode desempenhar pouca influência na formação de raízes, ao mesmo tempo em que plantas com maior dificuldade de propagação vegetativa a idade ontogenética pode ser um coeficiente decisivo no desenvolvimento de raízes em estacas.

Neste caso é de suma importância à identificação de quais plantas ou partes destas plantas se mostram juvenis, dado que, em certas espécies, principalmente lenhosas, existe um gradiente de juvenildade em direção à base da planta, tendo em vista que este gradiente é variável entre espécies. Sendo assim, estacas destacadas mais perto dessas localidades são mais fáceis de produzir raízes que aquelas coletadas de outras áreas mais maduras da planta (HACKETT, 1988).

Para se obter um maior sucesso na propagação de plantas na fase madura, é fundamental que se explore a maior capacidade de formação de raízes no material mais juvenil, quer seja pelo uso de propágulos oriundos de partes jovens da planta, quer seja pela indução ao rejuvenescimento de locais da planta adulta, ou resgatando sua capacidade ao enraizamento. Devido ao fato das condições fisiológicas da planta matriz ser influenciadas pelas variações sazonais, a época do ano pode ter uma grande influência no processo de rizogênese das estacas. Sendo assim, para cada espécie e situação ambiental específica, é recomendado que se determinasse qual a época ideal para a colheita de estacas, como também a influência da época na produção e qualidade dos brotos designados ao método da estaquia (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

2.4.5. Nutrição Mineral da Planta Matriz

Em função do vigor da planta matriz, uma boa nutrição mineral pode induzir positivamente na formação de raízes das estacas, da qual se retiram as brotações e da própria condição nutricional do propágulo retirado. Podendo, em alguns casos, serem mais determinantes na rizogênese que outros fatores como, por exemplo, a utilização de reguladores de crescimento e também nas condições ambientais favoráveis para formação de raízes. Cunha et al. (2009) relataram que, apesar de que a nutrição mineral e a formação de raízes estejam profundamente relacionados, ainda poucos estudos têm sido publicados com o objetivo de caracterizar dos efeitos nutritivos específicos que envolvem o processo.

A quantidade de carboidratos presente nos propágulos vegetativos é apontada como fator de suma importância no sucesso da rizogênese e vários estudos já tem demonstrado que a produção de raízes é reduzida proporcionalmente quanto se tem a diminuição de carboidratos (LANE, 1978), havendo uma grande interação da quantidade de carboidratos com a quantidade de hormônios endógenos, o que influencia os processos de formação de raízes (CORUZZI, ZHOU, 2001; KUMAR et al., 1999). O início da formação da raiz depende energia e, logo, grandes quantidades de carboidratos nas estacas têm sido elencadas como importantes para o sucesso e maior velocidade no processo de formação de raízes (CHALFUN, 1989; HARTMANN et al., 2002). Os carboidratos não empreendem função reguladora no processo de enraizamento, mas são fontes de energia e fontes de carbono para a produção de outras substâncias fundamentais à rizogênese (MALAVASI, 1994).

Um resumo das funções centrais relativas à demanda de macro e micronutriente, apresentado por Cunha et al. (2009) em seu trabalho de revisão, durante a formação de raízes em espécies lenhosas, durante as fases de indução e formação de raízes, é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Requerimentos nutricionais durante o processo de enraizamento adventício para fases de indução e formação de raízes

Função/Atuação	Nutriente(s) requerido(s)
----- Fase de indução -----	
Síntese de proteínas	N, K, Mg, S, Zn, Mo
Síntese de ácidos nucleicos	N, P, Mg, Zn, B, Mo
Metabolismo de carboidratos	N, P, K, S, Mn, B
Metabolismo de hormônios	N, Ca, Zn, B, Fe, Mn, Cu
Osmorregulação	K
Divisão celular	Ca, B
Metabolismo de peroxidases	Ca, Cu, Fe, Mn, B
Metabolismo de fenóis	Cu, B, Zn
Respiração	N,P,K,S, Mg
----- Fase de formação -----	
Formação da parede celular	Ca, Fe, Cu, B
Lignificação	Cu, Fe, Mn, B
Alongamento celular	Ca, Fe, Mn, Zn, B

Fonte: Cunha et al. 2009

Em síntese, a condição nutricional da planta mãe é de essencial importância não somente quanto à aparência de seu vigor vegetativo e do desenvolvimento de brotações, como também quanto à quantidade e concentração dos minerais nos propágulos vegetativos, aumentando significativamente os índices de enraizamento e velocidade da rizogênese.

2.4.6. Armazenamento das Estacas

Recomenda-se que o tempo percorrido entre a coleta, o preparo e a disposição no local de enraizamento deve ser o mais breve possível. Contudo, em certas situações é necessário se fazer o armazenamento das estacas em decorrência de algumas condições operacionais, como por

exemplo, a distância do local de colheita das brotações a área onde será processado o enraizamento e também a quantidade de mudas que irão ser produzidas. Os objetivos principais, no que diz respeito ao armazenamento de estacas, estão relacionados à diminuição do estresse hídrico, o cuidado para se evitar doenças e a conservação do vigor da estaca. Neste caso, o bom resultado e o tempo de armazenamento vão depender basicamente da espécie, da temperatura, da umidade relativa, das condições de crescimento da planta matriz, dos patógenos e também da época de colheita dos propágulos que serão encaminhados ao processo de estaquia (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Certas práticas objetivam melhorar as circunstâncias de armazenamento das estacas, dentre elas destacam-se a diminuição da temperatura, a ampliação no nível de umidade relativa do ar, a diminuição da luz e o emprego de anti-transpirantes. Essas práticas buscam a manutenção do vigor, da turgescência, e a diminuição do metabolismo dos propágulos buscando garantir o potencial máximo de formação de raízes pela estaca. O método mais utilizado é o de colocar a base das estacas em água, dentro de caixas ou baldes. Todavia, se as estacas permanecerem por muito tempo dentro d'água, pode decorrer a anaerobiose, isto é, a não oxigenação das estacas, ocorrendo perdas de potencial de formação de raízes futuramente. Ademais, pode existir a facilidade de contaminação por patógenos, devido à facilidade de dispersão deste patógeno por uma estaca contaminada (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

A título de exemplo, em *Eucalyptus spp* sugere-se que o tempo entre a confecção de miniestacas e a colocação no meio de enraizamento, seja menor que três horas (ALFENAS et al., 2009).

2.4.7. Sanidade das Estacas

Ao decorrer do tempo de enraizamento se faz necessário dar alguma proteção às estacas, devido a sua exposição a vários tipos de doenças e pragas, o que decorre em uma melhor qualidade das raízes e também a maior sobrevivência das mesmas (PAIVA, GOMES, 2005).

A limpeza dos propágulos que formarão as estacas é de vital importância para o controle de doenças e pragas. Em se tratando de plantas doadoras de estacas localizadas em situações de muita poeira, estas apresentarão probabilidade muito maior de sofrerem com doenças no processo de enraizamento (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Hoje em dia, o tratamento químico de forma preventiva com fungicidas é contestado, sendo assim receitadas algumas práticas para diminuir a contaminação dos propágulos nas plantas

matrizes, tanto no campo, como no jardim clonal; e usar de aplicações curativas, de acordo com a necessidade, no local de enraizamento, isto é, diminuir a fonte de inoculo, aspirando a não utilização de tratamento químico de modo preventivo e, ou, de modo curativo (ALFENAS et al., 2009).

2.4.8. Aplicação de Reguladores de Crescimento Vegetal

Na medida em que vão se formando raízes adventícias nas estacas, se faz necessária a existência, em certas quantidades, de algumas substâncias de crescimento, das quais umas são mais favoráveis do que outras. Diversas substâncias propiciam ou dificultam, quando aplicadas exogenamente, o princípio da formação de raízes adventícias, de acordo com a espécie, do nível de maturação, e assim por diante (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Dentre as varias substâncias que tem a capacidade de regular o crescimento vegetativo, as auxinas estão entre as de maior relevância e utilidade na formação de raízes em estacas. Ministrações exógenas de auxinas podem levar a uma maior percentagem, qualidade, velocidade e uniformidade na formação de raízes (HACKETT, 1988; HARTMANN et al., 2011), embora seja variável a resposta das células vegetais e clones, expondo que resultados positivos nem sempre são absolutos.

No grupo das auxinas estão incluídas varias substâncias com ação reguladora de crescimento, temos como exemplo o ácido indol-3-butírico (AIB), também o ácido indol-3-acético (AIA), o 2,4-diclorofenoxiacético (2,4 D) e por fim o ácido naftalenoacético (ANA), no entanto, quando aplicadas em quantidades acima das recomendadas, podem apresentar toxidez às plantas. Nas espécies florestais, o AIB tem demonstrado uma maior eficiência na formação de raízes adventícias em estacas, em virtude de sua maior estabilidade química e também de sua menor mobilidade dentro da estaca. A concentração empregada pode variar conforme a espécie, o estado de maturidade, o clone, as condições ambientais, os tipos de estaca, o tempo e a forma de utilização, oscilando entre 20 a 10.000 mg.L⁻¹, sendo que, em estacas mais lenhosas, de difícil enraizamento, são utilizadas concentrações maiores (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Vale salientar que, em conformidade com Hartmann et al. (2011) e Alvarenga e Carvalho (1983), quando se utiliza a auxina em estacas, verifica-se um aumento da sua concentração, estabelecendo-se um efeito incitador de formação de raízes até um ponto limite máximo, doravante, qualquer adição de seu nível, o efeito torna-se inibitório.

As vias de minitração dos reguladores de crescimento em estacas são: líquida ou pó. Na aplicação por via líquida, as partes inferiores das estacas são mergulhadas na solução contendo o regulador por tempos variáveis, em conformidade com a concentração do regulador e também conforme o tipo de material; todavia, recomenda-se enquadrar soluções que possibilite um tempo de aplicação ao redor de 10 segundos, pela otimização, rapidez e facilidade na aplicação do regulador. Na utilização dos reguladores por via pó, as partes inferiores das estacas são inseridas normalmente em talco contendo o regulador de crescimento e, logo em seguida, plantadas no substrato. Podemos citar como vantagens na aplicação via pó: a fácil aplicação e a disponibilidade comercial; e como desvantagens: a obtenção de resultados desuniformes resultantes da distribuição do regulador e dificuldade na adesão do pó somente na base da estaca, após o plantio. As vantagens da aplicação via líquida são: a economia de reagentes, por ocasião da preparação da solução, resultados mais uniformes e maior facilidade e rapidez na aplicação; e as desvantagens são: baixa oferta ou até indisponibilidade de formulações comerciais, e a dificuldade de se preparar e também de armazenar a solução, sem contar a necessidade de know-how do aplicador (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

2.5. Substratos

É de significativa importância à escolha do substrato a ser utilizado no enraizamento de estacas segundo Xavier (2013), em linhas gerais, o substrato desempenha função de sustentação das estacas no decorrer do tempo de formação das raízes da estaca e também função de disponibilizar aeração necessária ao desenvolvimento das raízes adventícias, bem como proporcionar condições ótimas de umidade e nutrição para a rizogênese. De modo geral, os substratos empregados no enraizamento devem apresentar porosidade suficiente para proporcionar boa aeração à estaca, uma vez que o oxigênio é imprescindível à respiração das raízes que se revelam, e, ao mesmo momento, acumular alguma quantidade de água razoável para o desenvolvimento e crescimento inicial da muda, possibilitando a sobrevivência por um período de tempo essencial no campo.

Muitas espécies de plantas formam raízes facilmente em uma diversidade muito ampla em tipos de substratos diferentes. Porém, em espécies que tem o enraizamento dificultado, o substrato influencia tanto na qualidade das raízes quanto na porcentagem de formação de raízes. Os exemplos mais corriqueiros de substratos são: a turfa, a vermiculita, a casca de arroz, a serragem semidecomposta, o composto orgânico, o carvão moído, as fibras de coco, a terra de

subsolo e as mais variadas combinações entre estas opções. Não há um entendimento quanto a melhor escolha, sendo aconselhável experimentar nas condições ambientais a ser trabalhada e também com a espécie a ser multiplicada (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

2.6. Fatores Ambientais

Dentre as diversas condições ambientais que influenciam a propagação vegetativa em espécies florestais e que pela ação do homem, numa certa limitação, têm sido manipuladas nos métodos de enraizamento de estacas, destacam-se os fatores referentes à luminosidade, à umidade e à temperatura.

2.6.1. Luminosidade

Pelo fato de estabelecer fonte de energia disponível para a fotossíntese e ser imprescindível para a síntese de auxinas e de carboidratos, a luz é de vital importância em todos os gêneros de crescimento vegetativo. A luminosidade também influencia a síntese de demais compostos, como por exemplo, os elementos de crescimento endógenos e também os cofatores de formação de raízes, que representam funções importantes na rizogênese (THOMPSON, 1992).

Todas as variáveis da luminosidade como a irradiância, a qualidade da luz e o fotoperíodo, devem ser apropriadas para a conservação de uma taxa fotossintética satisfatória, para cada espécie diferente, para que garanta um fornecimento de carboidratos considerável para a sobrevivência das plantas e a formação radicular, sem prejudicar o vigor vegetativo das mesmas. Os efeitos de distintas intensidades luminosas, na literatura, a respeito de formação de raízes ainda não são claros, devido, basicamente, às condições ambientais peculiares de cada região e das diferenças, no que tange as demandas, de cada espécie/clone. Todavia, no Brasil, os estudos, em sua maioria, demonstram que a diminuição de luz natural proporciona um aumento na formação de raízes nas estacas (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

Para Thompson (1992), a luminosidade em excesso proporciona o fechamento dos estômatos das folhas das estacas propágulos, diminuindo assim a fotossíntese líquida e, por conseguinte, a formação de carboidratos e subsequentemente o enraizamento. De acordo com Hartmann et al. (2011), situações de luminosidade elevada tendem a provocar nas estacas a

síntese de citocininas em níveis mais elevados, substâncias estas que se correlacionam ao desenvolvimento da parte aérea em desvantagem ao sistema radicular.

Em certas ocasiões, o decréscimo da luminosidade dentro de uma casa de vegetação objetiva a diminuição da quantidade de energia, pretendendo colaborar para o controle da umidade e da temperatura no local de enraizamento. Porém, segundo Alfenas et al. (2009), precisam ser evitadas localidades para enraizamento com quantidades de fótons inferiores a $150 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, em grande parte do dia.

Em situações de baixa luminosidade e, ou, luzes difusas propiciam a ocorrência de doenças ocasionadas por fungos de putrefação, como por exemplo, *Rhizoctonia spp.*, *Botrytis cinerea* e *Cylindrocladium spp.* (ALFENAS et al., 2009).

