

Artigos

Uso de estufim e de AIB para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake × *Eucalyptus pellita* F. Muell

The use of mini-tunnels and IBA for the adventitious rooting of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake × *Eucalyptus pellita* F. Muell

Fabiana Miranda Rocha^I , Miranda Titon^{II} ,
Sula Janaína de Oliveira Fernandes^{III} ,
Paulo Henrique Rodrigues dos Santos^{IV} ,
Marcelo Luiz de Laia^V , Claudilene Aparecida Alves Pena^V 

^IEngenheira Florestal, Ma., Analista Socioambiental

^{II}Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil

^{III}Associação IMETAME, Aracruz, ES, Brasil

^{IV}Houer Consultoria e Concessões Ltda, Belo Horizonte, MG, Brasil

^VAperam BioEnergia Ltda, Itamarandiba, MG, Brasil

RESUMO

O gênero *Eucalyptus* possui grande importância em plantios florestais. No entanto, algumas espécies e clones deste gênero apresentam dificuldades no processo de produção de mudas pelo enraizamento de estacas. Algumas alternativas estão sendo utilizadas para contornar a recalcitrância ao enraizamento, como o uso de reguladores de crescimento e a utilização de estufins no minijardim clonal. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do tempo de permanência das minicepas sob o estufim e de diferentes concentrações de ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*. Foram testadas quatro concentrações de AIB e um tratamento-controle (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e dois tempos sob estufim (40 e 70 dias). Mudas produzidas com maiores concentrações do AIB apresentaram altura média e diâmetro do coleto superiores àquelas sem a presença da auxina na saída da casa de vegetação. A massa seca da parte aérea apresentou maiores valores para o menor tempo de estufim na saída da casa de vegetação. Maiores concentrações de AIB proporcionaram o aumento do número de miniestacas enraizadas na saída da casa de vegetação e da área de pleno sol. O uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB aumentou o percentual de raízes consideradas ótimas, nos dois tempos de estufim testados, e reduziu a formação de calos, mostrando-se eficiente para o enraizamento em termos gerais, alcançando 95 % na saída da área de pleno sol. O tempo de uso do estufim no minijardim clonal não influenciou significativamente a produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* dentro das condições analisadas.

Palavras-chave: Clonagem; Auxina; Minijardim clonal; Enraizamento adventício; Myrtaceae

ABSTRACT

The genus *Eucalyptus* has great importance in forest plantations. However, some species and clones of this genus present difficulties in the seedling production process by the rooting cuttings. Some alternatives have been used to overcome the rooting recalcitrance, such as the use of growth regulators and the use of mini-tunnels in the clonal mini-garden. The objective of this work was to evaluate the effect of the permanence time of mini-ceps under the mini-tunnel and of different concentrations of indole-3-butyric acid (IBA) on the rooting of mini-cuttings of a hybrid clone of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*. Four IBA concentrations and a control treatment (0, 1.000, 2.000, 4.000 and 8.000 mg L⁻¹) and two times in a mini-tunnel (40 and 70 days) were tested. The seedlings produced with higher concentrations of AIB presented mean height and root collar diameter greater than those without the presence of auxin at the exit of the greenhouse. The dry mass of the aerial part presented higher values for the shortest period of mini-tunnel at the exit of the greenhouse. Higher IBA concentrations provided an increase in the number of mini-cuttings rooted at the exit of the greenhouse and area under full sun. The use of 8.000 mg L⁻¹ of IBA increased the percentage of roots considered optimal, in the two tested mini-tunnel times, and reduced the callus formation, being efficient for rooting in general terms, reaching 95 % at the exit of the area under full sun. The time of use of the greenhouse in the clonal mini-garden did not significantly influence the production of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* seedlings under the conditions analyzed.

Keywords: Cloning; Auxin; Clonal mini-garden; Adventitious rooting; Myrtaceae

1 INTRODUÇÃO

A propagação vegetativa é uma importante ferramenta para aumentar a competitividade das indústrias de base florestal, alcançando seu maior potencial quando atrelada aos programas de melhoramento genético, estabelecendo florestas clonais de híbridos com maior produtividade e promovendo melhoria da qualidade da madeira (BORGES *et al.*, 2011).

O gênero *Eucalyptus* possui grande importância em plantios florestais comerciais que visam à produção de papel, celulose, madeira e carvão, por apresentar crescimento rápido e ser muito adaptado às diversas condições edafoclimáticas (OLIVEIRA, 2016). No Brasil, a produção de mudas de *Eucalyptus* é realizada, principalmente, pela técnica de miniestaquia, que garante a manutenção das características da planta-matriz, favorecendo a formação de talhões uniformes, com elevada produtividade e resistente a pragas e doenças (XAVIER, 2002).

A hibridação entre *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus pellita* tem sido fonte de estudos para o setor energético, apresentando-se como alternativa para futuros plantios florestais, principalmente em função de características como densidade básica e incremento médio. Apesar dos avanços, existem poucas informações quanto à produção de mudas por enraizamento de estacas de clones superiores advindos da hibridação entre estas espécies.

A formação de raízes adventícias em estacas, que é a base para a técnica de miniestaquia, é um processo complexo que consiste na resposta das estacas à concentração de auxina e inclui eventos de desdiferenciação, rediferenciação, alongamento e divisão celular (HARTMANN *et al.*, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2013). Ainda que as técnicas sejam bastante consolidadas, são observadas diferenças em relação ao percentual de enraizamento das estacas entre as espécies de eucalipto, bem como entre clones de uma mesma espécie (AZEVEDO, 2014).

