

DETERMINAÇÃO DO TEMPO ÓTIMO DO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE CLONES DE *Eucalyptus* spp.

Eraclides Maria Ferreira², Acelino Couto Alfenas³, Reginaldo Gonçalves Mafia², Helio Garcia Leite⁴, Robert Cardoso Sartorio⁵ e Ricardo Miguel Penchel Filho⁵

RESUMO - Foi feita uma análise temporal da curva de enraizamento de dois clones híbridos de eucalipto (C1 - *E. grandis* x *E. urophylla*; C2 - *E. grandis* x *E. saligna*), visando determinar o tempo ótimo de permanência dos propágulos vegetativos na casa de enraizamento, sob o ponto de vista técnico e do risco de incidência de doenças. Constatou-se que o tempo ótimo necessário para induzir a rizogênese depende do clone de eucalipto e que o conhecimento do modelo temporal pode fornecer subsídios ao gerenciamento de viveiros florestais. Além disso, foram estabelecidos dois critérios úteis para determinar o tempo ótimo de indução do enraizamento, sendo estes o intercepto da curva de incremento corrente diário (ICD) e incremento médio diário (IMD) e o tempo em que ocorre o máximo valor da velocidade de enraizamento. Para os clones 1 e 2, pelo critério do intercepto das curvas de ICD e IMD, 20 e 30 dias foram definidos como tempo ótimo, enquanto pelo critério de máxima velocidade de enraizamento os valores foram de 15 e 22 dias, respectivamente, sendo este último critério o mais indicado, levando-se em consideração o custo das instalações e o risco de incidência de doenças na propagação clonal do eucalipto.

Palavras-chave: Clonagem, eucalipto, enraizamento e doenças.

DETERMINATION OF THE OPTIMUM TIME FOR ROOTING OF MINI-CUTTINGS OF *Eucalyptus* spp. CLONES

ABSTRACT - A temporal analysis of the rooting curve of two hybrid clones of eucalypt (C1 - *E. grandis* x *E. urophylla*; C2 - *E. grandis* x *E. saligna*) was carried out to determine the optimum time for permanence of the vegetative propagules in the rooting house, considered under the technical viewpoint and risk of disease incidence. It was found out that the optimum time needed to induce rhizogenesis depended on the *Eucalyptus* clone and that a knowledge of temporal model may provide a basis for the management of forest nurseries. Besides, two useful criteria were established to determine the optimum time to induce rooting, i.e., the intercept of the daily current increase curve (DCI) and daily average increase (DAI) and the time during which the maximum rooting velocity value occurs. For clones 1 and 2, respectively, 20 and 30 days were defined as optimum times, based on the criterium of the intercept of the DCI and DAI curves, while 15 and 22 days were defined as optimum times, based on the maximum rooting velocity criterium, with the latter criterium being the most indicated, taking into account installation cost and risk of incidence of diseases in eucalyptus clonal propagation.

Key words: Cloning, eucalypt, rooting and diseases.

1. INTRODUÇÃO

A clonagem do eucalipto iniciou-se em 1975, na República Popular do Congo (Dewaulle et al., 1983), e foi

introduzida no Brasil ainda no final da década de 70 (Campinhos & Ikemori, 1983), proporcionando vantagens como a manutenção de características genéticas pouco herdáveis (Penchel et al., 1995) e a multiplicação de

¹ Recebido para publicação em 3.4.2003 e aceito para publicação em 30.4.2004.

² Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa – UFV; ³ Prof. Titular do Dep. de Fitopatologia da UFV;

⁴ Prof. do Dep. de Engenharia Florestal da UFV, 36570-000 Viçosa-MG. ⁵ Aracruz Celulose S.A., Aracruz-ES.

genótipos resistentes a doenças, o que possibilitou grandes avanços nos programas de melhoramento genético (Alfenas et al., 1997).

Desde sua introdução no Brasil (Campinhos & Ikemori, 1983), a propagação clonal sofreu grandes avanços. Inicialmente, as mudas eram produzidas por enraizamento de estacas, atualmente denominadas de macroestacas, obtidas a partir de brotações de cepas estabelecidas em áreas de plantios comerciais, jardim clonal ou bancos clonais.

