

**POTENCIAL DE ENRAIZAMENTO DE
ESTACAS LENHOSAS DE ESPÉCIES
FLORESTAIS DA MATA CILIAR**

JULIANO DE PAULO DOS SANTOS

2009

JULIANO DE PAULO DOS SANTOS

**POTENCIAL DE ENRAIZAMENTO DE ESTACAS LENHOSAS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA CILIAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Antonio Claudio Davide

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, Juliano de Paulo dos.

Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais da mata ciliar / Juliano de Paulo dos Santos. – Lavras : UFLA, 2009.

84 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Antonio Cláudio Davide.

Bibliografia.

1. Propagação vegetativa. 2. Bioengenharia. 3. Estacas lenhosas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.9741

JULIANO DE PAULO DOS SANTOS

**POTENCIAL DE ENRAIZAMENTO DE ESTACAS LENHOSAS DE
ESPÉCIES FLORESTAIS DA MATA CILIAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 22 de maio de 2009

Prof. Dr. Evaristo Mauro de Castro UFLA

Profa. Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun UFLA

Prof. Dr. Antonio Cláudio Davide

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2009

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Iliana Maria Rodrigues, pelo exemplo, carinho e por ter exercido também a função de pai.

Ao meu avô Mario (*in memoriam*) e avó Rosária, por terem me ensinado sobre a simplicidade e sutilezas da vida.

A minha família que sempre me apoiou em tudo, especialmente a minha irmã Aline e ao Roberto.

Ao Prof. Antônio Claudio Davide, pela orientação, amizade e oportunidades. Muito obrigado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores, funcionários e egressos do primeiro semestre de 2007 do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFLA, pela convivência e amizade partilhada.

Aos bolsistas, Luis Antônio e a Ana Júlia, pela ajuda na condução das pesquisas.

Ao pessoal do Laboratório de Anatomia Vegetal (DBI/UFLA) e Laboratório de Anatomia da madeira (DCF/UFLA), em especial aos amigos Jessé, Cintia e Alessandra.

Aos amigos Lucas Amaral e Daniele, pela ajuda prestada na análise estatística e sugestões na redação do trabalho.

Aos Funcionários José Pedro, José Carlos, Ely, Jorge, Roberto, Priscila, Francisca e Olívia, pelo convívio e ajuda prestada.

Ao Núcleo de Estudos em Silvicultura – NES, pelas conquistas, experiências, oportunidades e convivência.

Aos amigos que conquistei e conservei nessa caminhada em especial a Daniele, Mariana, Nori, Lucas, Leonel, Chicão, Maíra, Rato, Ana Júlia, Raquel, Grilo e Mauricio.

A todos que em algum momento ou de alguma forma contribuíram para mais essa etapa da minha vida, muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Conservação, uso e ocupação das áreas de preservação permanentes.....	3
2.2 Bioengenharia e a recuperação de taludes marginais	5
2.3 Propagação vegetativa por estaquia	9
2.3.1 Cicatrização, origem e desenvolvimento da raiz adventícia	13
2.3.2 Fatores que afetam o enraizamento de estacas.....	14
2.3.3 Fatores internos.....	14
2.3.3.1 Condição fisiológica da planta matriz.....	14
2.3.3.2 Idade da planta matriz.....	15
2.3.3.3 Anatomia caulinar e o enraizamento adventício	17
2.3.3.4 Hormônios vegetais e o enraizamento de estacas	18
2.3.4 Fatores externos.....	22
2.3.4.1 Período de coleta dos propágulos.....	22
2.3.4.2 Condições de enraizamento.....	23
2.3.4.3 Temperatura.....	23
2.3.4.4 Luz.....	24
2.3.4.5 Substrato.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Seleção e caracterização das espécies estudadas.....	28
3.2 Localização das matrizes, coleta ramos e confecção das estacas.....	28
3.3 Experimento 1- enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais	

em função do diâmetro	30
3.4 Experimento 2 - enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais tratadas com promotor de enraizamento	31
3.5 Experimento 3 – avaliação de barreiras anatômicas em estacas lenhosas de espécies florestais.....	32
4 RESULTADOS.....	35
4.1 Experimento 1 – enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais em função do diâmetro.....	35
4.2 Experimento 2 – enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais tratadas com promotor de enraizamento	41
4.3 Experimento 3 – avaliação de barreiras anatômicas em estacas lenhosas de espécies florestais.....	43
5 DISCUSSÃO.....	51
6 CONCLUSÕES.....	61
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
8 ANEXOS.....	77

RESUMO

SANTOS, Juliano de Paulo dos. **Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais da mata ciliar.** 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*

A bioengenharia tem sido utilizada para a contenção de encostas e de barrancos nas margens dos cursos d'água. Uma das suas ferramentas é a utilização de estacas lenhosas plantadas diretamente no campo, mas para tal é necessário que se disponha de espécies com adaptação local com grande capacidade de enraizamento. Neste estudo, objetivou-se estudar a propagação por estaquia lenhosa de 20 espécies florestais nativas visando à utilização em técnicas de bioengenharia; e para tanto três experimentos distintos foram conduzidos. No primeiro experimento, estacas obtidas de nove espécies e com comprimento variando de 15 a 20 cm foram confeccionadas nas classes de diâmetro: 1) 3,0 – 6,9 mm; 2) 7,0 – 10,9 mm; 3) 11,0 – 17,9 mm e 4) 18,0 – 30 mm, as quais consistiram nos tratamentos. As estacas foram plantadas em tubetes de 280 cm³ preenchidos com vermiculita e casca de arroz carbonizada (1:1). O arranjo experimental inteiramente casualizado foi utilizado com cinco repetições de dez estacas por tratamento. O enraizamento deu-se na casa de vegetação climatizada do Viveiro Florestal da UFLA, sendo avaliados, após 45 dias, o percentual de estacas enraizadas, o número de raízes (NR) e o comprimento da maior raiz (CMR). Para o segundo experimento, estacas de 20 espécies foram confeccionadas na classe de diâmetro 3, referente ao primeiro experimento. Os tratamentos consistiram da aplicação de ácido indolbutírico (AIB) veiculado a talco à base das estacas, nas concentrações de 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 mM. Os procedimentos adotados quanto ao estaqueamento, condução, ambiente e tempo de enraizamento, bem como arranjo experimental e avaliação foram idênticos aos descritos no primeiro experimento. No terceiro experimento foram avaliadas barreiras anatômicas em estacas de duas espécies que apresentaram elevados percentuais de enraizamento, duas com baixo percentual de enraizamento e duas que não enraizaram nos experimentos anteriores. As estacas foram confeccionadas nas quatro classes de diâmetro já descritas, as quais consistiram nos tratamentos. Foram retiradas secções de 2 cm de comprimento das estacas e realizados cortes transversais com o auxílio de micrótomo de mesa, os quais foram corados com safrablau 1 %, para preparo de

*Orientador: Antonio Claudio Davide – UFLA.

lâminas semipermanentes. Por meio da observação do laminário, foram obtidas fotomicrografias com o auxílio de câmera fotográfica digital acoplada a um microscópio óptico. Foram avaliadas a ocorrência e a distribuição do tecido esclerenquimático no córtex das espécies estudadas, contabilizado o número de estratos e mensurada a espessura total dos mesmos. No primeiro experimento, das nove espécies estudadas, seis apresentaram taxas de enraizamento que variaram de dois a 88% sendo que estacas com diâmetros variando entre 11,0 e 17,9 mm apresentaram melhores resultados em relação ao enraizamento e à qualidade do sistema radicular. Para o segundo experimento, não houve influência das concentrações de AIB utilizadas sobre as características de enraizamento. Pela análise de secções transversais das estacas, barreiras anatômicas foram identificadas nas espécies que não enraizaram e em uma das espécies com baixo percentual de enraizamento, enquanto as espécies com elevados percentuais de enraizamento não apresentaram barreira anatômica.

Palavras Chave: propagação vegetativa, bioengenharia, estacas lenhosas.

ABSTRACT

SANTOS, Juliano de Paulo dos. **Potential for rooting of wood cutting species from riparian forest.** 2009. 84 p. Dissertation (Master's Degree in Forest Engineering) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

The bioengineering has been used for the containment of slopes and ravines on the banks of watercourses. One of its tools is the use of hardwood cuttings planted directly in the field, but this requires that species have local adaptation with large capacity for rooting. Thus, this study had the objective of study the propagation by cuttings of native woody forest species aiming the use in bioengineering techniques. Therefore, three separate experiments were performed. In the first experiment, cuttings obtained from nine species, with lengths ranging from 15 to 20 cm were made in the diameter classes: 1) 3.0 - 6.9 mm 2) 7.0 - 10.9 mm 3) 11 , 0 to 17.9 mm and 4) 18.0 - 30 mm, which consisted in treatment. The cuttings were planted in plastic tubes of 280 cm³ filled with vermiculite, carbonized rice husk (1:1). Completely randomized experimental arrangement was used with five replicates of ten cuttings per treatment. The rooting occurred in the greenhouse at nursery facilities belonging to the Federal University of Lavras. After 45 days were evaluated: the percentage of rooted cuttings, the number of roots (NR) and the length of the longest root (CMR). For the second experiment, cuttings of 20 species were made in the class of diameter 3, referring to the first experiment. The treatments consisted of application of IBA (IBA) on the base of the cuttings, in concentrations of 0.0, 0.5, 1.0 and 1.5 mM. The procedures used in the planting, management, environment and time of rooting, and experimental apparatus and evaluation were identical to those described in the first experiment. In the third experiment were evaluated anatomical barriers in cuttings of two species that showed high percentage of rooting, two with low percentage of rooting and not embedded in the two previous experiments. The cuttings were made at four diameter classes already described, which consisted in treatment. Sections were removed from 2 cm in length and the cutting transverse sections made with the aid of the microtome table, which were stained with safrablau 1%, for preparation of semi permanent slides. Through observation of the slides, photomicrographs were obtained with the aid of a digital camera coupled to an optical microscope. We evaluated the occurrence and distribution of sclerenchyma in the cortex of the species studied, counted the number of layers and measured the total thickness of them. In the

* Advisor: Antonio Claudio Davide – UFLA.

first experiment, the nine species studied, six had rates that ranged from two roots to 88% while cuttings with diameters ranging between 11.0 and 17.9 mm had better results on rooting and quality of the root system. For the second experiment, there was no influence of the concentrations of IBA on the characteristics used for rooting. For the analysis of cross-sections of the cuttings, anatomical barriers have been identified in species, not embedded in a species with a low percentage of rooting, while the species with high percentage of rooting showed no anatomical barrier.

Key words: vegetative propagation, bioengineering, hardwood cuttings.

1 INTRODUÇÃO

No caso da revegetação de margens de rios e córregos, as enchentes com consequentes inundações são fatores complicadores do plantio de mudas no período chuvoso. Esse fato acarreta grande aumento no custo por sucessivas operações de replantio e em muitos casos o plantio de mudas torna-se inviável, sendo preferível a adoção de outras técnicas, como a regeneração natural onde os fatores condicionantes para tal estão presentes. Em casos específicos, como as barrancas de rios onde o assoreamento não permite a regeneração natural, técnicas de bioengenharia poderão auxiliar no processo de contenção de encostas e a base para o desenvolvimento dessa técnica é a disponibilidade de material vegetal adaptado para tal.

Na bioengenharia as características biológicas da vegetação são utilizadas na solução de problemas técnicos de estabilização de margens e encostas em obras de grande simplicidade. A vegetação pode ser utilizada isoladamente ou em consórcios com geotêxteis, concreto, madeira, ligas metálicas, retentores orgânicos de sedimentos e sistema de confinamento celular de polietileno também são utilizados na execução das técnicas de bioengenharia (Palone & Todd, 1998). Segundo Gray & Leiser (1982), Morgan e Rickson (1995), Florineth & Gerstgraser (2000) a seleção deve recair de preferência sobre espécies nativas adaptadas às condições edáficas e climáticas específicas do local e com grande potencial de enraizamento de suas estacas lenhosas sob condições de campo.

A habilidade para o enraizamento é uma das características avaliadas para a indicação de uma espécie para uso na bioengenharia, pois o plantio de estacas diretamente no barranco do curso é o método de estabelecimento da vegetação utilizado nesse modelo de recuperação de áreas degradadas. A

capacidade para a propagação vegetativa de espécies arbustivas e arbóreas tem sido alvo de pesquisas na região sul do Brasil, o objetivo é a seleção de espécies aptas para o uso destas em técnicas de bioengenharia para recuperação da erosão marginal (Sutuli et al. 2004; Durlo & Sutuli, 2005 e Denardi, 2007). Visando subsidiar a seleção de espécies potenciais para aplicação em técnicas de bioengenharia esse estudo teve como objetivos: a) avaliar o enraizamento de estacas lenhosas de espécies arbóreas em função do diâmetro da estaca; b) avaliar o enraizamento de estacas lenhosas de espécies arbóreas em função do tratamento com promotor de enraizamento; e c) avaliar a existência de barreiras anatômicas ao enraizamento em estacas lenhosas.

2 REFERENCIAL TEORICO

2.1 Conservação, uso e ocupação das áreas de preservação permanentes.

O tema “degradação ambiental” tem sido debatido nos mais diferentes segmentos da sociedade. Convenções, tratados e leis para tratar da questão ambiental se intensificam desde a promulgação da constituição de 1988. Esses fatos vêm contribuindo para que investimentos sejam intensificados na geração de conhecimento técnico-científico para viabilizar a recuperação de áreas degradadas ou alteradas.

Particularmente no caso da restauração de ecossistemas florestais ripários houve um grande avanço no interesse de pesquisadores por esse tema desde a década de 80. Como consequência, muitas publicações científicas e técnicas foram disponibilizadas, e muitas experiências práticas bem sucedidas estão em campo há 15-20 anos principalmente no bioma da mata atlântica e em áreas de transição com o cerrado (Kageyama et al., 1990; Davide et al., 1996; Botelho et al., 1996; Faria et al., 1997; Pereira et al., 1999; Durigan & Silveira, 1999; Davide & Botelho, 1999; Ferreira et al., 2004a; Santos-junior et al., 2004; Ferreira et al., 2007).

No Brasil as áreas ciliares são destinadas a preservação e conservação dos recursos naturais. Estas são designadas e tratadas legalmente sob o nome de Áreas de Preservação Permanente (APP's) e sua utilização é restrita. A supressão da vegetação é possível mediante processo técnico-administrativo e comprovação da utilidade pública e interesse social. (Brasil, 2002; Brasil, 2006).

Segundo Davide & Botelho (1999) as APPs são os ecossistemas mais intensamente utilizados e degradados pelo homem em função da fertilidade e umidade de seus solos, sendo substituídas pela extração e intensa produção madeireira, agricultura e pecuária, muitas vezes com incentivos de programas governamentais como Pró-várzeas, nas décadas de 70-80.

Segundo Davide (2008) da área da bacia hidrográfica do Rio São Francisco nos estados de MG, BA, GO e DF aproximadamente 40% das APP's de margens de cursos d'água estão antropizadas, podendo essa proporção ser ainda maior. Situações de intensa utilização dessas APP's também são relatadas para as bacias do Rio Queima Pé – MT (Serigatto et al., 2007), Ribeirão São Bartolomeu – MG (Ferreira & Dias, 2004) e Ribeirão Santa Cruz – MG (Pinto et al., 2005b) com respectivamente 65%, 60,7% e 58,1% das APPs sob uso indevido.

Não somente as APP's de margens de cursos d'água foram e ainda são utilizadas intensamente; as de nascentes (50m de raio a partir da nascente) também se encontram seriamente impactadas. Diagnóstico do estado de conservação das nascentes do ribeirão Santa Cruz no município de Lavras – MG constatou o uso indevido do solo em 85% da área legalmente destinada à preservação (Pinto et al., 2005b).

Parece claro que foram os próprios agricultores que degradaram suas APPs, e que isso é um fato que ocorreu há muitas décadas e para as regiões com colonização mais antiga, pode-se considerar que essa degradação vem ocorrendo há vários séculos. Atualmente, a sociedade, respaldada pela lei espera que os proprietários rurais banquem pela manutenção dos recursos hídricos e pela biodiversidade local, mas a realidade está demonstrando que será necessário fazer muito mais. A idéia de valoração dos recursos ambientais está aos poucos ganhando aceitação pela sociedade e maneiras para que isso ocorra são apresentadas por Davide (2008).

Nos últimos 20 anos mais e mais pessoas se preocupam e/ou se envolvem com a recuperação das áreas de preservação permanente, principalmente as que margeiam os cursos d'água e poucas são as experiências que tenham obtido êxito em escala considerável (Davide, 2008). Em Minas Gerais, segundo Davide & Botelho (1999) além da falta de conhecimento

técnico-prático que subsidie devidamente essa atividade, duas outras foram as principais causas que limitaram o sucesso dos programas de recuperação de matas ciliares: a falta de envolvimento/motivação da sociedade e a inexistência de uma abordagem mais ampla quanto ao gerenciamento da bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

Na área da bacia hidrográfica do Rio São Francisco em Minas Gerais, Bahia, Distrito Federal e Goiás, segundo Davide (2008) será necessário buscar mecanismos flexíveis ou uma adaptação da legislação ambiental em relação a possíveis usos da APP e/ou recursos da compensação financeira, analisando, por exemplo, a possibilidade de destinar parte dos recursos que os municípios recebem (royalties), para a recuperação de APPs.

2.2 Bioengenharia e a recuperação de taludes marginais

Segundo Gray & Leiser (1982) entende-se por bioengenharia a utilização de características biológicas da vegetação na solução de problemas técnicos de estabilização de margens e encostas, combinado com a construção de obras de grande simplicidade. Os primeiros trabalhos referentes a esta técnica datam do século XVII, tendo sido empregada no controle dos processos erosivos em morros e encostas. Nos últimos 150 anos ela surgiu nos Estados Unidos e Europa como uma alternativa viável para a proteção de cursos d'água e reservatórios (Durlo & Sutili, 2005).

As técnicas de bioengenharia vão desde a utilização de apenas materiais de construção vivos (vegetação herbácea, arbustiva e/ou arbórea), aos consórcios com geotêxteis, concreto, madeira, ligas metálicas, retentores orgânicos de sedimentos e sistema de confinamento celular de polietileno. Entretanto, deve-se evitar a utilização de materiais de construção rígidos como aço e concreto, devendo ser limitados em seções em que os métodos vegetativos se mostrem inadequados para prevenção da erosão (Gray & Sotir, 1996).

As técnicas de bioengenharia aumentam a resistência do barranco, através do estabelecimento do solo com as raízes e sistemas de cobertura vegetal. Uma vez criada, essa matéria viva efetivamente controla a erosão hídrica e eólica, minimiza geada, intercepta a água da chuva, melhora a percolação de água da chuva no solo, diminui a temperatura do solo e da água (Tjaden & Weber, 1997). Segundo Palone & Todd (1998) uma série de recentes manuais e guias fornecem uma riqueza na concepção, instalação e manutenção, custos, eficácia e informações sobre uma variedade de técnicas de bioengenharia para a estabilização e restauração de taludes marginais. Na maioria delas o uso da vegetação é bastante expressivo sendo basicamente como estacas vivas ou como material inerte.

Segundo Wolle (1986) a cobertura vegetal pode apresentar efeitos favoráveis e desfavoráveis em relação a estabilidade dos taludes. O autor afirma que logo após a retirada de árvores que se encontram sobre os taludes, há um acréscimo na sua estabilidade, que se deve a eliminação de efeitos negativos de sobrecarga e de alavanca. Contudo, caso não haja rebrota, esse acréscimo de estabilidade tende a ser perdido com o tempo, devido ao apodrecimento das raízes e de serrapilheira, e a eliminação da redistribuição da água da chuva.

Sutili et al. (2004) consideram como características biotécnicas adequadas: a possibilidade de reprodução vegetativa, capacidade de suportar condições extremas (como a submersão por períodos relativamente longos, o soterramento e a exposição parcial de suas raízes), enraizamento denso, forte e profundo. Para o sucesso na escolha das espécies, além das características biotécnicas, devem ser considerados critérios ecológicos (Durló & Sutili, 2005).

Os salgueiros são mais eficazes que a maioria das espécies para aplicações biotécnicas, as espécies *Salix interior*, *S. nigra*, *S. purpurea* e *S. cotteri* foram avaliadas quanto à tolerância ao sombreamento, a seca, a inundação e a deposição, sendo que todas as espécies apresentaram alta

tolerância à inundação e a deposição e baixa tolerância ao sombreamento. A tolerância à seca foi alta para *S. nigra*, baixa para *S. interior* e média em *S. Purpurea* e *S. cotteri* (Palone & Todd, 1998).

Estudos que investiguem o desempenho desses propágulos no campo devem ser realizados, visto que no campo as condições são variáveis (Melo, 2007). Método adotado por Durlo & Sutili (2005) para estudar as características biotécnicas de espécies potenciais adotam o Canteiro Experimental Padrão. Essa metodologia foi desenvolvida na Universität für Bodenkultur (BOKU) em Viena – Áustria e consiste de um canteiro em forma de camalhão, de 2 a 2,5m de altura e de 25 a 30 m de comprimento, com laterais inclinadas aproximadamente 45°, orientação, aproximadamente para leste e oeste. Em cada lado duas linhas de plantio são cavadas em forma de banquetas com pequena inclinação para o interior e estacas de aproximadamente 45 cm são plantadas. Tratos como: irrigação, aplicação de cobertura morta e combate a formigas devem ser adotados.