2.6.2. Umidade

Até que produza suas próprias raízes e comesse a absorver água, o êxito na rizogênese depende da competência do modelo de propagação em propiciar condições de turgidez à estaca. Sendo assim, a umidade relativa do ar nas cercanias da estaca tem um efeito relevante no seu status hídrico, uma vez que os propágulos não dispõem de recursos para absorver água e nutrientes. Todavia, o excesso é negativo, por prejudicar as trocas gasosas, proporcionar ou facilitar o aparecimento de doenças, inibir a formação de raízes e causar a morte dos tecidos das estacas. O enraizamento obviamente envolve o desenvolvimento e a formação de novos compostos, que, no que lhe concerne, são influenciados justamente pelo estresse hídrico. Por consequência, a turgescência é de fundamental importância para possibilitar a força que a expansão celular precisa, possibilitando a emergência de raízes das estacas. É sugerido que a confecção das estacas seja realizada de matrizes sem déficit hídrico. Sendo assim, a colheita dos propágulos deve ser feita preferivelmente pela parte da manhã ou em dias sem insolação direta ou chuvosos (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

A existência de folhas é um estímulo importante para o enraizamento de estacas; todavia, a desidratação pela transpiração pode matar a estaca antes da formação de raízes adventícias (HARTMANN et al., 2011). Para escapar deste problema, é recomendado que se mantivesse a umidade relativa do ar acima de 80%, sustentando-se assim os tecidos turgidos.

As alternâncias na umidade são nocivas à formação de raízes adventícias e responsáveis diretamente pela perda de água dos tecidos das estacas, afetando diretamente o desenvolvimento radicial, encaminhando, frequentemente, à morte das estacas.

2.6.3. Temperatura

Com relevante atribuição regulatória no metabolismo dos vegetais, a temperatura também afeta a formação de raízes adventícias nas estacas. Deste modo, a temperatura, do ambiente em que o propágulo se encontra como também do substrato em que está assentado, é fator significativo na propagação de espécies vegetais, visto que regula e condiciona a rizogênese (CHALFUN, 1989). Portanto deve proporcionar condições para que aconteça indução, crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, bem como a conservação das folhas, ramos e gemas, uma vez que as variações de temperatura são altamente negativas (BERTOLOTTI; GONÇALVES, 1980).

Nas espécies lenhosas, um bom resultado quanto ao enraizamento pode ser obtido em um grande intervalo de temperatura, podendo variar entre 15 e 35 °C. Não obstante, preconiza-se como intervalo ideal de temperatura entre 25 e 30 °C (BERTOLOTTI, GONÇALVES, 1980). Vale ressaltar que é aconselhável que a temperatura na parte inferior da estaca seja maior que a temperatura ambiente local, algo por volta de 4 a 5 °C (VALLE; CALDEIRA, 1979; HIGA, 1983; GOMES, 1987), com a finalidade de propiciar maior atividade metabólica neste local. Com essas situações, ocorre a diminuição da desidratação pela parte aérea, estendendo assim uma condição fisiológica melhor e proporcionando uma precocidade e um maior porcentual de formação de raízes (BORBA; CORREA, 1983).

Temperaturas muito altas necessitam ser evitadas, visto que podem induzir a brotação da parte aérea previamente a formação das raízes, conduzindo a um gasto excessivo de reservas, em virtude do aumento da transpiração e, por conseguinte, desidratação pelas folhas. Ademais, os propágulos podem não resistir à desidratação excessiva devido ao comprometimento para a preservação das folhas, ramos e gemas. No caso de temperaturas baixas, o metabolismo das estacas é reduzido, acarretando em um tempo maior para a formação das raízes, ou ainda, não propiciam condições mínimas para indução, crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (XAVIER, WENDLING, SILVA, 2013).

2.7. Estaquia na Clonagem de Espécies Nativas

Quando se trata de espécies nativas, o princípio da técnica de multiplicação das plantas selecionadas representa um imenso desafio, posto que, diferentemente aos *Eucalyptus spp.*, há a

impossibilidade, na maior parte das vezes, da admissão da técnica da decepa com planta matriz selecionada, para que haja o resgate do material vegetativo com atributos juvenis e adequados à formação de raízes adventícias pela estaquia. Segundo Xavier (2013) no decorrer dos últimos anos, temos percebidos a confecção de vários estudos realizados no Brasil visando o desenvolvimento do método da estaquia para varias espécies lenhosas nativas. Via de regra, os trabalhos concentram-se em materiais mais jovens, na determinação da concentração de alguns reguladores de crescimento, do melhor substrato a ser usado, do período do ano para o resgate das plantas matrizes, e também sobre a avaliação da possibilidade do uso da miniestaquia. Todavia, os resultados conseguidos para a rizogênese são muito variáveis entre as plantas estudadas, algumas exibindo a formação de raízes acima dos 90%, ao mesmo tempo em que outras não enraízam.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área do Estudo

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Sítio Nova Esperança, localizado no município de Boa Esperança do Sul, estado de São Paulo, localizado sob as coordenadas 21°57'49.5"S e 48°23'13.5"W a uma altitude de 485 metros acima do nível do mar.

A classificação do clima no município de Boa Esperança do Sul é Cwa segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al. 2014). Com duas estações bem definidas, sendo o inverno seco e frio e o verão úmido e quente. Em Boa Esperança do Sul a temperatura média é 21.4 °C e 1296 mm é o valor da pluviosidade média anual.

3.2. Material Vegetal

Árvores de *Ochroma pyramidale* de um plantio de origem seminal com aproximadamente 2 anos de idade, situadas no município de Dourado, Estado de São Paulo (cujas coordenadas 22°05'48.3"S e 48°16'00.0"W, a uma altitude de 701,5 metros), pertencentes à Fazenda Santa Helena, foram selecionadas árvores matrizes, das quais foram coletadas as estacas para atender a todos os experimentos. Parâmetros para seleção das melhores qualidades silviculturais como, diâmetro a altura do peito (DAP), forma do caule, altura e sanidade foram utilizados.

As coletas dos ramos para posterior confecção das estacas foram realizadas nos períodos de Setembro de 2017 para realização do experimento numero 4 e Janeiro de 2018 para realização dos outros três experimentos (números 1, 2 e 3).

Foram selecionados os ramos do ano, com qualidade de vigor e sanidade a fim de evitar pragas e doenças.

3.3. 1º Experimento – Diâmetros das estacas e diferentes concentrações de AIB

No primeiro experimento foi avaliado o efeito do diâmetro das estacas e atuação do AIB no enraizamento adventício.

Foram confeccionadas 120 estacas herbáceas, da porção mediana dos ramos proveniente da porção mediana das matrizes selecionadas, com 20 cm de comprimento, sem folhas, sendo cortadas horizontalmente acima (1 cm) do nó superior e em bisel abaixo (1 cm) do nó inferior.

Os tratamentos consistiram em delineamento por blocos inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, consistindo de cinco estacas por unidades experimentais e quatro repetições por tratamento, na combinação entre estacas com três classes de diâmetro, finas (0,5 - 1,0 cm), médias (1,1 - 1,5 cm) e grossas (1,6 - 2,0 cm) e na ausência e na presença de AIB na concentração de 5000,00 mg L⁻¹, previamente diluído em 50% de álcool etílico (98°GL) e 50% de água destilada..

As estacas foram lavadas em água e posteriormente tiveram sua parte base submergida em solução com os respectivos tratamentos por 10 segundos.

O estaqueamento foi realizado em sacos de polietileno (15 x 10 cm), contendo como substrato areia de granulometria média (Figura 4).

A condução do experimento foi realizada sob telado de sombrite 50%, em condições naturais de temperatura, com 4 aspersões diárias, tendo cada uma, duração de quinze minutos, além de serem tratadas com fungicida Thiofanato Metílico 700 WP em concentração de 70 g de produto comercial por 100 L de água, num total de 3 aplicações com intervalos de 10 dias entre cada aplicação, para controle preventivo de doenças fúngicas.

Após 60 dias da implantação do experimento foram avaliadas a porcentagem de sobrevivência, porcentagem de formação de calosidades e porcentagem de formações de raízes nas estacas avaliadas.



Figura 4. Disposição das estacas de *Ochroma pyramidale* em sacos plásticos com substrato de areia com granulometria média – Experimento 1

Fonte: Elaborada pelo autor

3.4. 2º Experimento – Região de origem das estacas nos ramos e diferentes concentrações de AIB

O segundo experimento foi realizado com o intuito de avaliar a região (basal, mediana ou apical) de origem das estacas nos ramos da planta (Figura 5) e a atuação de concentrações de AIB no enraizamento das estacas.

Nesta etapa foram utilizadas 240 estacas herbáceas com 10 cm de comprimento, sem folhas, separadas nas proporções apicais, medianas e basais dos ramos coletados. Foram feitos cortes horizontalmente acima do nó superior nas estacas basais e medianas, e em bisel, abaixo do nó inferior de todas elas.

Os tratamentos consistiram na combinação fatorial 3 x 4, entre três regiões de origem das estacas nos ramos da planta (apical, mediana, basal) e quatro concentrações de AIB (0; 1000; 2000; 4000 mg L⁻¹).



Figura 5. Regiões de origem das estacas no ramo da planta: A) Apical, B) Mediana e C) Basal.

Fonte: Elaborada pelo autor

O delineamento experimental foi em delineamento por blocos inteiramente casualizado consistindo de quatro unidades experimentais por repetição e cinco repetições por tratamento.

As estacas foram lavadas em um balde contendo água e posteriormente tiveram sua base submersa, por 10 segundos, em solução, contendo os respectivos tratamentos de AIB, previamente diluído em 50% de álcool etílico (98°GL) e 50% de água destilada.

O estaqueamento foi realizado em tubetes plásticos cônicos, com capacidade de volume de 290 cm³, utilizando-se como substrato a marca comercial Carolina II[®], com formulação composta à base de turfa, casca de arroz carbonizada e vermiculita, com condutividade elétrica (CE): 1,5 ms/cm.

A condução do experimento foi realizada sob telado de sombrite 50%, em condições naturais de temperatura, com 4 aspersões diárias com duração de quinze minutos cada. Para controle de doenças, utilizou-se do fungicida Thiofanato Metílico 700 WP em uma concentração de 70 g de produto comercial por 100 L de água, num total de 3 aplicações com intervalos de 10 dias entre cada aplicação, para controle preventivo de doenças fúngicas.

Decorridos 60 dias após a implantação do experimento foram avaliadas a porcentagem de formação de raízes, as formações de calosidades e as respectivas sobrevivências e mortalidades.

3.5. 3º Experimento – Região de origem das estacas nos ramos e diferentes substratos

No terceiro experimento foi avaliado a região de coleta da estaca nos ramos da planta e o tipo de substrato utilizado no enraizamento da espécie.

Foram preparadas 160 estacas herbáceas localizadas nas partes apicais e medianas dos ramos, com 10,0 cm de comprimento e diâmetro médio de 10 e 15 mm, respectivamente, sendo cortadas em bisel, abaixo do nó inferior, e horizontalmente acima do nó superior no caso das medianas.

O estaqueamento foi realizado em tubetes plásticos cônicos, com capacidade de volume de 290 cm³ (Figura 6).

Os tratamentos consistiram em delineamento por blocos inteiramente casualizado na combinação fatorial 2 x 4, entre dois tipos de estaca (apicais e medianas) e quatro substratos (areia grossa, vermiculita, fibra de coco e Carolina II[®]).



Figura 6. Disposição das estacas de *Ochroma pyramidale* em tubetes com diferentes substratos – Experimento 3

Fonte: Elaborada pelo autor

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado consistindo de cada unidade experimental composta por quatro estacas por repetição e cinco repetições por tratamento.

A condução do experimento foi realizada sob telado de sombrite 50%, em condições naturais de temperatura, com 4 aspersões diárias, com duração de quinze minutos cada. Para controle de doenças, utilizou-se do fungicida Thiofanato Metílico 700 WP em uma concentração de 70 g de produto comercial por 100 L de água, num total de 3 aplicações com intervalos de 10 dias entre cada aplicação.

As avaliações foram realizadas 60 dias após a implantação do experimento. Dentre as variáveis avaliadas, estão: a porcentagem de formação de raízes, as formações de calosidades e as respectivas sobrevivências e mortalidades.

3.6. 4º Experimento – Utilização de Câmara Úmida e concentrações de AIB

O experimento 4 avaliou o efeito do uso de câmara úmida interagindo com concentrações de AIB no enraizamento adventício de estacas de *Ocroma pyramidale*.

Foram confeccionadas 160 estacas herbáceas, da porção apical dos ramos coletados.

Os tratamentos se subdividiram em quatro concentrações de Ácido Indol Butírico (0, 2000, 4000 e 6000 mg.L⁻¹), interagindo com dois tipos de ambientes de enraizamento, sendo ambos mantidos à sombra em telado com 50% de passagem de luz, porém, um em câmara úmida, utilizando-se para isso sacos plásticos transparentes, fixados aos tubetes, envolvendo as estacas, para manter a umidade relativa do ar elevada e outro sem a utilização deste artifício, com o objetivo de avaliar qual o melhor ambiente com relação à umidade e a melhor concentração de AIB para o enraizamento de estacas de pau-de-balsa (Figura 7).

As estacas selecionadas, a partir do segmento apical dos ramos da planta, foram cortadas com 15 cm de comprimento aproximadamente, nenhuma folha foi mantida e foi feito um corte em bisel na sua região basal. As estacas foram lavadas água e posteriormente tiveram sua base submersa por 10 segundos, em solução com os respectivos tratamentos de AIB, previamente diluído em 50% de álcool etílico (98°GL) e 50% de água destilada.

O estaqueamento foi realizado em tubetes plásticos cônicos, com capacidade de volume de 290 cm³.

O experimento foi conduzido em delineamento por blocos inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, testando-se 8 tratamentos com 5 repetições e 4 parcelas por repetição. Para as estacas posicionadas sem câmara úmida, adotou-se o sistema de irrigação por

microaspersão, trabalhando por 15 minutos, 4 vezes ao dia, já no caso das estacas que tinham proteção dos sacos plásticos, sistema utilizado foi o de subirrigação onde os tubetes foram mantidos suspensos, e parcialmente imersos em água na mesma frequência de irrigação adotada no sistema de microaspersão. Foi utilizado como substrato a marca comercial Carolina II, com formulação é composta à base de turfa, casca de arroz carbonizada e vermiculita e condutividade elétrica (CE): 1,5 ms/cm. Para o controle de doenças utilizou-se do fungicida Thiofanato Metílico 700 WP em uma concentração de 70 g de produto comercial por 100 L de água, num total de 3 aplicações com intervalos de 10 dias entre cada aplicação, somente nas estacas em que não haviam proteção.



