



8

Produção de mudas clonais de teca por miniestaquia

Teotônio Francisco de Assis
Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Introdução

Do ponto de vista dos métodos de propagação operacional de espécies florestais, a clonagem apresenta importantes vantagens em comparação aos métodos sexuais. A primeira vantagem se relaciona diretamente com a magnitude dos ganhos transferidos aos plantios. Por permitir a captura da variância genética total (Zobel; Talbert, 1984), a clonagem possibilita a obtenção de ganhos máximos, seja na produtividade volumétrica de madeira, na resistência a fatores bióticos e abióticos, assim como nas propriedades tecnológicas da madeira. Além disto, a clonagem em escala operacional tem sido referida como a forma mais eficiente de aproveitar comercialmente a heterose observada em vários indivíduos e tem seu maior alcance naquelas espécies nas quais árvores adultas podem ser rejuvenescidas e propagadas vegetativamente em larga escala (Assis, 2000).

A exploração, via clonal, da heterose funcional (Lamkey, 1999), expressa em nível individual, tem um maior potencial para gerar ganhos em todas as características de interesse. Se, por um lado, os programas de melhoramento genético são capazes de gerar ganhos genéticos em indivíduos superiores, por outro, a clonagem é a forma mais eficaz para incorporar a superioridade desses indivíduos nos processos de produção industrial.

O uso da clonagem de espécies florestais em larga escala tem sido de grande importância no aumento da produtividade de madeira das plantações. A adoção do conceito de florestas clonais, derivadas de indivíduos superiores, tem sido um dos fatores responsáveis pelo grande salto de produtividade florestal verificado em várias partes do mundo. O caso dos eucaliptos no Brasil é um exemplo, onde a clonagem de híbridos intra e interespecíficos se tornou a principal forma de melhoramento e propagação de árvores superiores, com reflexos positivos no aumento da produtividade florestal, na resistência a fatores bióticos, na tolerância a fatores abióticos e na melhoria das propriedades tecnológicas da madeira. Da mesma forma, na Índia, é projetado um aumento significativo na produtividade das plantações clonais de teca (*Tectona grandis* L. f.), em comparação com os plantios seminais (Surendran, 2014). De acordo com Goh e Monteuis (2005), a opção clonal parece ser a melhor e, em muitos casos, a única forma de maximizar o retorno dos investimentos com relação ao estabelecimento de plantações de teca, bem como o uso da terra. Palanisamy et al. (2009) obtiveram resultados positivos com clones selecionados, mostrando melhor crescimento no campo em relação a lotes de sementes locais. Além disto, uma série de problemas associados aos métodos tradicionais de propagação via seminal em teca podem ser evitados com a propagação vegetativa das plantas.

É também possível reduzir a variação genética, resultando em plantações mais uniformes pela seleção e propagação de pequeno número de clones superiores (Surendran, 2014). Neste sentido, é importante que os empreendimentos sejam estabelecidos com plantios em formato de mosaico, sendo cada talhão composto por um clone diferente, como precaução quanto à incidência de insetos-pragas e doenças.

Os plantios clonais são, desta forma, a melhor opção para produzir florestas de teca em larga escala e podem propiciar a obtenção de todos os benefícios advindos da seleção e multiplicação de genótipos superiores. No Brasil, apesar dos recentes avanços nas técnicas de clonagem de teca e no aumento do seu plantio em larga escala, o uso de plantações clonais em escala operacional é ainda incipiente, mas existe um grande potencial a ser explorado, sobretudo, porque as técnicas de clonagem de teca se mostram adequadas ao seu uso nesse sentido.

Do exposto, este capítulo tem como objetivo apresentar os principais fatores que podem interferir no enraizamento, via propagação vegetativa de teca e a metodologia de produção de mudas clonais a partir de miniestaquia.

Principais fatores associados ao enraizamento de teca

Fatores genéticos

Existem amplas evidências de que a formação de raízes adventícias em estacas de espécies arbóreas é geneticamente controlada (Assis; Teixeira, 1998). A grande variação observada entre as espécies, variedades e clones, com respeito à capacidade natural para formar raízes em estacas, tem demonstrado a importância dos fatores genéticos no enraizamento. Assim como ocorre para outras espécies lenhosas, são verificadas diferenças entre clones de teca quanto à maior ou menor facilidade de propagação, às vezes requerendo a adaptação de métodos de propagação para genótipos recalcitrantes (Monteuuis; Goh, 1999). Esse mesmo tipo de variação foi verificado por Badilla et al. (2016a, 2016b) em estudos feitos com clones de teca.

A maior dificuldade apresentada por muitas espécies e indivíduos, em relação a outros, também se expressa na velocidade com que a capacidade de enraizamento se reduz devido a fatores fisiológicos relacionados com o processo de maturação fisiológica. Além da variação entre as espécies, a taxa de perda da capacidade de enraizamento

verificada com o aumento da idade também varia entre indivíduos da mesma espécie, conforme observado por Husen (2013), em teca.

Como essa característica é dependente do genótipo e fortemente herdável (Oliveira et al., 2015), o processo de seleção por capacidade de enraizamento, ao longo do processo de melhoramento genético da espécie, especialmente com o uso de clones elites, é uma oportunidade para otimizar os processos de propagação nos programas de silvicultura clonal de teca.

Fatores fisiológicos

Além dos efeitos dos genótipos, os fatores fisiológicos mais importantes a serem considerados para a obtenção de níveis adequados de enraizamento de espécies florestais são: a juvenilidade e o estresse. O envelhecimento ontogenético, ou seja, a maturidade fisiológica, que leva à perda da juvenilidade e dificulta a propagação clonal, é fenômeno que afeta as plantas lenhosas e é comum a quase todas as espécies florestais. Materiais juvenis geralmente enraízam adequadamente, mas perdem a capacidade para formar raízes em propágulos, na medida em que aumenta o número de divisões celulares dos meristemas apicais, que leva ao crescimento em altura. Segundo Franclét (1982), em muitas espécies e clones, a maturidade fisiológica pode tornar inviável o uso da clonagem, impossibilitando sua aplicação comercial, se a juvenilidade não for convenientemente manejada.

Por outra parte, as condições de estresse verificadas no manejo da produção de propágulos, assim como na sua manipulação, têm influência sobre as perdas ocorridas no processo de enraizamento, conforme serão detalhados ainda neste capítulo. Na otimização de produção de plantas, em alguns viveiros operacionais, tem sido verificado que os ajustes para reduzir os níveis de estresse a que as plantas e seus propágulos são submetidos podem promover ganhos significativos, dependendo do nível em que se encontram os viveiros e das medidas de controle praticadas no manejo das minicepas e das miniestacas. Esses ajustes são geralmente de baixo custo e fáceis de implementar, mas geram resultados técnicos importantes.

Juvenilidade e maturação fisiológica

Normalmente se considera o período juvenil como aquele compreendido entre a germinação e o momento em que a planta alcança a capacidade de florescer (Wareing, 1959). A aquisição da capacidade reprodutiva é, então, o limite final da fase juvenil e o início da fase adulta.

Sem dúvida, as alterações morfológicas e fisiológicas relacionadas com essa mudança de fase não ocorrem de repente, em um certo momento da vida da planta, mas de forma gradual desde o início da germinação, como tem sido observado na prática. Essas mudanças podem afetar certos fatores de modo muito mais precoce, tais como o enraizamento, por exemplo, onde a alta predisposição a enraizar pode durar um par de dias em algumas espécies, ou anos em outras.

Em geral, plantas muito juvenis de teca têm alta predisposição para enraizar (Husen; Pal, 2006; Husen, 2012), mas podem ter reduzidas suas capacidades de enraizamentos na medida em que ocorrem os seus crescimentos apicais e essas perdas podem ocorrer mesmo no período considerado juvenil. As idades das plantas doadoras de propágulos têm um forte efeito no enraizamento de teca, que cai rapidamente com o aumento da idade. Em trabalho com plantas nas idades de dois meses, 15 anos e 30 anos, Husen e Pal (2006) observaram que as taxas de enraizamento, de sobrevivência e de brotação em estacas decresceram de acordo com o avanço das idades das plantas doadoras de propágulos, enquanto a taxa de formação de calo na base das estacas aumentou.

Paton e Willing (1974), por exemplo, encontraram que o enraizamento de *E. grandis* cai a partir do décimo quarto par de folhas, mas em outras espécies se observa uma queda mais brusca, desde uma altura de 30 cm, mesmo em plantas juvenis. O aumento da idade das plantas doadoras de propágulos (plantas-mães) provoca declínio no enraizamento, também por reduzir o conteúdo total de açúcares solúveis e de amido na base das estacas (Husen, 2012).

