

Nota técnica

EVOLUÇÃO DA SILVICULTURA CLONAL DE *Eucalyptus* NO BRASIL

Aloisio Xavier^{1/}, Rogério Luiz da Silva*

Palavras chave: Silvicultura clonal, *Eucalyptus*, clonagem, propagação vegetativa.

Palabras clave: Silvicultura clonal, *Eucalyptus*, clonación, propagación vegetativa.

Keywords: *Eucalyptus*, cloning, vegetative propagation.

Recibido: 26/06/09

Aceptado: 20/10/09

RESUMO

Nos últimos anos tem-se assistido, no Brasil, a um aumento no interesse pela silvicultura clonal de *Eucalyptus*, principalmente decorrente das vantagens do processo quanto à possibilidade de contornar problemas de doenças, heterogeneidade e produtividade dos plantios florestais. Diante do crescente uso de clones, tanto pelas grandes empresas como por pequenos investidores, inclusive produtores rurais, têm-se observado consideráveis avanços tecnológicos, nas últimas décadas, quanto aos processos de seleção de árvores, resgate de árvores superiores, avaliação de clones, produção comercial de mudas (estaquia, miniestaquia e microestaquia) e em práticas silviculturais adotadas na implantação e condução dos plantios de florestas clonais. Buscou-se focar os principais temas relacionados ao processo de clonagem do *Eucalyptus*.

RESUMEN

Evolución de la silvicultura clonal de *Eucalyptus* en Brasil. En los últimos años, en Brasil, hubo un aumento en el interés por la silvicultura clonal de *Eucalyptus*, debido principalmente a las ventajas del proceso en cuanto a la posibilidad de resolver problemas de enfermedades, heterogeneidad y productividad de las plantaciones forestales. El creciente uso de clones, tanto por las grandes empresas como por pequeños inversionistas, inclusive productores rurales, generó considerables avances tecnológicos en las últimas décadas, con relación a procesos de selección de árboles, rescate de individuos superiores, evaluación de clones, producción comercial de plantas (estaquilla, miniestaquilla y microestaquilla) y en las prácticas silviculturales adoptadas en la siembra y conducción de plantaciones forestales clonales. En este sentido, se busca enfocar los principales temas relacionados al proceso de clonación de *Eucalyptus*, involucrados en un programa clonal de esta especie.

1/ Autor para correspondência. Correio eletrônico: xavier@ufv.br

* Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, Brasil.

ABSTRACT

Evolution in Brazil of *Eucalyptus* clonal silviculture. In the last years in Brazil there has been an increased interest in *Eucalyptus* clonal silviculture, mainly due to advantages in diseases control, reduced heterogeneity and increase in commercial plantations productivity. Clone usage has increased among large forestry companies, as well as small investors, including

rural producers, due to a better perception of technology advances in last decades, such as processes of plus-tree selection and rescue, clonal evaluation, commercial cuttings production (cutting, minicutting and microcutting), as well as diverse new silvicultural treatments related to clonal forestry. This article focuses on main issues related to *Eucalyptus* clonal processes, as part of this tree species clonal silviculture.

INTRODUÇÃO

A área de plantios clonais de *Eucalyptus* vem sendo ampliada cada vez mais em todo o território brasileiro, graças à disponibilidade de clones selecionados para as mais diversas regiões e propósitos comerciais, aliado a um custo competitivo. Além disso, tem possibilitado a implantação de projetos de reflorestamento em áreas até então não indicadas em função da limitação de material genético via seminal (semente). Relatos apontam que as plantações clonais com *Eucalyptus* deslançaram a partir da década de 70, quando a heterogeneidade dos plantios e a incidência de cancro (agente causa) foram decisivas para o desenvolvimento da técnica de estaquia (enraizamento de estacas) em escala operacional, considerada hoje como referência mundial no controle de doenças desta espécie (Ahuja e Libby 1993a, Ahuja e Libby 1993b, Alfenas et al. 2004, Assis e Mafia 2007, Xavier et al. 2009). Consideráveis avanços tecnológicos foram implementados na silvicultura clonal brasileira, principalmente, nos processos de seleção de árvores, resgate de árvores superiores, avaliação de clones, produção de mudas e em práticas silviculturais adotadas na implantação e condução dos plantios de florestas clonais.

Seleção de árvores superiores

Na silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil, a seleção de árvore superior, a qual vai constituir um futuro clone, tem sido realizada

em áreas de plantios advindos de reflorestamento comerciais (larga variabilidade genética, porém sem controle de famílias) e em áreas experimentais como a dos testes de progênie (com controle de famílias). Qualquer que seja o plantio de origem seminal, normalmente, é dada preferência a seleção em locais que apresentam condições similares às do futuro plantio.