O canteiro deve ser dividido em 4 partes e podem ser testadas 8 espécies simultaneamente. Dois meses após o plantio é feita a primeira avaliação e três avaliações subseqüentes são realizadas mensalmente. São mensuradas as seguintes características: comprimento da estaca enterrado; número e comprimento dos brotos; número de brotos secundários; número de raízes; comprimento das raízes e diâmetro das raízes. O objetivo é verificar e segregar as espécies potências à bioengenharia (Durlo & Sutili, 2005).

Segundo Durlo & Sutili (2005) as espécies *Calliandra brevipes*, *C. twendii*, *Phyllanthus sellowianus*, *Pouteria salicifolia*, *Salix humboldtidiana*, *Sebastiania schottiana* e *Terminalia australis* são aparentemente potenciais. Estudo investigando o potencial biotécnico de *Salix viminalis* e *P. sellowianus* foi conduzido por Sutili et al. (2004), As espécies apresentam-se potencialmente aptas para a revegetação das margens de cursos de água, No entanto, elas não

podem ser indicadas, pois a informação quanto ao enraizamento das estacas das espécies não foi informada.

Na sub-bacia hidrográfica do baixo Rio São Francisco, intensos focos de erosão foram identificados por Fontes (2002). Em Julho de 2004 no município de Propriá, Estado do Sergipe, num desses focos a ação de recuperação usando a bioengenharia foi instalada. A área possui comprimento e largura de 120 e 10 metros respectivamente, declividade menor que 50% e altura do barranco menor que 10 metros. A área foi dividida em dois sítios semelhantes em que as espécies *Caesalpinia leiostachya*, *Cassia grandis*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Erythrina velutina*, *Schinus terebinthifolium* e *Tapirira guianensis* foram plantadas (Gomes, 2005; Rocha, 2006).

Em uma das áreas foi utilizado o biotêxtil FIBRAX 400 BF® e bermalongas no recobrimento e proteção da margem respectivamente, e semeio de *Brachiaria decumbens*. Avaliada até os sete meses, apesar de não ter solucionado integralmente o problema da erosão acelerada e verticalização da margem principalmente devido à fragilidade do biotêxtil e a rápida degradação dos bermalongas, os resultados comprovaram sua eficiência como facilitadora do desenvolvimento da vegetação ciliar, e como ferramenta para diminuição na taxa de erosão por solapamento da base do talude marginal. No entanto, o consórcio com a gramínea resultou em competição e sombreamento das mudas plantadas, não sendo essa associação indicada (Gomes, 2005). Após 18 meses da instalação, segundo Rocha (2006) o processo erosivo continuou menor no tratamento com bioengenharia que no sem, no entanto, foi alta a mortalidade das mudas plantadas. O autor indica ainda que o plantio das mudas seja realizado após a degradação do biotextil, o uso de gramíneas nativas climatizada à cheias e secas periódicas, a semeadura direta das espécies arbóreas, mais retentores de sedimentos, bem como arranjos, amarras e fixação mais eficiente entre eles também são recomendações dos autores.

2.3 Propagação vegetativa por estaquia

Na propagação vegetativa por estaquia, novo indivíduo origina-se de células ou tecidos vegetais sem que haja a reprodução sexual, isso é possível graças à capacidade de estes assumirem atividades meristemáticas mediante desdiferenciação e subsequente diferenciação celular. Dessa forma uma única célula viva, contém as informações necessárias para regenerar uma nova planta, semelhante a que lhe deu origem, devido ao processo conhecido como totipotência. Porém estas duas características são mais pronunciadas em algumas células e partes da planta do que em outras (Hartmann et al., 2002).

Na propagação por estacas caulinares, somente é necessário que se forme um novo sistema radicular, visto que já existe um sistema caulinar no ramo em potencial (uma gema). Muitas células nas regiões de maturação têm capacidade de tornar-se meristemática e produzir novos sistemas de raiz, caule ou de ambos, os quais tornam possível a propagação por estaca (Hartmann et al. (2002). A propagação assexuada é especialmente útil, para manter a constituição de um genótipo selecionado ao longo das gerações. Segundo Hartmann et al. (2002) o clone é definido como sendo o material derivado de um só indivíduo e que se propaga de modo exclusivo por meios vegetativos como estacas ou enxertos. Variações fenotípicas dentro de um clone, todavia, existem e as causas das variações são, provavelmente, ambientais e provocadas por fatores relacionados ao propágulo (Higashi et al., 2000).

Pesquisas envolvendo a propagação vegetativa de espécies arbóreas têm desenvolvido terminologias para descrever as influências dos fatores que afetam no desenvolvimento e denominam de: ciclófise, o processo de maturação dos meristemas apicais (Olesen, 1978); topófise, estado resultante da diferenciação no potencial de desenvolvimento fisiológico dos meristemas apicais entre as posições hierárquicas dos ramos, independente dos processos de maturação dos

meristemas terminais (Dodd & Power, 1988); perifise é o efeito do ambiente no pré-condicionamento do material vegetal (Hallé et al., 1978).

Devido às influências da ciclófise, topófise e perifise, propágulos de um mesmo genótipo têm desempenhos diferenciados quando estabelecidos em condições de campo. Esses fatores não somente contribuem para a variação entre os clones e diferenças entre os tipos de propágulos, mas, se forem comuns aos membros de um clone, podem induzir estimativas de produtividade do desempenho clonal. Tais fatores não genéticos, comuns aos membros de um grupo, tais como clones ou famílias, são referidos como “Efeito C”. Em geral, as diferenças entre os tipos de propágulos vegetativos ou entre propágulos originários de diferentes idades são os resultados do “Efeito C” (casos em que grupos geneticamente similares são comparados). Geneticistas quantitativos preocupam-se particularmente com o “Efeito C”, uma vez que este poderia influenciar nas estimativas da variância genética total e de outros parâmetros, tais como herdabilidade, correlações entre características e ganhos genéticos (Higashi et al., 2000).

Na propagação assexuada a regeneração de uma “nova” planta pode ser alcançada mediante a prática da macropropagação e/ou da micropropagação. A propagação vegetativa pela macropropagação envolve métodos convencionais, como estaquia, alporquia, enxertia e miniestaquia, enquanto que a micropropagação é realizada por meio da técnica da cultura de tecidos (Higashi et al., 2000). Segundo Hartmann et al. (2002), a propagação vegetativa via estaquia é a mais comumente utilizada, e pode ser obtida a partir da raiz, caule ou folha do vegetal.

A capacidade de regeneração de plantas por raízes e a sua indicação na silvicultura é antiga. Segundo Browse (1979), John Evelyn, em 1662 aconselhava que se deixassem algumas raízes no solo sempre que se procedesse com o arranque de árvores adultas. No entanto, apesar de se ter demonstrada a

possibilidade, a mesma nunca foi considerada padrão, parece que pela incerteza relacionada com a probabilidade de êxito da técnica. Estacas radiculares de *Ficus carica* tratadas com 2000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico, propiciou o enraizamento dos propágulos ao índice de 97,6%, acréscimo de 74% em relação a ausência do tratamento com o AIB (23,6%), mas não permitem a obtenção de mudas devido à ausência de brotação (Pio et al., 2008).

Fachinello et al. (1995) classificaram os tipos de estacas caulinares, em relação ao estágio vegetativo na época de coleta, como: herbáceas, semilenhosas e lenhosas. Segundo Hartmann et al. (2002), estacas lenhosas devem ser coletadas durante o período de repouso vegetativo (dormência), as semilenhosas durante o verão, quando as plantas encontram-se em pleno desenvolvimento vegetativo e as estacas herbáceas, são aquelas oriundas de espécies herbáceas.

As estacas caulinares podem ser dos tipos: simples, possuem diâmetro de 0,5 a 1,5 cm a cada 10 a 30 cm e deixando de 3 a 6 gemas por estaca; estaca-talão, escolhe-se um ramo jovem inserido em outro com cerca de dois anos; o corte é realizado extraíndo-se uma parte do lenho (talão) do ramo velho no ponto de inserção. É uma das opções para espécies de enraizamento difícil, e o talão é que é enterrado; estaca-cruzeta, semelhante ao anterior; é retirada uma parte maior do ramo velho, formando um “T” ou uma cruzeta; é usada para espécies que possuem raízes pré-formadas; estaca-tanchão, é uma estaca grande, com 60-80 cm de comprimento e mais de 4 cm de diâmetro; estaca-gema, constitui-se em um segmento caulinar com apenas uma gema e miniestaca, uma estaca herbácea de plantas arbóreas obtida em minijardins clonais. Apresenta vantagem de enraizamento mais fácil e sem uso de fitoreguladores ou hormônios para promovê-lo em algumas espécies, devido ao processo de rejuvenescimento que a planta sofre até a produção da estaca (Browse, 1978; Hartmann et al., 2002; Xavier et al., 2003).

Na fruticultura segundo Fachinelo et al. (1995) o emprego de estacas é elevado, uma vez que quase todas as espécies de clima temperado têm sua multiplicação baseada na estaquia. Na jardinagem, na arborização e no paisagismo o uso de técnicas de propagação vegetativa é praticado para muitas espécies há muitos anos.

As excelentes condições para o crescimento, avanços nos tratamentos silviculturais adotados, o ganho proporcionado pelo melhoramento genético florestal e a propagação clonal de *Eucalyptus* via estaquia são responsáveis pelo destaque do Brasil no setor florestal. As árvores superiores são selecionadas em testes clonais, As matrizes selecionadas são propagadas vegetativamente e plantadas em áreas de multiplicação clonal, brotações são retirados constantemente, enraizados em casa de vegetação e a muda é assim formada. A metodologia basicamente é a mesma desde o início da propagação massal (Higashi et al., 2000; Alfenas, 2004).

A mini-estaquia de material seminal tem-se mostrado eficiente podendo ser utilizada para a produção de mudas das espécies *Eucalyptus dunnii*, *Cedrela fissili*, *Erythrina falcata* e *Grevillea robusta* (Souza Junior & Wendling, 2003; Xavier et al. 2003; Cunha et al 2008; Souza Junior et al. 2008).

As estacas lenhosas constituem-se excelente propágulo para a bioengenharia. O maior diâmetro facilita a coleta e plantio no campo, além de possibilitarem menor transpiração que propágulos normalmente mais herbáceos. Itoh et al. (2002) investigou a capacidade para a propagação vegetativa pela estaquia caulinar de espécies da floresta tropical chuvosa de Sarawak – Malásia, das 100 espécies em estudo, 66 enraizaram com sucesso com pelo menos uma raiz por estaca. A percentagem de enraizamento variou de 10 a 100%. Entre as seis famílias com mais de 3 espécies enraizadas no estudo, as famílias Dipterocarpaceae e Lauraceae tinham menores proporções de espécies enraizantes: 5/16 e 1/4, respectivamente. Em contraste a maioria das espécies em

estudo enraizou com sucesso nas Euforbiáceas (16/17), Rubiáceas (5/5) e Anonáceas (5/7).

2.3.1 Cicatrização, origem e desenvolvimento da raiz adventícia

Segundo Hartmann et al. (2002) quando as estacas são preparadas, as células injuriadas e expostas da superfície do corte iniciam a cicatrização. Subsequente à cicatrização, o processo de regeneração das raízes ocorre em três etapas: 1) conforme as células injuriadas morrem, forma-se uma necrose que será selada com material “bem adensado” (suberina), e o xilema será tampado. Esta barreira ajuda a proteger a superfície do corte contra a dessecação e o ataque de patógenos; 2) as células vivas atrás deste selo, iniciam divisão após poucos dias e uma camada de células parenquimáticas (calos) formarão a periderme; 3) certas células próximas do câmbio vascular e floema começam uma divisão e iniciam a formação das raízes adventícias.

Geralmente, a origem e desenvolvimento das raízes adventícias são no interior do tecido vascular. Nas plantas lenhosas onde uma ou mais camadas de xilema secundário e floema estão presentes, as raízes adventícias são usualmente originadas de células parenquimáticas, principalmente das jovens, porém algumas vezes, de tecidos vasculares semelhantes, câmbio, floema, lenticelas ou medula (Hartmann et al., 2002).

Segundo Hartmann et al. (2002) a formação de raízes em algumas espécies é precedida pelo aparecimento do calo na base das estacas. O calo serve para indicar o favorecimento das condições de enraizamento, uma vez que suas exigências são as mesmas. Frequentemente é relatada a formação de raízes dos calos. No entanto, a formação de raízes e calos é independente.

Tratamentos com auxinas sintéticas têm sido utilizados para promover enraizamento. A auxina estimula as células do periciclo a se dividirem. As células em divisão gradualmente formam o ápice radicular e a raiz lateral cresce através do córtex e da epiderme da raiz. As raízes adventícias podem surgir em

uma variedade de tecidos a partir de agregados de células maduras que renovam a sua atividade de divisão celular. Essas células em divisão desenvolvem-se em meristema apical da raiz de maneira análoga a formação das raízes laterais (Taiz & Zeiger, 2004; Appezzato-da-gloria & Hayashi, 2006).

2.3.2 Fatores que afetam o enraizamento de estacas

Dentre os principais fatores que afetam o enraizamento de estacas destacam-se as condições fisiológicas (presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas, compostos fenólicos e outras substâncias), o período e a posição de coleta, a juvenilidade, o estiolamento, a presença de folhas e de gemas, a idade da planta matriz e fatores do ambiente, como disponibilidade de água, incidência lumínica e substrato (Hess, 1969; Hartmann et al., 2002).

2.3.3 Fatores internos

A condição fisiológica do tronco da planta é função do genótipo (espécie ou cultivar) e condições ambientais (água, temperatura, luminosidade, CO₂ e nutrição). As características internas da planta, como teor de água, reservas e nutrientes podem afetar o processo de formação de raízes. Dessa forma, a utilização de estacas provenientes de plantas com deficiência hídrica ou nutricional pode ocasionar insucessos no processo de rizogênese (Hartmann et al., 2002).

2.3.3.1 Condição fisiológica da planta matriz

A relação carboidrato/nitrogênio, constatada nos tecidos das estacas, vem sendo utilizada para definir a capacidade do material em enraizar e quanto maior o valor observado da relação, maior o enraizamento obtido. Uma menor relação, ou seja, um maior conteúdo de nitrogênio nos tecidos faz com que se desenvolva a parte aérea, consumindo reservas em detrimento da formação de raízes (Hartmann et.al 2002). De acordo com Fachinello et al. (1995) reservas

mais abundantes de carboidratos correlacionam-se com maiores porcentagens de enraizamento, pelo fato de que a formação celular requer fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucléicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para a formação das raízes.

Estacas de fácil enraizamento, como as de *Hibiscus rosa sinensis* L. e *Crysanthemum* sp, têm grande quantidade de amido, enquanto o contrário ocorre em espécies de difícil enraizamento (Hess, 1969). Em estacas de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn., segundo Bortolini et al. (2008), as altas concentrações de carboidratos e proteínas nas diferentes estações do ano, não tiveram relação com o sucesso no enraizamento.

2.3.3.2 Idade da planta matriz

A maturação em plantas lenhosas é um assunto de extrema importância, em vista, principalmente, das variações na capacidade de propagação vegetativa, nas taxas e formas de crescimento, na qualidade e rapidez na formação de raízes, das mudanças nas características de crescimento, morfologia foliar e, também, a mudanças fisiológicas e bioquímicas, com a transição para o estado maduro. Para a propagação vegetativa e outras fases da silvicultura, torna-se muito importante a identificação de quais indivíduos ou órgãos e tecidos se apresentam juvenis ou podem ser rejuvenescidos (Wendling & Xavier, 2001).

No ciclo de desenvolvimento da planta, Fontanier & Jonkers (1976) têm dividido a idade em: idade cronológica, idade ontogenética e idade fisiológica. Estes autores descrevem que a idade cronológica inicia-se na germinação. A idade ontogenética se refere à passagem da planta durante as sucessivas fases do desenvolvimento, isto é, embriogênese, germinação e as fases de crescimento vegetativo e sexual. Já a idade fisiológica, de acordo com a definição destes autores, refere-se, primariamente, aos “aspectos negativos da idade, tais como perda do vigor, o aumento da suscetibilidade às condições adversas, ou à deterioração em geral”. O uso do termo “maturação”, portanto, estaria

relacionado à idade ontogenética.

Na fase a juvenil a planta ou parte dela apresenta dominância de características juvenis em relação às maduras. A capacidade para reprodução é “adquirida com a maturação” (Taiz & Zeiger, 2004). Segundo Hackett & Murray (1993), as características de maturação se arquivam em função da sua relativa estabilidade e são transmitidas por meio das divisões celulares de uma geração somática para a próxima. Uma das mais consistentes expressões da maturação em plantas lenhosas tem sido a transição da alta para a baixa capacidade de enraizamento de estacas caulinares e foliares (Hackett, 1987a; Eldridge et al., 1994).

Para algumas espécies lenhosas, estacas de mudas juvenis, provenientes de sementes, enraízam facilmente, enquanto outras, provenientes de plantas mais velhas enraízam esporadicamente, ou definitivamente não enraízam (Zobel & Talbert, 1984). Todavia, segundo Alfenas et al. (2004), em espécies que se propagam facilmente por estaquia, a idade fisiológica da planta-matriz não exerce influência significativa no enraizamento.

Com a passagem da fase juvenil para a adulta de uma planta, muitas mudanças ocorrem, sendo as principais relacionadas ao hábito de crescimento, a forma e retenção das folhas, a presença de espinhos, a pigmentação, a anatomia foliar e caulinar, a capacidade de enraizamento e ao vigor de crescimento (Wendling & Xavier, 2001). Algumas características, que estão associadas com a juvenilidade, são mantidas nas porções basais de plantas maduras de muitas espécies (Hackett, 1987b). Similarmente, brotações laterais mais distantes do ramo ou caule central apresentam menores graus de juvenilidade do que aqueles mais próximos (Huang et al., 1990). Estes resultados evidenciam a hipótese de que a maturação tem uma base celular (Hartmann et al., 2002) e o estado de maturação é função de divisões celulares cumulativas (Greenwood & Hutchison, 1993).

No processo de clonagem de espécies lenhosas, o rejuvenescimento dos tecidos torna-se necessário por ser o processo de maturação, um fenômeno que geralmente evolui de acordo com o desenvolvimento ontogenético das plantas, com a conseqüente redução ou até mesmo a perda da capacidade de enraizamento, o que se verifica em plantas adultas (Gomes, 1987; Greenwood & Hutchison, 1993).

No processo de rejuvenescimento algumas características relacionadas à maturação mostram-se mais fáceis de serem revertidas do que outras e os respectivos tratamentos para promoção do rejuvenescimento influenciam de forma diferenciada essas características (Hackett & Murray, 1993). Existem vários métodos para reverter ou manter a juvenilidade das plantas, entre os mais utilizados, podem-se citar a propagação vegetativa seriada e as podas sucessivas (Zobel & Talber, 1984; Hackett, 1987b; Eldridge et al., 1994).

2.3.3.3 Anatomia caulinar e o enraizamento adventício

O desenvolvimento de um anel contínuo de esclerênquima entre o floema e o córtex, ponto visível de origem da raiz adventícia, que é frequentemente associado com a maturação, possivelmente constitui uma barreira anatômica para o enraizamento, principalmente em caules mais velhos (Esau, 1976; Hartmann et al., 2002). Em estudos de enraizamento de estacas de oliveira e estacas maduras de difícil enraizamento de *Hedera helix* e *Ficus pumila*, a presença de um anel esclerenquimático foi associada com a recalcitrância da estaca, enquanto estacas de fácil enraizamento foram caracterizadas pela descontinuidade ou poucas camadas de células esclerenquimáticas (Hartmann et al., 2002).

Existem assim muitas exceções, em que certamente as barreiras anatômicas não são a causa primária do difícil enraizamento. Além disso, tratamentos com auxina e enraizamento sob névoa (ambiente com alta umidade)

causa considerável expansão e proliferação de células do córtex, do floema e do câmbio, resultando em quebra do anel de esclerênquima (Hartmann et al., 2002).

Segundo Hartmann et al., (2002) o enraizamento é mais provável relativo à efetiva formação das iniciais radiculares, quando não há o mecanismo de restrição do anel esclerenquimático barrando a emergência da raiz. Uma cultivar de cravo (*Dianthus caryophyllus*), facilmente enraizada, tem uma faixa de esclerênquima presente no caule, contudo o desenvolvimento da raiz primária “emerge da estaca pelo crescimento para baixo e através da base”. Em outras plantas, em que o anel de esclerênquima é impenetrável, o crescimento e a emergência da raiz de igual forma a esse padrão descrito para cravo, pode possivelmente ocorrer.

Ferreira et al (2001) estudaram o enraizamento de Leiteiro (*Sapium grandulatum* - Euphorbiaceae) sob a aplicação de ácido bórico e ácido indolbutírico nas quatro estações do ano de 1999 e 2000. O enraizamento da espécie foi baixo em todas as épocas, no verão foi verificado maior enraizamento. Estudos anatômicos foram realizados na base das estacas de verão, estes revelaram aglomerados descontínuos de esclereides entre os estratos de parênquima cortical, e outros fatores, além de barreiras anatômicas que podem atuar no desenvolvimento de raízes adventícias afetam a estaquia da espécie.

2.3.3.4 Hormônios vegetais e o enraizamento de estacas

Os hormônios vegetais são substâncias químicas responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento das plantas em concentrações bastante pequenas. Segundo Hartmann et al. (2002) as auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico e etileno, podem afetar o enraizamento. As auxinas, o primeiro grupo de moléculas químicas descoberto em plantas, apresenta papel de destaque. Os reguladores do grupo das auxinas são os mais utilizados, com destaque para o ácido indolbutírico (AIB) e o ácido naftaleno acético (ANA).