O processo de maturação fisiológica é um fenômeno que pode afetar as espécies lenhosas, de acordo com seu desenvolvimento ontogenético e o declínio na habilidade em formar raízes adventícias em estacas é um dos efeitos mais dramáticos da maturação fisiológica (Díaz-Sala, 2014). O envelhecimento das plantas doadoras de propágulos reduz a taxa de enraizamento e de brotação das estacas e aumenta a taxa de formação de calos na base das estacas (Husen, 2011; 2012).

Do ponto de vista da clonagem, fica claro, assim, que uma das consequências mais importantes do envelhecimento ontogenético é a diminuição e, podendo inclusive provocar a perda da capacidade de enraizamento observada em plantas adultas. Este fato é relevante na propagação de espécies florestais, dado que as árvores somente são avaliadas adequadamente quando são adultas e já perderam a capacidade natural de enraizar (Cresswell; De Fossard, 1974; Pijut et al., 2011). Isto tem alta relevância nos processos de clonagem da teca, por ter ciclos de seleção mais longos, pois cria uma dificuldade de ordem prática para o

desenvolvimento de programas de clonagem comercial, uma vez que os genótipos só podem ser convenientemente selecionados quando já perderam sua competência ao enraizamento.

A perda gradual da capacidade de enraizamento, que ocorre com o envelhecimento ontogenético, promove a expressão de outro fator fisiológico importante, a topófise. Como o embrião é o órgão mais juvenil de uma planta, quanto mais distante do embrião, em termos de divisões celulares, menos juvenis serão os tecidos. A topófise faz com que propágulos procedentes de diferentes pontos na planta tenham distintas características fisiológicas, resultando em diferentes capacidades de enraizamento, de acordo com a posição da estaca no ramo. A capacidade de enraizamento é menor em pontos mais altos dos ramos, mas segue sendo elevada nos tecidos do coleto da planta e em locais adjacentes. Em tecidos menos juvenis, às vezes, se pode obter enraizamento, mas, devido à topófise, o sistema radicular pode ser defeituoso, dando lugar à heterogeneidade de crescimento e impedindo a expressão do potencial genético dos clones. Em razão disto, muitas vezes se consegue recuperar o potencial rizogênico, mas não o potencial genético, sobretudo, devido às deficiências na qualidade do sistema radicular.

A perda do potencial genético, devido aos processos de propagação (resgate, clonagem, qualidade de mudas e falhas de plantio), tem sido um dos principais responsáveis pelo baixo aproveitamento de indivíduos selecionados em relação aos clones recomendados no gênero *Eucalyptus* (Assis et al., 2004). São várias as etapas onde a propagação é realizada: no resgate e clonagem originais para estabelecer os testes clonais, nos testes clonais para estabelecer os testes clonais ampliados e nos testes clonais ampliados para estabelecer os minijardins clonais operacionais. Isto aumenta a chance de erros na execução dessas etapas, podendo interferir negativamente no desempenho dos clones. Adicionalmente, há outra situação que pode interferir na expressão do potencial genético, qual seja, a alteração da natureza do sistema radicular com a clonagem, onde o sistema radicular pivotante da planta matriz selecionada é substituído por um sistema radicular adventício, mais superficial.

Assim, a qualidade do sistema radicular formado é tão importante quanto o enraizamento. Este fenômeno, às vezes referido como "efeito C", pode converter árvores selecionadas superiores em clones de performance medíocre, bem como promover a indesejável variação intraclonal. Com isso em mente, a possibilidade de obter clones uniformes a partir de qualquer genótipo de teca e com ausência de "efeitos C" depreciativos deve ser objetivamente considerada uma oportunidade valiosa para investigar em que medida esses genótipos de teca podem ser adaptados a várias condições ambientais (Monteuuis; Goh, 1999).

Portanto, não somente o enraizamento, mas também a qualidade do sistema radicular devem ser conhecidos nas espécies florestais objetos de trabalho. Deve ser avaliada como a topófitose afeta o enraizamento e a qualidade do sistema radicular, já que algumas espécies e clones são mais sensíveis a este fenômeno do que outros.

Desta forma, fica claro que a juvenilidade é um dos pontos chave para se obter níveis adequados de enraizamento em teca. Assim, é necessário que se disponha de métodos de rejuvenescimento capazes de restaurar a capacidade rizogênica das árvores (Assis; Mafia, 2007), bem como o seu potencial genético.

Rejuvenescimento

Da mesma maneira que as espécies lenhosas amadurecem e perdem sua capacidade para formar raízes conforme crescem, a maioria delas pode ser rejuvenescida. Considerando que as árvores somente são avaliadas adequadamente quando são adultas e já perderam a capacidade de enraizar (Cresswell; De Fossard, 1974), o rejuvenescimento é essencial na clonagem de qualquer espécie lenhosa.

O conhecimento do fenômeno de retenção da juvenilidade nos tecidos da base do caule das árvores adultas permitiu o estabelecimento, para a clonagem de teca, de um modelo básico já amplamente aplicado na clonagem de *Eucalyptus* e outras espécies florestais. Este modelo consiste na obtenção de brotos a partir da base das árvores, principalmente, resultantes de sua decepa ou pelo uso de procedimentos como: anelamento, aplicação de substâncias reguladoras de crescimento, uso de fogo localizado, dentre outros. Os brotos que surgem nesta região tendem a apresentar características morfológicas e fisiológicas juvenis, incluindo o enraizamento. Assim, em geral, a indução de brotos na base da árvore é capaz de restaurar a boa capacidade de enraizamento nas plantas adultas (Hartney, 1980) e, sem dúvida, essa é a forma mais simples de rejuvenescimento, mas só se aplica às espécies que brotam após o corte, como é o caso da teca. Palanisamy e Subramanian (2001) observaram que o enraizamento de estacas de árvores adultas de teca, rejuvenescidas, foi semelhante ao obtido com estacas juvenis de mudas, mostrando a efetividade do rejuvenescimento. Como ocorre na maioria das espécies lenhosas, esses autores enfatizam que a juvenilidade é o principal fator que interfere no enraizamento de teca.

O efeito benéfico da propagação seriada, ou em cascata, sobretudo quando se utilizam sistemas de produção *in vitro*, no rejuvenescimento de tecidos adultos, é um fenômeno

reconhecido em plantas lenhosas. Os sub-cultivos sucessivos de tecidos adultos são capazes de restabelecer suas competências aos enraizamentos e, em tecidos rejuvenescidos por outros métodos, são capazes de aumentar suas predisposições aos enraizamentos, sobretudo em sistemas de micropropagação (Assis; Mafia, 2007).

Desta forma, outros métodos de rejuvenescimento podem ser utilizados, como a micropropagação (Wendling; Xavier, 2001), enxertia em cascata ou seriada (Wendling; Xavier, 2001; Husen, 2012), bem como obtenção de brotos epicórmicos nos galhos da copa da árvore, acondicionados dentro de casas de vegetação (Surendran, 2014). Entretanto, nesses métodos, a origem dos propágulos são órgãos adultos e há sempre a preocupação de que o rejuvenescimento, que é capaz de recuperar o potencial rizogênico, possa não ser suficiente para restabelecer o potencial genético das árvores e, desta forma, afetar negativamente seu crescimento e homogeneidade. Nesse sentido, é sempre preferível a obtenção de propágulos juvenis diretamente de pontos mais juvenis na planta.

Estresse

Se a manipulação de fatores genéticos e da juvenilidade podem atuar aumentando a predisposição ao enraizamento, o estresse atua reduzindo a sobrevivência e o próprio enraizamento em si. Os procedimentos de manejo, tanto das minicépas quanto das miniestacas, podem afetar as condições de estresse a que as plantas e os propágulos são submetidos. As situações de estresse causam reações típicas das plantas, no sentido de sobreviver à ação desses fatores estressantes. Assim, as plantas e os propágulos submetidos às condições estressantes geram mecanismos de sobrevivência, cuja resposta mais comum é a produção de etileno e ácido abscísico. O ácido abscísico age como inibidor do enraizamento (Costa et al., 2013). Isto causa a formação excessiva de calos e reduz a sobrevivência das miniestacas e, conseqüentemente, o aproveitamento final de mudas. Portanto, a redução ou eliminação do estresse é um fator importante para promover a melhoria dos resultados operacionais de enraizamento.

Em condições de estresse, as plantas tendem a perder suas folhas para se manterem vivas. Isto se deve às produções desses dois hormônios citados anteriormente, que provocam o amarelecimento e o enrijecimento das folhas, culminando com sua queda prematura. Além do enraizamento de miniestacas sem folhas ser mais difícil, as miniestacas que sofrem com estresse hídrico demoram mais para enraizar e formam menor quantidade de raízes

(Costa et al., 2013). Essa menor quantidade de raízes pode afetar a expressão do seu potencial genético e, conseqüentemente, afeta também o crescimento das plantas.