Visando melhorar o enraizamento de estacas de *Eucalyptus*, o uso de substâncias promotoras de enraizamento, principalmente auxinas (BORGES *et al.*, 2011), pode proporcionar maior porcentagem, velocidade, qualidade e uniformidade de enraizamento (HARTMANN *et al.*, 2011). Na propagação vegetativa de *Eucalyptus* por miniestaquia, a auxina mais utilizada é o ácido indol-3-butírico (AIB) (BORGES *et al.*, 2011), porém as concentrações de auxina aplicadas dependerão da espécie, do genótipo, da forma de aplicação, das condições ambientais, entre outros.

Associada ao enraizamento de miniestacas, a produtividade de minicepas é um fator importante na propagação massal em um programa de clonagem. Para favorecer as condições de crescimento e produção das minicepas, é importante a constante busca por práticas que aumentem a capacidade produtiva do viveiro. Dentre as técnicas recentemente introduzidas, o uso de estufim, que consiste na cobertura dos canaletões por um túnel plástico, tem se mostrado promissor para ganhos na produção e no enraizamento de miniestacas (ASSIS, 2014; OLIVEIRA, 2016).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes tempos de permanência das minicepas sob o estufim e de concentrações de AIB no enraizamento de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O trabalho foi conduzido de outubro a dezembro de 2018 no viveiro de mudas da Empresa Aperam Bioenergia, situada no município de Itamarandiba, Minas Gerais (17°51'24" S e 42°51'40" W). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado por invernos frios e secos e verões quentes e úmidos. Durante a realização do trabalho, houve precipitação total de 83 mm e temperatura média de 22°C, com máxima média de 27°C e mínima média de 17°C.

2.2 Material genético e formação do minijardim clonal

Utilizou-se um genótipo híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*, obtido por meio de polinização controlada, o qual foi selecionado aos 96 meses de idade. A matriz que originou os clones foi plantada no município de Itamarandiba, estado de Minas Gerais, em 2001, no espaçamento de 3 m × 3 m que, aos 88 meses, apresentava densidade básica de 583 kg m⁻³ e incremento médio anual (IMA) de 35 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

As mudas, originadas de brotações da segunda geração de estaqueamento do minijardim clonal e enraizadas em casa de vegetação, foram plantadas em maio de 2016 em canaletões de fibrocimento contendo 25 cm de cascalho (granulometria entre 2 e 5 mm) e 5 cm de brita, com espaçamento de 10 cm × 10 cm, sob sistema semi-hidropônico de irrigação.

Decorridos 21 dias para adaptação das mudas ao sistema semi-hidropônico, procedeu-se a poda da brotação apical para formar as minicepas a partir do desenvolvimento das brotações basais induzidas pela quebra da dominância apical, constituindo-se o minijardim clonal.

Os estufins utilizados para cobertura dos canaletões possuíam estrutura tubular, com dimensões de 0,80 m × 16,30 m × 0,50 m (largura × comprimento × altura), fabricado de aço galvanizado e coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 µm (Figura 1).

Figura 1 – Visão geral do estufim sobre canaletão de fibrocimento, contendo minijardim clonal de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* em sistema semi-hidropônico de irrigação



Fonte: Autores (2019)

2.3 Manejo e nutrição de minicepas

Antes da instalação do experimento, o minijardim clonal foi mantido aberto e procedeu-se a limpeza semanal do sistema, eliminando folhas, brotações e minicepas mortas. As minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento durante todo o experimento, a qual foi distribuída sete vezes ao dia a uma vazão total de 9,3 L m⁻².

A solução nutritiva foi composta por monoamônio fosfato em pó (1,55 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,5 g L⁻¹), cloreto de potássio em pó (0,6 g L⁻¹), cloreto de cálcio (0,5 g L⁻¹), sulfato de zinco (4 mg L⁻¹), hidróferro (24 mg L⁻¹), ácido bórico (11 mg L⁻¹), sulfato de manganês (14 mg L⁻¹) e sulfato de cobre (2 mg L⁻¹). A condutividade elétrica da solução nutritiva foi mantida entre 1,5 a 1,8 mS m⁻² e o pH ajustado à 5,7 (± 0,1), corrigido com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M.

2.4 Coleta de brotações e preparo das miniestacas

As brotações dos clones de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* foram coletadas no período matinal, a fim de reduzir a evapotranspiração das miniestacas. Durante todo o processo, as brotações foram armazenadas em caixas de isopor contendo água fria, para minimizar a perda da turgescência celular dos tecidos vegetais. As miniestacas foram retiradas de dois canaletões sob diferentes condições: um canaletão estava coberto com estufim por 40 dias e o outro por 70 dias, sendo ambos abertos no dia anterior à coleta das miniestacas.

Foram coletadas brotações com aproximadamente 10 cm (± 1 cm), contendo de um a dois pares de folhas e sem redução da área foliar, sendo feito um corte reto na parte basal.

2.5 Sistema de produção de mudas

Para produção das mudas, a porção basal das miniestacas foi mergulhada em diferentes soluções contendo 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB durante 10 segundos, conforme os tratamentos, e um tratamento adicional sem AIB (0 - controle). As soluções de AIB foram preparadas no dia anterior à montagem do experimento, no qual se utilizou álcool 70 % como solvente para diluir a auxina e, em seguida, o volume foi completado com água destilada.