Figura 7. Tubetes com estacas de *Ochroma pyramidale* com diferentes ambientes: A) Sem câmara úmida e B) Com câmara úmida.

Fonte: Elaborada pelo autor

Após 45 dias foram avaliadas a porcentagem de formação de raízes, as formações de calosidades e as respectivas sobrevivências e mortalidades.

3.7. Análises Estatísticas

Em todos os experimentos, os dados apresentados em cada um deles, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 1998), e as médias, comparadas, entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (GOMES, 2000). Para efeito da análise estatística, os dados das variáveis porcentagem de sobrevivência, porcentagem de enraizamento e porcentagem de formação de calos foram transformados pela relação raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$. Posteriormente foram realizadas as análises de correlação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. 1º Experimento – Diâmetros das estacas e diferentes concentrações de AIB

Após 60 dias da implantação do experimento, foram verificadas diferenças para o efeito da interação dos diferentes diâmetros das estacas e as concentrações de ácido indolbutírico (AIB) aplicadas, em relação ao percentual de sobrevivência, formação de tecido caloso nas estacas de *Ochroma pyramidale* ao longo do período avaliado (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da interação de diferentes diâmetros das estacas e a concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB) em relação ao percentual de formação de calos, formação de raízes, sobrevivência e mortalidade após 60 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.

Variáveis analisadas	Concentração (mg.L ⁻¹)	Diâmetros das estacas		
		Finas	Médias	Grossas
Sobrevivência	0	1,02386 (05%) Cc	1,13781 (30%) Aa	1,20087 (45%) Aa
	5000	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc
Calosidades	0	1,00000 (00%) Cc	1,11547 (25%) Aa	1,06966 (15%) Bc
	5000	1,02386 (05%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc
Formação de Raízes	0	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc
	5000	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc

Médias de quatro repetições. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre os diâmetros das estacas, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as concentrações, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Conforme podemos verificar, a tabela 3 mostra a análise de variância para a variável sobrevivência no experimento 1, apresentando nela assim, uma diferença significativa para $p < 0,05$, tanto para o índice aferido de diâmetro quanto para o índice de concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB).

Tabela 3. Análise de variância da variável sobrevivência do experimento 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Diâmetro	2	0,032198	0,016099	5,051	0,0210
Concentração	1	0,087629	0,087629	27,496	0,0001
Diam x Conc	2	0,032198	0,016099	5,051	0,0210
Repetição	3	0,012120	0,004040	1,268	0,3211
Erro	15	0,047805	0,003187		
Total Corrigido	23	0,211952			
CV (%) =	5,32				
Média Geral:	1,0604254	Número de observações:	24		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

Verifica-se também no gráfico abaixo (Figura 8), a sobrevivência das estacas de *Ochroma pyramidale*, foi estatisticamente maior, entre as estacas de diâmetros médios (1,1 a 1,5 cm) e grossos (1,6 a 2,0 cm), com resultados de 30% e 45% respectivamente, se comparada às estacas de diâmetro fino (0,5 a 1,0 cm) com 5%. O mesmo pode-se notar quando se atenta à concentração utilizada de AIB, tem-se um resultado diferente e estatisticamente significativo, entre as concentrações 0,0 mg.L⁻¹ e 5000 mg.L⁻¹, sendo que a sobrevivência das estacas médias e grossas, 30% e 45% respectivamente, foram maiores quando mantidos na ausência de AIB, se comparado aos resultados nos tratamentos com 5000 mg.L⁻¹ de AIB, onde não houve sobrevivência das estacas (0%).

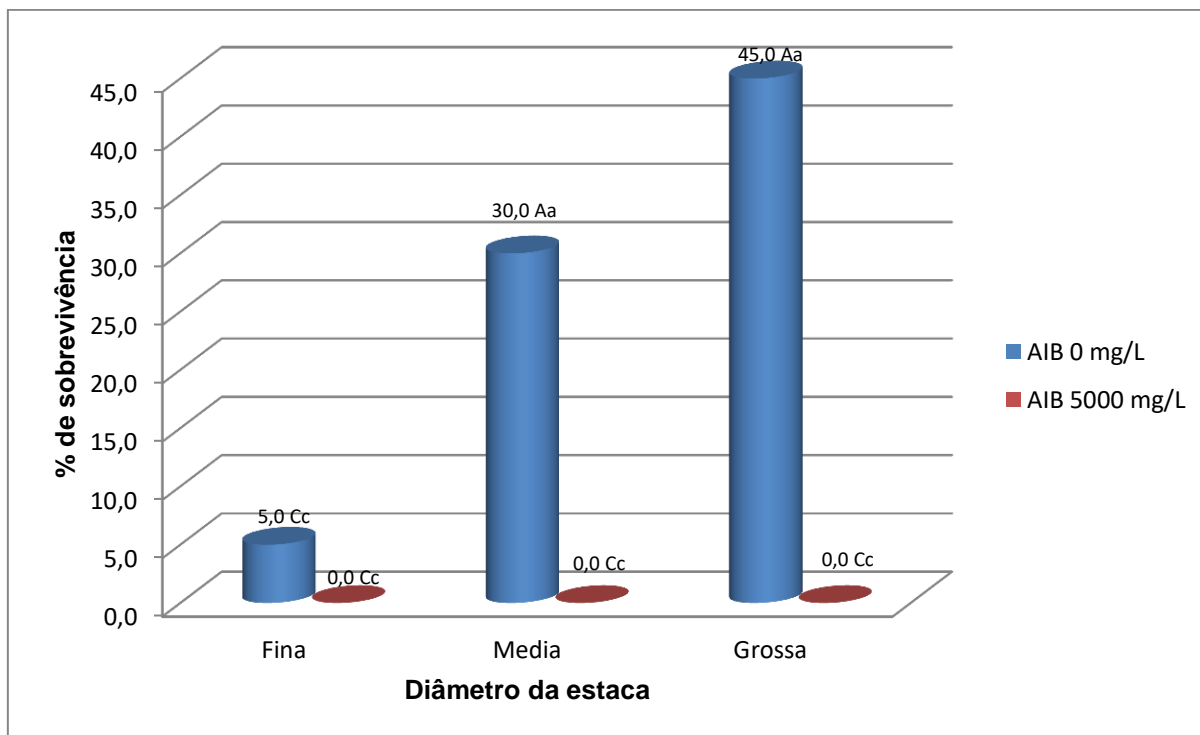


Figura 8. Porcentagem de sobrevivência em estacas de *Ochroma pyramidale* em função do diâmetro da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 1. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre os diâmetros das estacas, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor

A atuação do diâmetro da estaca em sua sobrevivência pode ser justificada pelos diferentes teores de lignificação e de carboidratos nas estacas mais grossas em relação as mais finas. O estoque disponível de carboidratos é um fator limitante para a sobrevivência das estacas, visto que é fonte essencial de energia assimilável para a manutenção do metabolismo das estacas e para formação de raízes (VEIERSKOV, 1988). Assim sendo, estacas mais grossas estariam sendo beneficiadas por apresentarem maiores acúmulos de carboidratos acessíveis. Além do mais, é presumível que o maior engrossamento esclerenquimático tenha diminuído a desidratação dos tecidos, característica apreciada por demais autores (FACHINELLO et al., 1995). A desidratação diminui a pressão de turgor nas células, e também pode afetar vários processos fisiológicos (PÁEZ et al., 1995). Sendo assim, considera-se que as atividades que dependem de uma maior turgescência da célula, como o enraizamento e a expansão das folhas foram restringidos, nas estacas finas, pelo déficit hídrico (NÓBREGA et al., 2001).

Tendo em vista unicamente o fator diâmetro das estacas, pressupomos a existência de variações nos teores de peroxidases, AIA-oxidases e compostos fenólicos nas estacas. Nos tecidos com uma lignificação mais acentuada, como observamos no caso das estacas grossas,

exibem um maior teor de peroxidases e AIA-oxidases, sendo, nos dois casos, as substâncias comprometidas na degradação do ácido indol-acético em aglomerados inativos. Presume-se, conseqüentemente, que houvesse atenuação da formação de raízes de acordo com o acréscimo no diâmetro das estacas. Os carboidratos são moléculas orgânicas que proporcionam uma contribuição estrutural e energética ao enraizamento, estando também comprometidos no controle do ciclo celular e na expressão gênica (LYTOVCHENKO et al., 2007).

Similarmente ao ocorrido na variável sobrevivência, a variável formação de calosidades também apresenta diferença significativa ($p < 0,05$), conforme podemos verificar na tabela de análise de variância abaixo (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância da variável calosidade do experimento 1.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Diâmetro	2	0,008392	0,004196	1,659	0,2234
Concentração	1	0,017339	0,017339	6,855	0,0194
Diam x Conc	2	0,020172	0,010086	3,987	0,0409
Repetição	3	0,015067	0,005022	1,985	0,1595
Erro	15	0,037944	0,002530		
Total Corrigido	23	0,098914			
CV (%) =	4,86				
Média Geral:	1,0348326	Número de observações:	24		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y + 1,0)$

Os resultados da variável formação de calosidades também seguiram a mesma tendência da variável sobrevivência onde as estacas médias e grossas, 25% e 15% respectivamente nos tratamentos com 0,00 mg.L⁻¹ de AIB, em comparação as estacas finas, que apresentou um resultado de 5% no tratamento com 5000,00 mg.L⁻¹ de AIB. Semelhantemente também a sobrevivência, a formação de calosidades se mostra estatisticamente maior, nas aplicações de 0,00 mg.L⁻¹ de AIB em comparação as aplicações de 5000 mg.L⁻¹, como se pode conferir no gráfico abaixo (Figura 9).

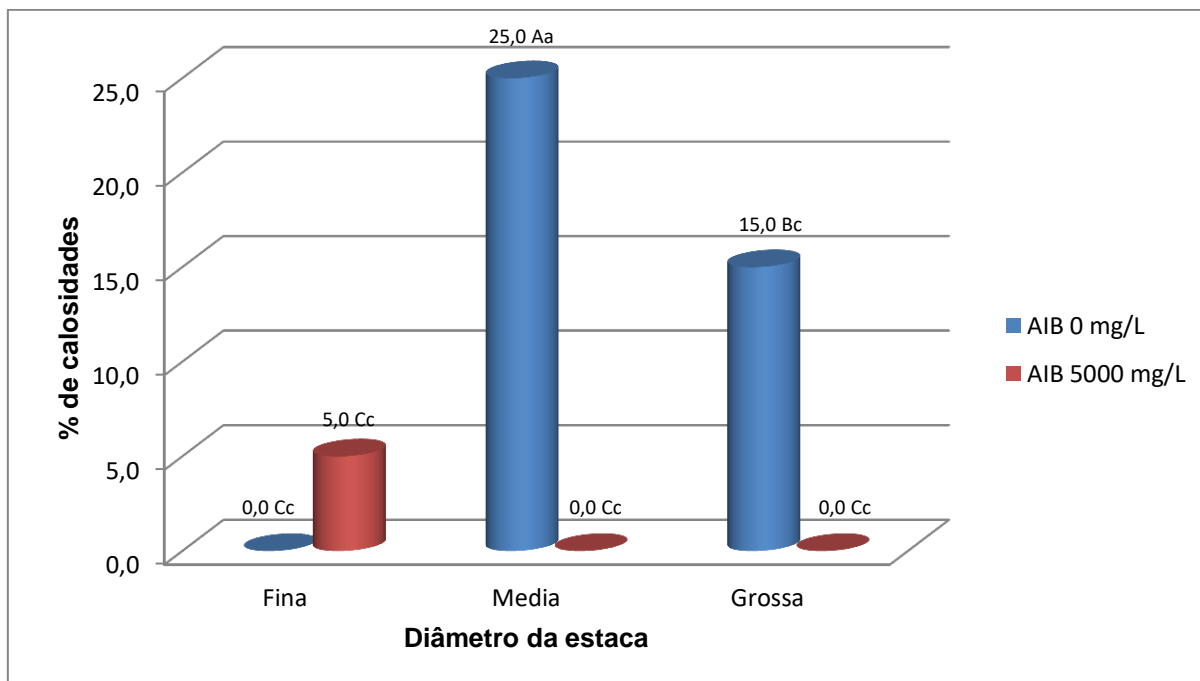


Figura 9. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de *Ochroma pyramidale* em função do diâmetro da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 1. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre os diâmetros das estacas, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor

Para Loss (2009) estacas com diferentes espessuras e diferentes concentrações de ácido indol butírico (AIB) mostraram diferenças significativas para a formação de raízes, calosidades e brotações. Com referencia à formação de tecido caloso, o tratamento considerado como testemunha (concentração 0 mg.L⁻¹) mostrou os maiores resultados percentuais para as estacas herbáceas e lenhosas, encontrando-se as semilenhosas estatisticamente iguais à concentração de 2.000 mg L⁻¹. Em nossos resultados as estacas herbáceas e semilenhosas mostraram uma menor porcentagem de formação de calosidades quando expostas a uma maior concentração de AIB, ao mesmo tempo em que nas estacas lenhosas, observou-se uma menor resposta para a concentração de 5.000 mg.L⁻¹ de AIB. Além disso, constatou-se que as estacas lenhosas, independente da concentração de AIB empregada, apresentaram a maior porcentagem de calosidades, quando confrontada com as demais. Ferriani et al. (2006), ao pesquisar a propagação vegetativa por estaquia de azaleia arbórea (*Rhododendron Thomsonii* HOOK. f.) com o emprego de estacas semilenhosas em função de diferentes concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000 e 4.000 ppm), não constataram formação de raízes para as estacas e as concentrações de AIB, nem relação entre ao elementos analisados. Desempenho diferentemente observado neste

experimento, uma vez que se obtiveram interações significativas para as estacas medias e grossas de *Ochroma pyramidale* e as concentrações aplicadas ($0,00 \text{ mg.L}^{-1}$ e $5000,00 \text{ mg.L}^{-1}$).

Somente para a variável enraizamento não houve diferenças estatísticas significativas, pois não houve formação de raízes em nenhuma estaca do experimento (Figura 10).



Figura 10. Estacas do experimento 1 – A) Estaca de diâmetro fino, sem formação de calosidades e morta; B) Estaca de diâmetro médio, com formação de calosidades e viva; C) Estaca de diâmetro grosso, com formação de calosidades e viva.