As principais fontes de estresse no manejo de cepas e minicepas, geralmente são de caráter nutricional (mais ligado às plantas doadoras de propágulos), térmico e hídrico. No manejo das miniestacas, o estresse hídrico é o mais importante, embora altas temperaturas possam ser uma condicionante de estresse por perda de turgescência. Quando as miniestacas são coletadas, seu suprimento de água está sendo cortado, mas as folhas continuam perdendo água por transpiração. A manutenção da turgescência dos propágulos, ao longo de todo o período de propagação, é um dos fatores críticos para o sucesso do enraizamento (Mesén, 1998). Portanto, o manejo adequado dos brotos, especialmente, quanto à prevenção de perda de água interna, desde sua coleta até a instalação no interior das casas de vegetação, é uma condição que deve ser permanentemente perseguida.

Fatores ambientais

Sazonalidade no enraizamento

Diferenças marcantes entre as estações do ano, verificadas em vários ambientes, sobretudo com respeito à temperatura e ao fotoperíodo, são fatores que promovem alterações negativas na predisposição das miniestacas a enraizarem. Efeitos sazonais marcantes são de ocorrência comum e observados mesmo em ambientes tropicais (Hartney, 1980). Na miniestaquia de teca, esses efeitos têm sido notados mesmo em condições ambientais, tal como àquelas do estado de Mato Grosso. Os períodos de outono e inverno, onde as plantas tendem a entrar em estágio de repouso vegetativo, constituem os principais desafios na obtenção de níveis adequados de enraizamento durante o ano todo. Alta temperatura, desde que o ambiente seja protegido para assegurar alta umidade relativa, é um fator importante no aumento da produtividade de propágulos e no enraizamento das miniestacas de teca, conforme será visto em item específico deste capítulo.

O manejo da temperatura e da luminosidade, especialmente para alterar o fotoperíodo e a atividade metabólica, constituem medidas que podem ser utilizadas para reduzir ou eliminar os efeitos estacionais sobre o enraizamento. Entretanto, como o período necessário à sua aplicação é muito curto durante o ano, os investimentos para esse tipo de manejo provavelmente não se justificam, ao menos em ambientes tropicais.

Temperatura, luz e umidade

Temperatura, luz e umidade são fatores que podem ser controlados nos minijardins clonais, para melhorar a predisposição das miniestacas ao enraizamento. A luz pode ser manejada por meio da alteração no fotoperíodo e na intensidade luminosa. A maior intensidade de luz pode aumentar a produtividade de miniestacas, enquanto uma menor intensidade de luz pode aumentar o enraizamento pela redução de substâncias fenólicas (monofenóis) que atuam como inibidores de enraizamento (Vieitez; Ballester, 1988). Estas substâncias fenólicas também podem atuar como promotores de enraizamento, dependendo de sua natureza (polifenóis) e das suas concentrações nos tecidos das plantas. O fotoperíodo, especialmente quando combinado com a temperatura, pode aumentar a predisposição ao enraizamento. Em algumas espécies de *Eucalyptus*, as plantas doadoras de propágulos respondem positivamente à redução ou à eliminação temporária da luz. No caso de *E. urophylla* x *E. grandis*, seu cultivo em ambiente sombreado aumentou o enraizamento em torno de 20%, em comparação com plantas dos mesmos clones desenvolvidas à plena luz (Assis, 1990). As plantas doadoras de propágulos, desenvolvidas sob sombra, podem ter suas porcentagens de enraizamento afetadas, como também o número de raízes geradas, valores que, dependendo da espécie, podem aumentar ou diminuir (Hansen, 1987). Esta variação parece estar relacionada à produção de hidratos de carbono (Nanda et al., 1971) e ao transporte e acumulação de auxinas (Hansen, 1987). No caso particular da teca, o estiolamento das plantas doadoras de propágulos acelera o potencial de enraizamento (Husen, 2011; 2012) e tem se mostrado fundamental na sua clonagem.

A temperatura pode influir no enraizamento ao interferir na absorção e no metabolismo de nutrientes e seu controle pode ser ajustado para obter a máxima produção de propágulos. Assis (1997) observaram que a redução dos períodos aptos para desenvolver o enraizamento de estacas, no outono e inverno, pode ser revertida mediante o aumento de fotoperíodo (14h 1000⁻¹ lux) e o incremento da temperatura no ambiente de crescimento das plantas doadoras de propágulos (> 20 °C). Estes dois fatores não foram avaliados em separado e, por isso, seus efeitos individuais não foram determinados. Sem dúvida, considerando que a concentração de nutrientes nos tecidos é de suma importância no processo de enraizamento e que sua absorção depende da atividade metabólica, pode-se supor que ambos os fatores contribuem para a restauração dos níveis normais de enraizamento nesses períodos. Em geral, nas zonas com climas frios, o período de enraizamento se limita aos meses mais quentes do ano. Assim, como se discutiu anteriormente, se a luz e a temperatura podem ser controladas por meio das estruturas de propagação, pode-se otimizar o processo mediante a ampliação do período de enraizamento ao longo de todo o ano.

Produção de mudas clonais por miniestaquia

A técnica de propagação que deu origem ao conceito de silvicultura clonal em espécies florestais no Brasil foi desenvolvida a partir do enraizamento de estacas (macroestaquia) de *Eucalyptus* (Campinhos; Ikemori, 1980). Esse sistema ainda é o mais utilizado na clonagem de teca em todo o mundo. Entretanto, ainda que mais rústico, o uso de macroestacas está perdendo espaço para novas tecnologias de clonagem, sobretudo, a miniestaquia. A miniestaquia foi criada e desenvolvida no Brasil nos anos 90 (Assis et al., 1992; Xavier; Comério, 1996) e substituiu por completo o uso da macroestaquia na clonagem de eucalipto. Com utilização de modelo semelhante ao da miniestaquia do eucalipto, essa técnica tem sido a mais recomendada para a clonagem de teca (Santos et al., 2014; Packialakshmi; Sudhagar, 2019).

O uso da miniestaquia apresenta importantes vantagens em relação à macroestaquia. Estas vantagens são de carácter técnico, como proporcionar maior enraizamento e melhor qualidade do sistema radicular. Mas, também, podem ser econômicas, porque este sistema, quando bem estabelecido, tem maior produtividade de miniestacas, com maior taxa e rapidez de enraizamento (Assis, 1997). Além dos benefícios operacionais, técnicos e econômicos, há ainda ganhos ambientais e ergonômicos. Operacionalmente, a miniestaquia requer menor quantidade de mão de obra, pela substituição do manejo extensivo requerido na condução de jardins clonais de campo, que foram substituídos por um manejo intensivo em minijardins clonais indoor, apoiados por hidroponia. Por outra parte, a coleta e o transporte de brotos, normalmente realizados desde o campo na estaquia, foram substituídos pela administração centralizada no próprio viveiro (Assis et al., 2004). Outro ponto importante da miniestaquia é que a aplicação de hormônios de enraizamento tem pouco ou nenhum efeito na maioria dos clones. Apesar de Packialakshmi e Sudhagar (2019) terem encontrado efeito positivo na aplicação de ácido indol butírico (AIB) e Di Carvalho (2016) ter encontrado benefícios de qualidade com a aplicação de 2.000 mg L⁻¹ de AIB, no enraizamento de miniestacas de teca, tem sido observado na prática e também por outros autores que a utilização de hormônios é completamente desnecessária na miniestaquia dessa espécie (Gatti, 2002; Assis et al., 2004; Badilla, 2014; Santos et al., 2014).

Nas miniestacas, a predisposição ao enraizamento é significativamente superior à predisposição das macroestacas e pode contribuir para o aumento de 40% na taxa média de enraizamento de clones normalmente recalcitrantes, devido principalmente ao maior grau de juvenildade dos brotos. Além disto, as miniestacas enraízam mais rapidamente, otimizando a utilização das estruturas de propagação (Assis et al., 2004).

Além do maior nível de êxito, associado ao uso desse tipo de propágulo e sua relação com uma maior juvenilidade, o maior potencial de enraizamento também está relacionado a um manejo mais adequado das plantas doadoras de propágulos (minicepas) nos minijardins clonais. Os melhores resultados obtidos, mediante o uso dessa técnica, também podem estar associados ao menor grau de lignificação dos propágulos (Assis et al., 2004).