Logo após, as miniestacas foram introduzidas em tubetes cônicos de 55 cm³, com a inserção de aproximadamente 2 cm da região basal no substrato de cultivo, o qual foi composto da mistura de vermiculita, casca de arroz carbonizada e fibra de coco (2:1:1 v/v).

O processo de enraizamento das miniestacas foi conduzido em casa de vegetação climatizada (irrigação por sistema de microaspersão com vazão de 1,4 L min⁻¹, umidade relativa do ar $\geq 90\%$ e temperatura < 35 °C) coberta com filme de polietileno transparente com 150 μ m de espessura, com permanência de 30 dias. Após esse período, as mudas foram transferidas para aclimação com sombrite de 50

% de redução da luminosidade, em que permaneceram por mais 10 dias. Finalmente, foram transferidas para área a pleno sol por mais 50 dias, visando à rustificação.

Na fase de aclimatação, realizaram-se duas adubações semanais de cobertura com 100 mL muda⁻¹ da seguinte formulação: sulfato de amônio (27 g L⁻¹), nitrato de cálcio (75 g L⁻¹), Krisasol 06-12-36 + micros (12 mL L⁻¹), hidroferro (5 g L⁻¹) e solução de micronutrientes (20 g L⁻¹). A adubação de cobertura foi feita até as mudas atingirem 25 cm de altura (65 a 75 dias após o estaqueamento). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão, com vazão de 5,8 L min⁻¹, durante 20 minutos, de 4 a 6 vezes ao dia.

Na fase de rustificação, realizou-se adubação semanal de cobertura com 6 mL muda⁻¹ da seguinte formulação: nitrato de cálcio (38 g L⁻¹), Krisasol 06-12-36 + micros (60 mL L⁻¹), hidroferro (5 g L⁻¹), cloreto de potássio (130 g L⁻¹) e solução de micronutrientes (20 g L⁻¹). A irrigação foi feita por sistema de microaspersão com vazão de 5,8 L min⁻¹, durante 20 minutos, de 2 a 3 vezes ao dia.

2.6 Condução e avaliações experimentais

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados no arranjo fatorial (2 × 5), constituído por dois tempos de estufim e quatro concentrações de AIB mais o tratamento-controle, em quatro blocos e parcelas compostas por 88 plantas por repetição. Para mensuração das características, foram utilizadas cinco plantas por repetição selecionadas ao acaso em cada tratamento.

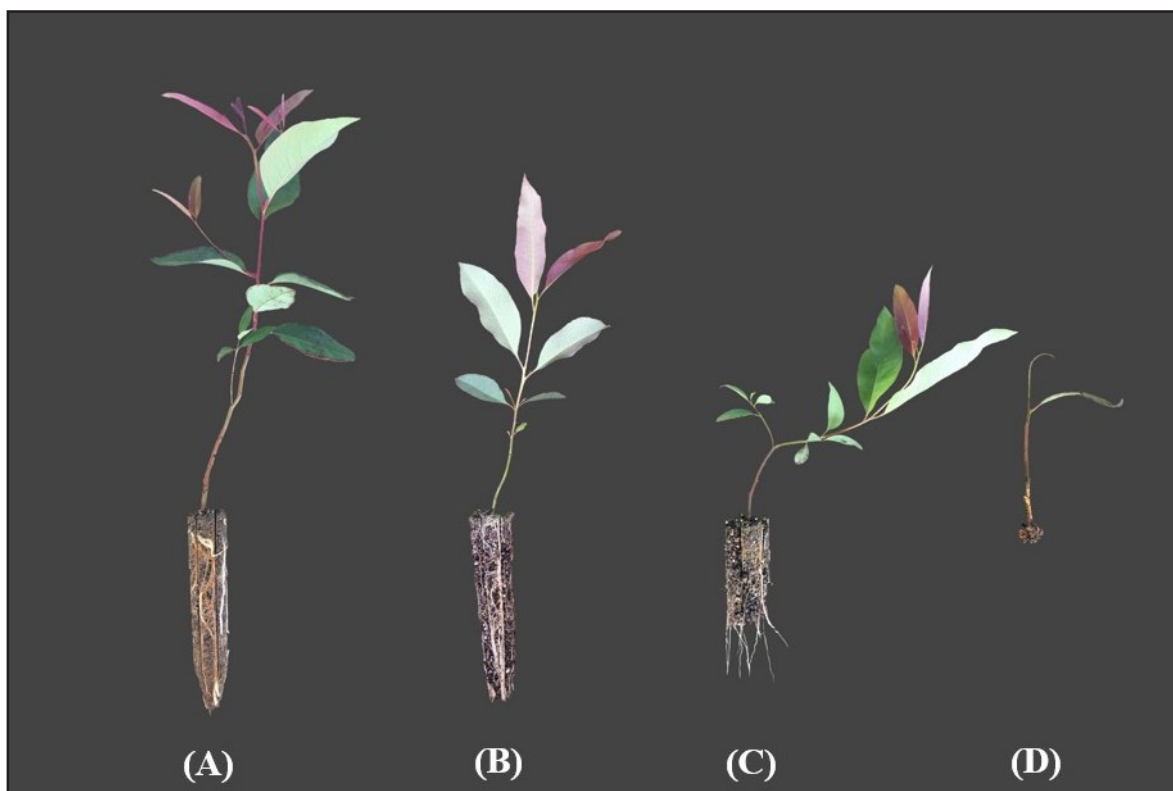
As avaliações compreenderam percentual de sobrevivência (S), altura (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm), percentual de enraizamento (R) e massa seca da parte aérea (MSPA, g) das miniestacas na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimatação e saída da área de pleno sol. A massa seca de raiz (MSR, g) foi avaliada na saída da área de aclimatação e saída da área de pleno sol.