Porém, nem sempre esta técnica proporciona resultados satisfatórios (Tofanelli et al., 2002). A auxina natural é o ácido indol-3-acético; substâncias com atividade auxínica foram sintetizadas, e são utilizadas na agricultura, como promotor de enraizamento e herbicidas (Taiz & Zeiger, 2004).

Enquanto as auxinas estimulam o enraizamento adventício, as citocininas, que são produzidas nas raízes, estimulam a divisão celular. Geralmente, alta relação auxina/citocinina favorece a formação de raízes, enquanto o contrário facilita a formação de ramos. Assim, as auxinas possuem maior efeito na rizogênese de estacas, pois são essenciais para a iniciação de raízes adventícias, bem como desempenham um importante papel no estímulo à divisão celular. As giberelinas inibem o enraizamento de estacas, provavelmente por estimularem o crescimento vegetativo que compete com a formação de raízes (Hartmann et al., 2002).

A auxina natural é produzida na parte aérea e translocada para as raízes por um transporte ápice-base. O gradiente longitudinal da auxina, da parte aérea até a raiz afeta vários processos do desenvolvimento, incluindo o alongamento do caule, a dominância apical, a cicatrização de lesões e a senescência foliar. A iniciação de raízes laterais e adventícias é estimulada por altos níveis de auxina (Taiz & Zeiger, 2004). A influência do ácido abscísico no enraizamento de estacas não está bem esclarecida, no entanto, sua função, aparentemente, depende de sua concentração e das condições ambientais e nutricionais da planta (Hartmann et al., 2002).

O ácido indolacético (AIA) por si só não é suficiente para promover a rizogênese, sendo necessários co-fatores de enraizamento. Os co-fatores de enraizamento são substâncias de ocorrência natural, como, por exemplo, ácido isoclorogênico, terpenóides oxigenados e compostos fenólicos (Hackett, 1987a, Hartmann et al., 2002). Eles atuam em sinergia com as auxinas, e são necessários para que se tenha o enraizamento (Hartmann et al., 2002). De acordo

com Heuser (1976), no estágio juvenil das plantas, é observada a maior intensidade de co-fatores de enraizamento, explicando, dessa forma, o maior enraizamento observado nesse estágio.

Os compostos fenólicos merecem destaque, alguns desses compostos têm sido investigados para promover maiores percentuais de enraizamento em estacas e os diidroxiacetofenonas têm se destacado. Estes fenóis atuam como inibidores da formação da auxina conjugada (Lee & Starratt, 1986) e até mesmo como inibidores da ação da enzima oxidativa do ácido indol-acético (IAA oxidase) (Lee et al., 1981).

Associando aspectos de anatomia e balanço hormonal alguns autores propõe uma divisão da ontogênese (processos relacionados à formação do órgão) das raízes adventícias em quatro fases. A primeira é a indução, definida como o período que abrange as reações bioquímicas necessárias para a iniciação das divisões celulares responsáveis pela formação dos primórdios radiculares. A segunda fase é a iniciação, em que ocorre a desdiferenciação celular, seguida de divisões. Nessa fase, o processo pode ser favorecido pelas auxinas e inibido por polifenóis e giberelinas. A terceira fase caracteriza-se pela organização e pelo crescimento do primórdio, o qual pode ser inibido por auxinas e favorecido por polifenóis e giberelinas nos estágios iniciais. Na quarta fase, ocorre o alongamento do primórdio radicular, caracterizado por seu crescimento através do córtex, a emergência através da epiderme e a conexão do sistema vascular da raiz com o do caule. Nesse estágio, não há mais resposta à auxina (Gaspar et al., 1994; Gaspar et al., 1997; Hartmann et al., 2002).

Considerando as abordagens anteriores, uma classificação mais prática quanto à facilidade de enraizamento é apresentada por Hartmann et al. (2002), em que as plantas podem ser divididas em três classes, quanto à formação de raízes adventícias:

1- aquelas cujos tecidos possuem todos os componentes endógenos essenciais para iniciação de raízes incluindo auxinas. Quando as estacas são submetidas a condições apropriadas de ambiente, nota-se uma rápida formação de raízes;

2- aquelas em que os co-fatores que ocorrem naturalmente estão presentes em grandes quantidades, mas a auxina é limitante. Com a aplicação dessas, a capacidade de enraizamento é aumentada;

3- aquela em que os compostos indutores do enraizamento estão ausentes ou falta sensibilidade às células para responderem a esses compostos, estando ou não as auxinas naturais presentes em abundância. Nessas espécies há pouca ou nenhuma resposta à aplicação externa de auxina.

Ao que parece, a base fisiológica da iniciação de raízes adventícias pode residir no nível de auxina presente nos tecidos ou no equilíbrio entre a auxina e certos outros constituintes da planta. De acordo com Peres & Kerbauy (2000), estacas caulinares contendo gemas formam mais raízes provavelmente devido a maior produção de auxina.

O AIB pode ser utilizado na forma de pó, de solução diluída ou concentrada. O método mais empregado é forma de solução diluída, seja pela sua uniformidade de tratamento ou pelo seu baixo risco fitotóxico, embora apresente a desvantagem de perder sua atividade em pouco tempo.

Nachtigal et al. (1999) utilizando 200 mg L⁻¹ de AIB em estacas de umezeiro (*Prunus mume*) obtiveram uma percentagem de enraizamento 300% maior do que na testemunha. Bastos (2002), estudando a influência da utilização do AIB no enraizamento de estacas de caramboleira cultivar B-10, observou um incremento no percentual de enraizamento de estacas herbáceas apicais na época do verão em relação ao aumento na concentração de AIB até 5000 mg L⁻¹ (0, 1000, 3000, 5000 mg L⁻¹), e um decréscimo a partir do ponto de 7000 mg L⁻¹, utilizando-se da metodologia de imersão rápida. A utilização de soluções de AIB

menos concentradas (0, 100, 200 e 400 mg L⁻¹), por um período de 14 horas, apresentou efeitos inversos aos desejáveis, sendo a testemunha o tratamento de melhor resultado, apesar de não diferir estatisticamente dos demais.

Biasi et al. (2002) verificaram que a utilização de AIB não apresentou efeito positivo na emissão de raízes em estacas semilenhosas de caqui. Em estudos com diferentes tipos de estacas e cultivares de caqui, observaram que os melhores resultados para enraizamento foram quando se utilizou estacas herbáceas, sem a aplicação de AIB (13,17%).

Mayer (2001) obteve bons resultados de enraizamento e número de raízes utilizando 2000 mg L⁻¹ de AIB em estacas de umezeiro. Resultados semelhantes foram encontrados por Tofanelli et al (2001) que observaram 73,37% de enraizamento em estacas de pessegueiro tratadas com 2000 mg L⁻¹ de AIB. Norberto et al. (2001) em estacas de figueira tratadas com 100 mg L⁻¹ de AIB por período de 24 horas obtiveram 100% de enraizamento. Entretanto, Bastos et al. (2005) não observaram aumento significativo no enraizamento de estacas de caramboleira, com a aplicação desse regulador, sob condições controladas.

2.3.4 Fatores externos

2.3.4.1 Período de coleta dos propágulos

O período de coleta das estacas pode ter um papel importante na capacidade de enraizamento. As estacas coletadas em um período de crescimento vegetativo intenso (primavera/verão) apresentam-se mais herbáceas e as colhidas em um período de repouso vegetativo ou de dormência (inverno) apresentam-se mais lignificadas e, de modo geral, tendem a enraizar menos. Por outro lado, estacas menos lignificadas (herbáceas e semilenhosas) são mais propícias à desidratação e à morte (Hartmann et al., 2002). Para prevenir o estresse hídrico a coleta deverá ser realizada preferencialmente pela manhã, quando o material da planta está na condição túrgida. Informações das interações

da temperatura do tronco da planta com as relações hídricas, irradiação e CO₂ são limitadas. Pesquisas têm demonstrado que existe uma complexa interação da temperatura e o fotoperíodo da planta no nível de auxinas e outros hormônios (Hartmann et al., 2002).

A hora do dia em que as estacas são coletadas da planta matriz pode influenciar na resposta de enraizamento. Durante as primeiras horas da manhã ou à noite, a planta se encontra em condições hídricas favoráveis, o que aumenta a chance de sobrevivência das estacas. Deve-se observar a cultivar ou a espécie a ser propagada, o tempo para a formação de raízes, a necessidade de utilização de fitoreguladores e os procedimentos desde a coleta até o momento da regeneração das raízes (Ono & Rodrigues, 1996).

2.3.4.2 Condições de enraizamento

O enraizamento de estacas de muitas espécies, especialmente quando se empregam estacas com folhas ou herbáceas é muito difícil se não for adotado um controle ambiental, principalmente em relação a três pontos: a) manter alta umidade do ar com baixa demanda evaporativa, de modo a diminuir a transpiração e que haja um mínimo de perda de água; b) manutenção de temperatura adequada para estimular o metabolismo na base da estaca e suficiente amena na parte aérea para reduzir a transpiração e c) manter a irradiação dentro de um limite suficiente para estimular a fotossíntese (Hartmann et al., 2002).

2.3.4.3 Temperatura

Temperaturas ao redor de 25-30°C são favoráveis ao enraizamento, enquanto temperaturas entre 35-40°C limitam o crescimento de raízes da maioria das espécies. A manutenção das folhas constitui um importante estímulo para a emissão de raízes, porém, a perda de água por essas estruturas pode provocar a desidratação da estaca e causar sua morte antes que ocorra a formação de raízes. As estufas, ou câmaras de nebulização têm essa finalidade

de controle ambiental (Hartmann et al., 2002). No Brasil, as elevadas temperaturas registradas no verão é um fator complicador, o que implica no uso de mecanismos de resfriamento do ar (Hoffmann et al., 1996). As estacas lenhosas, devido ausência de folhas, o controle do ambiente de enraizamento é no mínimo necessário, para assegurar êxito na propagação (Browse, 1979).

2.3.4.4 Luz

Mesmo que a luz seja favorável à atividade fotossintética das estacas, a alta luminosidade não parece ser a condição mais favorável. A luz é um fator contribuinte na variação sazonal da habilidade de enraizamento de estacas. O efeito do nível de irradiação no tronco da planta é controverso, o enraizamento pode ser inibido, promovido ou não afetado. Possíveis explicações para a inibição da luz no enraizamento incluem: inadequada síntese de auxina natural, diminuição da mesma, foto inativação de fatores que promovem a formação de raiz, inibição da síntese de co-fatores de enraizamento, aumento da atividade da peroxidase e formação de barreiras histológicas (Hartmann et al. 2002).

Reis et al. (2000) buscaram verificar o enraizamento de estacas do porta-enxerto de pereira (*Pyrus calleryana* Dcne.), provenientes de plantas submetidas ao estiolamento da planta inteira e de ramos com estiolamento basal, durante um período de 100 dias. O estiolamento não afetou a capacidade de enraizamento dos propágulos, foi obtido enraizamento de 67,27% das estacas estioladas e 63,37% das estacas sem estiolamento. As estacas provenientes de plantas estioladas e com estiolamento basal apresentaram menores porcentagens de lignina (20,21%), não tendo sido constatadas diferenças nas porcentagens de compostos fenólicos totais e açúcares totais entre as estacas estioladas e não-estioladas.

2.3.4.5 Substrato

O substrato é um dos fatores que condicionam o sucesso na propagação de plantas. Na opção por um determinado material como substrato, objetiva-se

otimizar o desenvolvimento da planta em uma ou mais etapas da propagação. Não afeta somente o enraizamento, mas também a qualidade do sistema radicular e tem fundamental importância em espécies de difícil enraizamento. Tem função de sustentação das estacas durante o período de enraizamento, mantendo sua base em ambiente úmido, escuro e suficientemente aerado (Hoffmann et al., 1996).

Para Mello (1989), o substrato de enraizamento deve ser de baixa densidade, boa capacidade de retenção de água, aeração e drenagem e boa coesão entre as partículas ou aderência junto às raízes. O pH do substrato mais baixo favorece o enraizamento e dificulta o desenvolvimento de microrganismos, ressaltando ainda, que o fornecimento de nutrientes pelo substrato é dispensável para o enraizamento, devido ao fato desse fenômeno acontecer em função das reservas endógenas da estaca (Fachinello et al., 1995).

O substrato adequado para o enraizamento depende da espécie, do tipo de estaca, da época, do sistema de propagação, do custo e da disponibilidade de seus componentes. Os substratos mais utilizados para enraizamento de estacas são: vermiculita, areia, casca de arroz carbonizada, serragem de madeira e solo (Hartmann et al., 2002). Segundo Gonçalves (1995), dentre as composições diferenciadas de substrato favoráveis ao enraizamento, indica-se a vermiculita, devido às suas propriedades, como capacidade de absorção de água (cinco vezes a sua massa) e fácil aeração, insolubilidade em água e solventes orgânicos, pH levemente alcalino, alta capacidade catiônica e tampão, por ser inodoro e atóxico.

Como não é fácil encontrar materiais puros com as características ideais para um bom substrato, devem ser misturados vários materiais ou produtos, buscando-se melhorar as suas propriedades físicas e químicas (Santos et al., 2000; Wendling, 2004). Ao trabalhar nessa linha de pesquisa, Schmitz et al. (2002) observaram que a adição de casca de arroz carbonizada à

turfa induziu redução do excesso de água, amenizando os problemas com excesso de umidade apresentados por esse material orgânico. Guerrini & Trigueiro (2004) verificaram que substratos contendo 40 a 70% de casca de arroz carbonizada no seu volume total foram considerados os mais adequados para o desenvolvimento de mudas de espécies florestais.

Substratos compostos unicamente ou formulações a base de fibra de coco e principalmente de casca de pinus são muito utilizados atualmente. Carrijo et al. (2002) estudaram as propriedades físicas da fibra de coco, características que podem potencializar o uso dessa fibra como substrato na propagação vegetativa de espécies florestais, contudo existem poucos trabalhos nessa linha de pesquisa.

Lourenço et al. (2000), em estudo sobre a influência do substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate via sementes em sacos plásticos, concluíram que o uso de esterco bovino e terra de mata na proporção de 1:3 é suficiente para a produção de mudas da espécie. Recentemente, Wendling et al. (2007) demonstraram influência positiva do uso de vermiculita média, casca de arroz carbonizada e casca de pinus (1:1:1 v/v) como componentes do substrato na miniestaquia de erva-mate, obtendo sobrevivência de até 85,8% das miniestacas.

Brondani et al. (2009) verificaram que para a maioria das características analisadas, os ambientes iniciais de enraizamento (casa de vegetação automatizada e casa de vegetação simples) não proporcionaram diferenças significativas para a estaquia de erva-mate. Os clones estudados mostraram comportamentos diferenciados em relação aos percentuais de enraizamento das estacas. O uso da casca de pinus como componente do substrato para enraizamento apresentou os melhores para a maioria das características analisadas. Portanto, ao usar casca de pinus como substrato para a produção de

mudas de erva-mate via estaquia, deve ser feita uma mistura com outros componentes, como a casca de arroz carbonizada e a vermiculita.

Segundo Brondani et al., (2009), o fato de a fibra de coco e de algumas composições de substrato não terem apresentado resultados satisfatórios não inviabilizam sua utilização no âmbito da estaquia de erva-mate. Entretanto, deverão ser feitos ajustes das condições de umidade do ambiente de enraizamento e/ou a mistura de componentes que resultem em maior drenagem, em vista de a fibra de coco, segundo Malvestiti (2004), apresentar uma boa capacidade de retenção de água.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Seleção e caracterização das espécies estudadas

A seleção das espécies utilizadas nesse estudo foi baseada em levantamentos florísticos e fitossociológicos de matas ciliares naturais e em recuperação. Foram selecionadas espécies de ocorrência natural no ambiente ciliar, na faixa de maior umidade normalmente sujeita a inundação, bem como espécies indiferentes quanto a essa característica (generalistas).

Incurções a campo foram realizadas com o objetivo de localizar matrizes das espécies pré-selecionadas e verificar o estado fisiológico das mesmas, bem como a disponibilidade de ramos para a confecção das estacas. Foram coletadas estacas de 20 espécies pertencentes a 16 gêneros e 12 famílias botânicas. A Tabela A1 do anexo apresenta uma caracterização das espécies estudadas.

3.2 Localização das matrizes, coleta ramos e confecção das estacas

As matrizes doadoras de material para confecção das estacas estão localizadas na região de Lavras, nos municípios de Ijaci, Lavras, Ribeirão Vermelho, Itumirim e Nazareno, no estado de Minas Gerais. Na coleta as matrizes foram georreferenciadas e a localização das matrizes pode ser visualizada no mapa da Figura 1. As coordenadas geográficas dos locais de coleta estão dispostas na Tabela A2 do anexo.

Segundo a classificação de Koppen o clima em Lavras é do tipo Cwa. A temperatura média anual é de 19,3°C. A precipitação média anual é de 1.530mm, a evaporação total anual é de 1.343mm e a umidade relativa média anual é de 76% (Brasil, 1992).

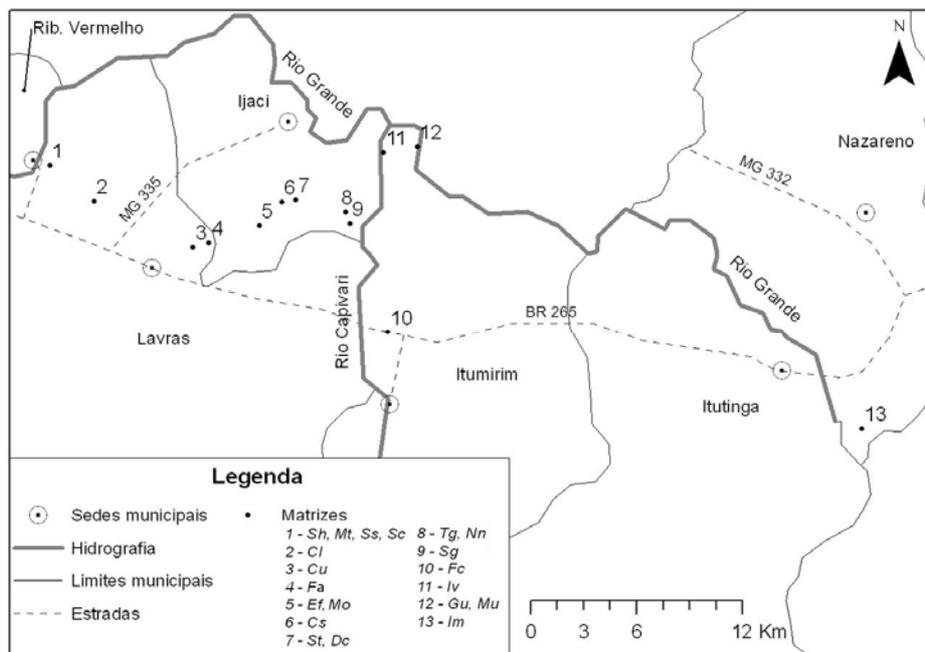


FIGURA 1 Localização das matrizes utilizadas para a confecção das estacas. As espécies coletadas nos diferentes locais segundo a codificação utilizada na legenda da figura são: Sh – *Salix humboldtiana*; Mt – *Maclura tinctoria*; Ss – *Sebastiania scottiana*; Sc – *Sebastiania commersoniana*; Cl – *Cestrum laevigatum*; Cu – *Croton urucurana*; Fa – *Ficus adhatodigifolia*; Ef – *Erythrina falcata*; Mo – *Magnolia ovata*; Cs – *Casearia sylvestris*; St – *Schinus terebinthifolius*; Dc – *Dedropanax cuneatus*; Tg – *Tapirira guianensis*; Nn – *Nectandra nitidula*; Sg – *Siparuna guianensis*; Fc – *Ficus citrifolia*; Iv – *Inga vera*; Gu – *Guazuma ulmifolia*; Mu – *Myrsine umbellata* e Im – *Inga marginata*.

A época de coleta variou, pois os experimentos não foram montados ao mesmo tempo. A coleta em todos os experimentos foi realizada no período da manhã ou final da tarde e foram utilizados preferencialmente ramos do último ciclo vegetativo. Foram amostrados ramos localizados entre os internos principais da copa das matrizes. A turgidez dos tecidos foi mantida da coleta ao estaqueamento mediante a nebulização de água. Foram confeccionadas estacas

lenhosas com comprimento variando entre 15 e 20 cm. As estacas não possuíam folhas, o número de gemas variou entre espécies e o diâmetro foi uma das variáveis analisadas nos experimentos, sendo mais bem detalhado nos itens 4.3, 4.4 e 4.5.

3.3 Experimento 1- Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais em função do diâmetro

Estacas lenhosas de nove das 20 espécies listadas na Tabela A1 foram avaliadas quanto ao enraizamento em função do seu diâmetro. As estacas confeccionadas foram agrupadas em classes de diâmetro e apresentavam valores médios de: a) 5,0 mm, e amplitude de 3,0 a 6,9 mm; b) 9,5 mm, e amplitude de 7,0 a 10,9 mm; c) 14,5 mm, e amplitude de 11,0 a 17,9 mm e d) 24 mm, com amplitude de 18,0 a 30 mm. As estacas foram cortadas em bisel tanto no ápice como na base, com auxílio de serrotes de poda e tesouras tipo “bico de papagaio”. As espécies utilizadas foram: *Casearia sylvestris*, *Cestrum levigatum*, *Ficus insipita*, *Guazuma ulmifolia*, *Inga marginata*, *Inga vera*, *Myrsine umbellata*, *Salix humboldtiana* e *Sebastiania scottiana*.

