



# Miniestaquia aplicada a espécies florestais<sup>1</sup>

## *Minicuttings technique applied to forest species*

**Aurea Portes Ferriani<sup>2</sup>, Katia Christina Zuffellato-Ribas<sup>3</sup>, Ivar Wendling<sup>4</sup>**

**Resumo** - A miniestaquia é uma técnica recente de propagação vegetativa cujo princípio é o aproveitamento do potencial juvenil dos propágulos para indução do enraizamento. Tendo em vista a necessidade de produção de mudas em larga escala para diversos fins, pode representar uma alternativa promissora para espécies lenhosas que manifestem dificuldade de enraizamento do material adulto ou cujas sementes representem fator limitante. Nesse sentido, este trabalho apresenta procedimentos e resultados de pesquisas desenvolvidas com gêneros amplamente utilizados na silvicultura clonal, como *Eucalyptus* e *Pinus*, além de outras espécies florestais com potencial para plantios comerciais e de recuperação de ecossistemas. Assim, buscou-se analisar as condições de implantação e manejo que contribuem para o desenvolvimento satisfatório das minicepas e miniestacas como incremento do processo. A introdução da miniestaquia apresenta vantagens relacionadas à redução da área de produção, diminuição do período de enraizamento e aclimatação, além da redução do uso de reguladores vegetais para indução do enraizamento.

**Palavras-chave** - Brotações. Enraizamento. Juvenildade. Miniestaca

**Abstract** - Minicutting is a recent plant propagation technique using the juvenile potential from propagules to rooting induction. Due to the necessity of plant production in large scale for different purposes, this method can present a promising alternative for woody species whose seeds are the limiting factor or express difficult to root the mature material. This study presents procedures and results of evaluations done with genus of plants frequently used in clonal forestry, such as *Eucalyptus* and *Pinus*, and other species with potential to new crops development in environmental restoration. Consequently, we analyzed the established conditions that contribute satisfactorily to the development of ministumps and minicuttings in an attempt to improve the process. The introduction of minicutting technique presents advantage related to the reduction of the production area, reduction in rooting period and acclimatization, besides the decrease in use of regulator of root induction.

**Key words** - Sprouts. Rooting. Juvenility. Minicutting.

<sup>1</sup>Recebido em 30/08/2010 e aprovado em 03/12/2010.

<sup>2</sup>Universidade Tuiuti do Paraná - UTP, aurea.ferriani@utp.br

<sup>3</sup>Depto de Botânica, Universidade Federal do Paraná, kazu@ufpr.br

<sup>4</sup>Embrapa Florestas, ivar@cnpf.embrapa.br

## Introdução

A miniestaquia pode ser considerada uma especialização da estaquia convencional. Basicamente consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo processo de estaquia, ou mudas produzidas por sementes (ALFENAS *et al.*, 2004), dispensando o rejuvenescimento *in vitro* (WENDLING *et al.*, 2000). É uma alternativa que pode suprir a necessidade do resgate da juvenildade do material vegetativo, apontada por diversos autores como limitante da capacidade de indução radicial geradas pelo processo de maturação (BONGA, 1982; ZOBEL; TALBERT, 1984; HARTMANN, 2002).

O interesse na introdução da miniestaquia para diversas espécies se relaciona à redução da área produtiva (adoção do minijardim), diminuição do período de enraizamento e aclimatação, e principalmente na redução de reguladores vegetais para indução do enraizamento (HIGASHI *et al.* 2000; XAVIER *et al.*, 2003; WENDLING *et al.*, 2005).

O desenvolvimento da técnica teve início na década de 90 para o gênero *Eucalyptus* (HIGASHI *et al.*, 2000), devido às limitações impostas pelo cultivo *in vitro* (WENDLING, 2002; ALMEIDA *et al.*, 2007). Sua aplicação tem possibilitado a propagação de genótipos de difícil enraizamento, com ampliação da porcentagem de miniestacas enraizadas e melhoria do sistema radicial, influenciando diretamente o desempenho de mudas em campo (ALFENAS *et al.*, 2004). Estes aspectos são apontados por Xavier e Santos (2002) como contribuição significativa para ampliação da base silvicultural de espécies nativas com fins econômicos, recuperação de áreas e ecossistemas degradados (CARPANEZZI, 2005), possibilitando também o resgate de genótipos adultos de interesse. Além disso, pode representar uma alternativa potencialmente viável para espécies lenhosas cujo processo de estaquia convencional resulta em percentual de enraizamento variável e baixa qualidade na formação de raízes (SOUZA; ALMADO, 2002).