A altura da parte aérea foi mensurada a partir do nível do substrato até o meristema apical, com uma régua, e o diâmetro do coleto foi medido ao nível do substrato, com o auxílio de paquímetro digital. Para determinar o peso da matéria

seca da parte aérea e da raiz, foi feita a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingir peso constante.

Na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, também foi feita a retirada das mudas remanescentes dos tubetes e analisada a qualidade do sistema radicial (QR), que foram classificados em: “ótimo”, para sistema radicial estruturado, com torrão firme e presença de raízes brancas, mostrando maior atividade fisiológica (Figura 2A); “bom”, para sistema radicial estruturado, porém com alguma flexibilidade, exigindo maior cuidado no momento do plantio no campo (Figura 2B); “ruim”, para sistema radicial pouco estruturado, não sendo adequado para plantio em campo (Figura 2C); e “calo” para sistema radicial ausente, com presença de células que não se diferenciaram em raiz (Figura 2D).

Figura 2 – Classificação da qualidade do sistema radicial de mudas de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias, em relação às concentrações de AIB e do estufim



Fonte: Autores (2019)

Em que: A) Ótimo; B) Bom; C) Ruim; D) Calo.

Inicialmente, os dados coletados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos resíduos e ao teste de Bartlett para verificar a homogeneidade entre as variâncias. Atendidas as pressuposições, procedeu-se com a análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey a 5 % de significância, quando detectadas diferenças significativas entre os tratamentos. As análises foram realizadas com auxílio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, não houve interação ($P > 0,05$) entre as concentrações de AIB e os tempos de estufim testados. No entanto, houve efeito significativo ($P < 0,05$) das concentrações de AIB sobre altura, diâmetro de coleto e percentual de enraizamento e dos tempos de estufim sobre o diâmetro de coleto e a massa seca da parte aérea, na saída da casa de vegetação. Na saída da área de pleno sol, houve diferença significativa das concentrações de AIB sobre o diâmetro do coleto e dos tempos de estufim sobre a altura (Tabela 1).

As mudas produzidas com maiores concentrações do AIB apresentaram altura média superior àquelas sem a presença da auxina na saída da casa de vegetação. Para o diâmetro do coleto, foi seguida a mesma tendência observada na altura, em que o uso de 8.000 mg L⁻¹ de AIB foi superior ao tratamento-controle. Ao se analisar o tempo de estufim, as mudas provenientes de 70 dias apresentaram maior altura na saída da área de pleno sol e as de 40 dias, maior diâmetro do coleto na saída da casa de vegetação (Tabela 1).

O conhecimento das melhores técnicas de propagação vegetativa aliado às substâncias que promovem aumento no enraizamento contribui para melhorar a utilização de espécies com ganhos em produtividade (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). O tempo e a concentração em que o material vegetativo é exposto à auxina exógena inibe ou estimula o crescimento e a diferenciação dos tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2013), sendo que em altas dosagens, a aplicação excessiva de AIB pode levar à fitotoxidez,

impedindo que o material propagativo tenha seu máximo desenvolvimento (PIO, 2002). No presente trabalho, as maiores concentrações de AIB testadas foram positivas para o incremento em altura e diâmetro do coleto das miniestacas, indicando que os limites máximos de auxina não foram alcançados para a propagação do material de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*.

Tabela 1 – Valores médios para as variáveis altura, diâmetro do coleto, percentual de enraizamento e massa seca da parte aérea de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* na saída da casa de vegetação, saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol e massa seca da raiz na saída da área de aclimação e saída da área de pleno sol em relação às concentrações de AIB e dos tempos de estufim

Tratamentos	Concentração de AIB (mg.L ⁻¹)					Estufim (dias)		
	0	1000	2000	4000	8000	40	70	
SCV	H	14,70 b	17,00 ab	16,70 ab	18,80 a	18,30 a	17,10 ns	17,10 ns
	DC	1,73 b	1,85 ab	1,94 ab	1,99 ab	2,17 a	2,02 a	1,86 b
	R	42,50 b	67,50 ab	80,00 a	82,50 a	87,50 a	74,00 ns	70,00 ns
	MSPA	0,26 ns	0,32 ns	0,30 ns	0,26 ns	0,26 ns	0,31 a	0,25 b
SAA	H	12,60 ns	14,50 ns	14,20 ns	14,30 ns	13,50 ns	13,40 ns	14,20 ns
	DC	1,29 ns	1,33 ns	1,42 ns	1,28 ns	1,26 ns	1,34 ns	1,29 ns
	R	45,00 ns	70,00 ns	65,00 ns	60,00 ns	80,00 ns	61,00 ns	67,00 ns
	MSPA	0,47 ns	0,58 ns	0,57 ns	0,62 ns	0,66 ns	0,63 ns	0,54 ns
	MSR	0,32 ns	0,32 ns	0,29 ns	0,36 ns	0,34 ns	0,35 ns	0,30 ns
SAPS	H	25,90 ns	28,90 ns	29,90 ns	30,70 ns	31,50 ns	27,80 b	31,00 a
	DC	2,13 b	2,31 ab	2,37 ab	2,55 a	2,59 a	2,35 ns	2,4 ns
	R	98,90 ns	97,50 ns	98,60 ns	98,10 ns	97,60 ns	98,30 ns	97,90 ns
	MSPA	1,32 ns	1,57 ns	1,62 ns	1,62 ns	1,58 ns	1,43 ns	1,64 ns
	MSR	0,64 ns	0,67 ns	0,61 ns	0,62 ns	0,61 ns	0,60 ns	0,66 ns

Fonte: Autores (2019)

Em que: H = Altura, em cm; DC = Diâmetro do coleto, em mm; R = Percentual de enraizamento; MSPA = Massa seca da parte aérea, em g; MSR = Massa seca da raiz, em g; SCV = Saída da casa de vegetação, aos 30 dias após estaqueamento; SAA = Saída da área de aclimação, aos 40 dias após estaqueamento; SAPS = Saída da área de pleno sol, aos 90 dias após estaqueamento. Médias seguidas de letras diferentes em cada linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). ns = Diferença não significativa pelo teste Tukey, a 5 % de significância.