Ao serem comparadas com as macroestacas, as miniestacas podem ser consideradas mais herbáceas, evitando as dificuldades associadas ao excessivo aumento da concentração de lignina nos tecidos, verificadas em estacas lenhosas. A clonagem de teca tem sido, até o momento, entre todas as espécies onde se utilizou a miniestaquia, uma das que mais se adaptaram a esse sistema, podendo superar, em muitos casos, os resultados obtidos com *Eucalyptus*. Operacionalmente se obtém enraizamento da ordem de 95%, desde que atendidas as principais exigências para se atingir altos níveis de enraizamento, como juvenilidade, alta umidade, alta temperatura e luminosidade reduzida no cultivo das plantas doadoras de propágulos.

Resgate de matrizes

Uma vez que, no resgate de matrizes, se busca obter propágulos rejuvenescidos, para resgatar uma árvore matriz selecionada e transformá-la em um clone com maior potencial de enraizamento, é fundamental levar em conta os aspectos da juvenilidade, discutidos anteriormente (Figura 1). Desta forma, no processo de resgate, deve-se buscar brotos juvenis na porção basal de uma árvore adulta, que pode ser considerado um processo de rejuvenescimento. Há, basicamente, duas formas de obtenção dos brotos juvenis na base do tronco de uma árvore madura: o abate e o anelamento, ambos na porção basal do tronco. Ressalta-se que, nas espécies lenhosas, há um gradiente positivo de juvenilidade do topo para a base da árvore (Eldridge et al., 1994). Assim, quanto mais próximas ao solo, mais juvenis serão as brotações e, em geral, terão maior capacidade de enraizamento. Além disto, deve-se levar em conta que, mesmo sendo brotações basais, elas crescem e podem perder a juvenilidade obtida. Assim, é necessário colher brotações e aproveitar somente as estacas do primeiro e segundo pares de folhas, ou seja, da porção mais basal dos ramos.



Foto: Fabrício Antonio Biernaski

Figura 1. Árvore matriz selecionada de teca.

Abate da árvore

O abate da árvore matriz a ser clonada é o método mais simples e o mais eficiente na indução de brotações juvenis na base das árvores. É também o método mais utilizado no resgate de matrizes selecionadas, tal como aquele realizado em *Eucalyptus* (Santos et al., 2014). O abate fornece brotações juvenis, favorecendo a formação de raízes adventícias nas estacas (Baccarin et al., 2015). Em épocas fora do período de repouso vegetativo, sobretudo na presença de luz e sem deficiência hídrica, a brotação é intensa e ocorre rapidamente. Os resultados obtidos por Badilla et al. (2016a, 2016b) indicam a decepta do caule como adequada ao resgate de árvores matrizes de teca (Figura 2).



Figura 2. Aspecto da brotação de uma árvore matriz de teca decepada.

Anelamento parcial do tronco

Assim como ocorre no abate, o anelamento parcial do tronco induz a brotação de gemas basais, localizadas abaixo do ponto de anelamento (Figura 3). Para não haver riscos de perda dos genótipos selecionados, o anelamento deve ser parcial, onde se deixa um segmento de casca, correspondendo entre 10-20% do perímetro da árvore. Para se ter boa brotação com esse método, é necessário ter satisfeitas algumas condições tais como: presença de crescimento vegetativo, de água no solo, de alta temperatura e de incidência de luz. Portanto, é preferível realizar os resgates (anelamento ou abate da árvore) no período das chuvas.

Essa técnica tem grande relevância no uso de florestas clonais de teca, pois pode acelerar o processo de produção de clones com qualidade da madeira conhecida. A árvore anelada, após emitir brotação que será usada na clonagem, se recupera e continua a crescer normalmente. Isto permite que clones possam ser selecionados em idades mais precoces e a madeira das árvores, que originaram os clones e que continuam a crescer no campo, pode

ser avaliada em idades mais avançadas, em relação aos clones delas derivados. Isto permite uma melhor avaliação dos clones em relação à qualidade da sua madeira e, ao mesmo tempo, acelerando o processo de desenvolvimento de clones operacionais.

O anelamento é importante, também, quando há riscos de perda dos genótipos por problemas na brotação, pois, com o procedimento descrito anteriormente, não há casos relatados de perda de sobrevivência das matrizes aneladas. Conforme relatado por Badilla et al. (2016a), assim como o abate, o anelamento parcial do tronco pode ser utilizado com sucesso no resgate de árvores matrizes selecionadas de teca.

Figura 3. Produção de brotos em árvore matriz de teca em resgate por anelamento parcial do tronco.



Foto: Fabrício Antonio Biernaski

No caso de espécies com dificuldades de brotação, seja pelo abate ou por anelamento parcial do tronco, há outros métodos que podem ser utilizados, tais como: a cultura de tecidos, a enxertia seriada (Wendling; Xavier, 2001) e o uso de brotos epicórmicos emitidos em ramos acondicionados em casas de vegetação (Surendran, 2014) (Figura 4).



Figura 4. Brotos epicórmicos para resgate a partir de ramos brotados de árvore matriz de teca, em casa de vegetação.

Clonagem das matrizes resgatadas

Normalmente, o resgate de matrizes no campo é conduzido em duas etapas. Na primeira, as macroestacas (aproximadamente de 15-20 cm), colhidas das brotações nas árvores matrizes previamente selecionadas, são levadas à casa de vegetação para produzir brotações mais tenras e com folhas menores, mais adequadas ao início do processo de clonagem (Surendran, 2014). Essas brotações são plantadas em leito de areia ou de substrato de enraizamento, localizado no interior da casa de vegetação sob nebulização intermitente. Nessa etapa, a aplicação de AIB é benéfica, bem como a realização de incisões longitudinais na base das estacas, as quais favorecem o enraizamento ou a brotação das gemas axilares (Husen; Pal, 2003; Husen, 2012). Essas incisões são cortes de aproximadamente 1 cm de extensão feitos na casca, em dois pontos diametralmente opostos na base das estacas, para romper anéis esclerenquimáticos e permitir a emissão das raízes diretamente do caule. Entretanto, muitas vezes, essas brotações são produzidas mesmo sem que as estacas enraízem, como pode ser observado na Figura 5.



Foto: Teotônio Francisco de Assis

Figura 5. Estaca de teca com emissão de brotação mesmo sem enraizar, porém, com as brotações adequadas para iniciar o processo de clonagem.

O mais importante nessa fase é que as macroestacas emitam brotações e, a partir desses novos rebrotes, é iniciado o processo de clonagem, sem a necessidade obrigatória de que ocorra o enraizamento nessa fase. Normalmente, o enraizamento dessas novas brotações é mais fácil de ser obtido em relação aquele de estacas lenhosas. Essa etapa pode ser dispensada no caso de se coletar as brotações em idade precoce, quando as folhas ainda não estão muito expandidas e utilizá-las como se fossem miniestacas (Figura 6).

Estabelecimento e manejo de minijardins clonais de teca

Na medida em que as árvores matrizes são resgatadas e clonadas, seus clones derivados são estabelecidos em minijardins clonais para multiplicação e o estabelecimento de testes clonais. Após avaliação dos testes clonais em idade apropriada, são identificados os clones de melhor desempenho no campo e com os clones/cultivares recomendados e registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), esses são estabelecidos em minijardins clonais para a sua multiplicação operacional (Figura 7).



Figura 6. Estacas de teca coletadas de brotações menores, como miniestacas.



Figura 7. Aspecto de um minijardim clonal de teca no município de Colíder, estado de Mato Grosso.

Os minijardins clonais mais utilizados são aqueles estabelecidos em canaletões de areia, apoiados em hidroponia, com fertirrigação por gotejamento, semelhantemente aqueles preconizados para espécies de *Eucalyptus*. Esse foi o sistema considerado também como mais adequado à produção e à qualidade de miniestacas em teca (Di Carvalho, 2019). O espaçamento de plantio nos minijardins clonais de teca, assim como aquele utilizado em *Eucalyptus* (Souza et al., 2014), que produz melhores resultados em termos de enraizamento e sobrevivência, é 10 cm x 10 cm (Badilla, 2014), embora a produção de miniestacas por metro quadrado seja menor em relação aos espaçamentos mais apertados. O espaçamento poderá vir a ser até um pouco maior, devido ao tamanho das lâminas foliares da teca.

Assim, a utilização de protocolos de miniestaquia desenvolvidos no enraizamento de *Eucalyptus*, para clones de teca, pode ser adotado com vantagens sobre a macroestaquia tradicional. Além disto, estes resultados indicam que as mudanças nos ambientes de cultivo das plantas doadoras de propágulos (minicepas) e das instalações para enraizamento, ambos com temperatura e umidade mais altas e menor intensidade luminosa, são extremamente importantes na obtenção de melhores resultados referentes à produção operacional de mudas clonais de teca.