Um dos principais avanços foi redução da área do jardim clonal, o qual passou a ser chamado de minijardim clonal. Ele pode ser implantado em sistema de recipientes, que variam desde vasos de polipropileno de diferentes volumes, caixas de fibra de vidro com variadas formas e dimensões, ou em sistemas de canaletões de fibro-cimento, atualmente o mais utilizado pelas empresas florestais (HIGASHI *et al.*, 2002).

Atualmente, a miniestaquia constitui-se o método mais adotado pelas empresas florestais brasileiras para clonagem de *Eucalyptus* (ALMEIDA *et al.*, 2007), onde as empresas têm optado por canaletões de alvenaria de maiores dimensões visando maior desenvolvimento do

sistema radicular (ASSIS; MAFIA, 2007) ou radicial, para minicepas geradas por sementes ou provenientes de estacas enraizadas, respectivamente. Além disso, esta técnica pode ser adaptada à realidade de pequenos e médios proprietários rurais para produção de mudas destinadas plantios dirigidos ou para utilização em processos de recuperação, gerando incremento de renda.

## Bases fisiológicas relacionadas ao enraizamento de miniestacas

Muitos trabalhos relatam diferenças entre o enraizamento adventício do material juvenil e adulto (HIGASHI *et al.*, 2000; PALANISAMY; SUBRAMANIAN, 2001; WENDLING *et al.*, 2006) e têm demonstrado que a condição fisiológica da planta-mãe é determinante em relação à sua idade cronológica (HAAPALA, 2004).

Para *Prunus persica*, Moncaleán *et al.* (2002) concluíram que a concentração de ácido abscísico aumenta e a relação citocinina/ácido indolacético decresce com o decorrer da maturação dos propágulos, levando a proposição de que as relações entre citocinina/ácido indolacético e isopenteniladenina/zeatina são bons indicadores do estágio de desenvolvimento para a espécie.

Em *Corylus avellana*, Andrés *et al.* (2002) concluíram que altas concentrações de citocinina isopenteniladenina e baixas de ácido indolacético foram características de propágulos juvenis. Concluíram também que a relação das citocininas isopenteniladenina / zeatina pode ser usada como um indicador da competência morfogênica do material vegetal *in vitro*. Para *Elaeocarpus hookerianus*, Day *et al.* (1995) concluíram que folhas juvenis continham mais citocininas ativas do que folhas adolescentes ou adultas.

Estudos citoquímicos têm demonstrado que as peroxidases participam de formas direta e indireta em diversos eventos fisiológicos, incluindo a dormência, a tolerância ao frio, a germinação, a resistência ao parasitismo à biossíntese do etileno (GASPAR *et al.*, 1982; ZANOL, 1996). Uma alta atividade de peroxidases tem sido relacionada com o aumento do percentual de formação de raízes, sugerindo a atividade de peroxidase como um marcador da habilidade de formação de raízes (DRUART *et al.*, 1982; OERTLI, 1987). Porém, segundo Thompson *et al.* (1987), a peroxidase apresenta um padrão geral de aumento da atividade com o aumento da senescência dos órgãos e tecidos.

Existem poucos estudos em relação à atividade de peroxidases e o grau de maturação de um tecido ou planta, porém, uma vez que plantas juvenis teriam maior adaptação às pressões do ambiente, poderia se imaginar

que estas apresentariam maior atividade de peroxidases. Para *Sequoia sempervirens*, Huang *et al.* (1996) obtiveram rejuvenescimento de material adulto após cinco enxertias seriadas *in vitro*, o que estava associado com a diminuição do conteúdo de isoenzimas da peroxidase.

Em estudos com *Sequoia sempervirens*, Huang *et al.* (2003) concluíram que tecidos juvenis e rejuvenescidos por cinco re-enxertias *in vitro* mostraram maiores taxas de fotossíntese e respiração, evidenciados pela mais rápida evolução e consumo de O<sub>2</sub>. Segundo os mesmos autores, as taxas fotossintéticas estavam associadas com maiores conteúdo de clorofila, especialmente clorofila a, nos tecidos juvenis e rejuvenescidos.