O plantio e a condução da fase de enraizamento ocorreram na casa de vegetação do Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras UFLA mantida através do uso de um termostato e umidostato à 27°C de temperatura e 85% de umidade relativa do ar. As estacas foram plantadas em tubetes de 280 cm³ acondicionados em bandejas com capacidade para 56 unidades. O substrato utilizado foi uma mistura em partes iguais de vermiculita expandida e casca de arroz carbonizada. A casa de vegetação (piso), bem como as bandejas e tubetes utilizados, foram previamente lavados e desinfestados em solução de hipoclorito de sódio (0.5%) por 10 minutos e em seguida lavados sob água corrente.

A montagem ocorreu em fevereiro de 2008. Foram utilizadas 5 repetições de 10 estacas por tratamento e o experimento arranjado segundo um

delineamento inteiramente casualizado (DIC). Após 45 dias o experimento foi avaliado. Foram obtidas as seguintes características: número de estacas enraizadas (ER), número de raízes primárias maiores que dois milímetros (NR) e medido o comprimento da maior raiz (CMR) por estaca enraizada. Uma régua graduada em centímetros foi utilizada para medir o comprimento da raiz.

Os dados foram analisados com auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Para análise de variância o percentual de enraizamento foi transformado em $\arcsen(\sqrt{X/100})$ e o número de raízes em \sqrt{X} . Às médias das variáveis com efeitos significativos foram aplicados o teste de Scott-knott ($\alpha = 0,05$). Foram analisadas somente as espécies que apresentaram estacas enraizadas.

3.4 Experimento 2 - Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais tratadas com promotor de enraizamento

O enraizamento de estacas das 20 espécies arbóreas listadas na Tabela A1 foi avaliado sob a aplicação de auxina sintética, o ácido indolbutírico (AIB). Foram utilizadas estacas com diâmetro médio de 14,5cm, em função dos melhores resultados obtidos no experimento 1. Os procedimentos e insumos utilizados na coleta, confecção das estacas, estaqueamento e condução deste experimento ocorreram nas mesmas condições do experimento 1.

Os tratamentos adotados foram a aplicação de AIB veiculado a talco na base das estacas, nas seguintes concentrações: 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5mM. O tratamento 0,0 mM (controle) consistiu da aplicação apenas de talco na base das estacas. As soluções foram preparadas no Laboratório de Sementes Florestais (LSF) da UFLA. A montagem ocorreu em

A montagem ocorreu outubro de 2008. Foram utilizadas 5 repetições de 10 estacas por tratamento e o experimento arranjado segundo delineamento inteiramente casualizado (DIC). Após 45 dias o experimento foi avaliou-se as seguintes variáveis: Percentagem de estacas enraizadas (ER), número de raízes

primárias (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) por estaca enraizada. Uma régua graduada em centímetros foi utilizada para medir o comprimento da raiz.

Os dados foram analisados com auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2000). Para análise de variância o percentual de enraizamento foi transformado em $\arcsen(\sqrt{X/100})$ e o número de raízes em \sqrt{X} . Às médias das variáveis com efeitos significativos foram aplicados o teste de Scott-Knott ($\alpha = 0,05$). Foram analisadas somente as espécies que apresentaram estacas enraizadas.

Na avaliação desse experimento, constatou-se uma elevada proporção de estacas não enraizadas, no entanto vivas e com brotações para as espécies *Siparuna guianensis*, *Croton urucurana*, *Schinus terebinthifolius*, *Ficus adhatodigifolia*, *Ficus citrifolia* e *Nectandra nitidula*. Em virtude da constatação e objetivando verificar se as estacas enraizariam, as mesmas foram replantadas em bandejas contendo areia, e levadas para continuarem o enraizamento em ambiente coberto com sombrite (50%) e irrigação intermitente. Estacas de *N. nitidula* não foram replantadas, mesmo com a constatação.

3.5 Experimento 3 – Avaliação de barreiras anatômicas em estacas lenhosas de espécies florestais

Foram avaliadas barreiras anatômicas ao enraizamento em estacas de seis das 20 espécies listadas na Tabela A1. As espécies utilizadas foram selecionadas com base nos resultados dos itens 4.3 e 4.4 e são: *Salix humboldtiana* e *Casearia laevigatum*, com percentuais de enraizamento maiores que 70%; *Sebastiania scottiana* e *Ficus adhatodigifolia*, que apresentaram percentuais de enraizamento menores que 10%; e *Myrsine umbellata* e *Inga vera*, as quais não enraizaram em nenhuma das situações.

A coleta do material para as análises ocorreu em março de 2009 e foi utilizada uma matriz por espécie. Após a coleta, o material foi transportado ao Viveiro Florestal da UFLA e estacas foram confeccionadas de acordo com o

item 4.2 nas classes de diâmetro do item 4.4, e se consistiram nos tratamentos. Das estacas, conforme a classe foram retirados segmentos de 2 cm de comprimento, sendo destes que foram obtidos os cortes transversais.

Os cortes foram realizados no micrótomo de deslizamento com navalha de aço tipo C, do Laboratório de Anatomia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais (DCF/UFLA). Os cortes permaneceram em glicerina até a confecção de laminas semipermanentes. No Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia (DBI/UFLA) os cortes foram retirados da glicerina, clarificados em hipoclorito de sódio a 20% por cinco a dez segundos e em seguida lavados em água destilada para retirada do sal. Para a coloração histoquímica dos cortes foi utilizada solução de safrablau (safranina – azul de Astra) na concentração de 1%. Em seguida, eles foram lavados em água destilada, acondicionados sobre lamina com água glicerinada. O conjunto foi coberto com lamínula e selado com esmalte.

Foram fixados 6 cortes por classe de diâmetro para cada espécie. As lâminas foram observadas em microscópio óptico acoplado à câmera digital usada para registro fotográfico. Foram retiradas duas microfotografias de cada corte fixado. A avaliação de barreiras anatômicas foi realizada em quatro microfotografias por classe de diâmetro por espécie, sendo analisadas no total 96 microfotografias.

Em cada microfotografia foi observada a presença e a organização do tecido esclerenquimático, contabilizado o número de estratos e obtida a espessura de cada estrato. A espessura de cada estrato foi tomada em quatro diferentes posições, tanto de estratos contínuos quanto de descontínuos. Nas microfotografias analisadas de *Inga. vera*, em função de um tipo diferenciado de esclerênquima, a espessura dos estratos foi tomada entre as reentrâncias, no local de menor espessamento do tecido. A espessura dos estratos foi obtida por meio de medições efetuadas no programa Image tool[®].

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para análise de variância a espessura de cada estrato foi somada e foi obtida a espessura total de esclerênquima por diâmetro médio analisado. Para a análise dos dados quanto ao número de estratos e a espessura total de esclerênquima foi utilizado o software Sisvar (Ferreira, 2000), e aplicado o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) às características com efeito significativo. Previamente à análise, os dados referentes ao número de estratos foram transformados em \sqrt{X} .

4 RESULTADOS

4.1 Experimento 1 – Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais em função do diâmetro

A análise de variância (Tabela A3) mostrou efeito significativo dos fatores espécie e classe de diâmetro para as características: percentual de enraizamento, número de raízes e comprimento da maior raiz por estaca. Das nove espécies estudadas, seis apresentaram estacas enraizadas, com percentuais de enraizamento variando de 0,5% para *Casearia silvestris* a 91,5% para *Cestrum laevigatum*. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos para as características avaliadas para as espécies que apresentaram estacas enraizadas. Das espécies estudadas as que não enraizaram foram *Inga marginata*, *Inga Vera* e *Myrsine umbellata*.

TABELA 1 Média do percentual de enraizamento (ENR), número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) de estacas lenhosas das espécies enraizadas no experimento 1.

Espécie	ENR (%)*	NR*	CMR (cm) *
<i>Ficus adhatodigifolia</i>	1,0d	0,02d	0.01c
<i>Casearia silvestris</i>	0,5d	0,01d	0.02c
<i>Guazuma ulmifolia</i>	2,0d	0,12d	0.21c
<i>Sebastiania scottiana</i>	6,0c	0,27c	0.24c
<i>Salix humboldtiana</i>	80,5b	5,65b	11.67b
<i>Cestrum laevigatum</i>	91,5 ^a	15,8a	16.97 ^a
Média	30,25	3,65	4,85
Coeficiente de variação	35,15	36,72	43,48

*Espécies com valores médios seguidos de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ($\alpha = 0,05$).

O percentual de estacas enraizadas entre as espécies é maior em *C. laevigatum*, com 91,5% de enraizamento, seguida de *S. humboldtiana* (80,5%) e *S. scottiana* (6%). Estacas de *G. ulmifolia*, *F. adhatodigifolia* e *C. silvestris*

apresentaram 2,0; 1,0 e 0,5% de enraizamento, e não diferem entre si ($p < 0,05$). Resultados idênticos foram observados para a característica número de raízes.

Quanto ao comprimento da maior raiz as estacas de *C. Laevigatum* apresentaram a maior dimensão, seguida das estacas de *S. humboldtiana*. As estacas de *F. adhatodigifolia*, *C. silvestris*, *G. ulmifolia* e *S. scottiana* não diferiram entre si quanto a essa característica.

Na Figura 2 pode ser observado aspecto de estacas enraizadas das espécies *S. humboldtiana* e *C. laevigatum*. As curvas, equações e coeficientes de obtidos na regressão em função do diâmetro estão apresentados nas Figuras 3, 4 e 5 e na Tabela 2.



FIGURA 2 Aspecto de estacas enraizadas de *Salix humboldtiana* (a) e *Cestrum Laevigatum* (b). Da esquerda para a direita, para ambas as espécies, os propágulos representados possuem diâmetro médio de 5,0; 9,5; 14,5 e 24,0 mm. Barra = 10 cm.

O percentual de enraizamento foi crescente até atingir o diâmetro médio de 14,5 mm, e nas estacas com diâmetro médio de 24 mm foi observada queda. Exceção a esse padrão ocorreu nas estacas de *F. adhatodigifolia*, que

apresentaram tendência de acréscimo em enraizamento conforme aumento do diâmetro médio da estaca utilizada. Estacas de *C. silvestris* não enraizaram em outro diâmetro a não ser o de 14,5 mm. Além de *C. laevigatum* e *S. humboldtiana*, nenhuma outra espécie enraizou no diâmetro médio de 5 mm. Incremento crescente, conforme aumento do diâmetro da estaca até o diâmetro médio de 14,5 mm e queda no diâmetro médio de 24 mm ocorreu também para o número de raízes e o comprimento da maior raiz para as estacas das espécies estudadas, inclusive *F. adhatodigifolia*.

TABELA 2 Equações de regressão ajustadas para as espécies para o percentual de enraizamento, número de raízes e comprimento da maior raiz em função do diâmetro médio da estaca utilizada.

Espécie	Enraizamento (%)	
	Equação	R ²
<i>Casearia Silvestris</i>	$X = -0,0178x^2 + 0,5394x - 2,618$	0,65
<i>Cestrum Laevigatum</i>	$X = -0,0683x^2 + 2,3029x + 76,502$	0,66
<i>Ficus adathodigifolia</i>	$X = 0,0037x^2 - 0,0419x + 0,7337$	0,24
<i>Guazuma ulmifolia</i>	$X = -0,043x^2 + 1,4212x - 7,0582$	0,65
<i>Salix humboldtiana</i>	$X = -0,0831x^2 + 2,729x + 63,212$	0,41
<i>Sebastiania scottiana</i>	$X = -0,0676x^2 + 2,3744x - 10,093$	0,99
Espécie	Número de raízes	
	Equação	R ²
<i>Cestrum laevigatum</i>	$Y = -0,0441x^2 + 1,373x + 7,6164$	0,99
<i>Casearia Silvestris</i>	$Y = -0,0002x^2 + 0,0054x - 0,0262$	0,65
<i>Ficus adathodigifolia</i>	$Y = -0,00003x^2 + 0,0011x + 0,0067$	0,02
<i>Guazuma ulmifolia</i>	$Y = -0,0013x^2 + 0,0504x - 0,2608$	0,76
<i>Salix humboldtiana</i>	$Y = -0,0239x^2 + 0,8359x - 0,0013$	0,93
<i>Sebastiania scottiana</i>	$Y = -0,0034x^2 + 0,1072x - 0,3821$	0,67
Espécie	Comprimento da maior raiz (cm)	
	Equação	R ²
<i>Casearia Silvestris</i>	$Z = -0,0009x^2 + 0,027x - 0,1309$	0,65
<i>Cestrum Laevigatum</i>	$Z = -0,0308x^2 + 1,0549x + 10$	0,92
<i>Ficus adathodigifolia</i>	$Z = 0,00004x^2 - 0,0004x + 0,0073$	0,24
<i>Guazuma ulmifolia</i>	$Z = -0,0023x^2 + 0,092x - 0,4771$	0,76
<i>Salix humboldtiana</i>	$Z = -0,0249x^2 + 0,9641x + 4,5938$	0,72
<i>Sebastiania scottiana</i>	$Z = -0,0031x^2 + 0,1062x - 0,4634$	0,99

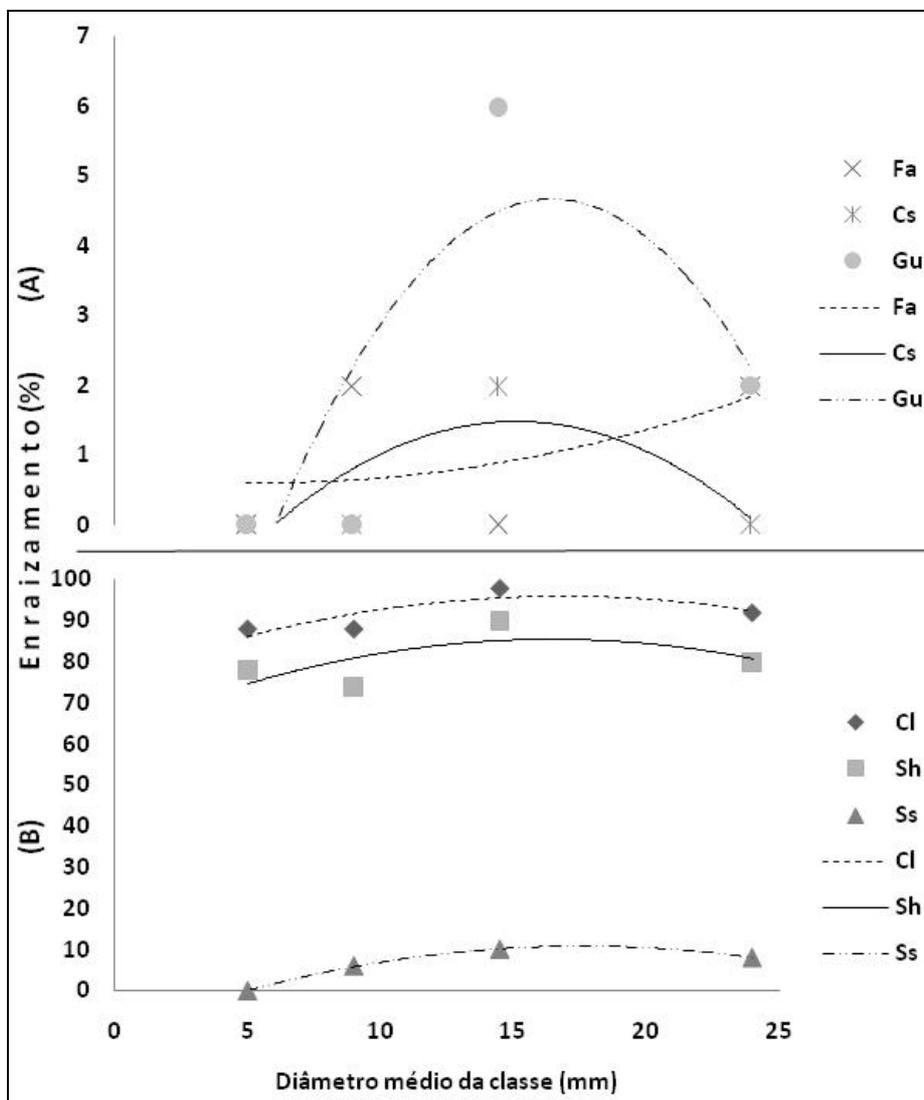


FIGURA 3 Curva de enraizamento em função do diâmetro médio das estacas. Em (A) para as espécies *F. adhatodigifolia* (Fa), *C. silvestris* (Cs) e *G. ulmifolia* (Gu), em (B) para as espécies *C. laevigatum* (Cl), *S. humboldtiana* (Sh) e *S. scottiana* (Ss).

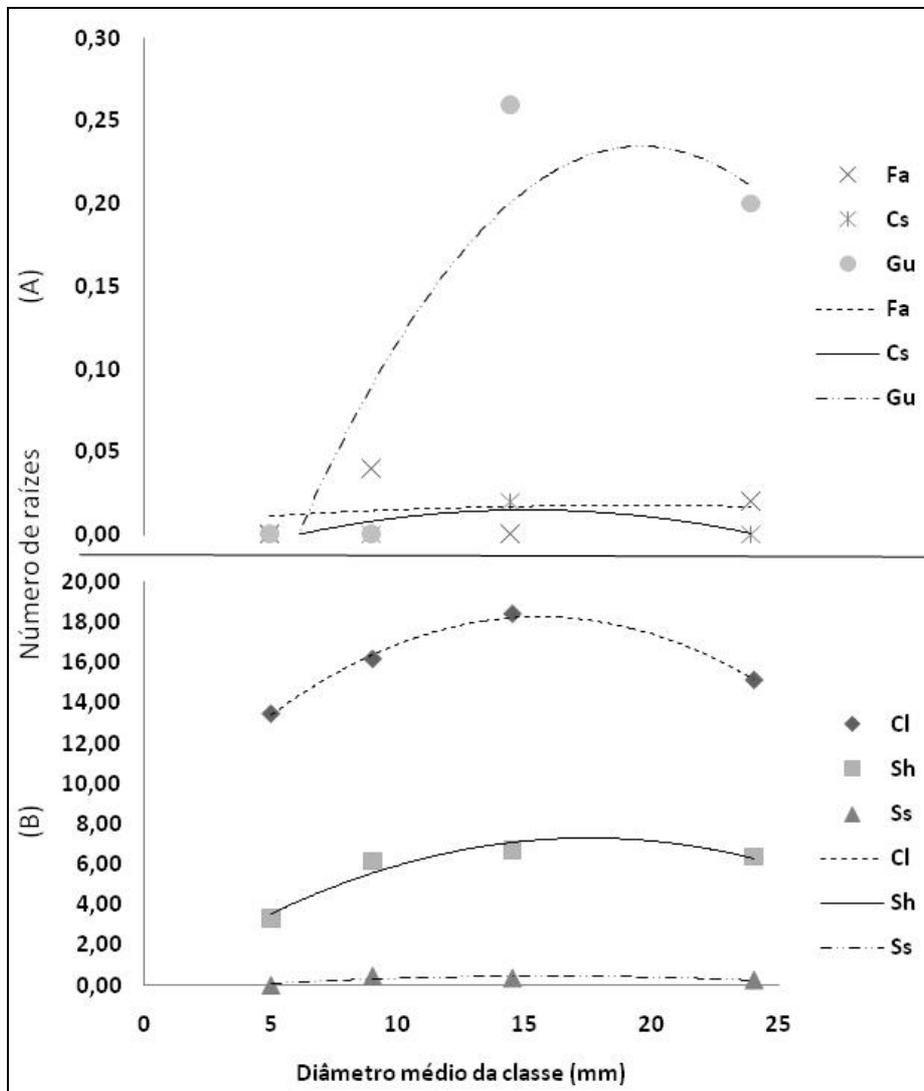


FIGURA 4 Curva do número de raízes em função do diâmetro médio das estacas. Em (A) para as espécies *F. adhatodigifolia* (Fa), *C. silvestris* (Cs) e *G. ulmifolia* (Gu), em (B) para as espécies *C. laevigatum* (Cl), *S. humboldtiana* (Sh) e *S. scottiana* (Ss).