Conforme mencionado anteriormente, o uso de cobertura plástica para o sombreamento dos canteiros é essencial para a produção de miniestacas com alta predisposição ao enraizamento. O estiolamento das plantas doadoras acelera o potencial de enraizamento, pelo rejuvenescimento dos brotos e aumenta também seu comprimento e a quantidade de raízes e reduz a formação de calos na base das miniestacas (Husen, 2011, 2012).

O próprio manejo das plantas doadoras de propágulos nos minijardins clonais, onde a poda é sempre mais baixa, promove maior juvenildade e maior homogeneidade fisiológica dos propágulos. Essa homogeneidade proporciona maior uniformidade dos clones no campo, o que pode afetar, de maneira positiva, a produtividade de alguns deles (Assis et al., 2004).

A obtenção de um adequado status nutricional das plantas doadoras de propágulos é muito mais viável em sistemas hidropônicos apoiados em algum tipo de substrato, como a areia, por exemplo. Nos minijardins clonais indoor, ou seja, dentro de casas de vegetação, evita-se a influência de chuvas, que normalmente provocam a lixiviação de nutrientes nos jardins clonais de solo a céu aberto. Isto pode afetar o equilíbrio nutricional adequado à obtenção de altos níveis de enraizamento. Além dos aspectos técnicos, a melhor condição ergonômica para os trabalhadores, durante a colheita de miniestacas e no manejo das minicepas, pode constituir um diferencial de qualidade, sendo importante nos processos de certificação do viveiro.

A produção de propágulos ao relento, nos jardins clonais de campo (Figura 8), utilizada na maioria dos viveiros operacionais de teca por macroestaquia, torna o sistema de produção de brotos mais vulnerável em diversos momentos durante uma temporada de produção operacional. Isto faz com que os resultados observados neste tipo de instalação sejam inferiores aos obtidos nos sistemas com maior controle ambiental.



Figura 8. Jardim clonal de campo de teca a céu aberto (outdoor).

Os jardins clonais de campo são mais propensos a produzir propágulos com enfermidades. É sabido que muitos fungos patogênicos, que afetam a sobrevivência das estacas (exceto *Botrythis*), são fungos de solo, como *Cylindrocladium* e *Rhizoctonia*. Salpiques de partículas de solo, produzidas pela água de chuva e, ou sistemas de irrigação, contaminam as estacas com esses fungos, que ficam aderidos sobre as folhas das plantas. Nos minijardins clonais suspensos, em canaletões de areia, a condição fitossanitária dos propágulos é consideravelmente melhorada. Existem, portanto, importantes vantagens fitossanitárias na adoção de um sistema de produção de propágulos via miniestaquia, por ser mais limpo e de mais fácil controle.

Uso de estufins

A umidade relativa no ambiente das minicepas deve estar tanto mais próxima de 100% quanto possível e as temperaturas podem variar com a hora do dia, indo de pouco mais de 20 °C, de manhã bem cedo, até próximas a 40 °C no meio da tarde. Ressalta-se que, quando a umidade é alta, temperaturas elevadas não causam danos às folhas. Dentro deste contexto, o uso de estufins (Batista et al., 2015), cobertos com sombrite, é bastante recomendado na produção de propágulos de teca com alta predisposição ao enraizamento. O uso de estufins aumenta a produtividade de miniestacas, aumenta o enraizamento e reduz a formação de calos (Assis, 2011). Os estufins devem ser bem vedados para evitar a fuga de umidade e de CO₂ e seu correto manejo deve ter em conta que à noite estejam sempre fechados, pelo menos, até as primeiras horas da manhã (Figura 9).



Foto: Teotônio Francisco de Assis

Figura 9. Estufins, nas primeiras horas do dia, fechados e bem vedados.

Na Figura 10, pode-se verificar, por intermédio de sensores de medição da concentração de CO₂, o gráfico correspondente que mostra seu acúmulo no interior dos estufins, resultante da respiração noturna das plantas, chegando a 800 ppm. Verifica-se, também, que o CO₂ é reincorporado às plantas a partir da chegada da luz solar nas primeiras horas da manhã. Esta é uma das possíveis explicações para o aumento da produção de miniestacas e do enraizamento com a utilização de estufins em minijardins de *Eucalyptus* e de teca.

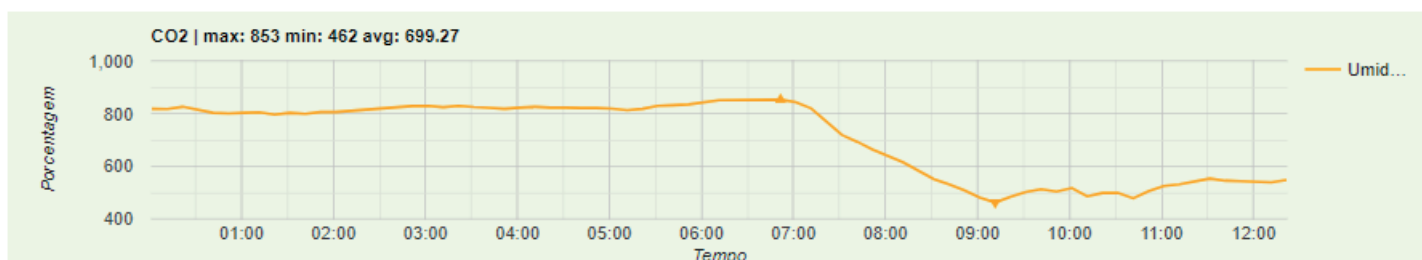
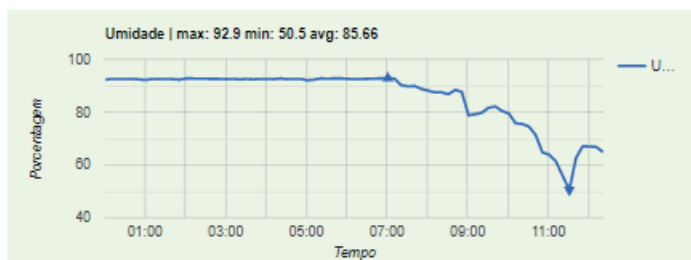
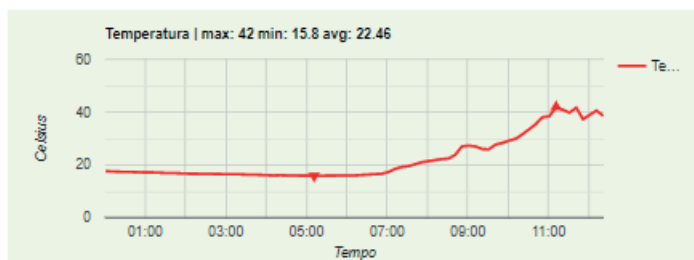
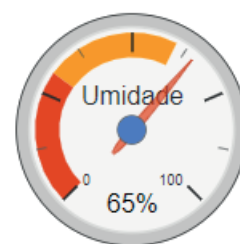
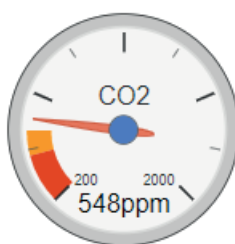
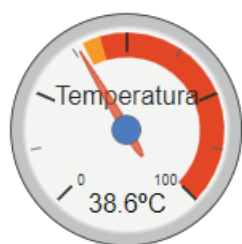


Figura 10. Sensores de umidade, temperatura e concentração de CO₂ no interior de estufim, mostrando o acúmulo de CO₂ durante a noite e seu consumo com a chegada da luz de manhã.

Crédito: Gustavo Baesso

Como a umidade cai quando os estufins são abertos, é recomendável mantê-los fechados e bem vedados para manter altos níveis de umidade no seu interior, sem deixar a temperatura ultrapassar os 40 °C. Isto é importante para que as altas temperaturas atingidas durante o dia, com os estufins fechados, não queimem as folhas das plantas. Com uma lâmina de água sobre as folhas, elas podem suportar essas temperaturas sem que isso lhes cause danos físicos.

Nutrição

A nutrição é um fator chave na predisposição ao enraizamento, devido ao seu envolvimento na determinação de respostas morfogênicas nas plantas. Uma das mais importantes vantagens dos minijardins clonais hidropônicos é a possibilidade de fornecer uma nutrição bem balanceada às miniestacas (Assis et al., 2004). Na propagação vegetativa por miniestaquia, o estado nutricional determinará a quantidade de carboidratos, auxinas, entre outros compostos metabólicos, fundamentais à iniciação radicular e à velocidade com que ocorre (Assis et al., 2004; Cunha et al., 2009).