A multiplicação clonal permite a manutenção plena das características da planta-mãe, de modo a obter estandes uniformes de rápido crescimento e produção de matéria-prima homogênea. Tal fato possibilita a implantação de talhões formados por genótipos silvicultural e tecnologicamente superiores e resistentes a doenças (Ferreira, 1989; Alfenas et al., 1997). Entretanto, na estaquia convencional o porcentual de enraizamento de alguns clones é geralmente baixo (Alfenas et al., 2004). Outro inconveniente é a ocorrência de grandes variações na capacidade de enraizamento entre espécies e clones de eucalipto (Penchel et al., 1995), além da possibilidade de ocorrência da redução gradual do potencial de enraizamento com o envelhecimento ontogênico das matrizes (Assis, 1997).

Na década de 1990, foram desenvolvidas as técnicas de mini e microestaquia (Assis et al., 1992, 1997), possibilitando a clonagem comercial de genótipos de difícil enraizamento. Por meio do rejuvenescimento proporcionado pela micropropagação, o hormônio de enraizamento passou a não ser mais necessário ou apenas aplicado em pequenas concentrações, quando comparado ao processo convencional de estaquia. O estabelecimento de minijardins clonais em canteiros suspensos, quando comparado ao jardim clonal de campo, possibilitou reduções significativas no custo de implantação e manutenção e menor risco de ocorrência de doenças.

A principal limitação da microestaquia é a necessidade de um laboratório de cultura de tecidos para o rejuvenescimento do material vegetativo, nem sempre existente na maioria das empresas florestais, o que implica maior custo de produção de mudas (Assis, 1997). Assim, dadas às vantagens de operação e ao menor custo, a miniestaquia tem sido hoje adotada praticamente por todas as empresas florestais. A microestaquia tem sido utilizada apenas para o rejuvenescimento de clones recalcitrantes ao enraizamento, quando se empregam técnicas de estaquia convencional e miniestaquia (Titon et al., 2002; Alfenas et al., 2004).

A miniestaquia pode, didaticamente, ser dividida nas fases de produção de brotos em minijardim clonal, indução do enraizamento adventício em casa de enraizamento sob nevoeiro intermitente e temperatura elevada, aclimação à sombra, crescimento e rustificação (Alfenas et al., 2004). A otimização de todas as operações em cada uma destas fases contribuiu para o sucesso da produção de mudas. Assim, diante do grande custo das instalações do viveiro, da crescente demanda de mudas e dos riscos eminentes de epidemias, o objetivo do presente trabalho foi apresentar uma metodologia que determine o tempo ótimo de permanência dos propágulos vegetativos na casa de enraizamento, visando otimizar a utilização deste tipo de instalação e minimizar os riscos de ocorrência de doenças.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de enraizamento e na área de sombreamento da Aracruz Celulose S.A., Aracruz - ES. Monitoraram-se as condições do ambiente da casa de enraizamento de forma a garantir que a temperatura e a umidade relativa do ar permanecessem constantes, em torno de 27 °C e acima de 90%, respectivamente.

O substrato de enraizamento empregado foi uma mistura de composto de casca de eucalipto: casca de arroz carbonizada : vermiculita (50:25:25), enriquecida com 3 kg/m³ de osmocote (19:06:10) e a mesma quantidade de superfosfato simples. Após a homogeneização, a mistura foi distribuída em tubetes cônicos de 50 cm³ de capacidade, previamente esterilizados em água quente a 80 °C/30 seg, conforme o método descrito por Alfenas et al. (1999).

As miniestacas de dois clones híbridos de *Eucalyptus* (*E. grandis* W. Hill ex Maiden *E. urophylla* S.T. Blake - C1 e *E. grandis* W. Hill ex Maiden x *E. saligna* Sm. - C2) foram coletadas em área de minijardim clonal e imediatamente estaqueadas sem tratamento com fitohormônio de enraizamento. Em seguida foram mantidas em casa de enraizamento por 25 dias e, posteriormente, em área de sombreamento por igual intervalo, para estabilização do processo rizogênico. Avaliou-se o enraizamento aos 10, 15, 20, 25, 30, 40 e 50 dias após o estaqueamento. Para isto foram sorteadas duas linhas, totalizando 20 plantas por avaliação, na qual se quantificou o total de miniestacas enraizadas. Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito repetições de 20 plantas para cada época de avaliação e

para cada clone de eucalipto testado. Os dados obtidos foram utilizados para o ajuste da função logística, da forma $Y = \alpha(1 + \beta e^{-\gamma T})^{-1} + \varepsilon$, em que Y = porcentagem de enraizamento e T = número de dias.