Estudo realizado por Oliveira (2016) com clones híbridos de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* mostra que as plantas conduzidas com estufim apresentaram maior eficiência de utilização da radiação durante o processo de fotossíntese, maior fotossíntese máxima e menor ponto de compensação da radiação, que podem ter sido favorecidos pela maior temperatura observada nesse tratamento. Segundo Hartmann *et al.* (2011), o processo de divisão celular é favorecido pelas temperaturas mais elevadas, até certo ponto.

Altura e diâmetro do coleto são variáveis de fácil mensuração e, por suas avaliações não serem destrutivas, têm sido bastante utilizadas para estimar o padrão de qualidade das mudas nos viveiros (SOUZA *et al.*, 2013). As empresas florestais têm aplicado como critério de qualidade altura média entre 15 e 30 cm e diâmetro do coleto superior a 2 mm nas principais espécies de *Eucalyptus* plantadas no país (WENDLING; DUTRA, 2010; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2013). Esses valores estão de acordo com os encontrados para *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita*, em que as mudas apresentaram altura e diâmetro médio de 29,4 cm e 2,4 mm, respectivamente, aos 90 dias.

A massa seca da parte aérea foi maior para o menor tempo das miniestacas sob o estufim na saída da casa de vegetação. Na saída da área de aclimação e de pleno sol, não houve diferença significativa. Para a massa seca da raiz, as concentrações de AIB e os tempos de estufim testados não tiveram efeito significativo (Tabela 1).

A área foliar é um componente importante da produção e acúmulo de biomassa, sendo a alteração da forma das folhas um dos mecanismos de resposta das plantas a condições de extremos ambientais, tal como a exposição prolongada à elevada temperatura (TAIZ; ZEIGER, 2013). Batista *et al.* (2015) e Oliveira (2016) verificaram em seus trabalhos com mudas de eucalipto menor área foliar e alteração na morfologia das folhas produzidas no tratamento com estufim, influenciando diretamente na massa seca da parte aérea.

A sobrevivência das miniestacas foi elevada para todos os tratamentos na saída de todas as estruturas de produção (superior a 95 %), evidenciando um adequado controle das condições de cultivo do material em estudo (Figura 3A, Figura 3C, Figura 3E). Goulart *et al.* (2014), estudando a morfoanatomia da rizogênese adventícia de miniestacas de quatro clones de *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla*, constataram que não houve a formação endógena de primórdios radiculares quando não foram utilizadas fontes exógenas de reguladores de crescimento.