Um adequado balanço nutricional das minicepas está ligado à produção de triptofano, o precursor natural do AIA, mas alguns nutrientes são especialmente importantes para o enraizamento. O cálcio desempenha um papel importante, sobretudo, porque atua como ativador da peroxidase (Haissig, 1986; Estevez; Chambo, 2020). A deficiência de cálcio tende a induzir necroses apicais em miniestacas, podendo causar problemas no enraizamento e no desenvolvimento das plantas (McComb; Sellmer, 1987). A aplicação do fertilizante à base de sulfato de cálcio, principalmente em 160 g L⁻¹ e 320 g L⁻¹, resultou em maior altura, diâmetro de colo, enraizamento das miniestacas e atividade de peroxidase para dois clones estudados (Estevez; Chambo, 2020).

Normalmente, as minicepas são muito responsivas ao nitrogênio, desde que haja suprimento adequado dos outros nutrientes. Estudos realizados por Rocha et al. (2015) mostraram que a dose de nitrogênio aplicada no minijardim influencia a produção de estacas. Já o enraizamento apresenta comportamento linear crescente com o aumento da dose. A dose de nitrogênio aplicada no minijardim também influencia significativamente na velocidade de enraizamento e no acúmulo de matéria seca das mudas formadas. Entretanto, é preciso ter cuidado com esse nutriente, pois, tem sido verificado na prática que níveis muito altos de nitrogênio podem predispor as plantas às doenças e às necroses apicais. Assim, o mais importante é ter uma fertilização equilibrada, tanto de macro quanto de micronutrientes.

Uma boa nutrição em minijardim clonal de teca, da Fazenda Verde Novo em Colíder, MT, foi obtida com a solução nutritiva composta por nitrato de cálcio ($0,5 \text{ g L}^{-1}$), nitrato de potássio ($0,5 \text{ g L}^{-1}$), fosfato de amônia ($0,15 \text{ g L}^{-1}$), ácido bórico ($2,5 \text{ mg L}^{-1}$), molibdato de sódio ($2,5 \text{ mg L}^{-1}$), quelato de cobre ($0,0015 \text{ mL L}^{-1}$), quelato de zinco ($0,0005 \text{ mL L}^{-1}$), quelato de manganês ($0,0005 \text{ mL L}^{-1}$) e quelato de ferro ($0,0005 \text{ mL L}^{-1}$), fornecida por intermédio de um sistema de fertirrigação por gotejamento, acionado automaticamente uma vez por dia, à tarde (Badilla et al., 2017).

Na etapa de produção de propágulos, os principais fatores que geram estresse para as plantas são: a desnutrição, a irrigação deficiente e a salinidade. Como medidas de prevenção do estresse na produção de miniestacas, deve-se manter um adequado sistema de fertilização com acompanhamento periódico do status nutricional das minicepas. Isto é importante para a eliminação dos desequilíbrios nutricionais, com a reposição dos nutrientes que se encontram abaixo dos níveis adequados, ou a redução dos que estão acima desses níveis. É necessário contar com infraestrutura onde minimamente se possa controlar a temperatura, assim como ter um sistema de irrigação eficiente.

As dessalinizações periódicas dos leitos de areia e, adicionalmente, na véspera das coletas de miniestacas, são necessárias para assegurar maiores níveis internos de água. A formação de crostas de sal na superfície dos canteiros nos minijardins clonais é uma causa importante de perdas da sobrevivência de miniestacas. Com os leitos de areia salinizados, devido à pressão osmótica, frequentemente as plantas se apresentam murchas, apesar do substrato saturado de umidade. Nesse caso, as miniestacas coletadas não estarão no seu máximo de turgescência, o que contribui para acelerar o estresse e a consequente perda de sobrevivência e de enraizamento. Uma vez por semana, ou no máximo a cada 15 dias, os canteiros devem ser dessalinizados fazendo uma lavagem com o uso abundante de água de baixa condutividade elétrica.

Minijardins clonais virtuais

O conceito de minijardim clonal virtual foi proposto originalmente para eucalipto (Assis, 1997; Assis et al., 2004), mas tem sido utilizado operacionalmente também para outras espécies, tais como *Pinus taeda*, *Acacia mearnsii* (Assis et al., 2004) e teca. Este conceito se baseia em que qualquer miniestaca enraizada, com crescimento normal, quando atinge uma altura de cerca de 15 cm, tem seu ápice (7-8 cm) cortado para produzir uma nova miniestaca. Tão logo as novas miniestacas recém-enraizadas atingirem novamente cerca de 15 cm de altura (Figura 11), seus ápices poderão ser

novamente usados como uma nova fonte de miniestacas. Cria-se, assim, um mini-jardim clonal virtual, após alguns ciclos de reenraizamento e sem necessidade de área específica para produção de propágulos vegetativos. Essa coleta de miniestacas apicais de plantas enraizadas deve ser realizada na casa de sombra, onde os efeitos benéficos da redução de luz no enraizamento poderão ser obtidos.

O surgimento de brotações nas plantas utilizadas para a coleta de seu ápice para enraizar, torna-se uma opção extra para fornecer mais miniestacas para o processo, pois tanto os brotos produzidos nas plantas podadas, quanto os ápices das miniestacas enraizadas podem ser usados continuamente em um processo cíclico e auto-sustentado. Importante ressaltar que todas as plantas que cederam seus ápices, ou novas brotações para serem enraizadas, podem ser manejadas e irem para plantios de campo. Desta forma, todo o estoque de plantas produzido pode, efetivamente, fornecer novas miniestacas e, ao mesmo tempo, se constituir em mudas clonais comerciais. Este sistema representa uma excelente alternativa técnica, econômica e operacional e tem seu melhor desempenho se forem garantidas boas condições nutricionais nas plantas recém-enraizadas, que serão utilizadas como fontes de novos propágulos.



Foto: Teotônio Francisco de Assis

Figura 11. Mudas enraizadas de teca no estágio ideal para utilização do conceito de minijardim clonal virtual.

A utilização desse novo conceito de produção de brotações para enraizamento encontrou na teca seu maior nível de sucesso, bem como sua aplicação mais exitosa até o momento. Operacionalmente, os índices de enraizamento obtidos com os minijardins clonais virtuais superam os 95%, constituindo uma forma simples e barata de acelerar a produção de mudas clonais de teca.

Enraizamento

Na preparação das miniestacas, as folhas devem ser cortadas para evitar excesso de perda de água por transpiração (Figura 12). Badilla (2014) observou que a redução da área foliar das miniestacas tem influência no seu enraizamento, na sua sobrevivência, bem como no seu crescimento em altura e em diâmetro do coleto. Foi verificada, também, que a manutenção de 25% da área foliar das miniestacas é mais adequada, em razão de apresentar melhores parâmetros das características avaliadas, bem como por não interferir na uniformidade da irrigação, nas fases de enraizamento e aclimação, pois minimiza o “efeito guarda-chuva”.