De posse da equação obtida, para cada clone, foram determinados o potencial máximo de enraizamento (α) e o número de dias para atingir esse porcentual. Foram determinadas também as taxas de enraizamento, empregando a função $dY/dT = \tilde{\alpha} \times Y(\alpha - Y)/\alpha$, e as taxas médias de enraizamento, Y/T . As equações obtidas para cada clone foram comparadas, utilizando o procedimento estatístico proposto por Leite & Oliveira (2002), a 5% de probabilidade.

Em cada avaliação, as miniestacas não-enraizadas foram coletadas, acondicionadas em sacos de papel e transportadas para o laboratório de Patologia Florestal. Após a desinfestação superficial em solução de hipoclorito de sódio 5%, elas foram colocadas em meio ágar-água 2% e incubadas por cinco dias a 27 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. Avaliou-se diariamente, sob microscópio estereoscópico, a presença de estruturas de fungos fitopatogênicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a tendência de distribuição dos dados de enraizamento, o modelo logístico $Y = \alpha(1 + \beta e^{-\gamma T})^{-1} + \varepsilon$ foi o que apresentou o melhor ajuste para os dois clones de eucalipto (Figura 1), sendo estatisticamente significativo.

Com base no formato da curva de enraizamento e pelas estimativas do parâmetro γ foi possível constatar que existe uma diferença na velocidade de enraizamento dos dois clones testados. Deste modo, espera-se que o tempo de permanência ótimo das miniestacas na casa de enraizamento também seja diferente. Para o clone 1, além de existir um maior potencial de enraizamento adventício, observado pelo parâmetro α (94,71%), que expressa o máximo possível que se pode atingir nas condições estudadas, a curva é mais inclinada, o que leva, neste tipo de modelo, à ocorrência do ponto de inflexão mais precocemente, quando comparado como o clone 2 (Figura 1).

O ajuste de modelos que expressam o enraizamento dos diferentes materiais genéticos a serem propagados no viveiro pode minimizar os custos, em virtude da otimização da utilização das instalações e redução das perdas ocasionadas por doenças, uma vez que não será

preciso a permanência dos propágulos sob condições favoráveis à incidência de doenças por tempo além daquele requerido para iniciar o processo rizogênico. Portanto, é necessário determinar a curva característica para todos os clones, podendo inclusive estes estudos ser realizados para diferentes épocas do ano, em função da interferência no processo rizogênico das estações climáticas. Além disto, as equações fornecem subsídios ao manejo racional. No entanto, é necessário considerar critérios técnicos para determinar o tempo ótimo de permanência na casa de enraizamento. Neste trabalho, primeiramente constatou-se que após a transferência do experimento para a área de aclimação à sombra não ocorreram mudanças significativas na tendência da curva. Tal resposta está provavelmente relacionada ao fato de que a indução do enraizamento ocorre rapidamente e que após esta etapa, independentemente de os propágulos estarem na casa de enraizamento ou na casa de sombra, o índice de enraizamento não será alterado. Esta observação foi comprovada pela curva de enraizamento do clone 2, que mesmo após a transferência para a área de sombreamento aos 25 dias do estaqueamento manteve o processo rizogênico até atingir o máximo potencial (82,16%).

A formação de raízes adventícias em estacas e miniestacas caulinares, sob o ponto de vista anatômico, envolve a formação de grupos de células meristemáticas (as iniciais da raiz), a diferenciação desses grupos de células em primórdios de raiz reconhecíveis e o desenvolvimento e a emergência das novas raízes, incluindo a ruptura de outros tecidos do caule e a formação de

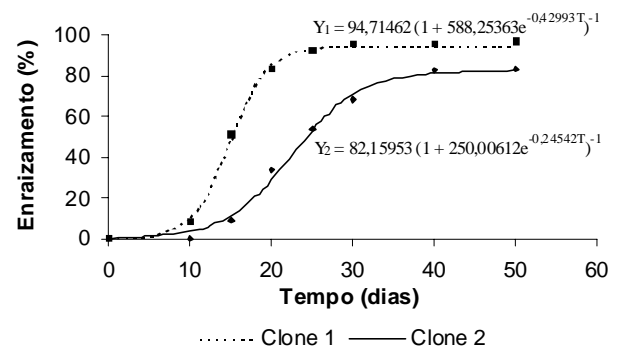


Figura 1 – Enraizamento dos clones de eucalipto em função do tempo de permanência em casa de enraizamento e sombreamento.