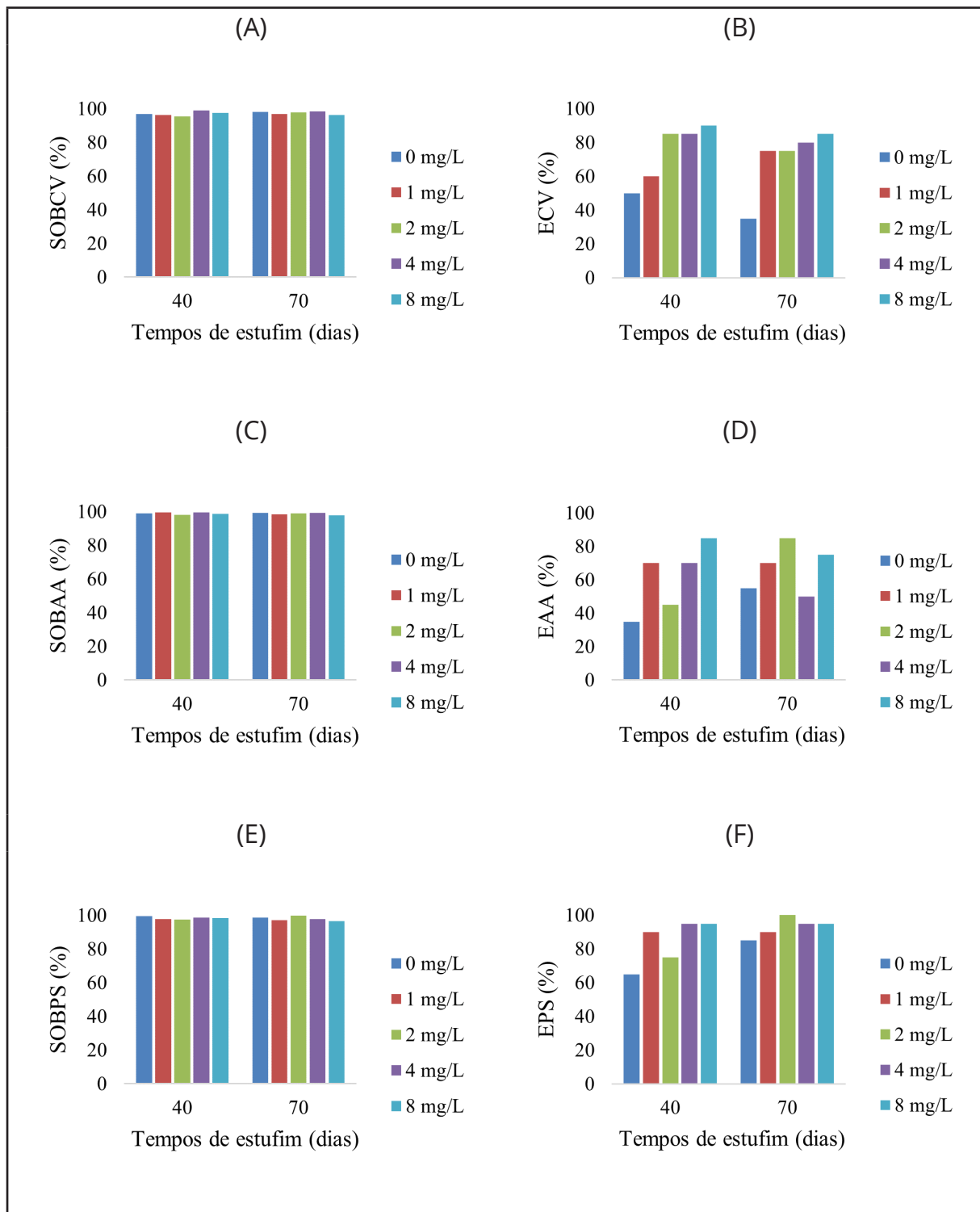
A aplicação de AIB tem efeito na indução radicular, uma vez que esse regulador de crescimento está relacionado com a aceleração da rizogênese (PIZZATO *et al.*, 2011). Em concentrações muito baixas ou muito altas de AIB há interferência negativa nas características de desenvolvimento da muda (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Em baixas dosagens, a indução de raízes é mais lenta e menos uniforme (GALLE, 1995) e o uso exagerado pode acarretar a intensa proliferação de células (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Segundo Hartmann *et al.* (2002), o balanço hormonal endógeno entre citocininas/auxinas influencia no desenvolvimento de calos na região basal das miniestacas.

Valores elevados da sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus* foram reportados em vários trabalhos e, geralmente, situam-se acima de 85 %, como observado para *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* (GOULART; XAVIER; DIAS, 2010), *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* (BRONDANI *et al.*, 2010a; 2010b), *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* (BORGES *et al.*, 2011) e *Eucalyptus dunnii* (SPASSIN; GARCIA, 2016).

No enraizamento durante a avaliação na saída da casa de vegetação, foi observada uma relação direta entre o aumento da concentração de AIB e o aumento de miniestacas enraizadas. As miniestacas com 40 dias sob estufim apresentaram, em média, o maior enraizamento comparadas às de 70 dias (Figura 3B).

A emissão de raízes na saída da área de aclimação apresentou comportamento variado entre os tratamentos (Figura 3D). Na saída da área de pleno sol, observou-se que a tendência de enraizamento foi semelhante à verificada na saída da casa de vegetação, em que o aumento da concentração de AIB proporcionou o aumento do número de miniestacas enraizadas. No entanto, as miniestacas com 70 dias sob estufim apresentaram, em média, maior enraizamento comparadas às de 40 dias (Figura 3F).

Figura 3 – Sobrevivência e enraizamento na casa de vegetação (SOBCV e ECV), área de aclimação (SOBAA e EAA) e área de pleno sol (SOBPS e EPS) de miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* em relação às concentrações de AIB e dos tempos de estufim