Vários estudos têm sido realizados com a finalidade de buscar possíveis relações entre compostos fenólicos e o potencial rizogênico dos propágulos. Inicialmente, ressaltava-se o efeito inibitório dos fenóis sobre a formação de raízes (KEFELI; KADYROV, 1971), porém, Haissig (1974) sugere que a formação de primórdios radiculares necessita de conjugados AIA-fenóis, sintetizados com a participação de enzimas, como peroxidases e polifenol oxidases. Segundo Debergh e Read (1991), um grupo especial de compostos fenólicos são protetores das auxinas por atuarem como antioxidantes, inibindo a oxidação do ácido indolacético.

Outros trabalhos indicam que, em geral, monofenóis e m-difenóis estimulam a oxidação do AIA, enquanto o-difenóis, p-difenóis e polifenóis inibem esta reação (LEE *et al.*, 1982), bem como a não relação do teor de fenóis totais sobre o número de raízes em plantas de *Castanea sativa* (bom enraizamento) e *Salix viminalis* (baixo enraizamento), encontrado por GESTO *et al.*, 1977) e a correlação positiva entre o enraizamento e o teor de fenóis orto-dihidróxi e totais em espécies do gênero *Prunus* (RANA; CHADHA, 1992).

A utilização do teor de fenóis totais no monitoramento da rizogênese, está relacionada, além da sua relação inversa com a peroxidase, com a participação do AIA e de outros compostos importantes ao enraizamento, como o teor de lignina (DRUART *et al.*, 1982; SIEGEL, 1993).

Tem sido observado também, que fenóis do tipo flavonóide poderiam participar na regulação do transporte polar das auxinas (JACOBS; RUBERY, 1988) o que poderia levar à acumulação de AIA na base dos propágulos. Para macieira, Zanol *et al.* (1998) obtiveram maior percentual de enraizamento e uma aceleração na emergência de raízes com a adição do composto fenólico floroglucinol ao meio de cultura *in vitro*, além do impedimento da formação de calo.

Existem poucos estudos em relação ao teor de fenóis e a juvenildade ou maturidade de um tecido ou planta. Vierling *et al.* (1992), trabalhando com *Prunus*

*domestica*, encontraram maior teor de fenóis em folhas juvenis quando comparadas com adultas, sendo o mesmo comportamento encontrado em gemas de *Castanea sativa* x *Castanea crenata* (MATO *et al.*, 1994).

Além das variações advindas de tecidos juvenis e adultos citadas acima, outras têm sido relatadas, tais como: concentração de proteínas solúveis em tecidos (ALI; WESTWOOD, 1968), concentração de DNA em folhas (ALI; WESTWOOD, citados por HUANG *et al.*, 1990), teor de clorofila e de antocianina nas folhas (GREENWOOD, 1992; HACKETT; MURRAY, 1993).

Com relação às diferenças anatômicas existentes entre os dois tipos de material vegetal, Andersen (1986) aponta que a densidade de esclerênquima nos ramos maduros é superior àquela apresentada pelos ramos juvenis, o que representa maior resistência à emergência de raízes.

## Aspectos metodológicos da miniestaquia

### Estabelecimento das minicepas e formação do minijardim clonal

As minicepas constituem as fontes das brotações (miniesticas) e podem ser originadas de material seminal (plântulas), de estaquia convencional ou micropropagação (nesta costumam ser chamadas de microcepas). O conjunto de minicepas constitui o minijardim clonal ou jardim miniclinal (WENDLING, 1999; XAVIER; SANTOS, 2002), cuja implantação pode ocorrer sob diferentes sistemas, como canaletão, tubetes, sacos plásticos ou vasos (CUNHA *et al.*, 2005).

Um canaletão é uma estrutura formada por concreto, amianto ou outro material instalada sobre bases fixas, garantindo adequações ergonômicas e assépticas, onde podem ser cultivadas as minicepas. Quando comparado à instalação em recipientes individuais Wendling *et al.* (2005) verificaram em corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) o aumento de volume do substrato areia em canaletão potencializou a produção de brotações e reduziu os intervalos entre coletas, porém devem ser avaliadas as relações de custo-benefício envolvidas nestas situações, uma vez que o aumento de insumos implica aumento de custos no processo.