Fonte: Elaborada pelo autor

A formação de células rizogênicas subordina-se, dentre outras condições, a biossíntese de ácidos nucléicos e de proteínas (FACHINELLO et al., 1995). No entanto, esse processo só é viável quando há presença de carbono estrutural e disponibilidade de energia para produção celular (RAPAKA et al., 2007). A relação entre diâmetro das estacas e auxina é característica já conhecida, tendo sido verificada por Nemeth (1986) e Leon & Sheen (2003).

Paula et al. (2007) examinaram o efeito do ácido indolbutírico AIB aplicado nas concentrações 0, 500, 1.000 e 2.000 mg L^{-1} e raizon 0,5% (à base de molibdênio e cobalto e 0,5% ácido naftaleno acético) na formação de raízes de estacas herbáceas e lenhosas de umbuzeiro e concluíram que as estacas lenhosas apresentaram os melhores resultados em comparação às estacas herbáceas para a variável sobrevivência

4.2. 2º Experimento – Região de origem das estacas no ramo e diferentes concentrações de AIB

Após 60 dias da implantação do segundo experimento, foram verificadas diferenças significativas para o efeito da interação das diferentes regiões de origem das estacas nos ramos da planta e também entre as concentrações de ácido indolbutírico (AIB) aplicadas, em relação ao percentual de sobrevivência, e também sobre a formação de tecido caloso nas estacas de *Ochroma pyramidale* ao longo do período avaliado, já para a variável formação de raízes não foram verificadas diferenças (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da interação de diferentes localizações de origem das estacas no ramo e concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB) em relação ao percentual de sobrevivência, formação de calos e formação de raízes após 60 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.

Variáveis analisadas	Concentração (mg.L ⁻¹)	Região de origem das estacas		
		Apicais	Medianas	Basais
Vivas	0	1,00000 (00%) Cc	1,07082 (15%) Cc	1,02361 (05%) Cb
	1000	1,02361 (05%) Bc	1,00000 (00%) Cc	1,10952 (25%) Aa
	2000	1,00000 (00%) Cc	1,02361 (05%) Cc	1,00000 (00%) Cc
	4000	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,02361 (05%) Cb
Calos	0	1,00000 (00%) Cc	1,07082 (15%) Cc	1,02361 (05%) Cc
	1000	1,02361 (05%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,15674 (35%) Aa
	2000	1,04721 (10%) Cc	1,02361 (05%) Cc	1,00000 (00%) Cc
	4000	1,06856 (15%) Cc	1,04721 (10%) Cc	1,20169 (45%) Aa
Raízes	0	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc
	1000	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc
	2000	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc
	4000	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc	1,00000 (00%) Cc

Médias de cinco repetições. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre as concentrações, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Conforme podemos verificar, a tabela 6 mostra a análise de variância para a variável sobrevivência no experimento 2, não apresentando nela assim, uma diferença significativa para

$p < 0,05$, tanto para o índice aferido de diâmetro quanto para o índice do tratamento de concentrações de Acido Indolbutírico (AIB).

Tabela 6. Análise de variância da variável sobrevivência do experimento 2.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Região	2	0,011092	0,005546	1,718	0,1912
Concentração	3	0,014800	0,004933	1,528	0,2204
Região x Conc.	6	0,038850	0,006475	2,006	0,0852
Repetição	4	0,014048	0,003512	1,088	0,3742
Erro	44	0,142034	0,003228		
Total Corrigido	59	0,220825			
CV (%) =	5,555				
Média Geral:	1,0228976	Número de observações:	60		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

Porém, quando realizamos a análise de desdobramento da região de origem das estacas nos ramos dentro de cada nível de concentração aplicada em cada tratamento (tabela 7), podemos constatar que se apresenta com diferença significativa ($p < 0,05$) para o tratamento com aplicação de AIB a 1000 mg.L^{-1} .

Tabela 7. Análise do desdobramento de região de origem da estaca no ramo dentro de cada nível de concentração de AIB do experimento 2. (Codificação para o desdobramento, 1=0 mg.L^{-1} , 2=1000 mg.L^{-1} , 3=2000 mg.L^{-1} e 4=4000 mg.L^{-1})

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Reg. /1	2	0,013003	0,006502	2,014	0,1427
Reg. /2	2	0,033224	0,016612	5,146	0,0095
Reg. /3	2	0,001858	0,000929	0,288	0,7504
Reg. /4	2	0,001858	0,000929	0,288	0,7504
Erro	44	0,142034	0,003228		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

O mesmo ocorre quando realizamos a análise de desdobramento da concentração aplicada em cada tratamento dentro de cada nível de região de origem das estacas no ramo (tabela

8), onde também podemos constatar que se apresenta diferença significativa ($p < 0,05$) para o tratamento da região de origem basal das estacas dos ramos (Tabela 8).

Tabela 8. Análise do desdobramento de concentração de AIB dentro de cada nível de região de origem da estaca no ramo do experimento 2. (Codificação para o desdobramento, 1=apical, 2=mediana, 3=basal)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Conc. /1	2	0,002090	0,000697	0,216	0,8847
Conc. /2	2	0,016718	0,005573	1,726	0,1741
Conc. /3	2	0,034842	0,011614	3,598	0,0204
Erro	44	0,142034	0,003228		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

Quando se observa o resultado da sobrevivência das estacas dentro do tratamento com 1000 mg.L^{-1} , verifica-se que a sobrevivência das estacas de regiões basais dos ramos (25%) são, estatisticamente, maiores que a sobrevivência das estacas de regiões medianas dos ramos (05%), e estacas de regiões medianas, por consequência, maiores também que as de regiões apicais (0%).

Prontamente, quando se observa o tratamento das estacas retiradas de regiões basais dos ramos das plantas de *Ochroma pyramidale*, verifica-se um resultado superior, na variável sobrevivência, no tratamento com AIB na concentração de 1000 mg.L^{-1} (25%), sendo este estatisticamente maior que os tratamentos com AIB nas concentrações de 0 mg.L^{-1} (5%) e 4000 mg.L^{-1} (5%), e por conseguinte, estes dois últimos, superiores estatisticamente ao tratamento com AIB na concentração 2000 mg.L^{-1} (0%) (Fig. 11).

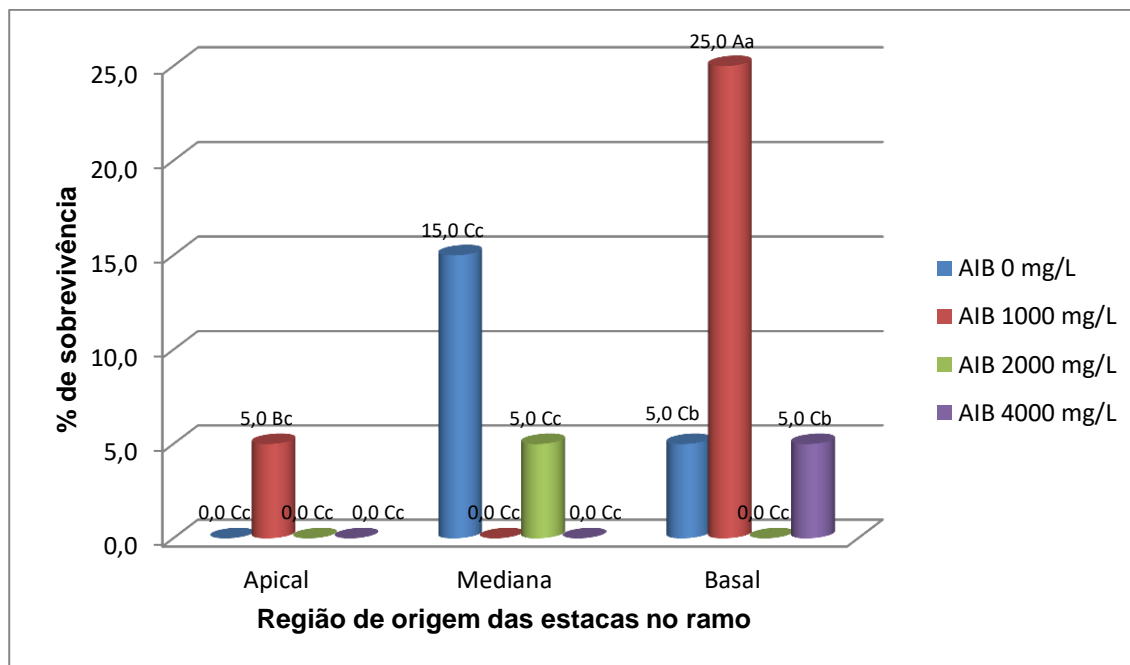


Figura 11. Porcentagem de sobrevivência em estacas de *Ochroma pyramidale* em função da região de origem da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se depreender, quando se considera o fator região do ramo da planta, que existem alterações nos teores de auxinas, compostos fenólicos e carboidratos por toda extensão longitudinal do ramo da planta. No que tange a este experimento, os valores de sobrevivência e formação de calosidades, superiores, em estacas de porções basais, podem ser concernentes aos níveis de compostos fenólicos e carboidratos presente nas estacas. No decurso deste experimento, os desempenhos das estacas, em parte, amparam esta hipótese. Constatou-se que a sobrevivência e a formação de calosidades antecederam ao desenvolvimento de brotações e de folhas, conseqüentemente, a procedência de energia e carbono empregada na formação de calosidades e na sobrevivência derivaram dos carboidratos estocados nas estacas. Em pesquisas, a nível histológico, averiguou-se que o uso do amido estocado nas estacas no decorrer das 24 horas iniciais do processo de estaquia, corroborando a tese de que o princípio da indução e do crescimento das raízes é suportado pelos acúmulos de carboidratos acessíveis nas estacas (DE KLERK, *et al.* 1999).

Já na análise de variância da variável formação de calosidades avaliadas no experimento 2 (Tabela 9), diferentemente do que ocorreu com a variável sobrevivência, observa-se diferença

significativa ($p < 0,05$) na interação região de origem das estacas no ramo, com a concentração de AIB aplicado nas estacas, sem a necessidade de desdobramento dentro de cada nível.

Tabela 9. Análise de variância da variável formação de calosidades do experimento 2.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Região	2	0,048614	0,024307	5,745	0,0061
Concentração	3	0,062210	0,020737	4,901	0,0050
Região x Conc.	6	0,111444	0,018574	4,390	0,0015
Repetição	4	0,027918	0,006979	1,650	0,1788
Erro	44	0,186152	0,004231		
Total Corrigido	59	0,436338			
CV (%) =	6,16				
Média Geral:	1,0552540	Número de observações:	60		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

Nota-se que, segundo os valores expressos na tabela 9, quando avaliamos a variável formação de calosidades, que as estacas retiradas de porções basais dos ramos das plantas de *Ochroma pyramidale* apresentam um valor estatisticamente maior que as estacas produzidas em regiões medianas e apicais dos ramos da planta, tanto para o tratamento com AIB na concentração de 1000 mg.L^{-1} (35%), quanto para o tratamento com AIB na concentração de 4000 mg.L^{-1} (45%). Esta diferença significativa também é notada na comparação de concentrações de AIB somente entre as estacas basais. A maior porcentagem de formação de calosidades nas estacas basais (Fig. 12) possivelmente também se deve ao fato que a juvenilidade do tecido presente nestas estacas é maior nessa região da planta em concordância com o gradiente de juvenilidade das plantas (XAVIER et al., 2003; FRASETTO, 2007).

Segundo Fontanier e Jonkers (1976) o decréscimo ou até mesmo a perda do potencial de formação de raízes é uma das circunstâncias negativas da idade fisiológica avançada, porém segundo Alfenas et al. (2004), em plantas que se propagam mais facilmente por estaquia, a idade fisiológica da planta mãe não influencia significativamente na rizogênese.

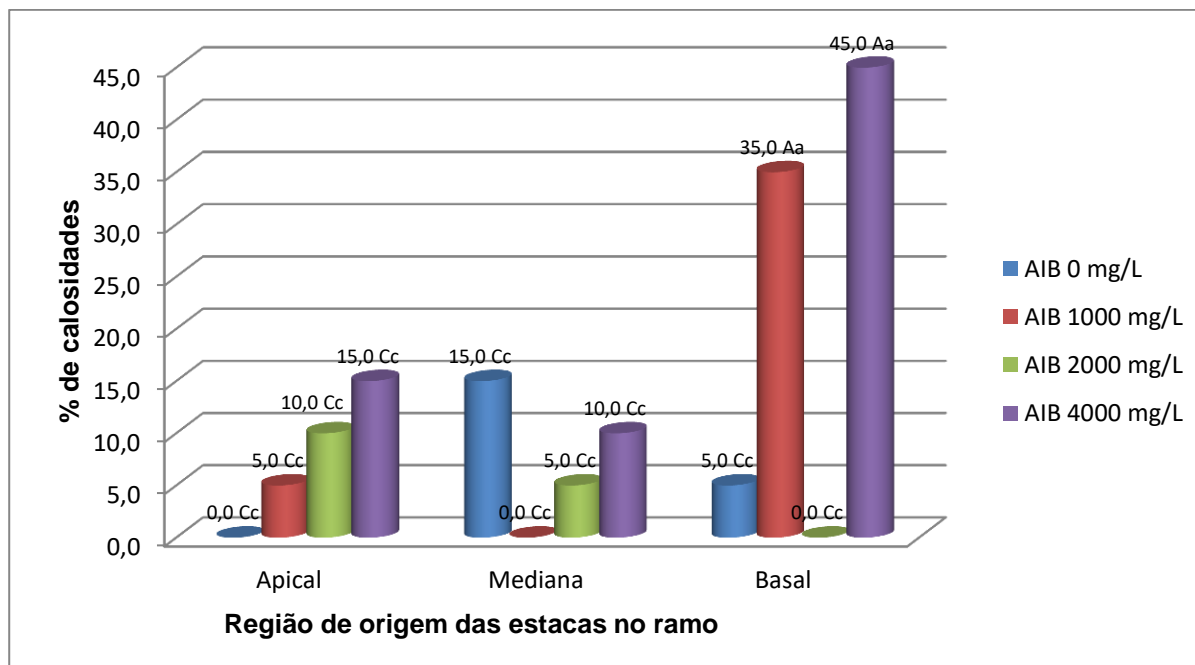


Figura 12. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de *Ochroma pyramidale* em função da região de origem da estaca em interação com diferentes concentrações de AIB no experimento 2. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada concentração de AIB, e mesma letra minúscula não diferem entre as concentrações de AIB, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor

A formação de raízes também pode estar relacionada à quantidade de lignificação das estacas e, por conseguinte, ao nível de compostos fenólicos. Nos casos em que a estaca apresente menor quantidade de lignina, como por exemplo, as de regiões apicais no ramo, mostram uma maior concentração de compostos fenólicos nos tecidos (FAIVRE-RAMPANT et al., 2002). Não obstante sejam capazes de ampliar a ação das auxinas, pela coibição da AIA-oxidase, os compostos fenólicos estão ligados à oxidação das auxinas, aspecto esse não desejável à formação de raízes (TROBEC et al., 2005). Além do mais, diminuem a absorção e a translocação das auxinas dentro da célula, visto que concorrem pelos mesmos locais de ligação na membrana (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Os baixos índices de formação de calosidades em estacas de regiões apicais e medianas dos ramos de *Ochroma pyramidale* são possíveis de serem esclarecidos pela abundância de auxina nas células, em consequência da coibição do sistema AIA-oxidase ou pela sua escassez, pelo fato de existir uma competição entre as auxinas e os flavonoides pelos locais de ligação na membrana celular (PACHECO 2007).