No início de programas de silvicultura clonal de *Eucalyptus* a seleção de árvores superiores tem sido realizada, principalmente, em plantios comerciais, devido a grande variabilidade genética encontrada, necessidade de obter-se resultados a curto prazo, operacionalidade e eficiência obtida nos processos seletivos dos clones. No entanto, em programas mais avançados de silvicultura clonal de *Eucalyptus* tem sido adotado a seleção de árvores superiores em testes de progênie. A utilização dos testes de progênie, para seleção de árvores superiores, visando à clonagem, tem sido considerada a forma mais adequada e de maior eficiência, principalmente, nas situações em que o programa clonal baseia-se em características de baixa herdabilidade (Assis e Mafia 2007, Xavier et al. 2009).

Resgate e multiplicação das árvores superiores

O enraizamento de estacas de *Eucalyptus* tem sido a técnica de multiplicação vegetativa mais utilizada para a propagação clonal de árvores selecionadas, principalmente em se tratando

da planta na idade adulta. O processo consiste em decepar a árvore selecionada, buscando propiciar a emissão de brotações na base da planta, as quais são posteriormente coletadas e estaqueadas, visando a obtenção de brotações em porções com maior grau de juvenilidade daquela planta, uma vez que, em espécies florestais, há um gradiente de maturação em função da maior proximidade com a meristema apical com o envelhecimento ontogenético (Xavier et al. 2009). Além da decepa, existem outras técnicas de resgate, nas quais a planta matriz é mantida em sua condição inicial no campo, tais como a enxertia, o anelamento na base do tronco, a indução das brotações basais pela ação do fogo, e o uso de brotações epicórmicas induzidas em partes de ramos e galhos da árvore selecionada (Alfenas et al. 2004). No entanto, todas estas técnicas visam a indução de brotações destinadas a produção de estacas para obtenção de mudas clonais para o estabelecimento dos testes clonais, os quais são imprescindíveis para selecionar efetivamente os melhores clones.

Avaliação de clones

A avaliação clonal consiste na instalação de testes clonais, os quais deverão ser implantados em condições ambientais que representem a variação dos ambientes de plantio, os quais podem ser implantados de diferentes formas, de acordo com a estratégia de avaliação (Flampton e Foster 1993; Xavier et al. 2009). As técnicas mais utilizadas para *Eucalyptus* são: a) grande número de clones (300 a 500 clones) para análise rápida, por meio de uma avaliação precoce e em parcelas pequenas (parcelas de uma planta ou parcelas lineares de 5 a 10 plantas); b) instalação de parcelas quadrangulares de 4 a 49 plantas para avaliação da performance de clones selecionados na fase anterior (30 a 50 clones), e; c) avaliação da performance comercial (plantio piloto) de um número reduzido de clones selecionados anteriormente (5 a 10 clones). Na prática algumas destas etapas podem ser eliminadas por questões de custos ou de tempo disponível para seleção de clones, e são dependentes da espécie, dos objetivos a serem alcançados com a clonagem, da

disponibilidade de áreas para testes, da disponibilidade de mudas e dos riscos que a empresa pretende correr. Geralmente são colocados materiais genéticos comerciais (clones ou sementes melhoradas) como testemunha, visando uma análise comparativa de produtividade comercial (Xavier et al. 2009).

Propagação clonal de *Eucalyptus*

Dada a importância do gênero *Eucalyptus* no atual cenário da silvicultura clonal brasileira, nos últimos anos foram desenvolvidas metodologias de propagação vegetativa que aperfeiçoaram a técnica de estaquia, denominadas de “miniestaquia” e “microestaquia”, as quais proporcionaram a minimização de algumas dificuldades no processo de produção de mudas de certos clones e espécies, principalmente no que concerne ao enraizamento.

Estaquia em *Eucalyptus*

A propagação clonal em *Eucalyptus* por estaquia é efetuada a partir do enraizamento de estacas caulinares (segmentos de 6-10 cm de tamanho com um par de folhas reduzidas pela metade), confeccionadas a partir de brotações provenientes de cepas de árvore selecionada, banco clonal ou jardim clonal. O uso de jardim clonal tem sido a forma mais aplicada, pois permite um manejo intensivo e ajustado para obtenção de brotações, destinado ao êxito do enraizamento das estacas. A frequência das coletas no jardim clonal varia, em média, de 15 a 45 dias, cujo período depende da espécie, clone, ambiente e da metodologia de coleta (Alfenas et al. 2004, Xavier et al. 2009).