### Produção de miniesticas e processo de enraizamento

Cada minicepa sofre poda de seu ápice, mantendo-se aproximadamente 10 a 15 cm de altura a partir da zona do coleto e, no mínimo, um par de folhas. Este procedimento visa estimular a formação de brotações pela quebra da dominância apical. O material é irrigado e recebe fertilização via solução nutritiva (fertirrigação). Após intervalos entre 10 e 25 dias (variáveis de acordo com a

época do ano, clone, espécie e condições nutricionais, entre outras) as novas brotações (miniéstacas) são coletadas e acondicionadas em substrato para o enraizamento (WENDLING, 1999; XAVIER; SANTOS, 2002). Em regiões mais quentes, a coleta de miniéstacas, quando feita de forma seletiva, é realizada entre 3 - 5 dias.

O processo de confecção de uma miniéstaca consiste em remover a brotação, cujo comprimento varia de 2 a 6 cm, de acordo com o tamanho da brotação emitida, tamanho das folhas e a filotaxia da espécie. Dessa maneira o ápice pode ou não ser mantido intacto, com duas a quatro folhas jovens, realizando-se corte reto ou em bisel na base. Para manter a turgescência do material, este deve ser acondicionado em recipientes contendo água fria. Os tratamentos fitossanitários podem ser dispensados devido ao ambiente controlado onde as minicepas se desenvolvem, embora cada condição de produção deva ser avaliada.

As miniéstacas são enraizadas em recipientes coletivos (bandejas e caixas) ou individuais (tubetes) contendo substrato vermiculita, casca de arroz carbonizada, areia ou produtos específicos para esta finalidade. O período de enraizamento é variável conforme as particularidades da espécie e condições ambientais, como temperatura e luminosidade.

### Resultados obtidos com a aplicação da técnica

Comparando-se o local de estabelecimento das minicepas, propágulos de *Pinus taeda* L. instalados em casa-de-vegetação e campo apresentaram maior percentual de enraizamento sob ambiente controlado (ALCÂNTARA, 2005).

Quanto ao sistema de condução das minicepas, este pode ser do tipo canaletão, onde as plantas se mantêm no mesmo recipiente ou em tubetes, no qual ocorre individualização das mesmas. Cunha *et al.* (2005) compararam ambos os sistemas em casa-de-vegetação para *Eucalyptus benthamii* e relataram o aumento de 100% na produção de brotações obtidas de minicepas plantadas em canaletão.

A utilização de fertirrigação (aérea ou por sub-superfície) contendo solução de macro e micronutrientes específicos favorece o bom estado nutricional das minicepas, possibilitando maior produtividade de brotações (ALFENAS *et al.*, 2004), uma vez que alteram as condições fisiológicas da planta e contribuem para o acúmulo de reservas (PAIVA; GOMES, 1995). As irrigações e fertilizações diárias mantêm o turgor hídrico e o *status* nutricional das minicepas favorecendo a produção do material vegetativo (miniéstacas) (HARTMANN, 2002; XAVIER *et al.*, 2003). Em análise sobre os teores de carboidratos em dois clones de eucalipto (*Eucalyptus*

*saligna* e *Eucalyptus grandis*) nas épocas do inverno e verão, Torres (2003) concluiu que o uso intensivo de fertirrigação estimulou o ganho de açúcares, ampliando a produção geral de brotações, principalmente no verão, além antecipar a periodicidade da coleta das mesmas.

A produtividade de miniéstacas por minicepa varia de acordo com a espécie e também em relação ao período de coleta, uma vez que as variações climáticas extremas podem interferir no material vegetativo, assim como no ambiente de enraizamento (PAIVA; GOMES, 1995; HARTMANN, 2002). Em pinus (*Pinus taeda*) as melhores épocas corresponderam ao inverno e verão (ALCÂNTARA, 2005), coincidindo com os períodos verificados por Ferriani (2006) para miniéstacas de pau-toucinho (*Vernonanthura petiolaris* (DC.) H. Robinson). Já para a espécie corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) a primavera e verão foram os melhores períodos de coleta de propágulos (WENDLING *et al.*, 2005).

Ainda em relação à temperatura, Cunha (2006) comparou o enraizamento de miniéstacas de eucalipto (clones de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e híbridos) sob sistemas de canaletão e tubetes, submetidos a diferentes regimes e verificou que em canaletão houve maior tendência de enraizamento com a diminuição de temperatura, enquanto em tubetes o aumento dessa variável ocorreu com a elevação da mesma.