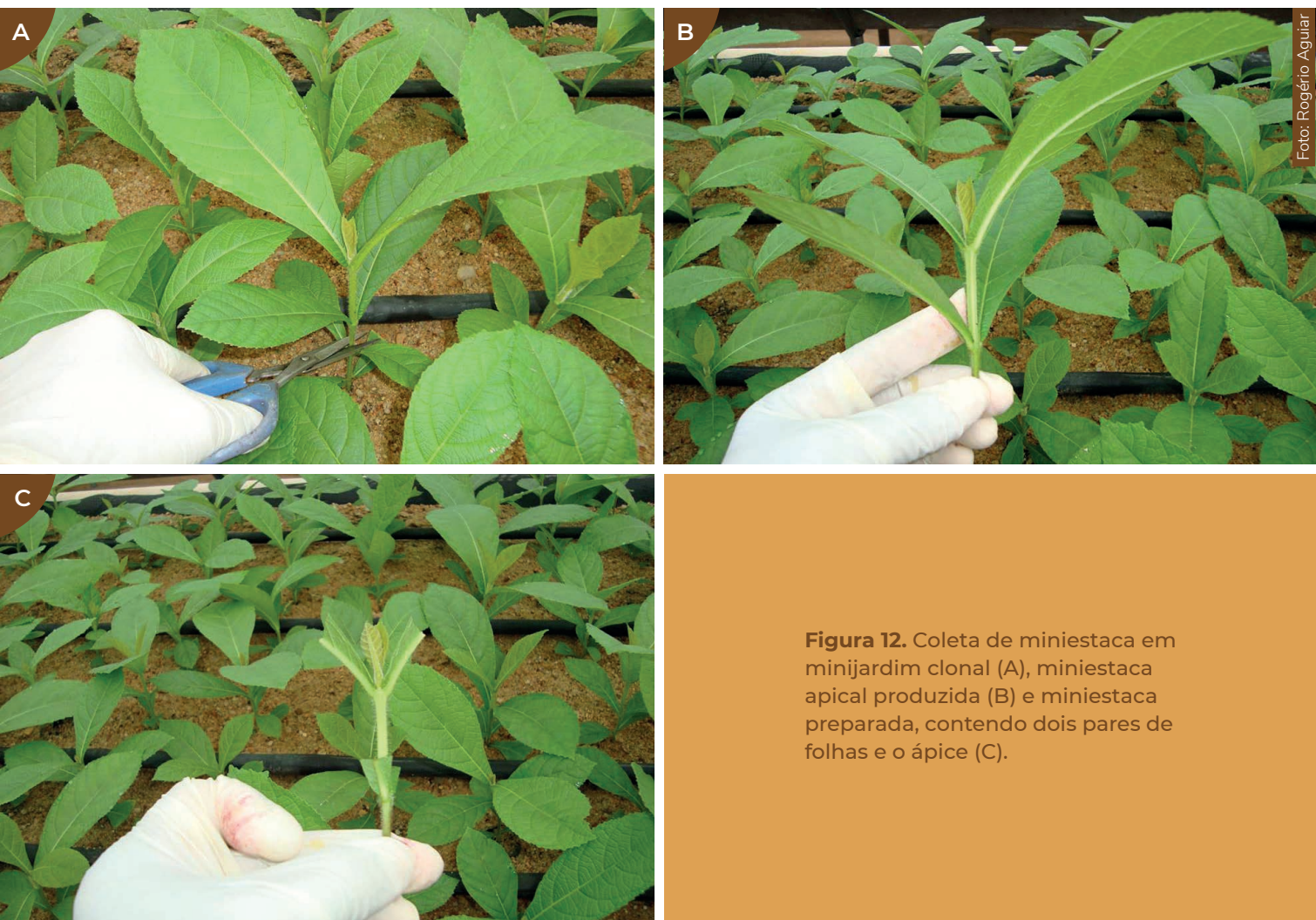


Figura 12. Coleta de miniestaca em minijardim clonal (A), miniestaca apical produzida (B) e miniestaca preparada, contendo dois pares de folhas e o ápice (C).

Embora as folhas das miniestacas sejam menores em relação às daquelas das macroestacas, ainda assim são grandes, havendo necessidade de redução drástica da área foliar. As miniestacas são estabelecidas em casas de vegetação dotadas de sistemas de nebulização intermitente, com ambiente sombreado com aluminet ou sombrite (Figura 13).

Bons níveis de enraizamento são obtidos em substrato constituído de misturas de fibra de coco e vermiculita, ou turfa e vermiculita, fertilizado com adubo de liberação lenta, microgranulados, à base de 3 kg m⁻³ de substrato. Na propagação vegetativa de teca, enquanto na estaquia a aplicação de hormônios tem efeito positivo (Husen; Pal, 2003; Husen, 2012, 2013), na miniestaquia, a aplicação de hormônios é desnecessária (Badilla, 2014). Embora a dose de 2.000 mg L⁻¹ tenha proporcionado mudas de maior massa seca e, conseqüentemente, de melhor qualidade (Di Carvalho, 2016), a utilização do AIB não influencia no enraizamento e sobrevivência (Gatti, 2002; Assis et al., 2004; Di Carvalho, 2016). Assim, na miniestaquia, a predisposição ao enraizamento é naturalmente maior e a aplicação de hormônios de enraizamento não tem efeito que justifique a sua utilização. Essa constatação já é bem conhecida na propagação do eucalipto (Xavier; Comério, 1996; Assis, 1997; Assis et al., 2004).

Na etapa de coleta, acondicionamento e transporte adequados de miniestacas também são importantes aspectos relacionados ao potencial hídrico do material vegetal, visto que podem ser afetados pelas altas temperaturas, pela incidência direta de sol e pela baixa umidade relativa do ar. Ademais, especialmente se as condições de armazenamento dos propágulos não são adequadas, o tempo que transcorre entre a coleta e o plantio das miniestacas pode contribuir para a ocorrência de estresse e pode reduzir o enraizamento.



Figura 13. Miniestacas de teca recém-plantadas (A) e em estágio de enraizamento na casa de vegetação (B).

Embora não tenha sido encontrado efeito do tempo de armazenamento (Badilla, 2014; Badilla et al., 2017), se as condições de armazenamento das miniestacas não forem adequadas, o enraizamento pode ser afetado por efeitos de estresse. Em dias muito quentes, o uso de sombreamento sobre os canteiros dos minijardins e a pulverização de água sobre as folhas das minicepas ajudam a reduzir a temperatura e, portanto, a transpiração. Nesta fase, como forma de prevenir a ocorrência de estresse, devem ser utilizadas embalagens adequadas nas quais se possam armazenar temporariamente as miniestacas e evitar a perda de água.

Em etapa posterior, quando as mudas estiverem aclimatadas, após 10-15 dias na casa de sombra (Figura 14), elas passam para o viveiro a céu aberto, onde devem crescer e rustificar até o ponto de expedição para plantio comercial (Figura 15). Uma muda clonal de teca é considerada adequada para plantio quando atinge de dois a quatro pares de folhas expandidas, com bom vigor e com boa sanidade, ou seja, livre de pragas e doenças.



Foto: Teotônio Francisco de Assis

Figura 14. Miniestacas de teca enraizadas, em aclimatação na casa de sombra.



Foto: Teotônio Francisco de Assis

Figura 15.
Mudas de teca em rustificação e crescimento a céu aberto.

Considerações finais

A observância de certos fatores relacionados com a propagação de espécies lenhosas pode aumentar o enraizamento e otimizar a produção operacional de mudas clonais de teca. Os fatores genéticos são importantes por permitirem a seleção e a multiplicação de indivíduos com maior facilidade de propagação e melhorar os resultados operacionais de produção de mudas. Por outro lado, o uso adequado dos conceitos de fisiologia da propagação, como alta juvenildade, aliado à observância de fatores ambientais, importantes na propagação da teca, sobretudo alta temperatura, alta umidade e redução de luz nos minijardins clonais, asseguram alta predisposição ao enraizamento. Adicionalmente, baixos níveis de estresse durante o manuseio dos propágulos contribuem para a manutenção da predisposição ao enraizamento. O uso de estruturas de propagação, com adequado controle da umidade, temperatura e luz, propicia a obtenção de altas taxas de enraizamento, tirando proveito da alta predisposição dos propágulos a enraizarem. Esses fatores em conjunto e o seu pleno controle asseguram a possibilidade de obtenção de taxas de enraizamento adequadas à multiplicação operacional de indivíduos superiores de teca.

O resgate de matrizes selecionadas é feito, com sucesso, utilizando o abate ou o anelamento parcial dos troncos das árvores matrizes, que propicia a obtenção de brotos rejuvenescidos para iniciar o processo de clonagem. Embora haja outros métodos que possam ser utilizados, essas duas técnicas são as mais simples e fáceis de serem praticadas.

A miniestaquia tem sido recomendada como uma técnica adequada à clonagem operacional de teca, com vantagens técnicas claras em relação à macroestaquia, a técnica mais utilizada há até bem pouco tempo. A tendência é que sua adoção seja mais generalizada e venha ser o principal meio de propagação clonal de teca no Brasil.

Referências

- ASSIS, T. F. de; BAUER, J. F. S.; ROSA, O. P. Efeito da redução de luz em jardins clonais sobre o enraizamento de estacas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais [...]**. São Paulo, SP: SBS, 1990. p. 454-455.
- ASSIS, T. F. de; FETT-NETO, A.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on eucalypts In: WALTER, C.; CARSON, M. (ed.). **Plantation forest biotechnology for the 21th century**. Kerala, India: Research Signpost, 2004. p. 303-333.
- ASSIS, T. F. de. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. **BMC Proceedings**, v. 5, n. 7, p. 1-2, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1186/1753-6561-5-S7-118>.
- ASSIS, T. F. de. Production and use of *Eucalyptus* hybrids for industrial purposes. In: DUNGEY, H. S.; DIETERS, M. J.; NIKLES, D. J. (ed.). **Hybrid breeding and genetics of forest trees**: Proceedings of QFRI/CRC-SPF Symposium, 9-14 April 2000, Noosa, Queensland. Brisbane: Department of Primary industries, 2000. p. 63-75.
- ASSIS, T. F. de. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador, BA. **Proceedings [...]**. Colombo: CNPF-Embrapa, 1997, v.1. p. 300-304.
- ASSIS, T. F. de; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação clonal de *Eucalyptus* por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata, RS. **Anais [...]**. Santa Maria, RS: UFSM, 1992. p. 824-837.
- ASSIS, T. F. de; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de espécies lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPQ, 1998. p. 261-296.
- ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2007. p. 93-121.
- BADILLA, Y. **Clonagem de *Tectona grandis* Linn f. por estaquia e miniestaquia**. 2014. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BADILLA, Y.; XAVIER A.; MURILLO, O.; PAIVA, H. N. IBA efficiency on mini-cutting rooting from teak (*Tectona grandis* Linn f.) clones. **Revista Árvore**, v. 40, n. 3, p.477-485, 2016b. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000300011>.
- BADILLA, Y.; XAVIER A.; MURILLO, O. Resgate vegetativo de árvores de *Tectona grandis* Linn f. pelo enraizamento de estacas. **Revista Nativa**, v. 4, n. 2, p. 91-96, 2016a. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v4i2.3407>.