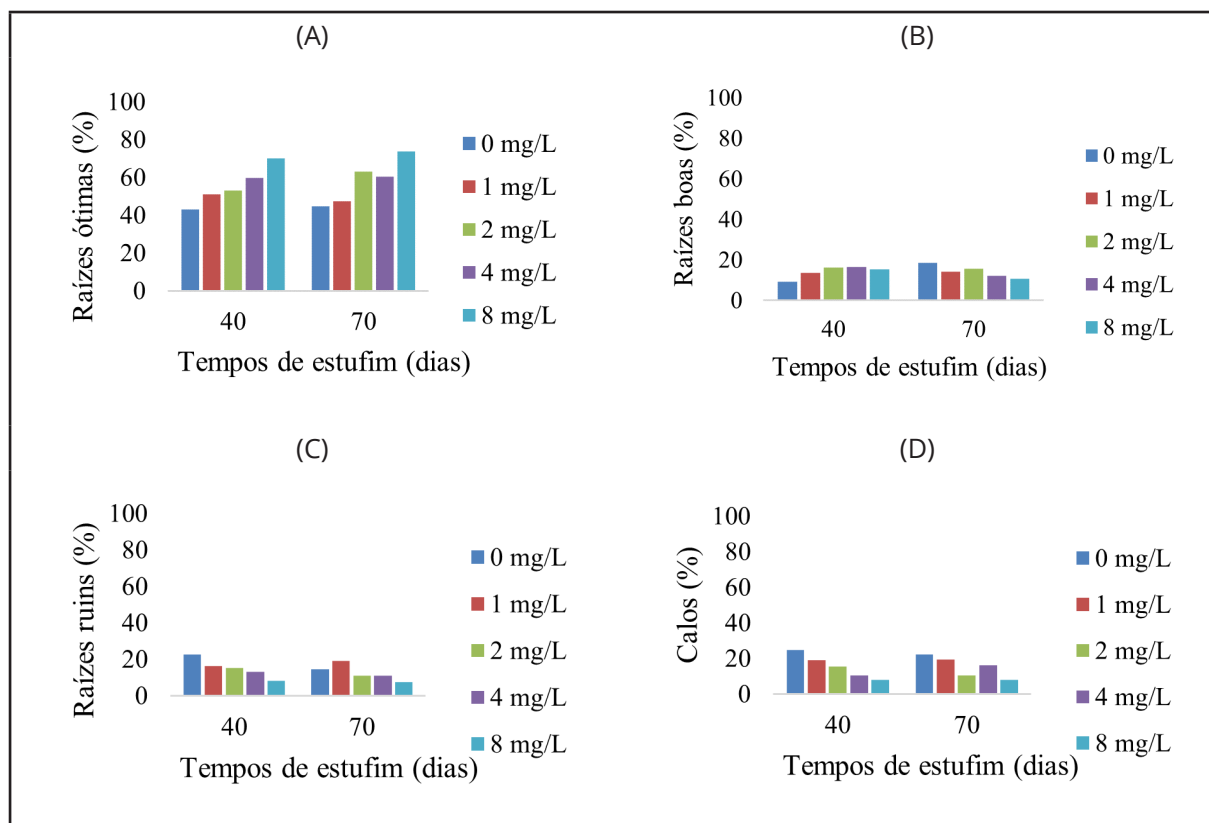


Fonte: Autores (2019)

Apesar de haver elevado percentual de enraizamento das miniestacas sem a aplicação de AIB na saída da área de pleno sol (Figura 3F), este tratamento apresentou maior percentual de mudas com presença de calos e raízes classificadas como ruins (Figura 4).

Em relação à qualidade do sistema radicial das miniestacas na saída da área de pleno sol, os resultados demonstraram que elevadas concentrações de AIB promoveram melhoria na qualidade do sistema radicial das miniestacas. O uso de 8.000 mg L⁻¹ da auxina proporcionou raízes consideradas ótimas nos dois tempos de estufim testados (Figura 4A). Além disso, as mudas com aplicação de maiores concentrações mostraram redução na formação de calos (Figura 4D).

Figura 4 – Qualidade do sistema radicial em miniestacas do clone de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* em resposta às concentrações de AIB (0, 1.000, 2.000, 4.000 e 8.000 mg L⁻¹) e tempos de estufim, na saída da área de pleno sol, aos 90 dias.



Fonte: Autores (2019)

Em que: A) Ótimo; B) Bom; C) Ruim; D) Calo.

A utilização de AIB nas miniestacas de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* mostrou-se eficiente para o enraizamento, chegando a 95 % na saída da área de pleno sol ao utilizar 8.000 mg L⁻¹ de AIB. O genótipo tem forte influência sobre o processo de enraizamento em *Eucalyptus*, o que provoca variações no percentual e na qualidade do enraizamento de estacas entre espécies e clones (BORGES *et al.*, 2011; HARTMANN *et al.*, 2011). Esses resultados corroboram os encontrados para *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* (BRONDANI *et al.*, 2010a), *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis* × *Eucalyptus urophylla* (QUEIROZ, 2014), em que o uso de AIB foi positivo ao enraizamento de miniestacas. Resultados divergentes foram encontrados por Borges *et al.* (2011) para *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus globulus* e por Spassin e Garcia (2016) para *Eucalyptus dunnii*, em que a aplicação de AIB não teve efeito sobre o enraizamento das miniestacas.

Alguns resultados têm mostrado que o uso de estufins promove melhoria significativa na qualidade do enraizamento e reduz a formação de calos durante o processo de formação das plantas (ASSIS, 2011). No presente estudo, não houve diferença entre os tempos de exposição ao estufim para as variáveis testadas. Uma das explicações é a época em que o estudo foi conduzido (primavera), provavelmente, onde as altas temperaturas tenham favorecido os altos índices de enraizamento e sobrevivência das miniestacas.

Canguçu (2020) estudando modelos de estufim na produtividade de minicepas de dois materiais genéticos de eucalipto concluiu que o estufim mostrou resultados positivos na produtividade de miniestacas para os dois clones, principalmente no período frio. Souza *et al.* (2013) estudando a influência de diferentes padrões de miniestacas no enraizamento e produção de mudas do híbrido do *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus urophylla* no verão e no inverno observaram maiores valores de enraizamento no verão para todos os clones.

A sazonalidade influencia na dinâmica de enraizamento de estacas ao longo do ano (TRUEMAN; MCMAHON; BRISTOW, 2013). Para contornar problemas como produção das minicepas e enraizamento das miniestacas, reduzindo o impacto dos fatores ambientais como a sazonalidade, o uso de estufas plásticas se torna uma boa opção, pois proporciona alterações no ambiente de desenvolvimento das plantas, como modificações no balanço de energia, temperatura, umidade e redução na transpiração (KHOSHNEVISAN; RAFIEE; MOUSAZADEH, 2013).

Estudos testando o efeito do estufim sobre o enraizamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* (OLIVEIRA, 2016) e de *Eucalyptus* spp. (BATISTA *et al.*, 2015) reportaram que as miniestacas coletadas nas estações mais quentes (primavera e verão), com a presença do estufim, resultaram no maior percentual de enraizamento quando comparadas àquelas coletadas nos meses mais frios (outono e inverno).