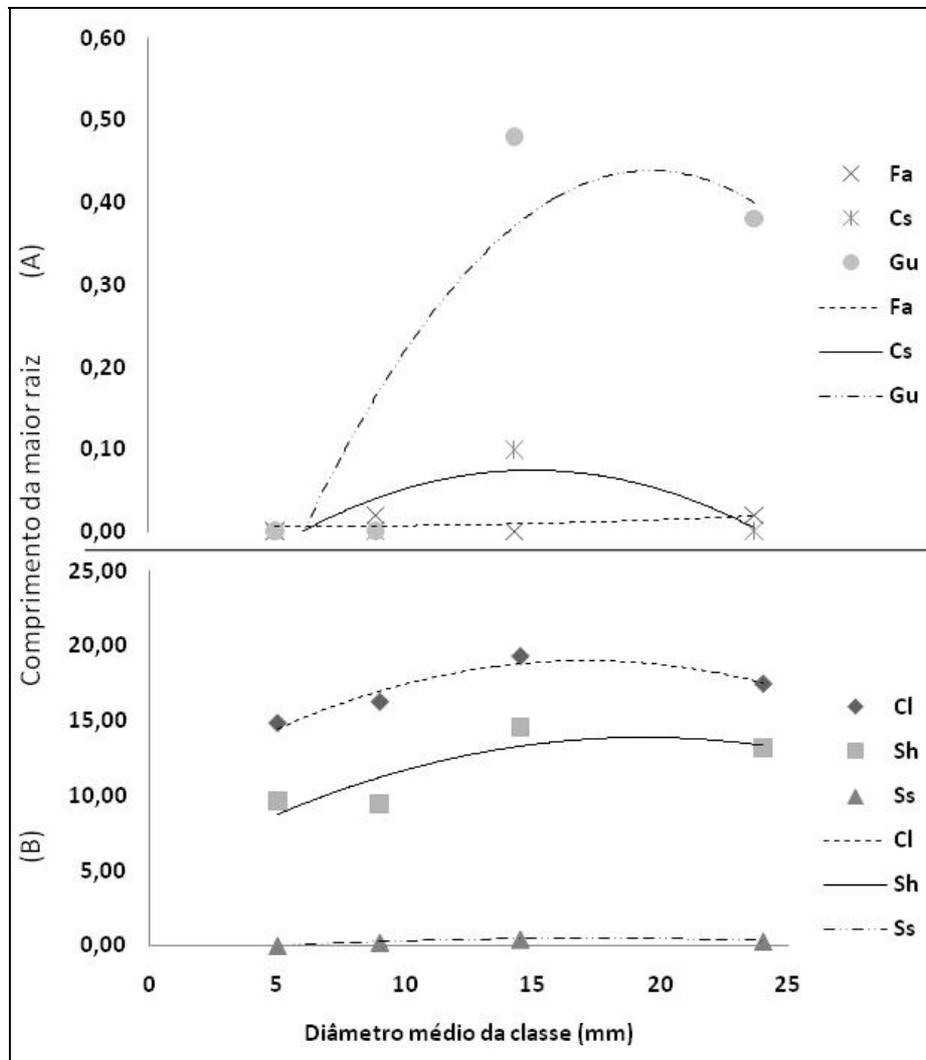


FIGURA 5 Curva do comprimento da maior raiz em função do diâmetro médio das estacas. Em (A) para as espécies *F. adhatodigifolia* (Fa), *C. silvestris* (Cs) e *G. ulmifolia* (Gu), em (B) para as espécies *C. laevigatum* (Cl), *S. humboldtiana* (Sh) e *S. scottiana* (Ss).

4.2 Experimento 2 – Enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais tratadas com promotor de enraizamento

Das 20 espécies estudadas nove apresentaram estacas enraizadas. A análise de variância (Tabela A4) revelou diferenças significativas entre espécies para o percentual de enraizamento, número de raízes e comprimento da maior raiz por estaca. O enraizamento variou de 0,5% para estacas de *Nectandra nitidula* a 88 % para estacas de *S. humboldtiana*. As espécies que não apresentaram estacas enraizadas foram *Tapirira guianensis*, *Dedropanax cuneatus*, *Sebastiania commersoniana*, *Erythrina falcata*, *Inga marginata*, *Inga vera*, *Magnolia ovata*, *Guazuma ulmifolia*, *Maclura tinctoria*, *Myrsine umbellata* e *Casearia sylvestris*. Na Tabela 3, são apresentados os resultados quanto ao enraizamento, número de raízes e comprimento da maior raiz de estacas caulinares das espécies estudadas.

TABELA 3 Média do percentual de enraizamento (ENR), número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) de estacas lenhosas das espécies estudadas.

Espécie	ENR (%)*	NR*	CMR (cm)*
<i>Nectandra nitidula</i>	0,5e	0,01e	0,00d
<i>Ficus citrifolia</i>	1,0e	0,01e	0,01d
<i>Siparuna guianensis</i>	2,5e	0,04e	0,02d
<i>Sebastiania scottiana</i>	5,5d	0,16d	0,16d
<i>Ficus adhatodigifolia</i>	8,0d	0,23d	0,26d
<i>Schinus terebinthifolius</i>	8,0d	0,39d	0,33d
<i>Croton urucurana</i>	23,0c	1,27c	1,33c
<i>Cestrum laevigatum</i>	74,5b	6,89b	4,74c
<i>Salix humboldtiana</i>	88,0a	7,73 ^a	9,85a
Média	23,44	1,86	1,86
Coefficiente de variação	56,36	55,30	52,45

*Espécies com valores médios seguidos de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-knott ($\alpha = 0,05$).

Percentual de estacas enraizadas maiores que 70%, puderam ser observados para as espécies *C. laevigatum* e *S. humboldtiana*. As estacas de *S. humboldtiana* apresentaram o maior enraizamento entre as espécies estudadas, seguida de *C. laevigatum*, que enraizaram em média 74,5%. As estacas de *C. urucurana* apresentaram a terceira maior média ($p < 0,05$). Percentuais de enraizamento menores que 10% foram verificados em seis das nove espécies estudadas. *S. terebinthifolius*, *F. adhatodigifolia* e *S. scottiana* apresentaram enraizamento entre 8 e 5% e não diferem entre si. Estacas das espécies *S. guianensis*, *F. citrifolia* e *N. nitidula* enraizaram entre 2,5 e 0,5 e também não diferem entre si.

Resultados idênticos foram observados para a característica número de raízes. As espécies que apresentaram os três maiores valores e se diferenciaram quanto ao percentual de enraizamento e número de raízes também o fizeram quanto ao comprimento da maior raiz por estaca. No entanto, as demais espécies ficaram reunidas em um único grupo, em que, quanto a essa característica as estacas enraizadas dessas espécies não diferem entre si. Aspecto das estacas após o período experimental pode ser visualizado na Figura 6.

Estacas não enraizadas que se apresentavam vivas ao final dos 45 dias de enraizamento na casa de vegetação e que foram replantadas, apresentaram percentuais de estacas enraizamento aos 95 dias que variaram de 1,0% para *F. citrifolia* a 23% para *S. guianensis*. As estacas de *C. urucurana*, *S. terebinthifolius*, *F. adhatodigifolia* e *F. citrifolia* enraizaram 8,0; 6,0; 2,0 e 2,0% respectivamente. Nas estacas de *S. guianensis* tanto no plantio como no replantio a emergência da raiz adventícia foi na base da estaca, na região do corte, aos 45 dias as raízes eram finas e ramificadas, e aos 95 dias eram grossas e sem ramificação. Para as demais espécies, tanto na avaliação normal quanto na avaliação das estacas replantadas as raízes foram observadas na base da estaca, nas laterais da mesma.

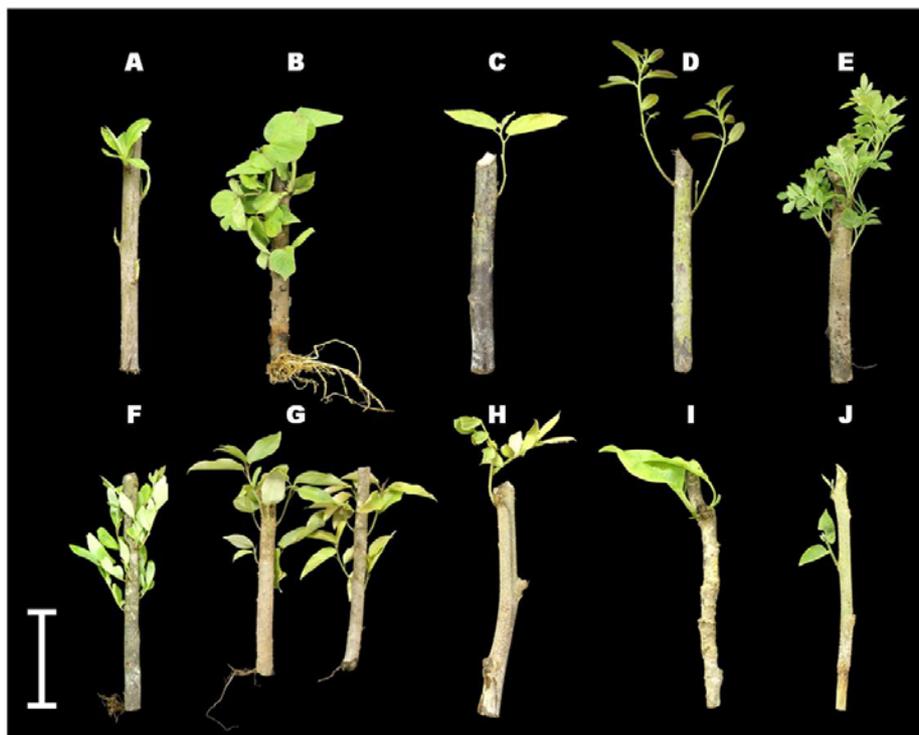


FIGURA 6 Aspecto de estacas enraizadas e brotadas de *M. umbellata* (A), *C. urucurana* (B), *G. ulmifolia* (C), *N. nitidula* (D), *Schinus terebinthifolius* (E), *S. scottiana* (F), *F. adhatodigifolia* (G), *I. vera* (H), *F. citrifolia* (I), *M. tinctoria* (J). Barra = 10 cm.

4.3 Experimento 3 – Avaliação de barreiras anatômicas em estacas lenhosas de espécies florestais

Analisando as secções transversais em todas as classes de diâmetro puderam ser observadas características anatômicas distinta principalmente com relação à distribuição dos tecidos que compõe o córtex. Todas as estacas já apresentavam crescimento secundário conforme ilustram as Figuras 7, 8 e 9. O esclerênquima apresentou-se distribuído continuamente no córtex do caule das espécies *Inga vera*, *Myrsine umbellata* e *Ficus adhatodigifolia*. Nas espécies

Cestrum laevigatum, *Salix humboldtiana* e *Sebastiania scottiana* a distribuição não é contínua, e sim intercalada com parênquima cortical.

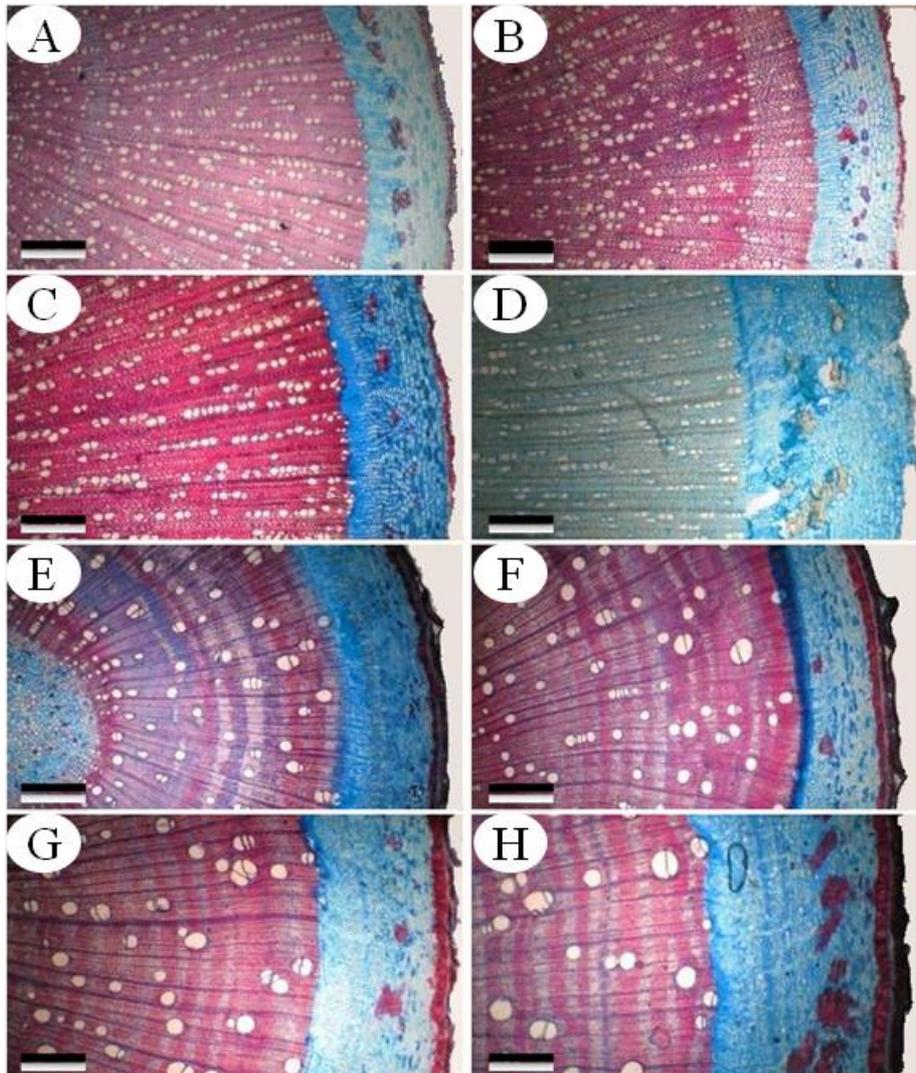


FIGURA 7 Secções transversais do caule de *Cestrum laevigatum* (A, B, C e D) e *Ficus adhatodigifolia* (E, F, G e H) nos diâmetros de 5,0; 9,5; 14,5 e 24 mm, respectivamente.

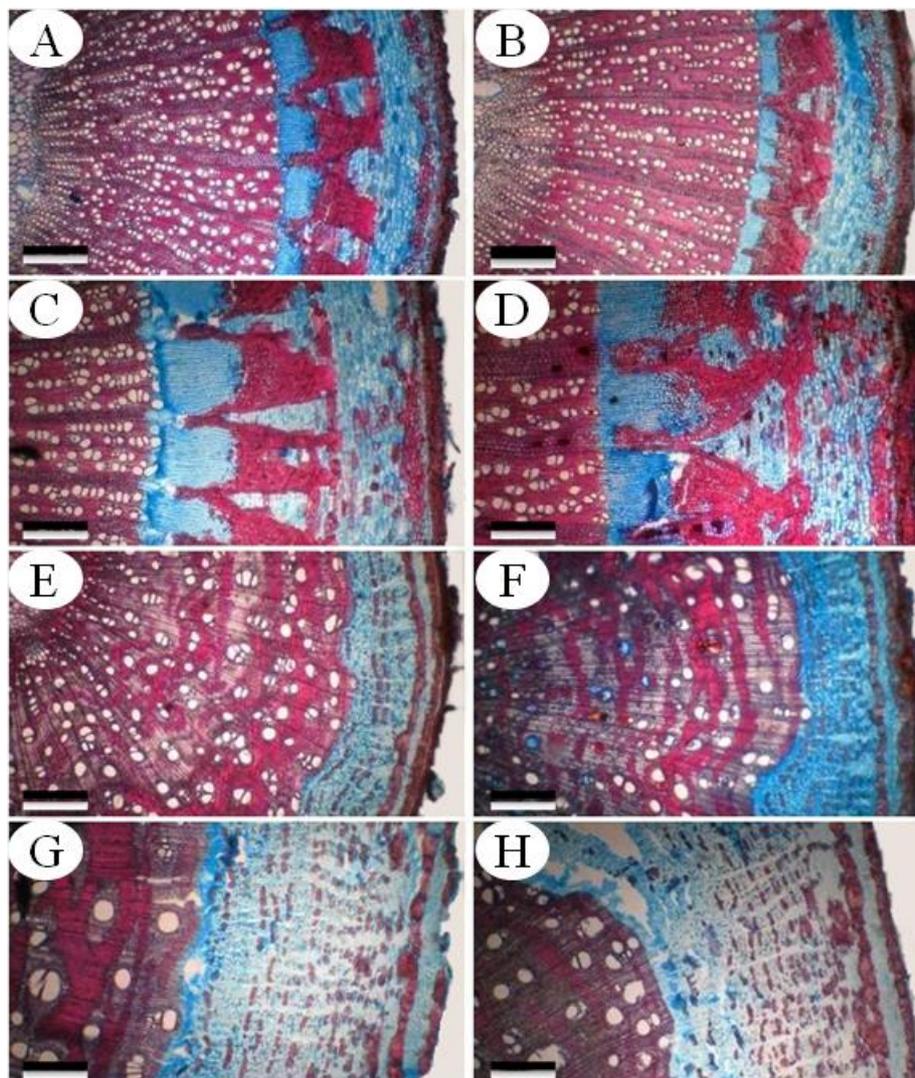


FIGURA 8 Secções transversais do caule de *Inga vera* (A, B, C e D) e *Myrsine umbellata* (E, F, G e H) nos diâmetros de 5,0; 9,5; 14,5 e 24 mm respectivamente.

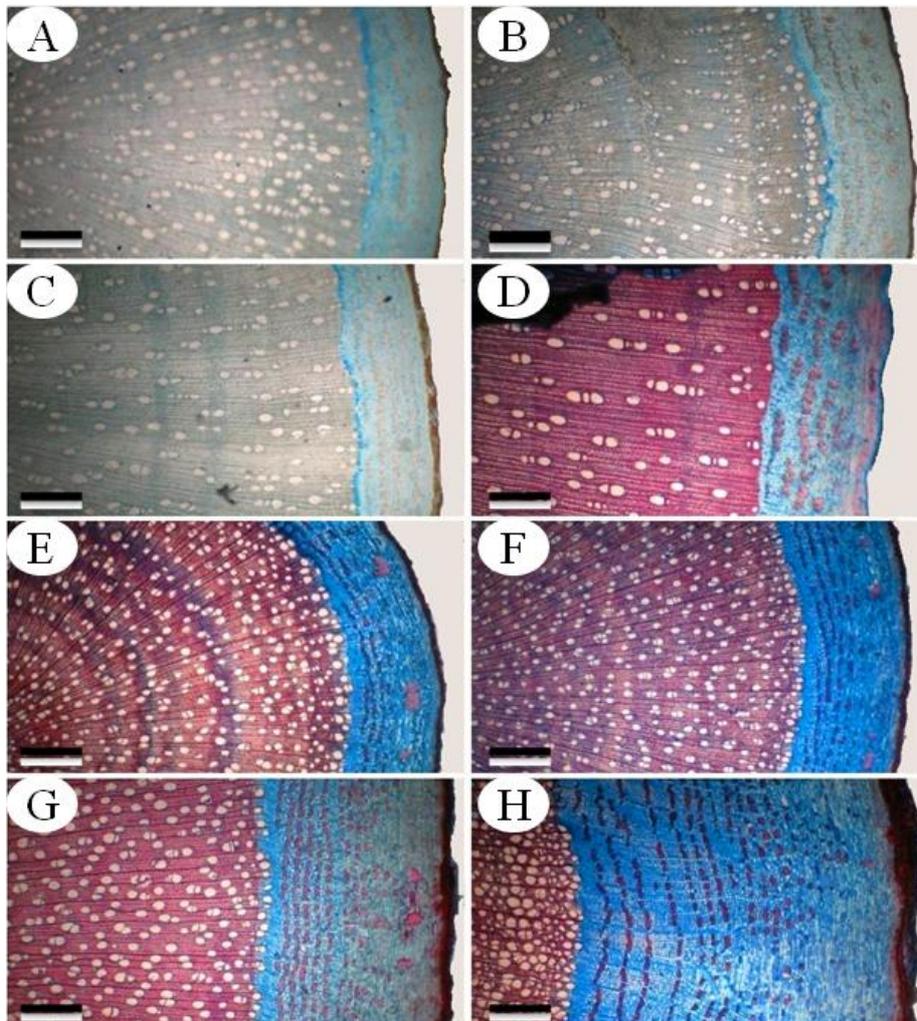


FIGURA 9 Fotomicrografias de secções transversais do caule de *Salix scottiana* (A, B, C e D) e *Salix humboldtiana* (E, F, G e H) nos diâmetros médios de 5,0; 9,5; 14,5 e 24 mm, respectivamente.

Foram identificados agrupamentos de células esclerenquimáticas entre o estrato contínuo e a região cambial nas secções analisadas de *F. adhatodigifolia*. Essas células são identificadas isoladamente e em menor número na menor

classe de diâmetro, a partir do diâmetro médio de 9,5 mm há aumento do número e dimensão desses agrupamentos conforme incremento do diâmetro do caule.

No córtex de *I. vera* os estratos de esclerênquima encontram-se dispostos de maneira diferenciada em relação às demais espécies. O estrato mais interno é contínuo e apresenta reentrâncias (Figura 8), o estrato externo é contínuo e distribui-se de maneira semelhante ao observado nas demais espécies estudadas.

O número de estratos foi variável de acordo com a espécie. Nas espécies *F. adhatodigifolia* e *C. laevigatum* foi identificado um estrato em todos os diâmetros analisados enquanto que nas secções de *I. vera* foram identificados dois estratos. Nas espécies *M. umbellata*, *S. humboldtiana* e *S. scottiana* há incremento no número de estratos conforme aumento do diâmetro da seção analisada. Análise de variância mostrou efeito significativo para as espécies, as classes de diâmetro e a interação entre essas fontes de variação para o número estratos (Tabela A5). Na Figura 10 estão representadas as curvas de regressão do número de estratos de tecido de esclerenquimático em função do diâmetro da seção analisada e seus respectivos coeficientes de determinação. Os menores valores e o menor acréscimo no número de estratos conforme aumento do diâmetro da seção analisada ocorreu para a espécie *S. scottiana*. O incremento é de ± 2 estratos da menor para a maior classe de diâmetro utilizada.

Os estratos observados nas estacas de *S. humboldtiana* são todos descontínuos e podem ser visualizados na Figura 9. Nas estacas com diâmetro médio de 5,0 mm o número de estratos é de 4-5. O aumento do número de estratos é praticamente linear das estacas com 05 mm até as com 14,5mm; do diâmetro de 14,5 até o de 24 mm há uma queda no incremento do número de estratos.

O incremento do número de estratos descrito anteriormente é semelhante ao verificado nas secções de caule de *M. umbellata*. No entanto, nessa espécie, os dois estratos mais externos em todas as classes de diâmetro são contínuos e os demais descontínuos como verificado nas secções de *S. humboldtiana*. O número de estratos na classe de menor diâmetro é de 6-7 estratos e chega a 13-15 na classe de maior diâmetro.