Quanto ao processo de enraizamento, as estacas recebem em sua base tratamento com o regulador de crescimento AIB (ácido indolbutírico), na dosagem de 6.000 a 8.000 mg.l⁻¹. Em seguida, são estaqueadas em recipientes contendo o substrato (normalmente a base de vermiculita) para o desenvolvimento do sistema radicular. Uma vez estaqueado, o material permanece em casa de vegetação climatizada (temperatura em

torno de 27°C e umidade relativa do ar acima de 80%), por um período de 20 a 45 dias, variável com a região, época do ano, espécie e clone utilizado. Após este período, as estacas enraizadas são transferidas para aclimação em casa de sombra (sombreamento de 50%), onde permanecem por 8 a 15 dias. Após este período as estacas enraizadas são levadas para um local a pleno sol, onde completam seu desenvolvimento e recebem os tratamentos finais. Normalmente, as mudas estão aptas a serem plantadas com 90 a 120 dias de idade (Alfenas et al. 2004, Xavier et al. 2009).

Devido às dificuldades de propagação vegetativa, encontradas em algumas espécies, principalmente no que se refere ao material adulto e à variação entre clones, o processo de estaquia tem sido feito por técnicas como a miniestaquia e microestaquia, como descrito a seguir.

Miniestaquia em *Eucalyptus*

A miniestaquia é similar a técnica de estaquia convencional, mas apresenta variações metodológicas que permitiram a otimização do enraizamento e qualidade da muda clonal. A técnica é efetuada utilizando-se brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia e/ ou, da própria miniestaquia, como fontes de propágulos vegetativos. Estas plantas são acondicionadas em uma estrutura chamada de minijardim clonal, a qual pode ser formada por diversos sistemas; o sistema mais utilizado pelas empresas florestais é o de canaletão de areia, que é um sistema semi-hidropônico composto por uma calha contendo no seu interior material inerte (areia) para a sustentação das minicepas. Normalmente, se utiliza o sistema de gotejamento para a irrigação e a nutrição, cujo sistema pode ser automatizado e variável em função do material genético (clone) e do ambiente (Alfenas et al. 2004, Assis e Mafia 2007, Xavier et al. 2009).

Após o plantio das mudas propagadas pela estaquia convencional no minijardim clonal, faz-se a poda do ápice da brotação da estaca enraizada. Esta muda emite novas brotações (miniestacas) que são coletadas para

enraizamento. As miniestacas normalmente possuem dimensões que variam de 5 a 8 cm de comprimento, contendo de um a três pares de folhas, cortadas transversalmente, visando evitar o excesso de transpiração. O processo de enraizamento e de formação das mudas de miniestacas segue os mesmos procedimentos da técnica de estaquia, com a exceção da aplicação de regulador de crescimento AIB (ácido indolbutírico) na base das miniestacas, que é dispensada em muitos casos (quando é dispensada) (Alfenas et al. 2004, Assis e Mafia 2007, Xavier et al. 2009).

Microestaquia em *Eucalyptus*

A microestaquia diferencia-se da miniestaquia basicamente pela origem do material que compõe o jardim microclonal. Nesta técnica a origem das microcepas são mudas micropropagadas e na miniestaquia a origem das minicepas são de mudas propagadas pela estaquia/miniestaquia. Quanto aos aspectos fisiológicos, espera-se que as microcepas tenham maior grau de juvenilidade e vigor em relação às minicepas, visto estas terem sido rejuvenescidas pela micropropagação, de forma tal que no processo de propagação vegetativa as microestacas, comparativamente às miniestacas, apresentem melhor resposta em termos de vigor e percentual de enraizamento. Aliado a isto, na microestaquia, não se recomenda à aplicação de AIB (regulador de crescimento ácido indolbutírico). Porém, a microestaquia requer estruturas de laboratórios de cultura de tecidos (micropropagação), aumentando o custo na produção das mudas (Assis e Mafia 2007, Borém 2007, Xavier et al. 2009).

A opção pela miniestaquia precedendo a microestaquia pode ser considerada como uma boa estratégia, em função da miniestaquia não necessitar de estruturas de laboratórios de cultura de tecidos (micropropagação), reduzindo, portanto, o custo na produção das mudas. Isto é justificado em algumas situações onde a miniestaquia apresentada anteriormente, pode apresentar resultados eficientes tanto quanto aos da microestaquia. Porém, para clones que apresentam dificuldades de propagação pela miniestaquia, a microestaquia

torna-se a alternativa de propagação vegetativa de clones selecionados (Xavier et al. 2009).

Independentemente do processo de propagação clonal, deve-se avaliar a qualidade das mudas produzidas. Os parâmetros, normalmente, utilizados no controle de mudas clonais de *Eucalyptus* para fins de plantio comercial são: altura (20-40 cm), diâmetro do colo (>2mm), idade (70-150 dias), número de folhas (≥ 3 pares de folhas), sanidade (mudas livre de doenças e pragas), aspectos nutricionais (sem sintomas de desequilíbrio nutricional), rusticidade, grau de amadurecimento suficiente para sobrevivência no campo, sistema radicular (ativo e bem agregado ao substrato, sem sintomas de enovelamento e geotropismo negativo), parte aérea (sem danos mecânicos e com haste única na posição mais vertical possível), outros parâmetros em função das exigências operacionais e do clone propagado (Xavier et al. 2009).