Os valores para produtividade podem ser expressos de maneira direta pela razão entre o número total de brotações e o número de minicepas variando entre 1,0 a 3,8 miniéstacas por minicepa por coleta, conforme valores obtidos respectivamente por Xavier *et al.* (2003) em cedro, Cunha *et al.* (2003) em corticeira-do-mato (*Erythrina falcata*) e Santos (2002) em jequitibá rosa, chegando a 8,1 em eucalipto (*Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage) (CUNHA *et al.* 2005). Os resultados para cálculo da produtividade também podem ser representados por metro quadrado (WENDLING *et al.*, 2007) ou ainda por metro quadrado ao ano (HIGASHI *et al.*, 2000).

Para *Eucalyptus* a produção de miniéstacas por minicepa por coleta é variável conforme o sistema de jardim miniclinal adotado: 5,6 miniéstacas em sistema semi-hidropônico em canaletão a cada 5-10 dias (WENDLING *et al.*, 2003); 1,9 miniéstacas no sistema de jardim miniclinal em tubete a cada 20 dias (WENDLING *et al.*, 2000); 2,4 miniéstacas no sistema de tubetes com fertirrigação por inundação a cada sete dias (TITON *et al.*, 2003). Para espécies nativas, Santos (2002) utilizou sistemas de jardim miniclinal em tubetes de 200 cm<sup>3</sup>, com coletas a cada 30 dias obtendo as seguintes produções de miniéstacas por minicepa: 1,3 para cedro rosa (*Cedrela fissilis* Vell.); 1,1 para mogno (*Swietenia macrophylla* King. Vell.); 1,6 para angico vermelho (*Anadenanthera*

*colubrina* (Vell.) Brenan) e 3,8 para jequitibá rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze). No caso da erva-mate, Wendling e Souza Júnior (2003) trabalhando com a condução de minicepas em sacos plásticos de 15,0 x 10,0 cm com terra de subsolo, obtiveram produção média de 2,2 miniestacas por minicepas a cada 35 dias. Para efeitos comparativos, no presente estudo, obtiveram-se médias gerais de 4,4 miniestacas por minicepa por coleta a cada 39 dias, denotando a superioridade do presente sistema de condução de minicepas em comparação àquele de condução em sacos plásticos.

Cabe também ressaltar que a sobrevivência das minicepas ao longo das coletas seriadas de brotações, garante a viabilidade do sistema para obtenção de propágulos (WENDLING, 2002; WENDLING *et al.*, 2003; FERRIANI, 2006). Para erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) foram realizadas onze coletas consecutivas de miniestacas com variações entre o rendimento das mesmas, que apresentaram diminuição e posterior acréscimo na produção de brotações (WENDLING *et al.*, 2007).

Os primeiros experimentos utilizando miniestaquia de *Eucalyptus* utilizaram como substrato areia grossa ou resina fenólica (HIGASHI *et al.*, 2000), com posterior desenvolvimento de diferentes misturas visando garantir porosidade e aeração adequadas ao processo. Outros trabalhos utilizaram casca de arroz carbonizada e vermiculita em proporções iguais em volume (1:1) (WENDLING, 2002; XAVIER *et al.*, 2003; FERRIANI, 2006), vermiculita e composto orgânico (2:1) (XAVIER *et al.*, 2003), composto de casca de eucalipto, vermiculita e casca de arroz carbonizada (2:1:1) conforme citado por Torres (2003) e vermiculita média, casca de arroz carbonizada e casca de pinus (1:1:1), apresentando resultados satisfatórios (WENDLING *et al.*, 2007).

O período de permanência das miniestacas em casa-de-vegetação é variável em função da espécie, região e época do ano e normalmente inferior àquele utilizado pela estaquia convencional, sob temperatura variando entre 25 a 30°C e umidade controlada, superior a 80% (CUNHA *et al.*, 2003; WENDLING *et al.*, 2005). Os resultados gerais apontaram período médio de 30 dias, conforme verificado em corticeira-do-mato (*Erythrina falcata*) por Wendling *et al.* (2005), em eucalipto (*Eucalyptus grandis*) (WENDLING; XAVIER, 2003) e para cedro (*Cedrella fissilis*) (XAVIER *et al.*, 2003).

