Arquitetura foliar de miniestacas e aplicação de biofertilizante à base de aminoácidos na miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* Maiden & CabbageArchitecture and leaf of minicuttings biofertilizer application to amino acid based minicuttings biofertilizer application to amino acid based minicutting *Eucalyptus benthamii* Maiden & CabbageEmily Letícia Padilha Mayer¹, Fabiana Bandeira Peres² e Evandro Vagner Tambarussi²

Resumo

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da arquitetura foliar de miniestacas associadas a formas de aplicação de biofertilizante à base de macronutrientes, micronutrientes e aminoácidos na produção de mudas clonais de *Eucalyptus benthamii*. O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 5 (dois tipos de arquitetura foliar- “folha inteira” e tipo “árvore de natal” das miniestacas x cinco formas de aplicação de biofertilizante), em que cada tratamento constituiu-se de quatro repetições, contendo 30 miniestacas por repetição. O uso do biofertilizante proporcionou um enraizamento de 51,67 a 65% e uma sobrevivência média das miniestacas de 68,42%. Prezando pelo maior rendimento operacional, a arquitetura foliar de miniestacas “folha inteira” foi considerada mais viável que a “árvore de natal”.

Palavras-chave: Redução foliar, fertilização orgânica, enraizamento.

Abstract

The aims of this research was to evaluate the influence of foliar architecture of mini-cuttings associated with biological fertilizer application kinds based on macronutrients, micronutrients and amino acids in the production of clonal seedlings of *Eucalyptus benthamii*. The study was conducted in a completely randomized design in a 2 x 5 factorial arrangement (two types of leaf architecture - “full leaf” and “Christmas kind” type of mini-cuttings and five kinds of application of biological fertilizer), in which each treatment constituted of four replicates, containing thirty mini-cuttingss per replicate. The use of the biological fertilizer provided a rooting of 51.67 to 65% and a mean survival of the mini-cuttings of 68.42%. For a higher operating income, the leaf architecture of “full leaf” mini-leaves is considered to be more viable than “Christmas tree”.

Keywords: Leaf reduction, organic fertilization, rooting.

INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage tem sido uma espécie recomendada para plantios em regiões sujeitas a condições climáticas peculiares, com invernos rigorosos e geadas severas, características da região Centro-Sul do Paraná. Entretanto, praticamente todas as espécies tolerantes ao frio apresentam recalcitrância ao enraizamento, dificultando a produção de mudas clonais, bem como seu uso em programas de melhoramento que visam à resistência ao frio (KRATZ et al. 2012).

A miniestaquia é uma técnica que apresenta um grande potencial para a propagação vegetativa de *Eucalyptus*, no entanto, poucos são os estudos em relação ao padrão de arquitetura de miniestacas, principalmente quando se trata da área foliar das plantas. A utilização de miniestacas com tamanhos de 4 a 8 cm e redução das folhas em 50% é frequentemente empregada nos viveiros florestais na miniestaquia de espécies de *Eucalyptus* (XAVIER et al. 2009). A redução da área foliar é adotada principalmente com o objetivo de reduzir a transpiração e evitar o “efeito guarda-chuva”, impedindo que a água chegue ao substrato (ALFENAS et al. 2009; XAVIER et al. 2009). Porém, alguns estudos mostram que a manutenção das folhas inteiras tem proporcionado maior sobrevivência e enraizamento adventício para algumas espécies (BATISTA et al. 2014; XAVIER et al. 2003;

¹Graduanda em Engenharia Florestal. UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste. BR 153 Km 07 – Riozinho - 84500000 - Irati, PR, Brasil. E-mail: emily_mayer@hotmail.com.

²Professor (a) Adjunto(a) do Departamento de Engenharia Florestal. UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste. PR - R 153 Km 07 – Riozinho - 84500000 - Irati, PR, Brasil. E-mail: fsbandeira@hotmail.com; tambarussi@gmail.com.

SOUZA et al. 2013). A manutenção das folhas ou de parte delas na planta é importante, devido à produção de carboidratos resultantes da fotossíntese e para a síntese da auxina, sendo consideradas essenciais ao enraizamento adventício (SOUZA et al. 2013; TAIZ; ZEIGER, 2004).

O uso de fitorreguladores de crescimento, principalmente as auxinas, tem sido frequentemente empregado na produção de mudas pela miniestaquia de diversas espécies florestais no Brasil (ALMEIDA et al. 2007; BRONDANI et al. 2008; 2014). No entanto, essas substâncias utilizadas como indutoras de enraizamento adventício, geralmente apresentam uma formulação química prejudicial ao meio ambiente e com custos elevados que oneram a produção das mudas. Desta forma, a utilização de biofertilizantes, constitui-se numa alternativa viável que poderia viabilizar o enraizamento de clones de difícil propagação.