Também pode ser associado o nível de maturação dos tecidos das estacas manipuladas aos números atingidos no experimento quando se avalia dentro dos tratamentos sob as

concentrações de ácido indolbutírico (AIB). Visto que, presumivelmente os teores endógenos das auxinas no interior dos tecidos eram menores, ou o nível de cofatores igualmente foi limitante. Estas são particularidades dos tecidos mais amadurecidos, que são adquiridos pelo fato de que as propriedades de maturidade se memorizam com o passar do tempo de acordo com as sucessivas divisões somáticas (HAISSIG et al., 1992; HEUSER, 1976; HACKET, 1993; HARTMAN et al., 2002).

Os benefícios do uso do AIB para a formação radicular em estacas têm sido amplamente relatado (MESÉN et al., 1997; PAN & TIAN, 1999), entretanto existem explicações onde o AIB tem apresentado ineficácia na indução de raízes (OFORI et al., 1996).

A ausência de resultado no enraizamento utilizando-se do AIB segundo Trewavas & Cleland (1983), pode ainda apontar para um alto teor na concentração de auxina na estaca, e ou baixa sensibilidade do tecido à existência do promotor. A diminuição da quantidade de primórdios inicializados pode ser influenciada pelo baixo teor de auxinas endógenas, considerando-se que a distância entre o local de elaboração das auxinas e ou o local de aplicação na estaca e a área de formação da raiz adventícia, provavelmente pela desdiferenciação do parênquima interfascicular em estacas em estágio primário de desenvolvimento e do cambium vascular para aquelas em estágio secundário, o que pode auxiliar no entendimento da região de origem das estacas no ramo, pois quanto mais apical mais nova serão os tecidos desta estaca e conseqüentemente mais primário os tecidos, exigindo a via morfogênica de desdiferenciação antes da indução rizogênica, o que não é necessário no estágio secundário, que apresenta as células cambiais já competentes (pluricompetência) à indução de raízes adventícias (ALMEIDA, 2015).

Estas causas provavelmente estão compreendidas na formação das raízes da espécie estudada.

4.3. 3º Experimento - Diferentes tipos de substrato e a região de origem da estaca no ramo da planta

Após 60 dias da implantação do terceiro experimento, foram avaliados os valores médios das variáveis sobrevivência, enraizamento e formação de tecidos calosos e apresentados na tabela 10. Não foram verificadas diferenças estatísticas para o efeito da interação das diferentes regiões de origem das estacas nos ramos da planta, entre os tipos de substratos utilizados, em relação ao percentual de sobrevivência, e também sobre a formação de raízes nas

estacas de *Ochroma pyramidale* ao longo do período avaliado. Apesar de haver resultados distintos nas interações dos tratamentos de substrato e regiões das estacas no ramo, quando se analisa a variável formação de tecidos calosos não foram verificadas diferenças estatísticas entre eles (Tabela 10).

Tabela 10. Efeito da interação de diferentes regiões de origem das estacas no ramo e diferentes tipos de substratos em relação ao percentual de sobrevivência, formação de raízes e formação de calosidades após 60 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.

Variáveis analisadas	Substratos	Regiões das estacas	
		Apicais	Medianas
Vivas	Areia	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
	Carolina II	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
	Fibra de Côco	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
	Vermiculita	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
Raiz	Areia	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
	Carolina II	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
	Fibra de Côco	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
	Vermiculita	1,00000 (00%) Aa	1,00000 (00%) Aa
Calos	Areia	1,00000 (00%) Aa	1,02361 (05%) Aa
	Carolina II	1,00000 (00%) Aa	1,04495 (10%) Aa
	Fibra de Côco	1,11179 (25%) Aa	1,02361 (05%) Aa
	Vermiculita	1,04721 (10%) Aa	1,00000 (00%) Aa

Médias de cinco repetições. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada tipo de substrato, e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre os substratos, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Conforme se pode verificar, a tabela 11 mostra a análise de variância para a variável calosidades no experimento 3, não apresentando diferença significativa para $p < 0,05$, tanto para o índice aferido de substrato quanto para o índice do tratamento de regiões de origem no ramo para confecção das estacas. Apesar de alguns tratamentos apresentarem resultados na formação de calosidades, como por exemplo, o tratamento com substrato de fibra de coco em interação com a estaca de origem da região apical do ramo de *Ochroma pyramidale* (25%), como se pode observar na figura 13.

Tabela 11. Análise de variância da variável formação de calosidade no experimento 3.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Região	1	0,002792	0,002792	0,539	0,4690
Substrato	3	0,018420	0,006140	1,185	0,3333
Região x Subs.	3	0,028665	0,009555	1,844	0,1621
Repetição	4	0,003964	0,000991	0,191	0,9409
Erro	28	0,145083	0,005182		
Total Corrigido	39	0,198924			
CV (%) =	6,98				
Média Geral:	1,0313956	Número de observações:	40		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

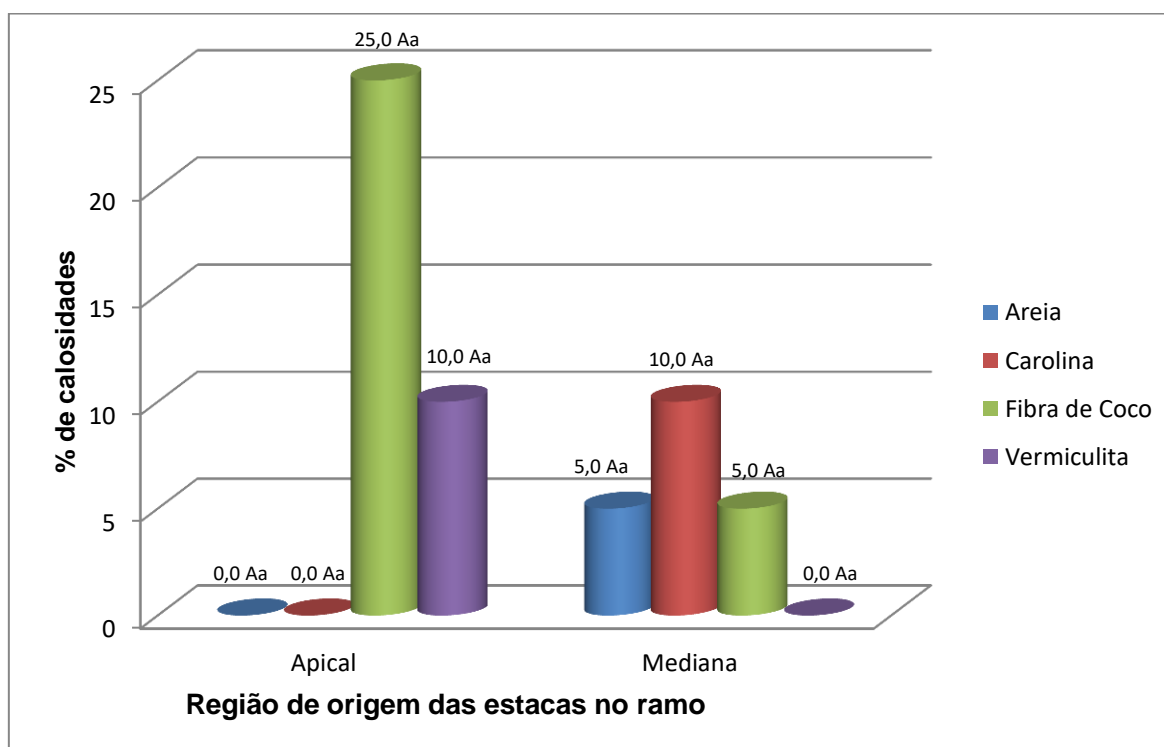


Figura 13. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de *Ochroma pyramidale* em função da região de origem da estaca em interação com diferentes tipos de substrato no experimento 3. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as regiões do ramo, para cada tipo de substrato, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de substratos, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor

Uma das propriedades físicas mais importantes para desenvolvimento de plantas em recipientes é a existência de uma boa aeração (BEARDSSELL et al., 1979). A água não é o único

fator necessário para o crescimento e desenvolvimento de estacas, não obstante o ar também é fator importante para a formação de raízes (VERDONCK et al., 1981). Desta forma, constata-se que a definição correta do substrato empregado na estaquia é de considerável importância. O substrato ideal para produção de mudas deve possibilitar uma manutenção de água em nível satisfatório e, em excesso de água (saturado), os espaços porosos ainda precisam existir em níveis adequados, para favorecer o provimento de oxigênio, imprescindível para a técnica de propagação (SMIDERLE & MINAMI, 2001).

Com relação às espécies que apresentam dificuldades para a indução e formação de raízes, o substrato exerce função importante na produção de estacas. O melhor substrato a ser selecionado é aquele que, mantém a água disposta pela irrigação por um período de tempo elevado, serve de sustentação para a estaca e proporciona um ambiente escuro aerado para a base da estaca, o que certamente irá influenciar a porcentagem de rizogênese, da mesma maneira sobre o tipo de raízes que serão criadas (HOFFMANN et al., 1996). Os substratos de alta qualidade devem conter, entre outras importantes propriedades, a inexistência de patógenos, abundância de nutrientes essenciais, estrutura e textura adequadas e ausência de plantas daninhas (ANTUNES et al., 2002; SILVA et al., 2001).

O fator densidade de um substrato possibilita dizer a respeito sobre outras propriedades como água disponível, porosidade e espaço de aeração. Dado que o crescimento da densidade diminui a porosidade e altera a relação ar/água presente no substrato (BUNT, 1983). Ballester-Olmos (1992), discorre que se busca, como característica principal de um substrato, uma baixa densidade, fundamentando um intervalo entre 100 a 800 kg.m⁻³.

Pasqual et al. (2001) reiteram que o substrato é um dos elementos de maior importância para a formação de raízes de estacas. Contudo Biasi & De Bona (2000) constataram em seus estudos que, para a estaquia de carqueja, os substratos não atuaram positivamente para a formação de raízes das estacas. Da mesma maneira que para o atoveran (*Ocimum selloi*), no qual os substratos a base de areia, substrato comercial e casca de arroz não provocaram aumento na rizogênese das estacas (COSTA et al., 2007). Pode-se observar que em outras espécies que não mostraram diferenças significativas quando se avaliou diferentes substratos utilizados, como por exemplo, *Ocimum gratissimum* (EHLERT et al., 2004), também outra espécie de carqueja *Baccharis trimera* (DE BONA et al., 2005), *Lippia alba* (BIASI & COSTA, 2003), além da erva-de-são-joão *Ageratum conyzoides* (MOMENTÉ et al., 2002).

O emprego como substrato da fibra de coco, conquanto, tem conduzido a resultados divergentes na produção de mudas. Lima et al. (2006), a título de exemplo, observaram que a mistura casca de arroz carbonizada e pó de coco, empregada como substrato, não colaborou de

maneira satisfatória para a produção de mudas de aceroleira com qualidade superior. Em contrapartida, a fibra de coco beneficiou o desenvolvimento de mudas de outras espécies (SILVEIRA et al., 2002), como por exemplo a espécie *Mimosa Caesalpiniaefolia* Benth (LACERDA et al., 2006).

A jaboticaba-sabará (*Myrciaria jaboticaba*) apresentou resultado de comprimento radicial maior em substratos com um grande espaço de aeração (PIO et al., 2005). De outro modo, estacas de *Chamaecyparis lawsoniana* expressaram, quando se utilizou tratamentos com substratos com baixa aeração, um maior comprimento de raízes (STUMPF et al., 1999). Sendo assim, pode-se constatar que as condições ideais para a formação de raízes variam de acordo com a espécie propagada, corroborando a hipótese de que não existe substrato universal que favoreça a formação de raízes.

De qualquer modo, os resultados das avaliações deste terceiro experimento sugerem que não existem relações entre a sobrevivência, à formação de raízes e a formação de tecidos calosos em *Ochroma pyramidale* em interação com os tipos diferentes de substratos testados.

4.4. 4º Experimento – Utilização de câmara úmida e diferentes concentrações de AIB

Após 45 dias da implantação do quarto experimento, os valores médios das variáveis sobrevivência, enraizamento e formação de tecidos calosos em interação com ambiente protegido com câmara úmida ou sem câmara úmida e diferentes concentrações de AIB, são apresentados na tabela 12. Resultados estatisticamente expressivos foram observados nas variáveis sobrevivência e enraizamento nas estacas de *Ochroma pyramidale*. Apesar de apresentar resultados positivos quanto à formação de tecidos calosos, neste experimento não se obteve diferenças significativas entre os diversos tratamentos ao longo do período avaliado.

Tabela 12. Efeito da interação de ambiente protegido ou não e a concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB) em relação ao percentual de sobrevivência, formação de raízes e formação de calosidades após 45 dias de estaqueamento. Dados transformados por raiz quadrada de $y+1,0-\sqrt{y+1,0}$.

Variáveis analisadas	Câmara Úmida.	Concentração de AIB (mg.L ⁻¹)			
		00,00	2000,00	4000,00	6000,00
Vivas	Sem	1,0922(20%)Cc	1,2639(60%)Ca	1,1803(40%)Cb	1,0922(20%)Cc
	Com	1,1180(25%)Cc	1,1803(40%)Cc	1,0921(20%)Cc	1,0922(20%)Cc
Calos	Sem	1,1750(40%)Aa	1,2639(60%)Aa	1,1803(40%)Aa	1,1727(40%)Aa
	Com	1,3367(80%)Aa	1,0882(20%)Aa	1,1727(40%)Aa	1,1727(40%)Aa
Raiz	Sem	1,0000(00%)Cc	1,0000(00%)Cc	1,0000(00%)Cc	1,0922(20%)Aa
	Com	1,0000(00%)Cc	1,0000(00%)Cc	1,0000(00%)Cc	1,0922(20%)Aa

Médias de cinco repetições. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente entre as concentrações de AIB, para cada tipo de proteção, e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre os tipos de proteção, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com a análise de variância para a característica sobrevivência (Tabela 13), somente houve significância entre diferentes concentrações de AIB aplicadas dentro do tratamento em que não existiu proteção com câmara úmida, onde o tratamento com AIB na concentração de 2000 mg.L⁻¹ (60%) foi maior que o tratamento com 4000 mg.L⁻¹ (40%), e este por sua vez foi maior que os outros dois tratamentos, 0,0 mg.L⁻¹ e 6000 mg.L⁻¹ (ambos com 20% de sobrevivência).