Figure 1 – Rooting of eucalypt clones as a function of time of permanence in a rooting and shading nursery.

conexões vasculares com os tecidos condutores da estaca (Hartmann et al., 1997). Além disto, somente a partir da formação de primórdios radiculares reconhecíveis é possível observar o surgimento de raízes. Assim, há normalmente uma tendência de superestimar o tempo de permanência na casa de enraizamento para indução da rizogênese.

Considerando a otimização das instalações do viveiro, pode-se adotar como critério para determinar o tempo ótimo de permanência dos propágulos na casa de enraizamento o intercepto entre as curvas de incremento diário e incremento médio do enraizamento, em analogia ao realizado nos trabalhos de biometria florestal. Portanto, para os clones 1 e 2 foi observado que 20 e 30 dias foram, respectivamente, os mais indicados (Figura 2).

Não foi constatada a ocorrência de fitopatógenos apodrecedores de miniestacas durante a fase experimental. Apesar disto, é também necessário considerar como critério o risco crescente de epidemias na casa de enraizamento com o decorrer do tempo, em virtude das condições predominantes de temperatura e umidade elevadas, o que favorece o desenvolvimento de microrganismos. Portanto, pode-se adotar como critério mais rigoroso o comportamento das curvas de velocidade de enraizamento definido para o modelo logístico como sendo $dY/dT = \gamma \times Y (\alpha - Y)/\alpha$. Assim, os pontos de máximo para os clones 1 e 2 foram definidos como 15 e 22 dias (Figura 3), respectivamente. A partir destes pontos observa-se uma redução gradual na velocidade de enraizamento, o que não justifica a manutenção das miniestacas

na casa de enraizamento, e sim nas áreas de aclimação à sombra, onde as condições ambientais são menos favoráveis à incidência de fitopatógenos, principalmente *Rhizoctonia* spp. e *Cylindrocladium* spp.

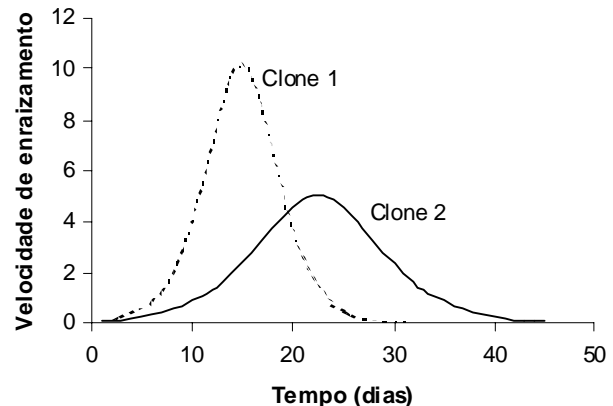


Figura 3 – Velocidade de enraizamento em função do tempo de permanência em casa de enraizamento e sombreamento.

Figure 3 – Rooting velocity as a function of permanence in a rooting and shading nursery.

4. CONCLUSÕES

Com base nas curvas de enraizamento e no modelo utilizado neste trabalho, sugere-se que a otimização do processo de enraizamento pode ser alcançada com o uso