Os biofertilizantes são compostos orgânicos que possuem em sua formulação uma elevada concentração de nutrientes, baixo custo e ainda ação hormonal que pode estimular o enraizamento adventício (MEDEIROS et al. 2003). Tratch e Bettiol (1997) comprovaram que a ação de biofertilizantes pode reduzir a comunidade de fungos fitopatogênicos, sugerindo uma possível atuação como “bioprotetores” nas plantas. O uso de compostos à base de aminoácidos, macronutrientes e micronutrientes com potencialidades de estimular o enraizamento adventício de estacas de espécies florestais têm sido amplamente discutido por alguns pesquisadores (FRASSETTO et al. 2010; GOU-LART et al. 2011).

A escassez de estudos envolvendo a arquitetura foliar de miniestacas de *E. benthamii* e a influência de compostos à base de aminoácidos no processo de produção de mudas florestais, justificam pesquisas em espécies difíceis de se propagar pela miniestaquia. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da arquitetura foliar de miniestacas e a aplicação de biofertilizante à base de aminoácidos na miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Viveiro Comercial da empresa *Golden Tree* Reflorestadora LTDA, situada em Guarapuava - Paraná. O município de Guarapuava localiza-se na região Centro-Sul do Paraná, latitude 25° 23' 26" S e longitude 51° 27' 15" W Greenwich. O clima é do tipo temperado (Cfb) de acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger, com verões amenos e geadas frequentes no inverno. A temperatura média anual é aproximadamente 17 °C e precipitação pluviométrica é de 1900 mm (THOMAZ; VESTENA, 2003).

O material vegetal utilizado no estudo foi constituído por miniestacas coletadas em minicepas de um clone de *E. benthamii*, estabelecidas em minijardim clonal. O minijardim clonal foi estabelecido em canaletões de fibro-cimento em leito de areia grossa, sob cobertura plástica transparente, em que as minicepas recebem fertirrigação por gotejamento de acordo com formulação nutritiva seguindo os padrões operacionais da empresa *Golden Tree* Reflorestadora LTDA. As minicepas são mantidas sob regime de podas seletivas frequentes objetivando-se manter as condições de juvenilidade dos propágulos. A coleta das miniestacas foi realizada no período matutino, utilizando tesoura de poda previamente esterilizada em álcool 70% (v/v). Após a coleta, as brotações foram acondicionadas em caixas de isopor com água, visando manter as condições de turgescência dos propágulos.

As miniestacas foram coletadas da porção apical das brotações, e confeccionadas com dimensões entre 4 a 8 cm de comprimento. O preparo das miniestacas foi feito de acordo com a metodologia utilizada por Batista et al. (2014) em estudo no qual avaliou-se a influência da arquitetura foliar de miniestacas na propagação clonal de *Eucalyptus*.

Quanto ao padrão de arquitetura foliar, as miniestacas foram confeccionadas de duas formas, a primeira delas deixando-se dois a três pares de folhas inteiras (Figura 1A), e na segunda, as miniestacas tiveram as folhas subapicais cortadas em 3/4 da área foliar e as folhas basais foram mantidas inteiras (Figura 1B). Esta última, designada por Batista et al. (2014) como miniestaca com arquitetura foliar “árvore de natal”.

Após o preparo das miniestacas, as mesmas foram submetidas a tratamentos constituídos pelas formas de aplicação de biofertilizante, cuja formulação consta da combinação de macronutrientes (2,5 % de nitrogênio; 4% de fósforo; 4% de potássio), micronutrientes (0,5% de zinco; 0,2% de boro; 0,3% de magnésio; 0,1% de molibdênio; 0,1% de ferro; 0,1% de cobre; 0,25% de manganês;

1,5% de enxofre e 15% de carbono orgânico) e de aminoácidos livres (5% de alanina; 16% de glicina; 1% de valina; 1,25% de leucina; 0,55% de isoleucina; 6,45% de prolina; 0,65% de fenilalanina; 0,25% de tirosina; 1,9% de serina; 0,85% de treonina; 0,33% de metionina; 2,4% de arginina; 0,23% de histidina; 2,5% de lisina; 2,4% de ácido aspártico; 3,6% de ácido glutâmico; 4,6% de hidroxiprolina e 0,34% de hidroxilisina).

Figura 1. Padrões de arquitetura foliar das miniestacas de clone de *E. benthamii* utilizadas no presente estudo. (A) Miniestaca com as folhas inteiras; (B) Miniestaca “árvore de natal”, em que as folhas subapicais foram cortadas em $\frac{3}{4}$ da área foliar e as folhas basais mantidas inteiras. Barras = 1 cm.

Figure 1. Patterns of leaf architecture of the mini-cuttings of *E. benthamii* clone used in the present study. (A) mini-cuttings with whole leaves; (B) “Christmas tree” mini-cutting, in which the subapical leaves were cut to $\frac{3}{4}$ of the leaf area and the basal leaves were kept whole. Bars = 1 cm.

O biofertilizante foi utilizado na concentração de 5% (v/v) onde o produto comercial foi diluído em água destilada, variando-se apenas o tempo (30 e 60 minutos) e a forma de aplicação (imersão da base das miniestacas; combinação entre a imersão e a pulverização das mudas) do biofertilizante. A concentração utilizada baseou-se na recomendação do fabricante do produto comercial, para mudas florestais, e a partir de ensaios preliminares realizados no viveiro.