Tabela 13. Análise de variância da variável sobrevivência do experimento 4.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Proteção	1	0,013316	0,013316	1,932	0,1755
Concentração	3	0,102680	0,034227	4,965	0,0069
Prot x Conc	3	0,025292	0,008431	1,223	0,3197
Repetição	4	0,030027	0,007507	1,089	0,3810
Erro	28	0,193016	0,006893		
Total Corrigido	39	0,364330			
CV (%) =	7,29				
Média Geral:	1,1389213	Número de observações:	40		

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

Fachinello et al. (1994) indica que a desidratação é uma das principais justificativas para as mortes das estacas. As estacas preparadas em câmara úmida provavelmente mostraram resultados superiores devido à conservação da umidade relativa do ambiente, que é proporcionada neste tipo de tratamento.

Segundo PASQUAL et al. (2001), a umidade é um dos elementos externos de elevada importância e fundamental para a sobrevivência das estacas. Todavia, a sobrevivência pode ser influenciada por outros fatores, sendo eles intrínsecos, ou seja, relativos à própria planta, quanto também os extrínsecos, relacionados às condições ambientais (NORBERTO et al., 2001).

Já em relação ao ambiente de propagação, ficou nítido que não houve diferenças significativas, no quesito sobrevivência, entre as estacas que foram mantidas em câmara úmida (protegidas) com as que foram dispostas sem proteção (Figura 14). Diferentemente do que relatou Pio et al. (2003), estudo ao qual certificaram que estacas apicais de figueira confeccionadas dentro de casa-de-vegetação, proporcionaram resultados superiores em relação às estacas confeccionadas a pleno sol e em telados.

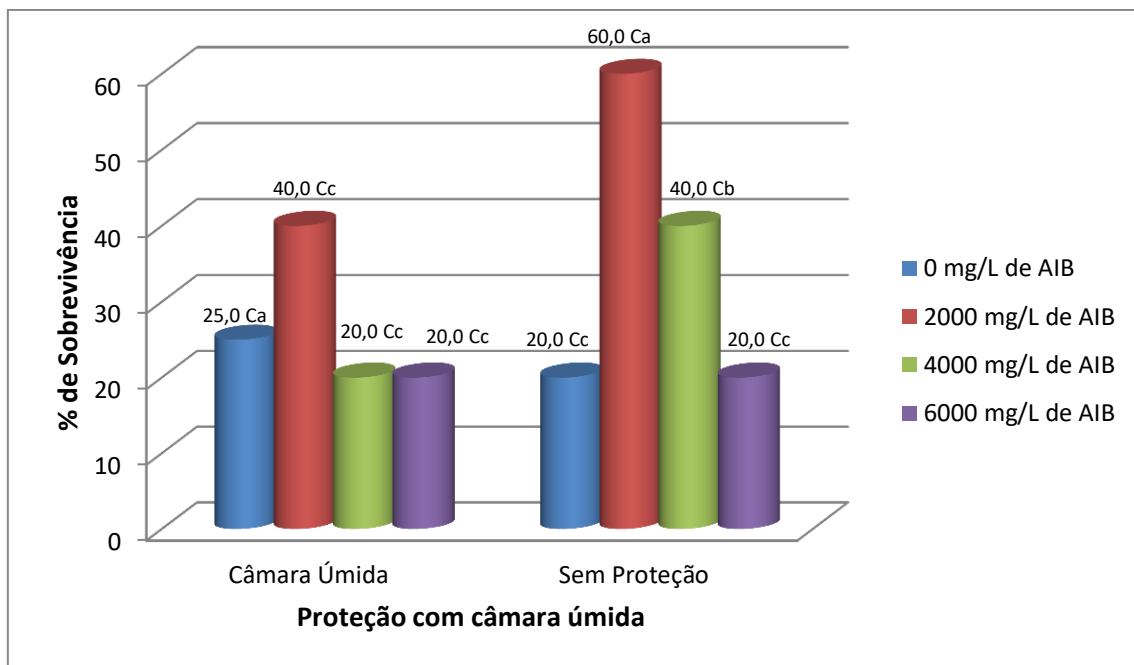


Figura 14. Porcentagem de sobrevivência em estacas de *Ochroma pyramidale* em função do uso de câmara úmida em interação com concentrações de AIB no experimento 4. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as concentrações de AIB, para cada tipo de proteção, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de proteção, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme se pode verificar, a tabela 14 mostra a análise de variância para a variável calosidades no experimento 4, não apresentando nela assim, uma diferença significativa para $p < 0,05$, tanto para o índice aferido de ambiente protegido com câmara úmida quanto para o índice do tratamento com diferentes concentrações de AIB aplicados na base das estacas. Apesar de todos os tratamentos apresentarem resultados positivos para a formação de calosidades nas estacas de *Ochroma pyramidale*.

Tabela 14. Análise de variância da variável calosidades do experimento 4.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Proteção	1	0,000295	0,000295	0,013	0,9103
Concentração	3	0,048970	0,016323	0,716	0,5509
Prot x Conc	3	0,142498	0,047499	2,082	0,1251
Repetição	4	0,019171	0,004793	0,210	0,9306
Erro	28	0,638653	0,022809		
Total Corrigido	39	0,849588			
CV (%) =	12,63				
Média Geral:	1,1953076	Número de observações:		40	

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

Na figura 15 pode-se conferir os tratamentos com ambiente protegido por câmara úmida, que apresentaram uma porcentagem de formação de calosidades de 40% em 3 tratamentos (0, 4000 e 6000 mg.L^{-1} de AIB) e 60% de formação de tecidos calosos no tratamento com a aplicação de 2000 mg.L^{-1} . Já os tratamentos sem o uso de câmara úmida apresentaram porcentagem de 40% de calosidades quando se aplicou 4000 e 6000 mg.L^{-1} de AIB, 20% quando se aplicou 2000 mg.L^{-1} de AIB e 80% quando não se utilizou AIB (Figura 16). Porém estes resultados não foram estatisticamente diferentes.

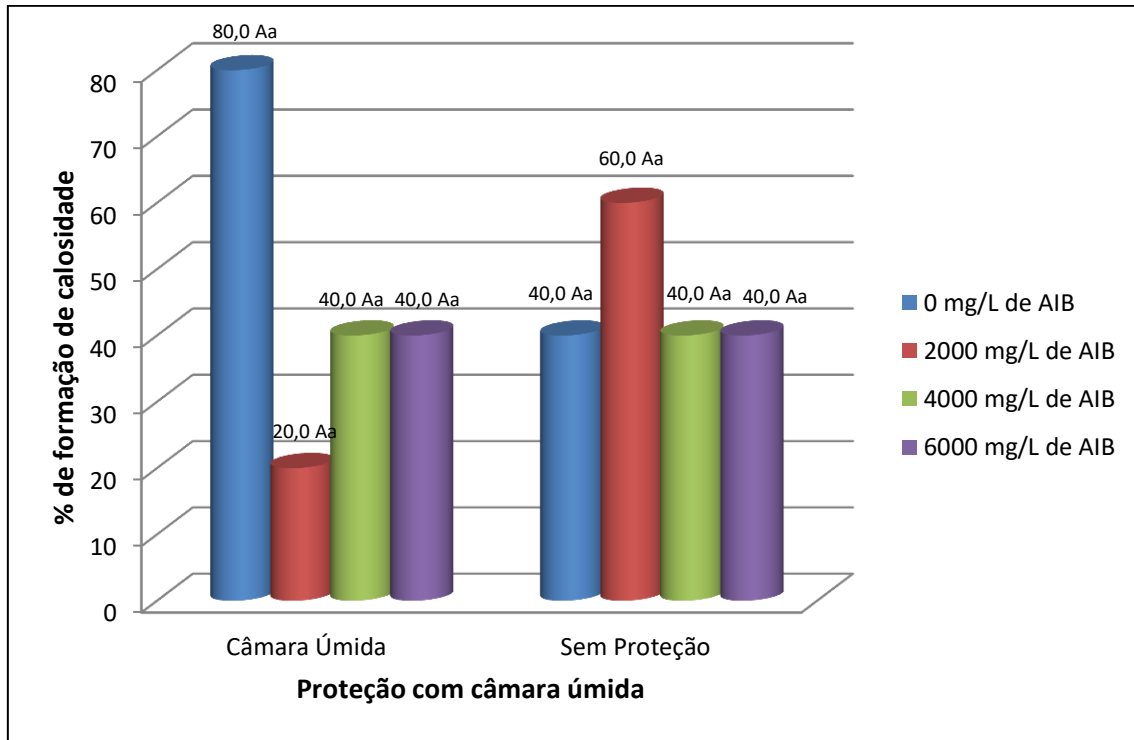


Figura 15. Porcentagem de formação de calosidades em estacas de *Ochroma pyramidale* em função do uso de câmara úmida em interação com concentrações de AIB no experimento 4. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as concentrações de AIB, para cada tipo de proteção, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de proteção, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Elaborada pelo autor

Na avaliação de formação de tecidos calosos no experimento 4, todos os tratamentos apresentaram resultados positivos, tanto os tratamentos em ambiente protegido com câmara úmida, que apresentaram resultados mais homogêneos, como nos tratamentos sem a utilização de câmara úmida, onde os resultados mais heterogêneos, em comparação aos primeiros (Figura 16).



Figura 16. Estacas de *O. pyramidale* evidenciando a formação de calosidades – Experimento 4.

Fonte: Elaborada pelo autor

A tabela 15 apresenta a análise de variância para a variável enraizamento no experimento 4, onde se pode constatar uma diferença significativa ($p < 0,05$) para o índice aferido de concentrações de Ácido Indolbutírico (AIB).

Tabela 15. Análise de variância da variável enraizamento para o experimento 4.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Proteção	1	0,000000E+000	0,00000E+0000	0,000	0,9975
Concentração	3	0,063705	0,021235	8,898	0,0003
Prot x Conc	3	-6,938893E-018	-2,31296E-0018	-0,000	1,0000
Repetição	4	0,004991	0,001248	0,523	0,7197
Erro	28	0,066819	0,002386		
Total Corrigido	39	0,135514			
CV (%) =	4,78				
Média Geral:	1,0230406	Número de observações:		40	

Transformação: Raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y+1,0)$

O enraizamento das estacas de *O. pyramidale*, foi estatisticamente maior, entre as estacas que foram tratadas com AIB em concentração de 6000 mg.L^{-1} (20%) em comparação aos outros

tratamentos (0%), tanto para os tratamentos com proteção (utilização de câmara úmida), como também sem proteção, sem a utilização de câmara úmida (Figura 17).

A competência de uma estaca para a emissão de raízes está diretamente ligada a fatores endógenos e exógenos (FACHINELLO et al., 1995). Para os seguintes autores, o desenvolvimento de raízes adventícias está relacionado à interação dos mesmos fatores, especialmente, o deslocamento de substâncias presentes nas gemas, onde substâncias hormonais são essencialmente produzidas, e translocadas para outras regiões da estaca via floema. Esses metabolitos comandam a divisão celular nos demais tecidos da estaca, tendo o potencial de ser limitantes ou em contra partida, estimuladores nos processos fisiológicos, como, por exemplo, a formação de raízes (TORREY, 1996).

Andersen (1986) discorre que a água e a temperatura são os elementos externos que requerem atenção especial quando se trata de propagação de plantas por estaquia. O fato de a água ser necessária para as estacas formarem raízes, relaciona-se as circunstâncias de que, quando são colocadas no substrato para enraizar, até aquele momento não dispõe de raízes e, conseqüentemente, não têm como absorver água suficientemente para compensar a transpiração e o crescimento de novas brotações (JANICK, 1966).

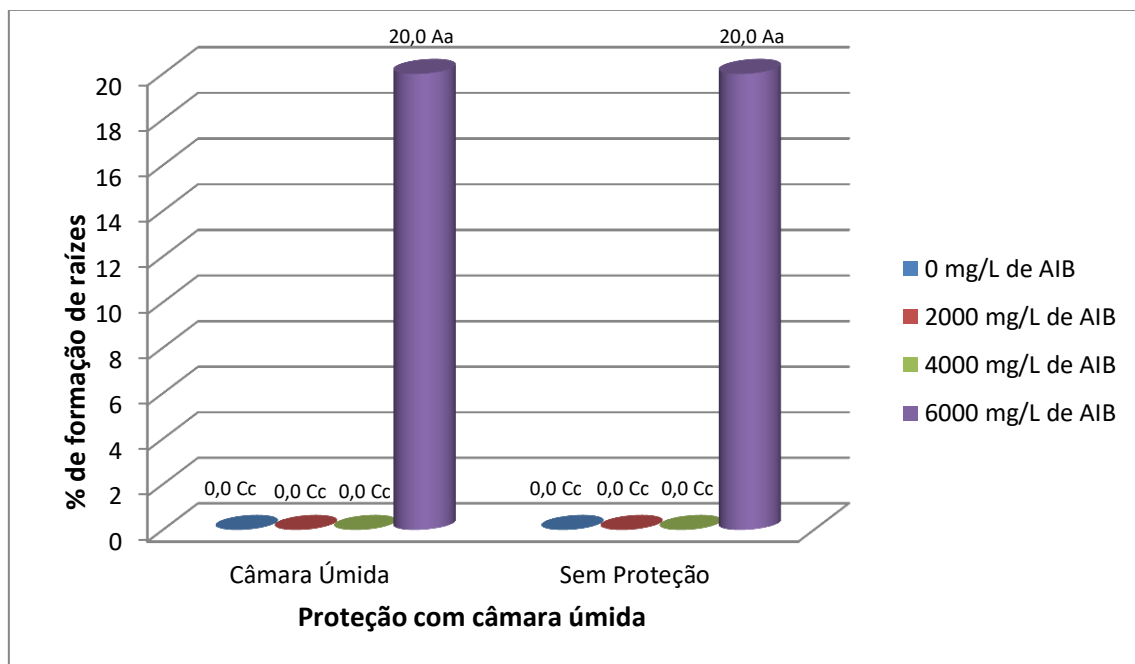


Figura 17. Porcentagem de formação de raízes em estacas de *Ochroma pyramidale* em função do uso de câmara úmida em interação com concentrações de AIB no experimento 4. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem significativamente entre as concentrações de AIB, para cada tipo de proteção, e mesma letra minúscula não diferem entre os tipos de proteção, para cada variável analisada, pelo teste de Tukey a 5%.