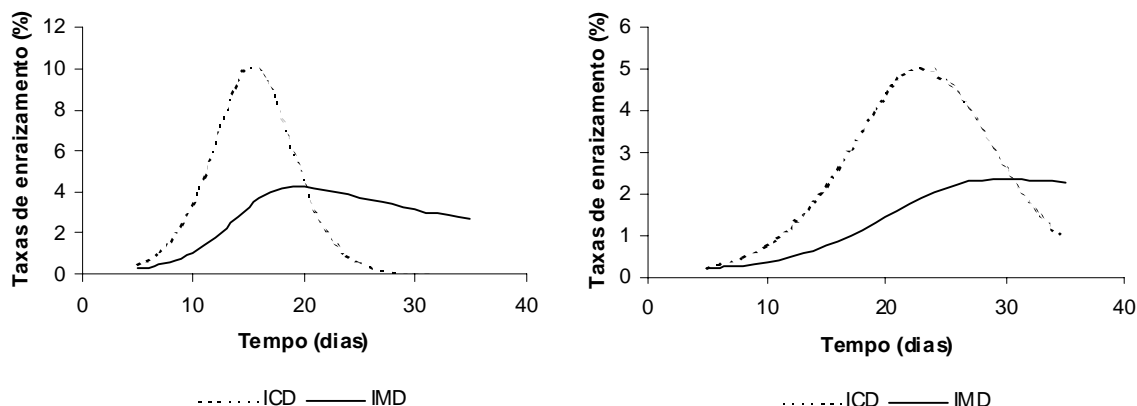


Figura 2 – Incremento corrente diário (ICD) e incremento médio diário (IMD) para o clone 1 (a) e para o clone 2 (b) em função do tempo de permanência em casa de enraizamento e sombreamento.

Figure 2 – Daily current increase (DCI) and daily average increase (DAI) for clone 1 (a) and clone 2 (b), as a function of time of permanence in a rooting and shading nursery.

do intercepto entre as curvas de incremento corrente diário (ICD) e incremento médio diário (IMD). Além disso, pode-se utilizar o tempo em que ocorre o máximo da velocidade de enraizamento, principalmente quando existem condições mais favoráveis à incidência de doenças.

Para os dois clones testados pelo critério de interseção das curvas de ICD e IMD, o tempo ideal foi de 20 e 30 dias, enquanto pelo critério de máxima velocidade de enraizamento os valores foram de 15 e 22 dias, respectivamente. Assim, considerando as condições favoráveis à incidência de doença na casa de enraizamento e a necessidade de otimizar a utilização das instalações do viveiro, o critério de máxima velocidade de enraizamento pode ser adotado no intuito de maximizar a propagação clonal.

Como o clone 1 apresenta maior potencial e maior velocidade de enraizamento, o tempo de permanência na casa de enraizamento e na área de aclimação à sombra será menor quando comparado com o clone 2. É importante mencionar que para os clones com curva de enraizamento que apresentam uma pequena inclinação é necessário manter os propágulos por mais tempo na área de aclimação à sombra, até a estabilização do processo rizogênico. Demonstra-se, assim, o potencial da modelagem do processo para os genótipos de interesse.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; SILVEIRA, S. F.; SANFUENTES, E. A. Current status and control strategies of disease associated to clonal propagation of *Eucalyptus* in Brazil. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. p. 106-111. v. 4.
- ALFENAS, A. C. et al. Mofo cinzento, causado por *Botrytis cinerea* Pearson ex Fries em estacas e microestacas de *Eucalyptus* sp., resistência à benomil e erradicação de inóculo do patógeno com água quente. **Revista Árvore**, v. 23, p. 497-500, 1999.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442 p.
- ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação clonal de *Eucalyptus* por microestaquia. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. 824 p.
- ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. p. 300-304. v. 1.
- CAMPINHOS, E.; IKEMORI, Y. K. Introdução de novas técnicas na produção de mudas de essências florestais. **Silvicultura**, v. 8, n. 28, p. 226-228, 1983.
- DELWAULLE, J. C.; LAPLACE, Y.; QUILLET, G. Production massive de boutures d' *Eucalyptus* en République Populaire du Congo. **Silvicultura**, v. 8, n. 32, p. 779-781, 1983.
- FERREIRA, F. A. Patologia Florestal: **principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570 p.
- HARTMANN, H. T. et al. Plant propagation – principles and practices. New York: Prentice-Hall International, 1997. 770 p.
- HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N. Uso de ácido indol butírico no enraizamento de eucaliptos. Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p. 6-7. (Circular Técnica, IPEF)
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical method to test the identity of analytical methods. Com. In Soil and Plant Analysis, 6 & 7. 22 p. 2002.
- PENCHEL, R. M. et al. Otimização de parâmetros fisiológicos da propagação vegetativa por estaquia de matrizes elite de eucaliptos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 5., 1995, Lavras. **Resumos...** Lavras: SBFV, 1995.
- TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 665-673, 2002.