Com o objetivo de aumentar a porcentagem e velocidade de enraizamento, com melhoria de qualidade do sistema radicial são amplamente utilizados reguladores vegetais, especialmente pertencentes ao grupo das auxinas (HARTMANN *et al.*, 2002). Neste sentido, Wendling *et al.* (2006) compararam o enraizamento de miniestacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) juvenis (oriundas

de sementes) e adultas (provenientes de estacas) sob efeito de dosagens crescentes de ácido indol butírico (1000 a 6000mgL<sup>-1</sup> IBA). Como resultados obtiveram maior percentual de enraizamento em função do aumento de concentração do regulador vegetal, além da superioridade de resposta de enraizamento, número e comprimento de raízes relacionados ao material juvenil. Entretanto, outros trabalhos de miniestaquia demonstraram que o enraizamento ocorreu na ausência ou sob baixas concentrações do mesmo (inferiores a 1000 mgL<sup>-1</sup>) (XAVIER; SANTOS, 2002; CUNHA *et al.*, 2003; XAVIER *et al.*, 2003; ALCÂNTARA, 2005; FERRIANI, 2006).

Xavier *et al.* (2003) compararam o enraizamento de diferentes padrões de miniestacas caulinares e foliares de cedro (*Cedrella fissilis* Vell.) e verificaram a superioridade dos tipos caulinar, caulinar apical e caulinar intermediária, com resultados acima de 70%.

Almeida *et al.* (2007) verificaram que clones de *Eucalyptus cloeziana* com maior potencial de enraizamento apresentaram resultados de enraizamento sob menores dosagens do ácido indolbutírico, em relação àqueles com menor habilidade rizogênica; além disso a aplicação em pó mostrou-se mais efetiva no enraizamento de miniestacas.

A utilização de subcultivos, isto é, formação de minicepas a partir do plantio consecutivo de brotações (WENDLING, 2002) pode favorecer o processo de indução radicial, conforme verificado por Wendling e Xavier (2003) em clones de *Eucalyptus grandis*. Estes autores analisaram a eficiência da miniestaquia seriada utilizando sete subcultivos consecutivos de miniestaquia, concluindo pelo efeito positivo dessa técnica sobre a porcentagem de enraizamento, com incremento dos clones que originalmente apresentavam menor capacidade para esta característica.

Dentre as pesquisas que relataram o desenvolvimento de mudas a pleno sol, Xavier *et al.* (2003a) e Xavier *et al.* (2003b) relataram para cedro (*C. fissilis*) 79% e 80%, respectivamente, aos 120 dias. Para erva-mate (*I. paraguariensis*), Wendling *et al.* (2007) relataram sobrevivência de mudas superior a 88% aos 200 dias.

## Perspectivas

A miniestaquia apresenta-se como uma alternativa promissora para o aproveitamento do potencial juvenil endógeno das espécies, favorável ao enraizamento e conseqüente produção de mudas.

Constitui uma técnica ambiental e economicamente viável, além de apresentar maior acessibilidade de utilização por pequenos e médios produtores.

Por se tratar de técnica recente, há carência de trabalhos que apresentem comparações entre diferentes

variáveis nas mesmas espécies, especialmente quanto ao desenvolvimento em campo. Para espécies nativas, sugere-se que sejam desenvolvidas pesquisas para produção de mudas daquelas que têm apresentado problemas de propagação via semente, visando a recomposição de ambientes e/ou plantios clonais.

## Agradecimentos

Agradecemos aos orientadores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná pela contribuição acadêmica; à Embrapa Florestas pelo apoio técnico e logístico e à Michelle Melissa Althaus Ottmann pela colaboração na organização deste manuscrito.