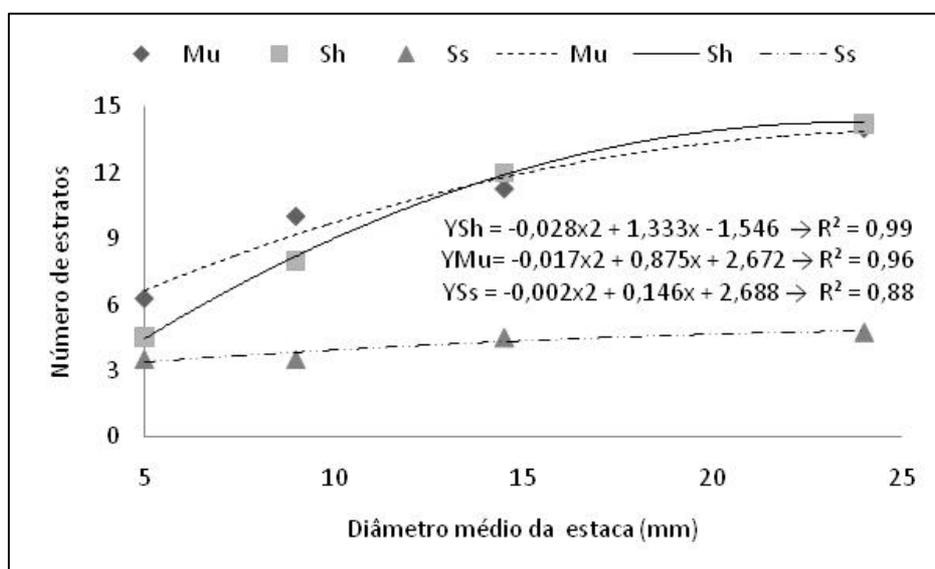


FIGURA 10 Número de estrato(s) de esclerênquima em estacas lenhosas de espécies florestais em função do diâmetro médio da classe analisada. Em que: *M. umbellata* (Mu), *S. humboldtiana* (Sh) e *S. scottiana* (Ss).

Espessamento do tecido esclerenquimático conforme aumento do diâmetro da seção analisada foi observado para todas as espécies. A análise de variância mostrou efeito significativo para as espécies, as classes de diâmetro e a interação entre essas fontes de variação para a espessura dos estratos (Tabela A6). *I. vera* foi a espécie com os maiores valores para essa variável, seguida de *M. umbellata* e de *S. humboldtiana*. Nessas espécies o incremento

foi crescente e praticamente linear conforme aumento do diâmetro da seção analisada. Na Figura 11 estão representadas as curvas de regressão da espessura para essa característica em função do diâmetro da seção analisada e seus respectivos coeficientes de regressão.

Nas seções de *S. scottiana* há um incremento até as seções com diâmetro médio de 14,5mm e queda na seção com 24 mm. Nas seções de *C. laevigatum* o incremento apresenta tendência de incremento constante até as seções com diâmetro médio de 14,5 mm, desse diâmetro para o de 24 mm há um maior espessamento. Já nas seções de *F. adhatodigifolia* foram observados os menores valores para essa variável. Incremento maior segundo a curva gerada pela equação de regressão ocorre da classe de menor diâmetro até a com diâmetro médio de 14,5 mm e tendência de estabilizar o incremento é observada até o diâmetro médio de 24 mm.

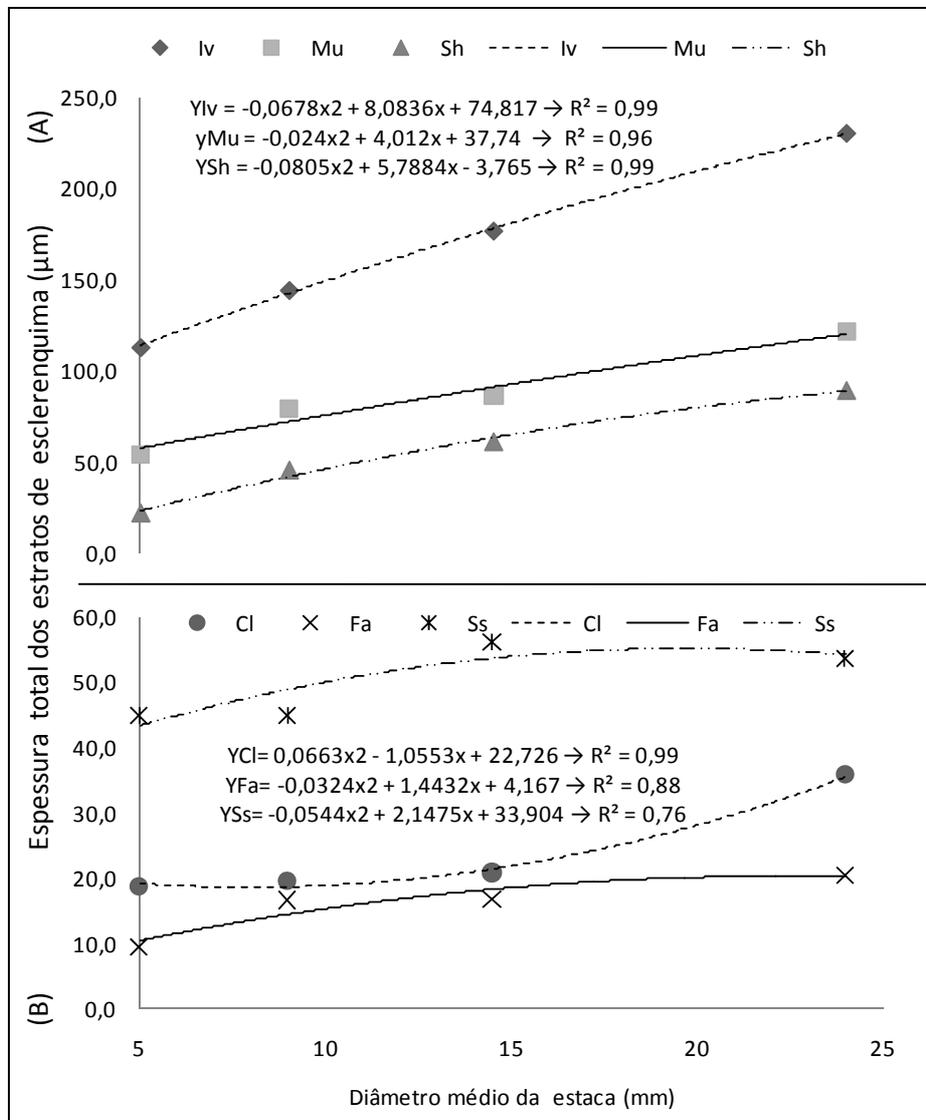


FIGURA 11 Espessura do(s) estrato(s) de tecido esclerenquimático em estacas lenhosas das espécies estudadas em função do diâmetro médio da secção analisada. Em (A) para as espécies *I. vera* (Iv), *M. umbellata* (Mu) e *S. humboldtiana* (Sh). Em (B) para as *C. laevigatum* (Cl), *F. adhatodigifolia* (Fa) e *S. scottiana* (Ss).

5 DISCUSSÃO

Os melhores resultados obtidos em estacas com 14,5 mm de diâmetro possivelmente se devem ao fato de que, propágulos de maior diâmetro foram obtidos de porções mais basais da copa das plantas matrizes. Estacas basais também apresentaram melhor desempenho em comparação propágulos da região mediana e apical do ramo como relatado para *Platanus acerifolia* e *Nerium oleander* por Vlachou (1988) e Castro et al. (2007) respectivamente. Estacas basais de *Sebastiania scothiana*, como observado nesse estudo também proporcionaram maior enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular em estudo desenvolvido por Frassetto (2007).

O melhor desempenho de estacas basais provavelmente se deve que maior é a juvenilidade dos tecidos retirados dessa porção da planta conforme o gradiente de juvenilidade existente nas plantas. Maior juvenilidade e também teor de carboidratos armazenados em seus tecidos tem sido atribuídos aos melhores resultados obtidos em experimentos que avaliam a propagação vegetativa pelo método da estaquia (Souza et al., 2003; Xavier et al., 2003; Melo, 2007; Frassetto, 2007; Cunha et al., 2008; Souza et al., 2008).

A maior juvenilidade nos tecidos localizados em posições mais distantes do meristema apical do caule possivelmente explica o enraizamento crescente, até as estacas com diâmetro médio de 14,5 mm. No entanto, nas estacas de 24 mm é observada queda no enraizamento e qualidade do sistema radicular apesar de serem estas entre os tipos de estaca testados, as que possivelmente apresentam maior juvenilidade. Estacas com 24 mm de diâmetro, dependendo da espécie, carregam uma carga de divisões somáticas consecutivas de mais de 5 anos e portanto, maior é o estado de maturação dos tecidos. Segundo Fontanier e Jonkers (1976) a perda ou diminuição no potencial de enraizamento é um dos aspectos negativos da idade. No entanto, independente do diâmetro da estaca, o enraizamento das espécies *Cestrum laevigatum* e *Salix humboldtiana* foi maior

que 70%, esses resultados possivelmente se devem ao genótipo, pois segundo Alfenas et al. (2004), em espécies que se propagam facilmente por estaquia, a idade fisiológica da planta-matriz não exerce influência significativa no enraizamento.

Os resultados obtidos nesse estudo quanto ao número e comprimento do sistema radicular formado em estacas de *Salix humbolditiana* e *Cestrum laevigatum*, às qualifica para técnicas de bioengenharia. Pois para essa técnica segundo Durlo & Sutili (2005) as espécies devem possuir sistema radicular que permita a fixação do talude, quer por comprimento, volume, distribuição e resistência das raízes, ou a interação dessas características (Durlo & Sutili, 2005). Essa característica também está relacionada com a capacidade de estabelecimento da estaca plantada no campo, pois, quão numeroso e profundo seja o sistema radicular melhor, melhor é a resistência do propágulo a uma condição de déficit hídrico e menor a probabilidade deste ser arrastado pela correnteza no período de inundação das margens.

Os resultados, no entanto não permitem comparar tipos de estacas ou ainda espécies, pois de acordo com Nachtigal (1999), não existe na literatura uma referência ao número e comprimento adequado de raízes. O autor também ressalta que esses fatores estão relacionados à capacidade de sobrevivência e de desenvolvimento da planta, após o período de formação das raízes.

O grau de maturação dos tecidos das estacas utilizadas pode também estar relacionado, aos resultados obtidos no experimento que avaliou o tratamento das estacas sob doses de ácido indolbutírico (AIB). Pois, possivelmente os níveis endógenos de auxinas nos tecidos eram menores, ou a quantidade de co-fatores também foi limitante. Essas são características de tecidos mais maduros que são obtidos devido ao fato de que as características de maturidade se arquivam com a idade em função das consecutivas divisões

somáticas (Haissig et al., 1992; Heuser, 1976; Hackett, 1993; Hartman et al., 2002).

A resposta a aplicação de auxina difere conforme o genótipo utilizado, o que impossibilita comparar espécies, principalmente entre espécies de famílias botânicas (Hartmann et al., 2002; Xavier, 2002). Isto está de acordo com o relatado por Ofori et al. (1996), que não encontraram resposta no enraizamento de estacas de *Milicia excelsa* (Welw.) CC Berg (Moraceae), quando tratadas com uma solução de AIB de até 16 g L⁻¹. Ao contrário, Aminah et al. (1995) encontraram que a aplicação de 20 µg de AIB por estaca estimulou o enraizamento em 70% das estacas de *Shorea leprosula* Miq. (Dipterocarpaceae).

Os efeitos benéficos do AIB no enraizamento de estacas têm sido bem documentados (Mesén et al., 1997; Pan & Tian, 1999) mas também há relatos nos quais o AIB tem sido ineficaz na indução do enraizamento (Ofori et al., 1996). Doses de AIB mais elevadas que as utilizadas nesse estudo têm sido mais comumente testadas, e são muitos os casos em que o tratamento afetou positivamente o percentual de enraizamento e ou a qualidade do sistema formado. Portanto, pode as doses testadas nesse estudo serem baixas, ao ponto de não promover nível adequado de auxinas que favoreçam o enraizamento adventício.

A inexistência de efeito do AIB pode segundo Trewavas & Cleland (1983), ainda indicar alta concentração de auxina no tecido, e ou pouca sensibilidade do tecido à presença do promotor. Outro fato que pode ser influenciado é a baixa concentração de auxinas endógenas, o que implica em redução do número de primórdios inicializados tendo em vista a distancia entre o sitio de produção na planta e ou de aplicação na estaca e a região de origem da raiz adventícia, possivelmente o cambium. Esses fatores possivelmente estão envolvidos na rizogênese das espécies estudadas.

Nas estacas de *Siparuna guianensis*, *Croton urucurana*, *Schinus terebinthifolius*, *Ficus adhatodigifolia*, *Ficus citrifolia* e *Nectandra Nitidula*, a constatação de elevada proporção de estacas vivas levou ao replantio das mesmas. Quando replantadas as espécies enraizaram, ainda que pouco, exceto para estacas de *S. guianensis*, que apresentaram acréscimo de 22 pontos percentuais em enraizamento devido a aumento do tempo de enraizamento. Portanto pode o tempo de enraizamento não ter sido suficiente para que ocorresse o enraizamento e tem sido essa, uma explicação utilizada para elevadas proporções de estacas vivas não enraizadas, identificadas em experimentos de enraizamento por estaquia (Carvalho et al., 2002; Silva & Pereira, 2004; Althus et al., 2005).

Diante do exposto parece que, de acordo com a espécie o tempo necessário ao enraizamento é variável. Essa constatação remete, portanto, a prescrição de um período mais longo das estacas no leito de enraizamento quando forem avaliadas conjuntamente várias espécies. Isso está de acordo com o relato por Stankova & Panetsos (1997), sobre o fato de que, as espécies apresentarem períodos variáveis para indução de enraizamento, como é o caso das estacas de *Cupressus sempervirens* (Cupressaceae) que foram acompanhadas por 220 dias; Já em estacas de *Macadamia integrifolia* (Proteaceae), o tempo necessário para se estabelecer o sistema radicial foi de 120 dias após a instalação do experimento segundo Ribas (1993); Estacas de *Cestrum laevigatum*, cinco dias após o estaqueamento possibilitavam a observação de raízes adventícias, segundo Melo (2007).

As estacas de *Nectandra nitidula* não foram replantadas para verificar se possivelmente enraizariam. Além de alta proporção de estacas vivas, essa espécie chamou atenção pela alta capacidade de cicatrização de tecidos, pela formação rápida de calos. Se as estacas de *N. nitidula* continuassem no leito de enraizamento por um tempo maior, o percentual de estacas enraizadas

provavelmente aumentaria, pois raízes poderiam ser formadas do calo. No entanto, a ontogênese de raízes e calos é independente Hartmann et al (2002).

As espécies em cujas secções foram encontradas barreiras anatômicas possivelmente têm sua capacidade de enraizamento dificultada ou até mesmo impossibilitada. Contudo, o tecido esclerenquimático pode afetar também as espécies em que esta não é contínua, pois o mesmo encontra-se em um maior número de células, provavelmente causando efeito sobre a rizogênese. Isto está de acordo com Medrado et al. (1995), que sugerem ser provável que a diminuição na proporção entre tecidos esclerenquimatosos e parenquimatosos, resultantes da atividade da auxina endógena ou exógena, promova condições para formação de primórdios radiculares.

A maior proporção de tecidos esclerenquimáticos em estacas caulinares com maior diâmetro pode relacionar-se negativamente tanto com a habilidade para o enraizamento quanto com a qualidade do sistema radicular formado, mesmo se o tecido de esclerênquima não apresentar continuidade. Tecidos de maior diâmetro possivelmente são mais maduros, principalmente para caules mais velhos, é que a barreira anatômica tem sido relatada (Esau, 1976; Hartmann et al., 2002; Resende, 2007). A maturidade de tecidos mais velhos, aliada às características genéticas das espécies pode ser responsável pela tendência em incremento no número de estratos e na espessura total de tecido esclerenquimático identificado nesse estudo.

A influência da estrutura sobre a capacidade de formação de raízes em estacas de frutíferas foi demonstrada por Beakbane (1961), em que plantas de difícil enraizamento frequentemente apresentavam alto grau de esclerificação. Ainda segundo Ono & Rodrigues (1996), o grau de continuidade da camada esclerenquimática é inversamente proporcional à capacidade de enraizamento das estacas. White & Lovell (1984) também verificaram em estacas de plantas adultas de *Griselinia littoralis* e *G. lúcida* (Griselinaceae), a formação de um

anel contínuo de fibras e esclereídes no floema primário do caule impedindo a emissão dos primórdios radiciais. Já em estacas de *Tibouchina sellowiana* (Melastomataceae), não foram detectadas barreiras que poderiam dificultassem a emissão do primórdio radicular, e os resultados obtidos se correlacionaram mais à época do ano em que é realizada a estaquia da espécie (Bortolini et al., 2008).

Os resultados obtidos nesse estudo, em estacas de *Cestrum laevigatum*, corroboram o argumento de que a ausência de possíveis barreiras anatômicas seria responsável pela tendência de melhoria nas características avaliadas, utilizado por Melo (2007) para a mesma espécie. Já Frasseto (2007) avaliou possíveis barreiras anatômicas em estacas de *S. schottiana* e não as detectou, resultando em taxas de enraizamento de zero a 88%.

Os resultados quanto a descontinuidade na barreira anatômica e a facilidade para o enraizamento concordam com os resultados obtidos por Zuffellato-Ribas et al. (2005), na estaquia de *Odontenema strictum*. Já os resultados obtidos para as estacas de *S. schottiana* estão de acordo com os obtidos na estaquia de *Piptocarpha angustifolia* (vassourão-branco), espécie pioneira da floresta ombrófila mista, que não apresentaram enraizamento algum, e que também não apresentou barreira anatômica (Ferriani et al., 2008).

Durante a montagem do experimento de enraizamento, foram notados ramos mais rígidos, portanto mais difíceis de seccionar para as espécies *Myrsine umbellata*, *Inga vera*, *Inga marginata*, *Nectandra nitidula*, *Maclura tinctoria* e *Siparuna guianensis*. A dificuldade na confecção das estacas coincidiu com a presença de barreiras anatômicas do caule para *M. umbellata* e *I. vera*; e com a ausência de enraizamento em nenhuma das condições estudadas. Por outro lado, estacas de *F. adhatodigifolia* mostraram-se de fácil manuseio ao corte, indicando baixa densidade da madeira, no entanto, barreiras anatômicas, embora menos espessas foram identificadas nas secções caulinares da espécie e suas estacas ainda assim enraizaram, ainda que o fizeram em baixa proporção.

As barreiras anatômicas, no entanto, não inviabilizam a capacidade de propagar-se por estacas, pois segundo (Hartmann et al., 2002), em plantas em que o anel de esclerênquima é impenetrável e pode bloquear a emergência da raiz, o crescimento da raiz adventícia pode ocorrer em direção a base da estaca, local da emergência da raiz; além disso, tratamentos com auxina e enraizamento em ambiente com alta umidade proporcionam considerável expansão e proliferação de células do córtex, do floema e do câmbio, resultando em quebra do anel de esclerênquima. Portanto, a continuidade na barreira de esclerênquima provavelmente não se constitui fator determinante para que haja o enraizamento. No entanto, deve facilitar o desenvolvimento e crescimento dos primórdios em estacas de espécies que não possuam essa característica.

A avaliação de barreiras anatômicas em estacas caulinares pode ser utilizada como critério na pré-seleção de espécies potenciais a propagação por estaquia, já que a rigidez do ramo pode refletir conseqüentemente a constituição anatômica do vegetal. Esse argumento é corroborado por Hartmann et al. (2002), pois segundo os autores, a densidade aparente da madeira, característica das espécies pode ser um indicativo do potencial de enraizamento de estacas lenhosas. No entanto, não deve se essa a única ferramenta para a pré-seleção de espécies, pois segundo Itoh et al. (2002), o conhecimento das características ecológicas das espécies é útil para a seleção preliminar das espécies para a propagação por estaquia.

As espécies *Cestrum laevigatum*, *Salix humboldtiana*, *Croton urucurana* e *Sebastiania scottiana* foram as que se apresentaram mais potenciais para serem propagadas por estacas. Essas espécies habitam a faixa normalmente sujeita a inundação do ambiente ciliar e também apresentaram os menores os menores valores em altura potencial (Tabela A1), exceto para *S. humboldtiana*. Características de crescimento de 100 espécies foram correlacionadas a capacidade de enraizamento por Itoh et al. (2002); e as espécies que alcançam

menor porte quando adultas e que apresentam maior taxa em acúmulo de biomassa apresentaram maior capacidade de enraizamento. O enraizamento é uma estratégia adaptativa ecológica de espécies que vegetam ambientes sujeitos a inundação; as espécies podem apresentar dentre outras características aerênquimas no caule, raiz e folha para compensar o déficit de oxigênio além de capacidade de brotamento (Melo, 2007). No entanto, as espécies *Sebastiania commersoniana*, *Magnolia ovata* e *Inga vera* também são plantas típicas de sítios úmidos e não enraizaram, indicando que a capacidade de enraizamento adventício pode não ser uma estratégia absoluta às espécies do ambiente ciliar.

Os resultados obtidos quanto às barreiras anatômicas em estacas caulinares de *Sebastiania schottiana* coincidem com os obtidos na avaliação de barreiras ao enraizamento realizado por Frassetto (2007), com a mesma espécie. O autor analisou também a época da estaquia e utilizou propágulos das posições apical, mediana e basal das matrizes e obteve índices de enraizamento variando de 0 a 88% durante maio de 2005 e Abril de 2006. Todos os tipos de estacas enraizaram melhor na primavera e outono quando comparado com o inverno e verão. Nos meses de julho, janeiro e fevereiro não houve enraizamento de estacas basais.