Pio et al. (2004) alcançaram um aumento de 12,39% em estacas apicais de figueira enraizadas, na formação de raízes, com a aplicação de AIB a uma concentração de 2000 mg.L⁻¹, relativamente ao tratamento sem o uso de AIB. Este acontecimento deve estar relacionado com o teor de auxina endógena nas estacas encontrar-se em níveis já favoráveis a formação de raízes, sendo assim o emprego exógeno de AIB não proporcionou acréscimos altamente significativos.

Somente quando se mede a aplicação de AIB, pode-se concluir que aumentou a formação de raízes nas estacas de *O. pyramidale* (Figura 18). Este desempenho pode ser explicado pela atividade das auxinas no alongamento e também na divisão celular nos tecidos meristemáticos, podendo ainda incrementar a concentração de reservas ao enraizamento (BLAKESLEY et al, 1991).



Figura 18. Estacas de *Ochroma pyramidale* com formação de raízes – Experimento 4.

Fonte: Elaborada pelo autor

Hartmann et al. (2002), indica que é de elevada importância o uso correto dos teores de fitorreguladores que são utilizadas nas estacas, uma vez que o nível ideal de concentração de fitorreguladores varia de acordo com a espécie que se tem interesse. Para diversas espécies, constata-se que a formação de raízes somente é possível quando é feito o uso de fitorreguladores na base das estacas (ROSA, 1993), entretanto, em alguns casos há espécies em que o uso destes fitorreguladores podem coibir a formação de raízes (GRZYB, 1975; PHIPPS et al., 1977).

Almeida et al. (2008) constatou que a câmara úmida propiciou a formação de raízes em 98% das estacas em seu estudo com mini-ixora (*Ixora coccínea*). Confrontando-se com os outros tratamentos, verificou-se que as estacas colocadas em estufa de nebulização intermitente mostraram resultado de 66% de formação de raízes e o outro tratamento que contava com um enraizador tradicional (frequentemente usado pelos viveiristas de mini-ixora) apresentou resultado de somente 10% das estacas com formação de raízes.

Brondani et al. (2007) também estudando o efeito do ambiente para a rizogênese de miniestacas de erva-mate, constataram que o ambiente automatizado com o controle de umidade (>80%) e também da temperatura ($\leq 30^{\circ}$ C) possibilitaram chegar aos melhores percentuais de formação de raízes, sendo maior que ao ambiente onde não houve controle destes fatores. No entanto, no presente experimento, não se chegou a um resultado similar, pois a presença ou não de ambiente controlado, não conduziu a diferenças significativas.

De forma geral, quando se aplica o AIB na base das estacas, o mesmo se liga a receptores celulares específicos, denominados de proteínas ligantes às auxinas (NAPIER et al, 2002). Pesquisas mostram que a interação dos dois é responsável pela ativação de fatores de resposta ao fitorregulador (KELLEY e RIECHERS, 2007). No presente experimento, a presença de estacas enraizadas pode ser relacionada ao acionamento de fatores de resposta e, como resultado a expressão de genes que estão ligados à formação de raízes.

5. CONCLUSÃO

1. A sobrevivência das estacas mostrou-se maior entre aquelas de diâmetros médios e grossos (de 1 a 2 cm de diâmetro) e entre as estacas originárias da parte basal do ramo. Quanto ao uso de AIB, os maiores índices de sobrevivência são apresentados quando se aplica 1000 mg.L⁻¹ de AIB, e também sem o uso de ambiente protegido por câmara úmida.
2. A formação de tecidos calosos, similarmente a sobrevivência, também é maior entre as estacas de diâmetros médios e grossos (de 1 a 2 cm de diâmetro) e entre as estacas originárias da parte basal do ramo. Quanto ao uso de AIB, os maiores índices de sobrevivência são apresentados quando não se aplica AIB e também quando se aplica 1000 e 4000 mg.L⁻¹ de AIB.
3. A formação de raízes nas estacas de *Ochroma pyramidale* ocorreu com a aplicação de 6000 mg.L⁻¹ de AIB.
4. A utilização de AIB na concentração de 2000 mg.L⁻¹ representou o pior tratamento em relação a sobrevivência e/ou formação de calosidades em estacas de *Ochroma pyramidale*.

REFERÊNCIAS

- AGROSOFT. *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lamb) Urban. Balso. Medellín: Agrosoft, 2000. 11p.
- ALFENAS, A.C.; DEMUNER, N.L.; SILVA, A.R. Resistência de *Cylindrocladium scoparium*, agente etiológico de podridão de estacas de *Eucalyptus sp.* a benomyl. Fitopatologia Brasileira, Viçosa, v. 12, n.2, p. 234, 1987.
- _____. Benomyl resistant strain of *Cylindrocladium scoparium* causal agent of cutting rot of *Eucalyptus grandis* in Brazil. ISPP. Chemical Control Newsletter, Califórnia, v. 10, p. 23- 25, 1988.
- ALFENAS, A.C.; ZAURA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. Clonagem e doenças do eucalipto. Viçosa: UFV, 2004. 422p.
- _____. Clonagem e Doenças do Eucalipto. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV. 2009. 500p.
- ALMEIDA, F.D. Propagação vegetativa de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia e miniestaquia. 2006. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- ALMEIDA, E. F. A.; LUZ, P. B.; LESSA, M. A.; PAIVA P. D. de O.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; OLIVEIRA, M. V. C. de. Diferentes substratos e ambientes para enraizamento de mini-ixora (*Ixora coccinea* COMPACTA). Ciênc. agrotec., Lavras, v. 32, n. 5, p. 1449-1453, set./out., 2008.
- ALMEIDA, M.; GRANER, E. M.; BRONDANI, G. E.; OLIVEIRA, L. S.; ARTIOLE, F.; ALMEIDA, L. V.; LEONE, G. F.; BACCARIN, F. J. B.; ANTONELLI, P. O.; CORDEIRO, G. M.; OBERSCHELP, G. P. J.; BATAGIN-PIOTTO, K. D. Plant morphogenesis: theoretical bases. Advances Forest Science, Cuiabá, v. 2, p. 13-22, 2015.
- ALMEIDA, M.; ALMEIDA, C. V.; GRANER, E. M.; BRONDANI, G. E.; ABREU-TARAZI, M. F. Pre-procambial cells are niches for pluripotent and totipotent stem-like cells for organogenesis and somatic embryogenesis in the peach palm: a histological study. Plant Cell Reports (Print), v. 31, p. 10.1007/s00299-, 2012
- ALMEIDA, M. de. Morfologia do caule de plantas com sementes. [S.l: s.n.], 2014. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/morfologia_caule.pdf

- ALONSO, M.; ROZADOS, M.J.; VEGA, J.A.; ÉREZGOROSTIAGA, P.; CUIÑAS, P.; FONTÚRBEL, M.T.; FERNÁNDEZ, C. Biochemical responses of *Pinus pinaster* trees to fire-induced trunk girdling and crown scorch: secondary metabolites and pigments as needle chemical indicators. *Journal of Chemical Ecology*, Pontevedra, v. 28, n. 4, p. 687-700, 2002.
- ANDRADE, E.N. de. O eucalipto. 2. ed. São Paulo: FAO, 1961. 118 p.
- ALVES, S.T. Estudos sobre o pau-de-balsa (AM) *Ochroma pyramidale* (Cav.) Urb. Bombacaceae. *Silvicultura em São Paulo*. São Paulo, v.16-A, n.2, p.981-987, 1982.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPADOVEK, G.: Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 22, No. 6, 711–728, 2014.
- ALVINO, F. de O.; RAYOL, B.P. Efeito de diferentes substratos na germinação de *Ochroma pyramidale*.(Cav. Ex Lam.) Urb. (Bombacaceae). *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.17, n.1, p.71-75, 2007.
- ANDERSEN, A. S. Enviomental influences on adventitious rooting in cuttings of now-woody species. In: JACKSON, M. B. (Ed.). *New root formation in plants and cuttings*. London: M. Nijhoff, 1986. p. 223-254.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (2016), «An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181p.
- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; BUENO, S. C. S.; MINAMI, K. Tratamento de substratos na produção de mudas de plantas frutíferas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 23, n. 216, p. 16-20, 2002.
- ASSIS, T.F. Melhoramento genético do eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.
- _____. Propagação vegetativa de *Eucalyptus sp.* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OS EUCALYPTS, 1997, Salvador. *Proceeding*. Colombo: EMBRAPA, 1997. v. 1, p. 300-304.
- ASSIS, T.F.; TEIXEIRA, S.L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. (Ed.). *Cultura de tecidos e transformações genéticas de plantas*. Brasília: EMBRAPA, 1998. v. 1, p. 261-296.
- BACCARIN, F. J. B. Métodos para resgate, conservação e multiplicação em larga escala de matrizes de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage. *Dissertação (Mestrado)*. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 77 p, 2012.

- BALLESTER-OLMOS, J.F. Substrato para el cultivo de plantas ornamentales. Valencia Instituto valenciano de Investigaciones Agrarias, 1992. 44p. (hojas Divulgadoras, 11).
- BARBOSA, A.P.; CAMPOS, M.A.A.; SAMPAIO, P. de T.B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C. de Q.B. O crescimento de duas espécies pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma logopus* Sw.) e caroba (*Jacarandá copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazônica*, Manaus, v.33, n.3, p.477-482, 2003.
- BARBOSA, A.P.; SAMPAIO, P. de T.B.; CAMPOS, M.A.A.; VARELLA, V.P.; GONÇALVES, C. de Q.B.; IIDA, S. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma logopus* Sw., Bombacaceae). *Acta Amazônica*, Manaus, v.34, n.1, p.107-110, 2004.
- BARROSO, G. M.; GUIMARÃES, E. F.; ICHASO, C. L. F.; COSTA, C. G. & PEIXOTO, A. L. Sistemática de Angiosperma do Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1978. 255p.
- BLAKESLEY, D. et al. The role of endogenous auxin in root initiation. *Plant Growth Regulation*, v.10, p.341-353, 1991.
- BEARDSELL, D. V.; NICHOLS, D. G.; JONES, D. L. Physical properties of nursery potting-mixtures. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 11, p. 1-8, 1979.
- BETANCOURT BARROSO, A. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. La Habana: Científico-Técnica, 1987. p. 241-250.
- BIASI, L.A.; DE BONA, C.M. Propagação de carqueja (*Baccharis trimera* (Less.) A.P. de Candolle) por meio de estaquia. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 2, n. 2, p. 37-43, 2000.
- BIASI, L.A.; COSTA, G. Propagação vegetativa de *Lippia alba*. *Ciência Rural*, v.33, n.3, p.455-459, 2003.
- BISSE, J. Árboles de Cuba. La Habana: Científico-Técnica, 1988. p.85.
- BOLIANI, A.C. Efeitos do estiolamento basal, da juvenildade e do uso de um regulador vegetal no enraizamento de estacas de raízes e de ramos herbáceos de algumas espécies frutíferas. 1986. 121 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1986.
- BRONDANI, G.E., ARAUJO, M.A., WENDLING, I., KRATZ, D. Enraizamento de miniestacas de erva-mate sob diferentes ambientes. *Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, 57:29-38. 2008.
- BUNT, A.C, Physical properties of mixtures of peats and mineral of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta Horticulturae*, n.150, p.143-153.1983.
- CALDEIRA, S.F. Arranjos espaciais em diferentes tipos de solo para plantio homogêneo de pau-de-balsa, *Ochroma pyramidale*. Cuiabá: FENF.UFMT, 2005. 5p. Projeto de pesquisa.

- _____. Desbaste em plantio homogêneo de pau-de-balsa, *Ochroma pyramidale*. Cuiabá: FENF-UFMT, 2004. 4p. Projeto de pesquisa.
- CALDEIRA, S.F.; FROZI, T. Desenvolvimento de *Melia azedarach* e *Ochroma pyramidale* em Nossa Senhora do Livramento, MT, Brasil. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS FORESTALES, 3. Pinar del Rio, Cuba, 21 - 23 abr., 2004. Memórias... Pinar del Rio: Universidade de Pinar del Rio, 2004. CD-ROM.
- CAMPINHOS, E.; IKEMORI, Y. I. Produção de propágulos vegetativos (por enraizamento de estacas) de *Eucalyptus spp.* em viveiro: Aracruz: Aracruz Florestal, 1983. 16p.
- CARDENAS, J.D.R. Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis.1.ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000. 405p.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies Arbóreas Brasileiras. Brasília-DF: EMBRAPA Informativo Tecnológico; Colombo; EMBRAPA FLORESTAL, 2010, 644p
- COSTA, ANDREA S.; ARRIGONI-BLANC, M. D. F.; BLANK, ARIE F.; MMENDONÇA, A. B. de; AMANCIO, VERONICA F.; LEDO, ANA da S. Estabelecimento de alecrim-pimenta *in vitro*. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 25, n. 1, p. 68-72, jan/mar, 2007.
- CIFLORESTAS. Pau de balsa (*Ochroma pyramidale*). Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?tit=pau-de-balsa_plantado_em_mt_e_usado_para_confeccao_de_moveis_no_parana&id=1766>. Acesso em: 23 jan. 2016.
- COSTA, L.C.B. et al. Comprimento da estaca e tipo de substrato na propagação vegetativa de atoveran. Ciência Rural, v.37, n.4. 2007.
- COSTA, MÁIRA B. T. da; LUIZ, M. F.; VIEIRA, M. do C.; ARRUDA, A. da S. Análise da germinação *in vitro* da semente de pau-de-balsa em diferentes concentrações de meio MS e Sacarose. II Congresso de ensino Pesquisa e Extensão da UEG, Pirenópolis, 2015.
- CRONQUIST, A.. An integrated system of classification of flowering plants. New York: Columbia University Press, 1981. 1262 p.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; XAVIER, A.; OTONI, W C.. Papel da Nutrição Mineral na Formação de Raízes Adventícias em Plantas Lenhosas. Pesquisa Florestal Brasileiro, n58, p. 35-47, 2009.
- DE BONA, C.M. et al. Estaquia de três espécies de *Baccharis*. Ciência Rural, v.35, n.1, p.223-226, 2005.
- DE KLERK, G. J. *et al.*.. Review the formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, v.35, p.189-199, 1999.
- EHLERT, P.A.D. et al. Propagação vegetativa da alfavaca cravo utilizando diferentes tipos de estacas e substratos. Horticultura Brasileira, v.22, n1, p. 10-13, 2004

- FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Pelotas: UFPel, 1994. 179 p.
- _____. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. 2 ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178p.
- FAIVRE-RAMPANT, O. et al. Cuttings of the non-rooting rac tobacco mutante overaccumulate phenolic compounds. *Functional Plant Biology*, v.29, p.63-71, 2002.
- FERREIRA, D. F. Sisvar - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.
- FERREIRA, M. E.; CALDAS, L. S.; PEREIRA, E. A. Aplicação da cultura de tecidos no melhoramento genético de plantas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: EMBRAPASPI/EMBRAPA-CNPH, v. 1, 1998. p. 45-68.
- FLORES, A. V.; REINIGER, LIA R. S.; CURTI, A. R. et al. Estabelecimento e multiplicação *in vitro* de *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 175-182, 2011.
- FONTANIER, E.J.; JONKERS, H. Juvenility and maturity of plants as influenced by their ontogenetical and physiological aging. *Acta Horticulturae*, The Hague, v.56, n.1, p.37-44, May 1976.
- FRANCIS, J.K. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. New Orleans: USDA-FSSouthern Forest Experiment, 1991. 6p.
- FRASSETTO, E.G. Enraizamento adventício de estacas de *Sebastiania schottiana* Müll. Arg. 2007. 132p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- GAMBORG, O. L. Callus and cell culture. *Biotechnology. Milestones. In vitro Cellular e Developmental Biology-plant*, Columbia, v. 38, p. 84-92, 2002.
- GEORGE, E. F.; SHERRINGTON, P. D. Plant propagation by tissue culture Eversley: Eastern Press, 1984. 709p.
- GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPH, v. 1, 1998. p. 183-260.
- GRZYB, Z. S. The effect of growth substances on the rooting of softwood cuttings of plum rootstock. *Fruit Science Reports*, Skierniewice, v. 2, n. 4, p. 33-44, 1975.