## Literatura científica citada

- ALCANTARA, G. B. **Miniestaquia de *Pinus taeda* L.** Curitiba, Paraná. 2005. 77 f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal do Paraná.
- ALFENAS, A. C. *et al.* **Clonagem e doenças do eucalipto.** Viçosa: UFV. 2004. 442p.
- ALI, N.; WESTWOOD, M. N. Juvenility as related to chemical content and rooting of stem cuttings of *Pyrus* species. **American Society for Horticultural Science**, v. 93, p. 77-82, 1968.
- ALMEIDA, F. D. *et al.* Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.
- ANDERSEN, A. S. Environmental influences on adventitious rooting in cuttings of non-woody species. IN: JACKSON, M. B. **New root formation in plants and cuttings**, Dordrecht, Martinus Nijhoff Publishers, 265p. 1986.
- ANDRÉS, H. *et al.* Phytohormone contents in *Corylus avellana* and their relationship to age and other developmental processes. **Plant cell, Tissue and Organ Culture**, Netherlands, v. 70, p. 173-180, 2002.
- ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora LTDA, p. 93-121. 2007.
- BONGA, J. M. Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. In BONGA, J.M; DURZAN, D.J. **Tissue culture in forestry**. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, The Hague, p. 387-412. 1982.
- CARPANEZZI, A. A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. In: GALVÃO, A. P. M.; PORFÍRIO-DASILVA, V. (org.). **Restauração florestal: Fundamentos e Estudos de Caso**, Colombo: *Embrapa Florestas*, p. 27-45, 2005.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Influência da presença ou ausência de folhas no enraizamento de miniestacas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) obtidas em sistema hidropônico, **Comunicado Técnico Embrapa Florestas**, Colombo, n° 89, 2003.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.
- CUNHA, A. C. M. C. M. **Relações no estado nutricional de minicepas e condições meteorológicas com o número e enraizamento de miniestacas de eucalipto**. Viçosa, Minas Gerais. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DAY, J. S.; JAMESON, P.S.; GOULD, K. S. Cytocinins changes during vegetative metamorphosis in *Elaeocarpus hookerianus*. **Australian Journal of Plant Physiology**, n. 22, p. 67-73. 1995.
- DEBERGH, P.C.; READ, P.E. Micropropagation. In: DEBERGH, P. C.; ZIMMERMAN, R. H. (eds). **Micropropagation technology and application**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1991, 486 p.
- DRUART, P. H., KEVERS, C. L., GASPAR, T. H. *In vitro* promotion of root formation by apple shoots through darkness effect on endogenous phenols and peroxidases. **Zeitschrift für Pflanzenphysiologie**, Stuttgart, n.108, p.429-436, 1982.
- FERRIANI, A. P. **Estaquia de vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén) com uso do ácido indol-butírico**. Curitiba, Paraná. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- GASPAR, T.; PENEL, C.; CASTILO, F. J.; GREPPIN, H. A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development. **Plant Physiology**, n. 64, p. 418-423, 1982.
- GESTO, M. D. V.; VÁZQUEZ, A.; VIEITEZ, E. Rooting substances in water extracts of *Castanea sativa* and *Salix viminalis*. **Physiologia Plantarum**, v. 40, n.4, p. 265-268, 1977.
- GREENWOOD, M. S. Theoretical aspects of juvenility and maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SHANKLA, N. (eds.). **Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species**. Bordeaux, 1992. (Colloque AFOCEL IUFRO, Paris, 1992).
- HAAPALA, T. **Establishment and use of juvenility for plant propagation in sterile and non-sterile conditions**. Helsinki. 2004. 53f. Academic dissertation. University of Helsinki, Finland.
- HACKET, W. P.; MURRAY, J. R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M. R. **Micropropagation in woody plants**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1993, p. 93-105.
- HAISSIG, B. E. Influences of auxins and auxin synergists on adventitious root primordium initiation and development. **New Zealand Journal of Forestry Science**. v. 4, n. 2, p. 311-323, 1974.

- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant Propagation: Principles and Practices**. 7 ed. New York: Englewood Clippings, 2002, 880p.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil. **Circular Técnica IPEF**, n. 192, São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000, 11p.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica IPEF**, n. 194, São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2002, 21 p.
- HUANG, L. C. *et al.* 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: ABCCTP/EMBRAPA-CNPq, 1990, p. 252-264.
- HUANG, H.; CHEN Y.; JUNG-LIEN KUO, J.; KUO, T.; TZENG, C.; HUANG, B.; CHUNG- CHEN, C.; HUANG, L. **Rejuvenation of *Sequoia sempervirens* in Vitro: Changes in Isoesterases and Isoperoxidases**. **Plant and Cell Physiology**, v. 37, n.1, p. 77-80, 1996.
- HUANG, L.; PU, S. Y., MURASHIGE, T.; FU, S. F.; KUO, T. T.; HUANG D. D.; HUANG, H. J. Phase and age related differences in protein tyrosine phosphorylation in *Sequoia sempervirens*. **Biologia Plantarum**, v. 47, n. 4, p. 601-603, 2003.
- JACOBS, M.; RUBERY, P. H. Naturally occurring auxin transport regulators. **Science**, v. 241, n. 4863, p. 346-349, 1988.
- KEFELI, V. I.; KADYROV, C. S. Natural Growth Inhibitors, their Chemical and Physiological Properties. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 22, p.185-196, 1971.
- LEE, T. T.; STARRATT, A. N.; JEVNIKAR, J. J. Regulation of enzymic oxidation of indole-3-acetic acid by phenols: structure-activity relationships. **Phytochemistry**, v. 21, p. 517-523, 1982.
- MATO, M. C.; MENDEZ, J.; VAZQUEZ, A. Polyphenolic auxin protectors in buds of juvenile and adult chestnut. **Physiologia Plantarum**, v. 1, n. 91, p. 23-26, 1994. (CD-ROM. Abstract).
- MONCALEÁN, P.; RODRIGUEZ, A.; FERNÁNDEZ, B. Plant growth regulators as putative physiological markers of developmental stage in *Prunus persica*. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 36, n. 1, p. 27-29, 2002.
- OERTLI, J. J. Exogenous application of vitamins as regulators for growth and development of plants – a review. **Pflanzenernähr**, n. 150, p. 375-391, 1987.
- PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 40 p. (Boletim, 322).
- PALANISAMY, K.; SUBRAMANIAN, K. Vegetative propagation of mature teak trees (*Tectona grandis* L.). **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.50, n. 5-6, p. 188-191, 2001.
- RANA, H. S.; CHADHA, T. R. Studies on the clonal propagation of *Prunus* species and their relationship with some biochemical characters. **Progressive Horticulture**, Uttar Pradesh, v. 21, n. 3-4, p. 329-335, 1992.
- SANTOS, G. A. **Propagação vegetativa de mogno, cedro rosa, jequitibá rosa e angico vermelho por miniestaquia**. Viçosa, 2002, 75f. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Viçosa.
- SIEGEL, B. Z. Plant peroxidases – an organism perspective – review. **Plant Growth Regulation**, Nova York, v. 12, p. 303-312, 1993.
- SOUZA, M. R.; ALMADO, R. P. Produção de mudas na CAF Santa Bárbara Ltda. Miniestaquia clonal em *Eucalyptus* sp. In ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Minas Gerais: Instituto Estadual de Florestas, 2002, 171p.
- THOMPSON, J. E.; LEGGE, R. L.; BARBER, R.F. The role of free radicals in senescence and wounding. **New phytol**, n. 105, p. 317-344, 1987.
- TITON, M; XAVIER, A; REIS, G. G; OTONI, W. C. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 619-625. 2003.
- TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidrato no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. Piracicaba, 2003, 65f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- VIERLING, B.; HARTMANN, W.; STOSSER, R. Phenolic substances in leaves of damsons (*Prunus domestica*) in relation to juvenility. **Angewandte Botanik**, n. 66, v. 1, p.7-13, 1992. (CD-ROM. Abstract)
- WENDLING, I. **Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia**. Viçosa, 1999, 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa
- WENDLING, I. *et al.* Efeito do regulador de crescimento AIB na propagação de clones de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 187-192, 2000.
- WENDLING, I. **Rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus grandis* por miniestaquia seriada e micropropagação**. Viçosa, 2002, 105f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de *Eucalyptus*, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n. 4, p.475-480, 2003.
- WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3.; FEIRA DO AGRONEGÓCIO DA ERVAMATE, 2003, Chapecó. Anais. Chapecó: Epagri, 2003. 8p. 1 CD-ROM.
- WENDLING, I.; XAVIER, A.; PAIVA, H. N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 611-618, 2003.
- WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de corticeira-do-mato (*Erythrina falcata* Benth) por miniestaquia a partir de propágulos juvenis, **Comunicado Técnico Embrapa Florestas**, Colombo, n.130, Outubro, 2005.

WENDLING, I. *et al.* Miniestacas de origem juvenil e adulta e concentrações de ácido indolbutírico na miniestaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: Congreso Sudamericano de la yerba mate, 4, Misiones. **Anais...** Misiones, Argentina. 2006.

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, 2007.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. Clonagem de espécies florestais nativas. In ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Minas Gerais, Instituto Estadual de Florestas, 2002, 171p.

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

XAVIER, A.; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n.3, p.351-356, 2003b.

ZANOL, G. C. Enraizamento *in vitro* do porta-enxerto 'Marubakaido' (*Malus prunifolia*) influenciado pela exposição de períodos de escuro, ácido indolbutírico e floroglucinol. Pelotas, 1996, 101f. (Dissertação Mestrado). Faculdade de Agronomia Eliseu-UFPel.

ZOBEL, B.; TALBERT J. Vegetative propagation. In: **Applied forest tree improvement**. North Carolina State University, 1984, 505p.