Os resultados obtidos por Frassetto (2007) na estaquia de *S. schottiana* coincidem com o observado por Ribas (1997) em estacas de *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) e Haissig (1982) em estacas de *Pinus banksiana* (Pinaceae), onde as estacas coletadas durante a primavera resultaram em um maior enraizamento o qual, segundo estes autores, se devem aos teores de proteínas e aminoácidos mais altos nesta época do ano. Já Iritani et al. (1986) observaram em estacas de *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae) e Norberto et al. (2001) em estacas de *Ficus carica* (Moraceae), que estas enraizaram melhor quando coletadas no início do outono em comparações às de inverno. Já Silva (1998) trabalhando com estacas de *Tibouchina stenocarpa* (Melastomataceae) coletadas no outono, não obteve

sucesso no enraizamento, sendo que as estacas, aos quinze dias do plantio, já haviam perdido as folhas, e morreram.

O experimento que avaliou o efeito do diâmetro foi montado no final do verão e o que avaliou a aplicação de promotor de enraizamento durante a primavera de 2008, esse fato, aliado ao de que a aplicação de AIB na análise, não produziu efeito significativo, permite analisar, para as espécies utilizadas nos dois ensaios o efeito da época de estaquia. Estacas de *Guazuma ulmifolia* e *Casearia silvestris* somente enraizaram no verão. A espécie *Cestrum laevigatum* enraizou mais no verão, o contrário ocorreu nas estacas de *Ficus adathodigifolia* que enraizaram mais na primavera. Segundo Hartmann et al., (2002) estacas coletadas na primavera e no verão tendem a ter maior facilidade de enraizamento em função do crescimento vegetativo nessa época.

Os menores percentuais de enraizamento obtidos com estacas de *Cestrum laevigatum* coletadas na primavera provavelmente foram influenciados pelo fato de que a espécie encontrava-se em florescimento. Estacas de *Coleonema aspalathoides* Juss. ex Don. (Rutaceae), apresentaram as menores taxas de enraizamento nos períodos em que as coletas foram realizadas de plantas floridas (Heller et al., 1994). A formação de raízes adventícias de *Backhousia citriodora* (Myrtaceae) também foi prejudicada quando as estacas foram obtidas de plantas matrizes floridas (Kibbler et al., 2004).

Estacas lenhosas constituem-se excelente propágulo para a bioengenharia em função do maior diâmetro, que no campo facilitam a coleta e plantio no campo das mesmas, além de possibilitarem menor transpiração que propágulos menores e normalmente mais herbáceos. Estacas lenhosas apresentam excelente sobrevivência, segundo Browse (1979). No entanto, este autor relata que para se obter alta capacidade de produção de raízes, uma poda severa para estimular brotos com elevada capacidade enraizamento deve ser adotada.

O rejuvenescimento pode ser a alternativa para a melhoria da capacidade para a propagação vegetativa para as espécies que não enraizaram ou que o fizeram a baixas proporções. Tratamento com auxinas em concentrações mais elevadas, também devem ser experimentado. A micropropagação pode constituir-se em alternativa para clonagem das espécies estudadas. No entanto, inviabiliza a utilização em técnicas de bioengenharia por meio de estacas lenhosas.

A condição nutricional, idade fisiológica, o estado de juvenilidade e maturidade e barreiras anatômicas possivelmente foram os principais responsáveis pelos resultados obtidos quanto ao enraizamento e a qualidade do sistema radicular. Esses fatores possivelmente contribuíram para os elevados coeficientes de variação (CV) e em alguns casos, baixos coeficientes de determinação (R^2), pois muito heterogêneo foi o material analisado e a variabilidade existente possivelmente foi expressa nas parcelas experimentais, além do fato de que foram analisadas conjuntamente, espécies como *Cestrum laevigatum* e *Salix humboldtidiana* que apresentaram em média mais que 70% de estacas enraizadas em qualquer dos experimentos montados; e espécies como *Nectandra nitidula*, *Ficus citrifolia*, *Siparuna guianensis*, *Sebastiania scottiana*, *Ficus adhatodigifolia*, *Schinus terebinthifolius*, *Casearia silvestris* e *Guazuma ulmifolia* que enraizaram pouco, menos que 10%.

6 CONCLUSÕES

As espécies *Cestrum laevigatum* e *Salix humboldtiana* podem ser facilmente propagadas por estacas lenhosas para todas as classes de diâmetro testadas e independentes da aplicação de AIB; estacas com diâmetro médio de 14,5 mm mostraram ser os melhores propágulos para a bioengenharia;

Estacas lenhosas de *Croton urucurana*, *Sebastiania scottiana*, *Ficus adathodigifolia*, *Ficus citrifolia*, *Nectandra nitidula* e *schinus terebintifolius* e *Siparuna guianensis* apresentam-se promissoras. No entanto, serão necessários estudos complementares que investiguem aspectos como: época de coleta, tempo de enraizamento e aplicação de auxinas para obterem-se melhores taxas de enraizamento;

Estacas lenhosas de *Tapirira guianensis*, *Dedropanax cuneatus*, *Sebastiania commersoniana*, *Erythrina falcata*, *Inga marginata*, *Inga vera*, *Magnolia ovata*, *Guazuma ulmifolia*, *Maclura tinctoria*, *Myrsine umbellata* e *Casearia sylvestris* não demonstraram potencial de enraizamento. Técnicas que busquem o resgate da juvenilidade poderão contribuir para viabilizar a estaquia para essas espécies;

A dureza do ramo associada à avaliação das barreiras anatômicas pode ser utilizada como critérios para a pré-seleção de espécies potencialmente enraizantes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A.C.; ZAURA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 422p.

ALTHUS, M.M.; LEAL, L.; SILVEIRA, F.; ZUFFELATO-RIBAS, K.C.; RIBAS, L.L.F. Estaquia de *Berberis Laurina* Billb: utilizando diferentes concentrações de ácido indol butírico. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n.50, p. 99-105, jan./jun. 2005.

AMINAH, H.; DICK, J.M.P.; LEAKEY, R.R.B.; GRACE, J.; SMITH, R.I. Effect of indole butyric acid (IBA) on stem cuttings of *Shorea leprosula*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.72, n. 2-3, p.199-206, Apr. 1995.

ANDRADE, L.A.; OLIVEIRA, F.X.; NASCIMENTO, I.S.; FABRICANTE, J. R.; SAMPAIO, E.V.S.B.; BARBOSA, M.R.V. Análise florística e estrutural de matas ciliares ocorrentes em brejo de altitude no município de Areia, Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.1, n.1, p.31-40, jul./dez. 2006.

APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; HAYASHI, A.H. Raiz. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2006.p. 267-282.

BASTOS, D.C. **Efeito da época de coleta, estágio do ramo e do tratamento com AIB no enraizamento de estacas de caramboleira (*Averrhoa carambola* L.)**. 2002. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)—Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BASTOS, D.C.; SCARPARE FILHO, J.A.; FATINANSI, J.C.; PIO, R. Estiolamento, incisão na base da estaca e uso de aib no enraizamento de estacas herbáceas de caramboleira. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.182-184, abr. 2005.

BEAKBANE, A.B. Structure of the plant stem in relation to adventitious rooting. **Nature**, London, v.192, n.1, p.954-955, Dec. 1961.

BIANCHINI, E.; POPOLO, R.S.; DIAS, M.C.; PIMENTA, J.A. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, sul do Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, Porto Alegre, v.17, n.3, p.405-419, jul./set. 2003.

BIASI, L.A.; CARVALHO, D.C. de; WOLF, G.D.; ZANETE, F. Potencial organogenético de tecidos caulinares e radiculares de caquizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n1, p.29-34, abr. 2002.

BORTOLINI, M.F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; CARPANEZZI A.A.; DESCHAMPS, C.; OLIVEIRA, M.C.; BONA, C.; MAYER, J.L. *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.: enraizamento, anatomia e análises bioquímicas nas quatro estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.2, p.159-171, abr./jun., 2008

BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de Minas Gerais.. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.43-52, jan./jun. 1996.

BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. **Como conservar e recuperar matas ciliares**. Belo Horizonte: Cemig, 2005.

BRASIL. Congresso. Senado. **Resolução n° 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2002>>. Acesso em: 17 maio 2007.

BRASIL. Congresso. Senado. **Resolução n° 369, de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/por/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2006>>. Acesso em: 17 maio 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília: MARA, 1992. 84p.

BRONDANI, G.E.; WENDLING, I.; ARAÚJO, M.A.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E.L.; ROVEDA, L.F. Composições de substratos e ambientes de enraizamento na estaquia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. **Floresta**, Curitiba, v.39, n.1, p.41-49, jan./mar. 2009.

BROWSE, P.M.A. **A propagação das plantas**. Lisboa: Europa-América, 1979. 228p.

CARMO, M.R.B.; MORELLATO, P.C. Fenologia de árvores e arbustos das matas ciliares da bacia do Rio Tibagi, estado do Paraná, Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.p. 125-141.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. de S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.533-535, out. 2002.

CARVALHO, D.A.; FILHO, A.O.; VILELA, E.A.; CURI, N.; VANDENBERG, E.; FONTES, M.A.L.; BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.2, p.329-345, abr./jun. 2005.

CASTRO, F.V.; SILVA, J.M.M.L.da; EVANGELISTA, T. M.; TELES, H. F.; PIRES, L. L. . Efeito de concentrações de hormônio e do tipo de estaca na propagação vegetativa de espiroleira (*Nerium oleander* L.). In: 16º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 2007, Goiânia, GO. Biodiversidade e competitividade: buscando novas opções. **Anais...** São Paulo. 2007. V. único. p. 1-4.

CUNHA, A.C.M.C.M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Miniestácia em sistema de hidroponia e em tubetes de corticeira-do-mato. **Ciência Florestal**,

DAVIDE, A.C. Recuperação de áreas de preservação permanente In: BRASIL. Ministério da Integração Nacional e Ministério do Meio Ambiente. **Plano integrado de desenvolvimento florestal sustentável de suporte ao programa de revitalização da bacia do São Francisco nos estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Distrito Federal – PIDF-SF**. Brasília: E/Conceito Comunicação, 2008. P.08-45.

DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. Análise crítica de recuperação de matas ciliares em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE MATA CILIAR, 1999, Belo Horizonte. **Anais...**Lavras: UFLA, 1999. p.172-188.

DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A.; FARIA, J.M.R.; PRADO, N.J.S. Comportamento de espécies florestais de mata ciliar em área de depleção do reservatório da usina hidrelétrica de Camargos-Itutinga, MG. **Cerne**, Lavras, v.2, n.1, p.20-34, jun. 1996.

DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 1995. 41p.

DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A. A Implantação de matas ciliares. In: SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D. **Modelo fitogeográfico para áreas de preservação permanente**: um estudo da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Lavras: UFLA, 2006. P.311-412.

DEMATTÊ, M.E.S.R. Recomposição de matas ciliares na região de Jaboticabal, SP. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, São Paulo, 1989. **Anais...**Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.160-170.

DENARDI, L. **Anatomia e flexibilidade do caule de quatro espécies lenhosas para o manejo biotécnico de cursos d'água**. 2007. 122p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DODD, R.S.; POWER, A.R. Clarification of the term topophysis. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.37, n.1, p.14-15, Mar. 1988.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E.R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.56, p.135-144, dez. 1999.

DURLO, M.A.; SUTILI, F.J. **Bioengenharia**: manejo biotécnico de cursos de água. Porto Alegre: EST, 2005. 189p.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWIID, C.; VanWYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon, 1994.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: E. Blucher, 1976.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G.R.L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1995. 179p.

FARIA, J.M.R.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. **Cerne**, Lavras, v.3, n.1, p.1-20, jan./jun. 1997.

FERREIRA, B.G.A.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; CARPANEZZI, A.A.; TAVARES, F.R.; BOEGER, M.R.T.; KOEHLER, H.S. Enraizamento de *Sapium glandulatum* (Vell) PAX. Pela aplicação de ácido indol-butírico e ácido bórico. **Leandra**, Rio de Janeiro, v.16, p.11-16, maio 2001.

FERREIRA, D.A.C.; DIAS, H.C.T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão são bartolomeu em viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.4, p.617-623, jul. 2004.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...**São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FERREIRA, R. A. .; DAVIDE, A. C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M. S. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 271-279, jul./set. 2007.

FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada às margens do Rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.1, p. 177-185, fev. 2007.

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

FLORINETH, F.; GERSTGRASER, C. **Ingenieurbiologie**. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie, 2000.

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.

FONTES, L.C.S. **Erosão marginal no baixo curso do Rio São Francisco: um estudo de caso de impactos geomorfologicos a jusante de grandes barragens. o caso do baixo curso do rio São Francisco**. 2002. 321p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio ambiente)–Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

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.

GASPAR, T.; KEVERS, C.; HAUSMAN, J.F. Indissociabel chief factors in the inductive phase of adventitious rooting. In: ALTMAN, A.; WAISEL, Y. (Ed.). **Biology of root formation and development**. New York: Plenum, 1997. p.55-63.

GASPAR, T.; KEVERS, C.L.; HAUSMAN, J.F.E.; RIPETT, V. Peroxidase activity and endogenous free auxin during adventitious root formation. In: LUMSDEN, P.J.; NICHOLAS, J.R.; DAVIES, W.J. (Ed.). **Physiology, growth and development of plants in culture**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1994. p.289-298.

GOMES, L.G.N. **A bioengenharia como ferramenta para restauração ambiental das margens rio São Francisco**. 2005. 118p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio ambiente)–Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

GONÇALVES, A.L. Substratos para produção de mudas de plantas ornamentais. In: MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. p.107-115.

GRAY, D.H.; LEISER, A.T. **Biotechnical slope protection and erosion control**. Florida: Krieger, 1982.

GRAY, D.H.; SOTIR, R. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization**. New York: J. Wiley, 1996.

GREENWOOD, M.S.; HUTCHISON, K.W. Maturation as a development process. In: AHUJA, M.R.; LIBBY, W.J. (Ed.). **Clonal forestry: genetics and biotechnology**. Berlin: Springer Verlag, 1993. p.13-14.

GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bioossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p. 1069-1076, nov./dez. 2004.

HACKETT, W.P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T.D., AISSIG, B.E., SANKHLA, N. **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides, 1987a. p.11-28. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

HACKETT, W.P. Juvenility and maturity. In: BONGA, J.M.; DURZAN, D.J. **Cell and tissue culture in forestry**. Dordrecht: Kuwer Academic, 1987b. p.216-231.

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.

HAISSIG, B.E. Carbohydrate and amino acid concentrations during adventitious root primordium development in *Pinus baksiana* (Lam.) cuttings. **Forest Science**, Bethesda, v.28, n.4, p.813-821, Dec. 1982.

HALLÉ, F.; OLDEMANN, R.A.A.; TOMLINSON, P.B. **Tropical trees and forests: an architectural analysis**. Berlin: Springer Verlag, 1978.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JÚNIOR., F.T.; GENEVE, R.L. **Plant Propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880p.

HELLER, A.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A.H. Factors affecting rooting ability of *Coleonema aspalathoides*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.58, n.4, p.335-341, Aug. 1994.

HESS, C.E. **Internal and external factors regulating root initiation: root growth**. London: Butterworth, 1969.

HEUSER, C.W. Juvenility and rooting cofactors. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.56, n.1, p.251-261, May 1976.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. Monitoramento nutricional e fertilização em macro, mini e microjardim clonal de *Eucalyptus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.191-217.

HIGUCHI, P. **Dinâmica da regeneração natural da vegetação arbórea em um fragmento de floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG**. 2003. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)–Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HOFFMANN, A.; CHALFUN, N.N.J.; ANTUNES, L.E.C.; RAMOS, J.D.; PASQUAL, M.; SILVA, C.R de R. **Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 319p.

HUANG, L.; CHIU, D.; MURASHIGE, T.; GUNDY, R.; MAHDI, E. L. F. M.; NAGAI, K.; PLIEGO-ALFARRO, F. rejuvenation of trees and other perennials for restoration of plant regeneration competence. In: TORRES, A.C., CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos em plantas**. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPq, 1990. p.252 - 264.

ITOH, A.; YAMAKURA, T.; KANZAKI, M.; OHKUBO, T.; PALMIOTTO, P. A.; LAFRANKIE, J. V.; KENDAWANG, J. J.; LEE, H. S. Rooting ability of cuttings relates to phylogeny, habitat preference and growth characteristics of tropical rainforest trees. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.168, n. 1-3, p.275-287, Sept. 2002.

KAGEYAMA, P.Y.; BIELLA, L.C.; PALERMO, J.A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção a reservatório. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.109-112.

KIBBLER, H.; JOHNSTON, M.E.; WILLIAMS, R.R. Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell 2, seasonal influences of temperature, rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 102, n.3, p.343-358, Nov. 2004.

LEE, T.T.; STARRATT, A.N. Inhibition of conjugation of indole-3-acetic acid with amino acids by 2,6-dihydroxyacetophenone in *Teucrium canadense*. **Phytochemistry**, Oxford, v.25, n.11, p.2457-2461, Nov. 1986.

LEE, T.T.; STARRATT, A.N.; JEVNIKAR, J.J. Effect of 3,4-dihydroxyacetophenone and some related phenols on the peroxidase-catalysed oxidation of indole-3-acetic acid. **Phytochemistry**, Oxford, v.20, n.9, p.2097-2100, Sept. 1981.

LOURENÇO, R.S.; MEDRADO, M.J.S.; FOWLER, J.A.P.; MOSELE, S.H. Influência do substrato no desenvolvimento de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.). **Revista Perspectiva**, Erechim, v.24, n.88, p.81-99, mar. 2000.

MALVESTITI, A.L. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: BARBOSA, J.G., MARTINEZ, H.E.P., PEDROSA, M.W., SAIYAMA, M.A.N. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p.226-235.

MANTOVANI, W.; ROSSI, L.; ROMANIUC NETO, S.; ASSAD-LUDEWIGS, I.Y.; WANDERLEY, M.G.L.; MELO, M.M.R.F.; TOLEDO, C.B. Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi Guaçu, SP, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fund. Cargill. 1989. p.89-102.

MARCHIORI, J.N.C. **Dendrologia das Angiospermas: das bixáceas as rosáceas**. Santa Maria: UFSM, 2000.

MARQUES, M.C.M.; SILVA, S.M.; SALINO, A. Florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta higrófila da bacia do rio Jacaré-pepira, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v.17, n.4, p.495-506. out./dez. 2003.

MAYER, N. A. **Propagação assexuada do porta-enxerto umezeiro (*Prunus mume* Sieb & Zucc.) por estacas herbáceas**. 2001. 109p. Dissertação (mestrado em Agronomia)–Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

MEDRADO, M. J. S.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; COSTA, J.D. Alterações anatômicas em estacas de seringueira (*Hevea brasiliensis* clone rrim 600) em resposta a diferentes técnicas de indução ao enraizamento. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.89-95, abr. 1995.

MELLO, A.C.G. de. **Efeito do recipiente e do substrato no comportamento silvicultural de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. 1989. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MELO, L.A. **Estudo da propagação vegetativa e das alterações morfoanatômicas de plantas de *Cestrum laevigatum* - coerana - submetidas ao déficit hídrico e à hipoxia**. 2007. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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.

MORGAN, R.P.C.; RICKSON, R.J. **Slope stabilization and erosion control: a bioengineering approach**. London: E & FN Spon, 1995.

NACHTIGAL, J.C.; PEREIRA, F.M.; DALL'ORTO, F.A.C.; OJIMA, M.; MARTINS, F.P. Propagação vegetativa de umezeiro (*Prunus mume*) por meio de estacas herbáceas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.21, n.2, p.226-228, ago. 1999.

NORBERTO, P.M.; CHALFUN, N.N.J.; PASQUAL, M.; VEIGA, R.D.; PEREIRA, G.E.; MOTA, J.H. 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.

OLESEN, P. On cyclophysis and topophysis. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.27, n.5, p.173-178, Dec. 1978.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. de. **Catálogo das árvores nativas de Minas Gerais: mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 423p.

ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. **Aspectos da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal: FUNEP, 1996, 83p.

PALONE, R.S; TODD, A.H. **Chesapeake bay riparian handbook: a guide for establishing and maintaining riparian forest buffers**. Washington: United States Department of Agriculture, 1998.

PAN, R.; TIAN, X.S. Comparative effect of IBA, BSAA and 5,6-Cl₂-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.

PEREIRA, A.R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. 2. ed. Belo horizonte: FAPI, 2008.

PEREIRA, J.A.A. **Efeitos dos impactos ambientais e da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade e estrutura da comunidade arbórea de 20 fragmentos de florestas semidecíduas da região do Alto Rio Grande, Minas Gerais**. 2003. 156p. Tese (Doutorado em Ecologia)–Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PEREIRA, J.A.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Desenvolvimento de espécies florestais de rápido crescimento em diferentes condições de sítio visando a recomposição de matas ciliares. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 36-51, jan./jun. 1999.

PERES, L.E.P.; KERBAUY, G.B. Controle hormonal do desenvolvimento de raízes. **Revista Universa**, São Paulo, n.8, n.4, p181-195, dez. 2000.

PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; DAVIDE, A.C. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.775-793, set. 2005a.

PINTO, L.V.A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, Lavras, v.11, n.1, p.49-60, jan./jun. 2005b.

PINTO, L.V.A.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MACHADO, E.L.M. Distribuição das espécies arbóreo-arbustivas ao longo do gradiente de umidade do solo de nascentes pontuais da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.294-305, jan./jun. 2005c.