4 CONCLUSÕES

A concentração de 8.000 mg.L⁻¹ de AIB proporcionou maior percentual de enraizamento das miniestacas e melhor desempenho das mudas em relação às variáveis analisadas.

O tempo de uso do estufim no minijardim clonal não influenciou significativamente na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus pellita* dentro das condições analisadas.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, pela estrutura e logística.

À Aperam Bioenergia, pelo apoio técnico.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, T. F. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the Eucalyptus clonal forestry. In: BMC proceedings. **BioMed Central**, [s. l.], v. 5, n. 7, 2011.
- ASSIS, T. F. Melhoria genética de Eucalyptus: desafios e perspectivas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. **Anais [...]**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311453642_Melhoramento_genetico_de_Eucalyptus_desafios_e_perspectivas. Acesso em: 19 ago. 2021.
- AZEVEDO, G. T. O. S. **Produção de mudas clonais de Eucalyptus spp. com polímero hidrorretentor incorporado ao substrato**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.
- BATISTA A. F. *et al.* The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of Eucalyptus in a subtropical environment. **Australian Forestry**, Queen Victoria, v. 78, n. 2, p. 65-72, 2015.
- BORGES, S. R. *et al.* Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de Eucalyptus globulus. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011.
- BRONDANI, G. E. *et al.* Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de Eucalyptus benthamii Maiden & Cambage x Eucalyptus dunnii Maiden. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 667-674, 2010a.
- BRONDANI, G. E. *et al.* Miniestaquia de Eucalyptus benthamii x Eucalyptus dunnii: (II) sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 453-465, 2010b.
- CANGUÇU, V. D. S. **Sazonalidade e utilização de estufins na propagação clonal de eucalipto**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.
- GALLE, F. C. **Azaleas**. Portland: Timber, 1995. 519 p.
- GOULART, P. B. *et al.* Morfoanatomia da rizogênese adventícia em miniestacas de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, p. 521-532, 2014.
- GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Efeito de antioxidantes no enraizamento de miniestacas de clones de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 961-972, 2010.
- HARTMANN, H. T. *et al.* **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.
- HARTMANN, H. T. *et al.* **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915 p.
- KHOSHNEVISAN, B.; RAFIEE, S.; MOUSAZADEH, H. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. **European Journal of Agronomy**, [s. l.], v. 50, p. 29-37, 2013.
- OLIVEIRA, A. S. **Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas**. 2016. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2016.

OLIVEIRA, V. S. *et al.* Efeito da aplicação de ácido-indol-3-butírico (AIB) no crescimento e qualidade de mudas de *Piper nigrum* L. CV. Kottanadan propagadas vegetativamente. **Revista Ifes Ciência**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 139-148, 2020.

PIO, R. **Ácido indolbutírico e sacarose no enraizamento de estacas apicais e desenvolvimento inicial da figueira (*Ficus carica* L.)**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PIZZATTO, M. *et al.* Influência do uso de AIB, época de coleta e tamanho de estaca na propagação vegetativa de hibisco por estaquia. **Revista Ceres**, MG, v. 58, n. 4, p. 487-492, 2011.

QUEIROZ, L. M. R. **Resposta da rizogênese em miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. à utilização de fitohormônio**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. **Vienna: R Foundation for Statistical Computing**, 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 16 out. 2021.

SOUZA, C. C. *et al.* Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* Hill x *E. urophylla* ST Black. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 67-77, 2013.

SPASSIN, A. C.; GARCIA, F. A. O. O ácido indolbutírico (IBA) é viável para a sobrevivência e o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus dunnii*? **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], v. 13, n. 23, p. 829-841, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2013. 954 p.

TRUEMAN, S. J.; MCMAHON, T. V.; BRISTOW, M. Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalypts, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **New Forests**, Dordrecht, v. 44, n. 2, p. 265-279, 2013.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 13-47.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura Clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 279 p.

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

Contribuição de Autoria

1 – Fabiana Miranda Rocha

Engenheira Florestal, Ma., Analista Socioambiental

<https://orcid.org/0000-0002-0845-466X> • fabiana.engflorestal@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Visualização de dados, Escrita - primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Miranda Titon

Engenheira Florestal, Dra., Servidora Pública Federal

<https://orcid.org/0000-0002-5940-5390> • mirandatiton@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração do projeto, Recursos, Supervisão, Escrita - revisão e edição

3 – Sula Janaína de Oliveira Fernandes

Engenheira Florestal, Dra., Especialista em Propagação Vegetativa

<https://orcid.org/0000-0002-3836-4606> • sulafernandes@hotmail.com

Contribuição: Conceituação, Investigação, Escrita - revisão e edição

4 – Paulo Henrique Rodrigues dos Santos

Engenheiro Florestal, Dr., Consultor

<https://orcid.org/0000-0003-0986-7287> • santosphr@yahoo.com.br

Contribuição: Conceituação, Escrita - revisão e edição

5 – Marcelo Luiz de Laia

Engenheiro Florestal, Dr., Servidor Público Federal

<https://orcid.org/0000-0001-6366-4558> • marcelolaia@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Escrita - revisão e edição

6 – Claudilene Aparecida Alves Pena

Bióloga, Ma., Coordenadora de Viveiro

<https://orcid.org/0000-0003-4478-8584> • claudilenealvespena@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Investigação, Escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

Rocha, F. M.; Titon, M.; Fernandes, S. J. O.; Santos, P. H. R.; Laia, M. L.; Pena, C. A. A. Uso de estufim e de AIB para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake × *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 1460-1478, 2022. DOI 10.5902/1980509865873. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509865873>.