- HACKETT, W.P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T.D.; HAISSIG, B.E.; SANKHLA, N. Adventitious root formation in cuttings. Portland: Dioscorides Press, 1988. p. 11-28. (Advances in Plant Sciences Series, 2).
- HACKETT, W.P., MURRAY, J.R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M.R. Micropropagation of woody plants. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 93 - 105.
- HAISSIG, B. E.; DAVIS, T. D.; RIEMENSCHNEIDER, D. E. Researching the controls of adventitious rooting. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.84, p.310-317, 1992.
- HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. Plant propagation: principles and practices. 6th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 770 p.
- _____. Plant propagation: principles and practices. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.
- HEUSER, C.W. Juvenility and rooting cofactors. *Acta Horticulturae*, The Hague, v.56, n.1, p.251-261, May 1976.
- HOFFMANN, A.; CHALFUN, N. N. J.; ANTUNES, L. E. C.; RAMOS, J. D.; PASQUAL, M.; SILVA, C. R. de R. e. Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 319 p.
- HUECK, H. As florestas da América do Sul. São Paulo: Polígono, 1972. 282p.
- IUCN. 2006 IUCN Red List of threatened species. Switzerland: IUCN, 2006. Disponível em: . Acesso em 23 Jan 2007.
- JANICK, J. A. A ciência da horticultura. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1966. 485 p.
- JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P. de; VILLA, F.; PASQUAL, M; CARVALHO. M. Desenvolvimento *in vitro* de brotações de cafeeiro em diferentes meios de cultura e reguladores de crescimento de planta. *Scientia Agraria*, v. 11, n. 6, p. 431-436, nov/dez, 2010.
- KELLEY, K. B.; RIECHERS, D. E. Recent developments in auxin biology and new opportunities for auxinic herbicide research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v.89, p.1-11, 2007.
- LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BARRETO, L. P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). *Revista Árvore*, Viçosa: MG, v.30, n.2, p.163-170, 2006.
- LAMPRECHT, H. Ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. In: *Silvicultura nos trópicos*. Rossdorf: TZ-Verl.-Ges., 1990. p.302-304.

- LEON, P.; SHEEN, J. Sugar and hormone connections. *Trends in Plant Science*, v.8, p.110- 116, 2003.
- LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. L.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. M. Volume de recipientes e composição de substratos para produção de mudas de mamoneira. *Ciênc. Agrotec.*, Lavras: MG, v.30, n.3, p.480-486, maio/jun. 2006.
- LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E.P. da; VIEIRA A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENO, P. L. de L. Características de solo sobre cultivo de Castanheira (*Bertholletia excelsa* H.B.K) em Porto Velho, Rondônia, Brasil. Porto Velho: Edufro, 2003, 9p.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 352p.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. Vol. 1.
- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. 1968. Catálogo das madeiras da Amazônia., Belém, SUDAM, v.1: p.167-168
- LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F. da; ALENCAR, J. da C. Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: INPA, 1979. Vol. II. p.83-85.
- LOSS, A. et al. Indução do enraizamento em estacas de *Malvaviscus arboreus* Cav. com diferentes concentrações de ácido indol butírico (AIB), *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 31, n. 2, p. 269-273, 2009
- LYTOVCHENKO, A. et al. The complex network of non-cellulosic carbohydrate metabolism. *Current Opinion in Plant Biology Physiology and Metabolism*, v.10, p.227- 235, 2007.
- MESÉN, F.; NEWTON, A.C.; LEAKEY, R.R.B. Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.92, n.1-3, p.45-54, May 1997.
- MOMENTÉ, V.G. et al. Propagação vegetativa por estaquia de mentrasto em diferentes substratos. *Revista Ciência Agronômica*, v.33, n.2, p.5-12, 2002.
- MONFORT, L. E. F.; ALVARENGA, I. C. A.; MOREIRA, C. M.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; ANDRADE, H. B. DE. Desenvolvimento *in vitro* de *Ocimum selloi* em diferentes variações do meio de cultivo MS. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 2, p. 4692-4697, 2011.
- NAPIER, R. M. et al. A short history of auxin-binding proteins. *Plant Molecular Biology*, v.49, p.339-348, 2002.
- NEMETH, G. I. Induction of rooting In: BAJAJ, Y. P. S. *Biotechnology agriculture and forestry* Berlin: Springer-Verlag, 1986. p.49-64.

- NORBERTO, P. M.; CHALFUN, N. N. J.; PASQUAL, M. et al. Efeito da época de estaquia e do AIB no enraizamento de estacas de figueira (*Ficus carica* L.). Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 25, n. 3, p. 533-541, maio/jun. 2001.
- OFORI, D.A.; NEWTON, A.C.; LEAKEY, R.R.B.; GRACE, J. Vegetative propagation of *Milicia excelsa* by leafy stem cutting: effects of auxin concentration, leaf area and rooting medium. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v.84, n.1-3, p.39-48, Aug. 1996.
- PÁEZ, A. et al. Water stress and clipping management effects on guinea grass: Growth and biomass allocation. Agronomy Journal, v.87, p.698-706, 1995. NÓBREGA, J. Q. et al. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, p.437-443, 2001.
- PACHECO, J. P. 2007. Estaquia de *Luebea divaricata* Mart. (açoita-cavalo). (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 84 p.
- PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. Propagação vegetativa de espécies florestais. Viçosa, MG: UFV, 1995
- PAN, R.; TIAN, X.S. Comparative effect of IBA, BSAA and 5,6-CI2-IAA-Me on the rooting of hypocotyl in mung bean. Journal of Plant Growth Regulation, New York, v.27, n.3, p.91-98, Dec. 1999.
- PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D. et al. Fruticultura comercial: Propagação de plantas frutíferas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 137 p.
- PAULA, L. A.; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. 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.
- PEREIRA, L. A.; PINTO SOBRINHO, F. A.; COSTA NETO, S. V. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na reserva de desenvolvimento sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. Revista Floresta, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 113-122, 2011.
- PINTO, A.M.; INOUE, M.T.; NOGUEIRA, A.C. Conservação e vigor de sementes de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*). Acta Amazônica, Manaus, v.34, n.2, p.233-236, 2004.
- PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P.; VISIOLI, E. L.; TOMASETTO, F.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D. Enraizamento de estacas apicais de figueira em diferentes acondicionamentos e ambientes distintos. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 9, n. 4, p. 357-360, out./dez. 2003.

- PIO, R.; RAMOS, J. D.; CHALFUN, N. N. J.; COELHO, J. H. C.; GONTIJO, T. C. A.; CARRIJO, E. P.; VILLA, F. Enraizamento adventício de estacas apicais de figueira e desenvolvimento inicial das plantas no campo. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 28, n. 1, p. 215-221, jan./fev. 2004.
- PHIPPS, H. M.; BELTON, D. A.; NETZER, D. A. Propagating of some *Populus* clones for tree plantations. *The Plant Propagator*, [S.l.], v. 23, p. 8-11, 1977.
- RAPAKA, V. K. et al. Diurnal carbohydrate dynamics affect postharvest ethylene responsiveness in portulaca (*Portulaca grandiflora* 'Yubi Deep Rose') unrooted cuttings. *Postharvest Biology and Technology*, v.44, p.293-299, 2007.
- REVILLA, J. Plantas da amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis. Manaus: INPA/SEBRAE, 2001. p.335-338.
- RIZZINNI, C.T. 1978. Árvores e madeiras úteis do Brasil, manual de dendrologia brasileira. São Paulo, Blücher. 296p.
- RIZZINNI, C.T.; MORS, W.B. Botânica econômica brasileira. São Paulo: EPUED-USP, 1976. p.133.
- ROSA, L. S. Influência de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico e do tamanho da estaca na formação de raízes adventícias em *Carapa guianensis* Aubl. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v. 2, p. 432-434.
- SILVA, R. P. da; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 377-381, 2001.
- SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, V. J. L. B.; GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; MESQUITA, J. C. P. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.2, p.211-216, jun. 2002.
- SMIDERLE, O. S.; MINAMI, K. Emergência e vigor de plântulas de goiabeira em diferentes substratos. *Revista Científica Rural*, Bagé, v. 6, n. 1, p. 38-45, 2001.
- SOUSA, A. S.; COSTA, M. A. P. C.; SANTOS-SEREJO, J. A.; JUNGHANS, T. G.; SOUZA, F. V. D. Introdução à cultura de tecidos de plantas. In: SOUSA, A. S.; JUNGHANS, T. G. Introdução à micropropagação de plantas, Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p.11-37.
- SUZUKI, R.M.; ALMEIDA, V. de; PESCADOR, R; FERREIRA, D.M. Germinação e crescimento *in vitro* de *Cattleya bicolor* Lindley (Orchidaceae). *Hoenea*. Água Funda. V. 37, p 371-382, dez, 2010.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- THOMPSON, D.S. Space and time in the plant cell wall: relationships between cell type, cell wall rheology and cell function. *Annals of Botany, London*, v. 101, p. 203-211, 2008
- TREWAVAS, A.J.; CLELAND, R.E. Is plant development regulated by changes and the concentration of growth substances or by changes in the sensitivity to growth substances? *Trends in Biochemical Sciences, Amsterdam*, v.8, n.10, p.354-357, Oct. 1983.
- TROBEC, M. et al... Fluctuations of different endogenous phenolic compounds and cinnamic acid in the first days of the rooting process of cherry rootstock 'GiSelA 5' leafy cuttings. *Journal of Plant Physiology*, v.162, p.589-597, 2005.
- TORREY, J. G. Endogenous and exogenous influences on the regulation of lateral root formation. In: JACKSON, M. B. (Ed.). *New root formation in plants and cuttings*. Dordrecht: M. Nijhoff, 1996. p. 31-66.
- WEIRICH, N. E. Diretrizes técnicas para o cultivo de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale*) no Estado do Mato Grosso. Cuiabá. SEDER-MT, 2008, 22p.
- WENDLING, I. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus spp.* por miniestaquia. 1999. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.
- WENDLING, I.; PAIVA, H.N. de; GONÇALVES, W. Técnicas de produção de mudas de plantas ornamentais. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 223 p. (Coleção Jardinagem e Paisagismo, Série Produção de Mudas Ornamentais, 3).
- WENDLING, I.; FERRIANI, A.P. ; BIASSIO, A. ; HEBERLE, M. Miniestacas de origem juvenil e adulta e concentrações de ácido indolbutírico na miniestaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, REUNIÓN TÉCNICA DE LA YERBA MATE, 4.; EXPOSICIÓN DE AGRONEGOCIOS DE LA YERBA MATE, 2., 2006, Misiones. Anais... Posadas: Instituto Nacional de la Yerba Mate, 2006. v. 1, p. 189-193.
- VARELA, V.P.; FERRAZ, I.D.K. Germinação de sementes de pau-de-balsa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.26, n.10, p.1685-1689, 1991.
- VÁZQUES-YANES, C. Estudios sobre la germinación de semilla de *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba*, v.24, n.2, p.176-179, 1974.
- VÁZQUES-YANES, C.; PÉREZ-GARCIA, B. Notas sobre la morfología e anatomía de la testa de las semillas de *Ochroma lagopus* Sw. *Turrialba*, v.26, n.3, p.310-311, 1976.
- VEIERSKOV, B. Relations between carbohydrates and adventitious root formation In: WASSNER, D.; RAVETTA, D. Vegetative propagation of *Grindelia chiloensis* (Asteraceae). *Industrial Crops and Products*, v.11, p.7-10, 2000.

- VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; BOODT, M. de. The influence of the substrate to plant growth. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 126, p. 251-258, 1981.
- VIEIRA, A.H.; LOCATELLI, M. Pau-de-balsa. Porto Velho: EMBRAPA, 2006, 1p. Disponível em: Acesso em: 14 Jan 2007.
- ZUZARTE, M.R.; DINIS, A.M.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L.R.; CANHOTO, J.M. trichomes, essential oil and *in vitro* propagation of *Lavandula pedunculata* (Lamiaceae). *Industrial crops and products*. V. 32. P 580-587, 2010.
- XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.
- XAVIER, A.; SANTOS, G.A. Clonagem em espécies florestais nativas. In: ROCHA, M.G.B. *Melhoramento de espécies arbóreas nativas*. Belo Horizonte: IEF, 2002. p. 29-40.
- XAVIER, A.; OTONI, W.C.; PENCHEL, R.M. Micropropagação e enxertia *in vitro* de espécies florestais. In: BORÉM, A. (Ed.). *Biotecnologia florestal*. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 55-74.
- XAVIER, A.; WENDLING, L.; SILVA, R.L. *Silvicultura Clonal: princípios e técnicas*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2013. 297p.