PIO, R.; OHLAND, T.; CHAGAS, E.A.; BARBOSA, W.; CAMPAGNOLO, M.A.; DALASTRA, I.M. Enraizamento de estacas radiculares de figueira 'roxo de valinhos' tratadas com AIB e dois métodos de imersão. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.111-115, jun. 2008.

REIS, J.M.R.; CHALFUN, N.N.J.; LIMA, L.C.O.; LIMA, L.C. Efeito do estiolamento e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas do porta-enxerto *Pyrus calleryana* Dcne. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.4, p.931-938, out./dez. 2000.

REZENDE, A.A. **Enraizamento de estacas de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish**. 2007. 75p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIBAS, K.C. **Efeito de auxinas, ácido bórico e suas interações no enraizamento de estacas herbáceas de *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche**. 1993. 139p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Botânica)–Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RIBAS, K.C. **Interações entre auxinas e co-fatores do enraizamento na promoção do sistema radicular, em estacas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.** 1997. 150p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/Botânica)–Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ROCHA, C.T.V.; CARVALHO, D.A.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VAN DEN BERG, E.; MARQUES, J.J.G.S.M. Comunidade arbórea de um continuum entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.2, p.203-218, abr./jun. 2005.

ROCHA, I.P. **Controle da erosão marginal no baixo São Francisco:** uso da bioengenharia de solos associada à recuperação da vegetação ciliar. São Cristóvão: UFS, 2006. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. Santa Maria, v.18, n.1, p.85-92, jan./mar. 2008.

SANTOS, C.B.; LONGHI, S.J.; HOPPE, J.M.; MOSCOVICH, F.A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, n.10, v.2, p.1-15, jul. 2000.

SANTOS-JÚNIOR, N.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Estudo da germinação e sobrevivência de espécies arbóreas em sistema de semeadura direta, visando à recomposição de mata ciliar. **Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.103-117, jan./jun. 2004.

SERIGATTO, E.M.; RIBEIRO, C.A.A.S.; SOARES, V.P.; KER, J.C.; SILVA, E.; MARTINS, S.V.; VILELA, M.F. Conflito de uso da terra nas áreas de preservação permanente na sub-bacia do rio Queima-Pé, MT. (um estudo de caso). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p.3569-3576.

SILVA, A.C. **Variações do componente arbóreo de fragmentos de floresta aluvial do Médio Sapucaí, Minas Gerais, e padrões fitogeográficos de florestas.** 2007. 118p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, C.T.; REIS, G.G.R., REIS, M.G.F. SILVA, E. CHAVES, R.A. Avaliação temporal da florística arbórea de uma floresta secundária no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.3, p.429-441, maio 2004.

SILVA, J.A.A.; PEREIRA, F.M. Enraizamento de estacas herbáceas de nespereira (*Eriobotrya japonica* Lindl). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.369-371, ago. 2004.

SILVA, M.N. das. **Enraizamento de estacas de seis espécies nativas de mata de galeria: *Bauhinia rufa* (Bong.) Steud., *Calophyllum brasiliense* Cam., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Ingá laurina* (Sw.) Willd., *Piper arboreum* Aubl. e *Tibouchina stenocarpa* (DC.) Cogn.** 1998. 112f. Dissertação (Mestrado em Botânica)–Universidade de Brasília, Brasília.

SOUZA JÚNIOR, L.; QUOIRIN, M.; WENDLING, I. Miniestaquia de grevillea robusta a. Cunn. A partir de propágulos juvenis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.4, p.455-460, out./dez. 2008

SOUZA JÚNIOR, L.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 46, p.21-30, jan./jun. 2003.

SOUZA, J.S.; ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; BOTEZELLI, L. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras - MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.185-206, mar. 2003.

STANKOVA, T.; PANETSOS, K. Vegetative propagation of *Cupressus sempervirens* L. of cretan origin by softwood stem cuttings. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.46, n.2-3, p-137-144, jul. 1997.

SUTILI, F.J.; DURLO, MA.; BRESSAN, D.A. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos de água. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.13-20, jan. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TJADEN, R.L.; WEBER G.M. **Riparian Buffer Management: soil bioengineering or streambank restoration for riparian forest buffers**. 1999. Disponível em: < <http://www.riparianbuffers.umd.edu/fact/FS729.html>>. Acesso em: 17 maio 2009.

TOFANELLI, M.B.D.; CHALFUN, N.N.J.; HOFFMANN, A.; CHALFUN JÚNIOR, A. Capacidade de enraizamento de estacas lenhosas e semilenhosas de cultivares de pessegueiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.4, p.840-847, jul./ago. 2001.

TOFANELLI, M.B.D.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de pessegueiro tratadas com ácido indol-butírico em diferentes concentrações e métodos de aplicação. **Revista Brasileira de Agrocência**, Lavras, v.8, n.2, p.159-160, maio/ago. 2002.

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.

VILELA, E. A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CARVALHO, D.A.; GUILHERME, F.A.G.; APPOLINÁRIO, V. Caracterização estrutural de floresta ripária do alto rio grande, em Madre de Deus de Minas, MG. **Cerne**, Lavras, v.6, n.2, jul./dez. 2000.

VILELA, E.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GAVILANES, M.L.; CARVALHO, D.A. Espécies de mata ciliar com potencial para estudos de revegetação no alto Rio Grande, sul de Minas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.17, n.2, p. 117-128, maio 1993.

VLACHOU, D.D. Vegetative propagation of *Platanus acerifolia* L. through rooting of cuttings. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.226, p.375-378, June 1988.

WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo: Embrapa Florestas-CNPq, 2004. 46p. (Documentos, n. 91).

WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.289-292, fev. 2007.

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

WHITE, J.; LOVELL, P.H. The anatomy of root initiation in cuttings of *Griselinia littoralis* and *Griselinia lucida*. **Annals of Botany**, London, v.54, n.1, p.7-20, July 1984.

WOLLE, C.M. Poluição e escorregamentos: causas e efeitos na Serra do Mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 8., 1986, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABMS, 1996. p.178-190.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I**: princípios e técnicas de propagação vegetativa. Viçosa: UFV, 2002. 64 p.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; WENDLING, I.; OLIVEIRA, M. L. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.139-143, maio 2003.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York, North Carolina State University, 1984. 505 p.

ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; BOEGER, M. R. T.; BONA, C.; PAES, E. G. B.; PIMENTA, A. C. MASUDA, E. T. Enraizamento e morfo-anatomia de estacas caulinares de *Odontonema strictum* kuntze (Acanthaceae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.11, n.1, p.57-61, jan./mar. 2005.

ZUGLIANI-TONIATO, M.T.; FILHO, H.F.L.; RODRIGUES, R.R. Fitossociologia de um remanescente de floresta higrófila (mata de brejo) em Campinas, SP. **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v.21, n.2, 197-210, ago. 1998.

8 ANEXOS

	Pág.
TABELA A1 Caracterização das espécies estudadas por família botânica, em que: GE – grupo ecológico; SD – síndrome de dispersão; HP – altura potencial; MP – meio de propagação; Ocorrência natural e NM – número de matrizes em que foram coletados propágulos.....	78
TABELA A2 Número e Localização das matrizes das espécies estudadas quanto a capacidade para o enraizamento adventício.	83
TABELA A3 Resumo da análise de variância para o percentual de enraizamento (ENR), número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) de estacas caulinares das espécies estudadas em função da classe de diâmetro.	83
TABELA A4 Resumo da análise de variância para o percentual de enraizamento (ENR), número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) de estacas caulinares das espécies estudadas em função do tratamento em diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB).	84
TABELA A5 Resumo da análise de variância da regressão para o número médio de estratos de tecido esquerenquimático, das espécies estudadas, em função da classe de diâmetro do caule analisada.	84
TABELA A6 Resumo da análise de variância da regressão para a espessura total de tecido esquerenquimático das espécies estudadas em função da classe de diâmetro do caule analisada.	84

TABELA A1 Caracterização das espécies estudadas por família botânica, em que: GE – grupo ecológico; SD – síndrome de dispersão; HP – altura potencial; MP – meio de propagação.

<i>Espécie / (Família)</i>	GE ¹	SD ²	HP ³	MP ⁴	Ocorrência ⁵	Informações ecológicas/silviculturais das espécies
<i>Casearia sylvestris</i> (Salicaceae)	P	Z	12	S	1;2;3;4;5;6; 7;8	Encontrada em ambientes com cotas elevadas e solos argilosos (Souza et al., 2003). Recomendada para solos bem drenados de nascentes (Pinto et al., 2005a). Tende a ser abundante em condições intermediárias do gradiente de umidade a partir, da nascente, ou indiferentes ao mesmo (Carvalho et al., 2005). Tolerante a ambientes sujeitos a inundação (Silva, 2007). Uma das espécies de maior ocorrência em formações ribeirinhas (Marques et al., 2003).
<i>Cestrum Laevigatum</i> (Solanaceae)	CS	NC	8	Ni	3;4;5	Espécie indicada para solos bem drenados de nascentes perturbadas; para solos úmidos ou encharcados de nascentes perturbadas (PINTO et al., 2005a). Entre as espécies de ocorrência exclusiva na faixa de maior umidade do solo (20 m a partir do curso d'água no sentido da encosta) em matas ciliares de brejo de altitude no município de Areias na Paraíba (Andrade et al., 2006).
<i>Croton urucurana</i> (Euphorbiaceae)	P	A	10	S	2;3;4;5;7	Ocorre com maior frequência em gleissolos com saturação hídrica (Silva, 2007). Indicada para faixa de solos úmidos ou encharcados de nascentes perturbadas (Pinto, et al., 2005a).
<i>Dedropanax cuneatus</i> (Araliaceae)	CS	Z	15	S	2;3;4;5;6	Pode se desenvolver em diferentes condições de umidade (Zugliani-Toniato et al., 1998). Recomendada para solos úmidos e bem drenados (Pinto et

Continua...

Continuação...

						al., 2005a).
<i>Erythrina falcata</i> (Fabaceae)	CL	NC	25	S/E	1;2;3;4;5;6	Indicada para recuperação de matas ciliares, nas áreas de solos méxicos (Botelho & Davide, 2005).
<i>Ficus adhatodigifolia</i> (Moraceae)	CS	Z	40	Ni	2;3;4;5;7	Espécie da mata ciliar identificada como potencial para estudos de revegetação do alto Rio Grande, indicada para plantio em área alagável (Vilela, 1993). Espécie rara, com somente um indivíduo e sem regenerantes (Silva et al., 2004). A espécie pode estar correndo algum risco de extinção (Higuchi, 2003). Manejo da espécie com técnicas que possam ajudar no aumento da população, como por exemplo, o plantio em enriquecimento (Silva et al., 2004).
<i>Ficus citrifolia</i> (Moraceae)	NC	Z	35	S	2;3;5;8	Generalista quanto à preferência pela saturação hídrica do solo (Marques et al., 2003). Espécies de <i>Ficus</i> , normalmente, são propagadas com facilidade por estacas de caule, ressaltando ser necessário desenvolver métodos apropriados para as figueiras nativas (Demattê, 1989).
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Malvaceae)	P	A	20	S	2;3;4;5;7;8; 9	Indicada para recuperação de matas ciliares, nas áreas de solos méxicos (Botelho & Davide, 2005). Entre as espécies de ocorrência exclusiva na faixa de maior umidade do solo (20 m a partir do curso d'água no sentido da encosta) em matas ciliares de brejo de altitude no município de Areias na Paraíba (Andrade et al., 2006).
<i>Inga marginata</i> (Fabaceae)	CS	Z	20	S	1;2;3;4;5;6; 7	Ocorrência em 9 das 35 florestas inundáveis estudadas por Silva (2007). Espécie indicada para recomposição de sítios úmido-encharcados e de ocorrência também nessas áreas (Zugliani-Toniato et al., 1998).

Continua...

Continuação...

<i>Inga vera</i> (Fabaceae)	PI	Z	30	S	2;3;4;5;7	Comum em margens de rios em toda a região neotropical, espécie amplamente distribuída (Vilela et al., 2000). Destaque pela alta dominância no leito de inundação (floresta estacional semidecidual aluvial) e entre as de maior valor de importância (VI) na área de encosta (floresta estacional semidecidual montana) de uma mata ciliar em Madre de Deus de Minas e - MG (Vilela et al., 2000). Preferência pelas faixas úmidas (até 40m a partir do curso d'água no sentido da encosta) em matas ciliares de brejo de altitude em Areias - PB (Andrade et al., 2006).
<i>Maclura tinctoria</i> (Moraceae)	P	Z	30	S	2;3;4;5;6;7; 9	Indicada para recuperação de matas ciliares, nas áreas de solos méxicos (Botelho & Davide, 2005)
<i>Magnolia ovata</i> (Magnoliaceae)	CS	NC	23	S	2;3;4;5;6	Entre as espécies com maior VI em ambiente paludoso e intermediário num continuun entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral - MG (Rocha et al., 2005). Dentre as espécies com os maiores IVI's em mata de brejo em Campinas (Zugliani-Toniato et al., 1998).
<i>Myrsine umbellata</i> (Myrsinaceae)	CL	A	20	S	1;2;3;4;5;6; 7;8	Indicada para solos úmido-encharcados de nascentes perturbadas e degradadas (Pinto et al., 2005a). Dentre as espécies mais abundantes, no gradiente úmido em nascentes pontuais no município de Lavras - MG (Pinto et al., 2005c). Espécie generalista por habitat quanto à saturação hídrica do solo (Marques et al., 2003).
<i>Nectandra nitidula</i> (Lauraceae)	CL	Z	16	S	3;4;5;6	Alta frequência em ambientes sob influência direta da umidade e ambientes de solos secos bem drenados (Pinto et al., 2005c). Recomendada para ambientes com solo bem drenado de nascentes perturbadas e degradadas e solos úmidos ou encharcados de nascentes degradadas (Pinto et al., 2005a).

Continua...

Continuação...

<i>Salix humboldtiana</i> (Salicaceae)	NC	NC	25	Ni	3	Alta dominância no leito de inundação (floresta estacional semidecidual aluvial) de uma mata ciliar em Madre de Deus de Minas - MG, juntamente com <i>Inga vera</i> perfazem 95% dos indivíduos ocorrentes (Vilela et al., 2000). Densas populações desta espécie ao longo de instáveis margens de rios também foram registradas para o estado de São Paulo (Mantovani et al., 1989) Espécie dominante nos estágios iniciais de sucessão é provável que a distribuição agregada, tão comum nestas populações, se deva, pelo menos em parte, à propagação vegetativa (Vilela, et al., 2000).
<i>Schinus terebinthifolius</i> (Anacardiaceae)	P	Z	10	S	1;2;3;4;5	Alta frequência tanto em ambientes sob influência direta da umidade, quanto em solos secos bem drenados (Pinto et al., 2005c). Recomendada para ambientes com solo bem drenado de nascentes perturbadas e degradadas e solos úmidos ou encharcados de nascentes degradadas (Pinto et al., 2005a).
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Euphorbiaceae)	P	A	16	S	2;3;4;5;6	Espécie considerada por outros autores como tolerante a inundação (Bianchini et al., 2003). Entre as espécies com maior VI em continuum entre floresta paludosa e de encosta (Rocha et al., 2005). Padrão de distribuição agregado, pode estar relacionado a tolerância a inundação (Bianchini et al., 2003). Espécie com maior valor de VI em uma floresta aluvial e predominância num fragmento que apresentou alagamento acima da superfície (Silva, 2007).
<i>Sebastiania scottiana</i> (Euphorbiaceae)	P	NC	4	Ns	2;3	Apresenta vasta distribuição da Bacia do Prata e região da floresta atlântica Marchiori (2000). Indicada para recuperação de áreas sujeitas a inundação de matas ciliares (Botelho & Davide, 2005).

Continua...

Continuação...

						É promissora para trabalhos de bioengenharia, principalmente em função de sua maior abundância (Durlo & Sutili, 2005).
<i>Siparuna guianensis</i> (Siparunaceae)	CS	Z	10	S	2;3;4;5;6;7; 8	Espécie indicada para solos bem drenados de nascentes perturbadas ou degradadas; para solos úmidos ou encharcados de nascentes perturbadas (Pinto et al., 2005a). Encontrada próxima ao rio e em cotas mais elevadas (Souza et al., 2003). Ampla distribuição em matas ciliares de brejo de altitude (Andrade et al., 2006). Pode ser utilizada com sucesso em todo gradiente de umidade da nascente, porém apresenta preferência por ambientes mais úmidos (Zugliani-Toniato et al., 1998). Pode ser utilizada com sucesso em todo gradiente de umidade na recuperação de nascentes (Pinto et al., 2005c). Recomendada para recuperação de nascentes com solos bem drenados, solos úmidos e ou encharcados (Pinto et al., 2005a). Reconhecida como generalista por “habitats”, destaca-se pela alta frequência e densidade apresentada no trabalho (Pinto et al., 2005a).
<i>Tapirira guianensis</i> (Anacardiaceae)	P	NC	20	S	2;3;4;5;6;7; 8	

¹ Grupo ecológico de acordo com Pereira (2003), em que: P – espécie pioneira; Cl – espécie clímax exigente de luz; CS – espécie clímax tolerante à sombra e NC – espécie não classificada.

² Síndrome de dispersão de acordo com Carmo & Morellato (2000): Z – zoocoria; A – autocoria; NA – anemocoria e NC – não classificada.

³ Altura potencial da espécie de acordo com Oliveira-Filho (2006).

⁴ Meio de propagação comumente empregado para as espécies de acordo com Davide et al. (1995) e Davide & Silva (2006), em que: S – por semente; E – por estaca e Ni – não identificado.

⁵ Fitofisionomias em que a espécie é encontrada de acordo com Oliveira-Filho (2006), em que: 1 – Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana; 2 – Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas e Submontana; 3 – Floresta Estacional Semidecidual Baixo-Montana; 4 – Floresta Estacional Semidecidual Alto-Montana; 5 – Floresta de Galeria; 6 – Floresta Ombrófila Densa Baixo-Montana e Alto-Montana; 7 – Floresta Estacional Decidual (mata seca); 8 - Cerrado s.l e 9 – Caatinga.

TABELA A2 Número e Localização das matrizes das espécies estudadas quanto ao potencial de enraizamento adventício.

Espécie	Matrizes	Coordenadas	
		Latitude	Longitude
<i>Casearia sylvestris</i>	6	507458	7654460
<i>Cestrum laevigatum</i>	>20	496750	7654543
<i>Croton urucurana</i>	5-10	502609	7651886
<i>Dedropanax cuneatus</i>	3	508129	7654622
<i>Erythrina falcata</i>	2	509942	7641521
<i>Ficus adhatodigifolia</i>	1	503108	7652644
<i>Ficus citrifolia</i>	1	513382	7647044
<i>Guazuma ulmifolia</i>	5-10	515636	7657865
<i>Inga marginata</i>	5	540138	7641521
<i>Inga vera</i>	5-10	512959	7657348
<i>Maclura tinctoria</i>	2	494286	7656559
<i>Magnolia ovata</i>	>20	506193	7653213
<i>Myrsine umbellata</i>	10-15	512959	7657348
<i>Nectandra nitidula</i>	3	511103	7653876
<i>Salix humboldtiana</i>	5	494286	7656559
<i>Schinus terebinthifolius</i>	5-10	508129	7654622
<i>Sebastiania commersoniana</i>	3	494281	7656583
<i>Sebastiania scottiana</i>	4	494591	7656573
<i>Siparuna guianensis</i>	>20	511178	7653246
<i>Tapirira guianensis</i>	3	511103	7653876

TABELA A3 Resumo da análise de variância para o percentual de enraizamento (ENR), número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) de estacas caulinares das espécies estudadas em função da classe de diâmetro.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		ENR	NR	CMR
Espécie	5	7,69*	53,10*	1132,01*
Classe de diâmetro	3	0,12*	0,73*	19,46*
Espécie*Classe de diâmetro	15	0,02 ^{ns}	0,12 ^{ns}	6,36 ^{ns}
Erro	96	0,02	0,17	4,46
Total	119			
Coeficiente de variação (%)		31,15	36,72	43,48

*Significativo (p<0,05).

ns = não significativo (p<0,05).

TABELA A4 Resumo da análise de variância para o percentual de enraizamento (ENR), número de raízes (NR) e comprimento da maior raiz (CMR) de estacas caulinares das espécies estudadas em função do tratamento em diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB).

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio		
		ENR	NR	CMR
Espécie	8	4,57*	23,09*	225,63*
AIB	3	0,05 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1,81 ^{ns}
Espécie*AIB	24	0,03 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,24 ^{ns}
Erro	143	0,05	0,20	0,96
Total	178			
Coefficiente de variação (%)		56,36	55,30	52,45

*Significativo ($p < 0,05$).

ns = não significativo ($p < 0,05$).

TABELA A5 Resumo da análise de variância da regressão para o número médio de estratos de tecido esquerenquimático, das espécies estudadas, em função da classe de diâmetro do caule analisada.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio
Espécie	2	180.750000*
Classe de diâmetro	3	83,743056*
Espécie*Classe de diâmetro	6	16,305556*
Erro	36	0,229167
Total	47	
Coefficiente de variação (%)	6,03	

*Significativo ($p < 0,05$).

TABELA A6 Resumo da análise de variância da regressão para a espessura total de tecido esquerenquimático das espécies estudadas em função da classe de diâmetro do caule analisada.

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio
Espécie	5	47842,8564*
Classe de diâmetro	3	9783,3479*
Espécie*Classe de diâmetro	15	1404,8474*
Erro	72	53,3014
Total	95	
Coefficiente de variação (%)	11,16	

*Significativo ($p < 0,05$).