Plantios clonais

Entre as várias modalidades de distribuição de clones no plantio comercial, a de maior aplicação na silvicultura clonal de *Eucalyptus* é o plantio monoclonal em mosaico. No entanto, algumas questões ainda permanecem em discussão, tais como o tamanho dos blocos, a distribuição dos clones na área e a área total plantada com um único clone. Outro questionamento é relativo a definição do número de clones que deverão compor o projeto, no qual algumas considerações são colocadas e analisadas num contexto técnico, operacional e econômico: a) preocupações biológicas relacionadas à redução da base genética (diversidade genética); b) interação "clone X ambiente"; c) uso futuro da madeira e a seguridade de manutenção naquele mercado consumidor; d) quanto à questão operacional; e) experiência com os clones em termos de práticas de manejo florestal e de nutrição, bem como do conhecimento do uso final da madeira, e; f) área mínima e máxima plantada com um clone, ou seja, o tamanho do projeto (área plantada) (Xavier et al. 2009, Ahuja e Libby 1993a, Ahuja e Libby 1993b).

O setor florestal brasileiro tem adotado o plantio monoclonal em mosaico e um número de clones de *Eucalyptus* variando desde 5 a algumas dezenas. Os critérios são os mais variados na sua recomendação, não existindo ainda um consenso geral de uma metodologia técnico-científica que possa orientar tal recomendação.

Perspectivas para as florestas clonais

A silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil até a década de 90 estava praticamente restrita às empresas florestais que dispunham de um maior nível de tecnologia em seus empreendimentos florestais. Mas, atualmente há uma expansão dos plantios clonais para outras áreas (ou pequenos e médios produtores), surgindo a necessidade de desenvolver materiais adaptados às condições destes agricultores, que nem sempre tem boas informações sobre o sítio de plantio e nem do comportamento dos clones naquele local. Por outro lado, os plantios clonais ficarão mais fragmentados aumentando a segurança ambiental e contribuindo para o desenvolvimento econômico e social da população.

Com a evolução dos programas de melhoramento florestal e de seleção clonal há uma tendência de se desenvolver materiais mais específicos tanto para uma maior adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, quanto para qualidades diversas da madeira. A adoção de clones específicos será cada vez mais implementada, principalmente em função dos avanços que da silvicultura de precisão, permitindo a definição do *manejo mais apropriado a um determinado clone. Os clones produzidos especialmente para um produto trarão ganhos na qualidade e na redução de custos inerentes a utilização de uma matéria prima mais indicada para a obtenção do produto final. Além disto, surge a possibilidade atender novas demandas como a da indústria de produtos sólidos a partir de madeira serrada de *Eucalyptus*.

Um novo desafio para a silvicultura clonal de *Eucalyptus* é a aplicação das técnicas de biotecnologia, as quais requerem a integração de várias disciplinas incluindo microbiologia,

bioquímica, genética e engenharia bioquímica. O uso destas ferramentas permitirá alterar o ciclo reprodutivo das plantas, aumentar a tolerância a herbicidas e estresses abióticos, modificar a arquitetura vegetal, manipular os teores de lignina e celulose, induzir resistência a doenças e pragas, etc. Independente do gene introduzido é essencial a avaliação de biossegurança, incluindo a análise dos riscos potenciais das plantas ou das práticas relacionadas ao seu cultivo para o meio ambiente, a saúde humana e animal (no caso do eucalipto) em comparação aos clones convencionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS A.C., ZAUZA E.A.V., MAFIA R.G., ASSIS T.F. 2004. Clonagem e doenças do eucalipto. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 442 p.
- AHUJA M.R., LIBBY W.J. 1993a. Clonal forestry I: Genetics and biotechnology. (eds) Berlin: Springer-Verlag. 277 p.
- AHUJA M.R., LIBBY W.J. 1993b. Clonal forestry I: Conservation and application. (eds) Berlin: Springer-Verlag. 240 p.
- ASSIS T.F., MAFIA R.G. 2007. Hibridação e clonagem, pp. 93-121. In: A. BORÉM (ed). Biotecnologia Florestal. Viçosa: [s.n.].
- BORÉM A. 2007. Biotecnologia florestal. Viçosa: [s.n.], (ed) 387 p.
- FLAMPTON L.J. JR., FOSTER G.S. 1993. Field testing vegetative propagules. In: M.R. Ahuja y W.J. Libby. Clonal forestry I: Genetics and biotechnology. Springer-Verlag: Berlin, v. I, p. 110-134.
- XAVIER A., WENDLING I. SILVA. R. L. 2009. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa, MG: ed. UFV. 272 p.