BADILLA, Y.; XAVIER, A.; MURILLO, O. Storage time effect on mini-cuttings rooting in *Tectona grandis* Linn f. clones. **Revista Árvore**, v. 41, n. 3, e410303, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-90882017000300003>.

BACCARIN, F. J. B.; BRONDANI, G. E.; ALMEIDA, L. V.; VIEIRA, I. G.; OLIVEIRA, L. S.; ALMEIDA, M. Vegetative rescue and cloning of *Eucalyptus benthamii* selected adult trees. **New Forests**, v. 46, p. 465-483, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9472-x>.

BATISTA, A. F.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. D. QUEVEDO, F. F.; ASSIS, T. F. de. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in a subtropical environment. **Australian Forestry**, v. 78, n. 2, p. 65-72, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/00049158.2015.1039162>.

CAMPINHOS, E.; IKEMORI, Y. K. Mass-production of *Eucalyptus* species by rooting cutting. **Silvicultura**, v. 8, p. 770-775, 1980.

COSTA, C. T.; ALMEIDA, M. R.; RUEDELL, C. M.; SCHWAMBACH, J.; MARASCHIN, F. S.; FETT-NETO, A. G. When stress and development go hand in hand: main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 133, p. 1-19, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00133>.

CRESSWEL, R. J.; DE FOSSARD, R. A. Organ culture of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry**, v. 37, n. 1, p. 54-69, 1974.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; XAVIER A.; OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 58, p. 35-47, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4336/2009.pfb.58.35>.

DÍAZ-SALA, C. Direct reprogramming of adult somatic cells toward adventitious root formation in forest tree species: the effect of the juvenile-adult transition. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 5: 310, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00310>.

DI CARVALHO, M. A. **Efeito da aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de miniestacas e na qualidade de mudas de *Tectona grandis* (Linn f.)**. 2016. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

DI CARVALHO, M. A. **Produção de mudas clonais de *Tectona grandis* (Linn f.) em diferentes sistemas de minijardim**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWOOD, C.; VAN WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994. 320 p.

ESTEVEZ, R. L.; CHAMBO, A. P. S. Doses of calcium sulphate increase the peroxidase activity and the rooting of *Eucalyptus* clones. **Revista Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 396-405, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509834369>.

FRANCLET, A. Rejuvenation theory and practical experiences in clonal silviculture. In: MEETING OF THE CANADIAN TREE IMPROVEMENT ASSOCIATION, 1982, Toronto. **Proceedings** [...]. Toronto: The Canadian Tree Improvement Association, 1982. p. 96-134.

- GATTI, K. C. **Propagação vegetativa de pau mulato (*Calycophyllum suppreceanum* (Benth) K. Schum), jequitibá (*Cariania estrellensis* Raddi Kuntze) e teca (*Tectona grandis* Linn. f.) por miniestaquia.** 2002. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GOH, D. K. S.; MONTEUUIS, O. Rationale for developing intensive teak clonal plantations, with special reference to Sabah. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 285, n. 3, p. 5-15, 2005.
- HAISSIG, B. E. Metabolic processes in adventitious rooting of cuttings. In: JACKSON, M. B. (ed.). **New Root Formation in Plants and Cuttings**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1986. p. 141-189.
- HANSEN, J. Stock plant lighting and adventitious root formation. **HortScience**, v. 22, n. 5, p. 746-749, 1987.
- HARTNEY, V. J. Vegetative propagation of the *Eucalyptus*. **Australian Forest Research**, v. 10, p. 191-211, 1980.
- HUSEN, A. Clonal multiplication of teak (*Tectona grandis*) by using moderately hard stem cuttings: Effect of genotypes (FG1 and FG11Clones) and IBA treatment. **Advances in Forestry Letters**, v. 2, n. 2, p. 14-19, 2013.
- HUSEN, A. **Clonal propagation of teak (*Tectona grandis* Linn. f.)**. Adventitious Root Formation: Influence of Physiological and Chemicals Factors. Lambert Academic Publishing, 2012. 427 p.
- HUSEN, A.; PAL, M. Clonal propagation of *Tectona grandis* (Linn. f.): effect of IBA application and root regeneration on vertically split cuttings. **Silvae Genetica**, v. 52, n. 3/4, p. 173-176, 2003.
- HUSEN, A.; PAL, M. Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem cuttings in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis* Linn. f.). **New Forests**, v. 31, v. 1, p. 57-73, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11056-004-6794-5>.
- HUSEN, A. Rejuvenation and adventitious rooting in coppice-shoot cuttings of *Tectona grandis* as affected by stock-plant etiolation. **American Journal of Plant Sciences**, v. 2, p. 370-374, 2011.
- LAMKEY, K. R. Quantitative genetics of heterosis. In: ASA-CSSA-SSSA (ed.). **The genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madison: Iowa State University, 1999. p. 31-43.
- MCCOMB, B. H.; SELLMER, J. C. General media and vessels suitable for woody plants culture. In: BONGA, J. M.; DURZAN, D. J. (ed.). **Cell and tissue culture in forestry**. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, 1987. v. 1, p. 4-16.
- MESÉN, F. **Enraizamiento de estacas juveniles de espécies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación**. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1998. 36 p. (CATIE. Série técnica. Manual técnico, 30).
- MONTEUUIS, O.; GOH, D. K. S. About the use of clones in teak. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 261, n. 3, p. 28-38, 1999.
- NANDA, K. K.; JAIN, M. K.; MALHOTRA, S. Effects of glucose and auxins in rooting etiolated stem segments of *Populus nigra*. **Physiologia Plantarum**, v. 24, p. 387-391. 1971.
- OLIVEIRA L. S.; DIAS, P. C.; ALMEIDA, M. Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 391-397, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4336/2015.pfb.35.84.890>.

- PACKIALAKSHMI, M.; SUDHAGAR, R. J. Standardization of rooting hormone in mini clonal technology of *Tectona grandis* Linn. f. **International Journal of Chemical Studies**, v. 7, n. 3, p. 4398-4401, 2019.
- PALANISAMY, K.; GIREESAN, K.; NAGARAJAN V.; HEGDE, M. Selection and clonal multiplication of superior trees of teak (*Tectona grandis*) and preliminary evaluation of clones. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 21, n. 2, p. 168-174, 2009.
- PALANISAMY, K.; SUBRAMANIAN, K. Vegetative propagation of mature teak trees (*Tectona grandis* L. f.). **Silvae Genetica**, v. 50, p. 5-6, 2001.
- PATON, D. M.; WILLING, R. R. Inhibitor transport and ontogenetic age in *Eucalyptus grandis*. In: **Plant growth substances**. Tokyo: Hirokawa Publishing Co, 1974. p. 126-132.
- PIJUT, P. M.; WOESTE, K. E.; MICHLER, C. H. Promotion of adventitious root formation of difficult-to-root hardwood tree species. **Horticultural Reviews**, v. 38, p. 213-251, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470872376.ch6>.
- ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M. R.; SANTOS, A. J. M.; GODINHO, T. O. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (I-224) em função de doses de nitrogênio. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 273-279, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509818411>.
- SANTOS, A.; AGOSTINI, F.; ALMEIDA, B. C.; GAVA, F. H.; FAVARE, H. G.; BARBOSA FILHO, J.; COSTA, R. B.; BRONDANI, G. E. Clones production of *Tectona grandis*. **Advances in Forestry Science**, v. 1, n. 2, p. 75-82, 2014.
- SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; PAIVA, H. N. Densidade de minicepas em minijardim clonal na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 49-56, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.77.512>.
- SURENDRAN, T. **Studies on clonal propagation of plus trees of teak for identifying superior trees for future plantation programmes**. Kerala: Kerala Forest Research Institute. 2014. 24 p. (Kerala Forest Research Institute. KFRI/290/98).
- VIEITEZ, F. J.; BALLESTER, A. Effect of etiolation and shading on the formation of rooting inhibitors in chestnut trees. **Phyton**, v. 48, n. 1/2, p. 13-19, 1988.
- XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.
- WAREING, P. F. Problems of juvenility and flowering in trees. **Journal of the Linnean Society of London**, v. 56, p. 282-289, 1959.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.
- ZOBEL, B. J.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: John Wiley and Sons, 1984. 505 p.