Posteriormente, as miniestacas foram estaqueadas em tubetes de plástico rígido de 55 cm³, utilizando-se o substrato Carolina Soil®, mantidas em casa de vegetação por 30 dias. A seguir, as miniestacas foram transferidas para a casa de sombra, onde permaneceram por um período de 60 dias, e posteriormente passaram para a área de pleno sol, na qual foram mantidas até completarem o seu desenvolvimento, aos 105 dias de idade.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x5, combinando-se duas arquiteturas foliares das miniestacas (Folhas inteiras x “Árvore de Natal”) com cinco formas de aplicação de biofertilizante: a) miniestacas sem aplicação do biofertilizante; b) imersão da base das miniestacas em solução de biofertilizante por 30 minutos antes do estaqueamento; c) imersão da base das miniestacas em solução de biofertilizante por 60 minutos antes do estaqueamento; d) imersão da base das miniestacas em solução de biofertilizante por 30 minutos antes do estaqueamento, combinada à pulverização semanal das miniestacas com solução do biofertilizante; e) imersão da base das miniestacas em solução de biofertilizante por 60 minutos antes do estaqueamento, combinada à pulverização semanal das miniestacas com solução do biofertilizante. Os tratamentos foram constituídos de quatro repetições, compostas de 30 miniestacas. Nos tratamentos em que houve a combinação da imersão da base das miniestacas à pulverização semanal das mudas, foram aplicados 100 mL do biofertilizante, durante toda a etapa de produção das mudas, até o final do experimento, quando as miniestacas atingiram 105 dias de idade.

Quando as mudas completaram 105 dias de idade, avaliou-se a sobrevivência, o diâmetro do colo, a altura, o enraizamento adventício e a qualidade do sistema radicular. Na avaliação de enraizamento das miniestacas, adotou-se o critério de emissão de raízes ao fundo do tubete, e quanto à qualidade do sistema radicular das mudas obtidas, avaliou-se o número de raízes por miniestaca e o comprimento da maior raiz. Realizou-se ainda a avaliação de peso de matéria fresca e seca de parte aérea e raiz das miniestacas. Para tanto, as miniestacas foram retiradas do tubete e cuidadosamente destorroadas em água. Em seguida, procedeu-se a separação da raiz e parte aérea das mudas, utilizando-se tesoura. Após a obtenção do peso fresco, o material vegetal foi acondicionado em embalagens de papel *kraft* e mantido em estufa à 40°C por 72h, até atingir peso constante, e após

obteve-se o peso seco. Para a determinação do peso fresco e seco de raiz e parte aérea, utilizou-se balança analítica de precisão.

Calculou-se o índice de qualidade de Dickson (IQD) para as mudas provenientes de cada tratamento pelos fatores: altura e diâmetro de colo das mudas; matéria seca de caule e folhas que corresponde à matéria seca da parte aérea e matéria seca de raiz, fornecendo assim, a matéria seca total, necessários para o cálculo do IQD (DICKSON et al. 1960, apud BINOTTO et al. 2010). O IQD é um dos parâmetros que pode ser utilizado na avaliação da qualidade de mudas florestais, em que quanto maior for o valor obtido, melhor será o padrão de qualidade das mudas formadas (GOMES et al. 2002).

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{ALT(cm)}{DIAM(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

Onde:

MST (g) é a matéria seca total, ALT (cm) é a altura das mudas, DIAM (mm) é o diâmetro do colo das mudas, MSPA (g) é a matéria seca da parte aérea e MSR (g), matéria seca de raiz.

A análise estatística foi realizada por meio da Análise de Variância (ANOVA), e quando pertinente, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o *software* Assistat® versão 7.7 Beta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett (1937) ($p < 0,05$), e a partir deste resultado, observou-se a homogeneidade da variância entre os tratamentos. Após a realização dos testes de normalidade, houve a necessidade de transformar os dados para as variáveis peso de matéria fresca de parte aérea e de raiz e índice de qualidade de Dickson, utilizando-se a transformação " $1/x$ ", enquanto para a variável percentual de calo utilizou-se a transformação " $\sqrt{x}$ ".

Observou-se boa precisão experimental, comprovada pelos baixos valores dos coeficientes de variação experimental para as variáveis altura (17,03%), diâmetro do colo (6,41%), sobrevivência (10,88%) e enraizamento (14,20%), valores similares àqueles encontrados por Gomes et al. (2002), Santana et al. (2010); Titon et al. (2003), em estudos envolvendo a miniestaquia de clones de *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. grandis*, respectivamente.

Observou-se interação significativa entre a arquitetura foliar das miniestacas e as formas de aplicação do biofertilizante para as variáveis altura ($p < 0,01$), diâmetro do colo ($p < 0,05$), comprimento de raiz ($p < 0,01$) e número de raiz ($p < 0,01$). Em relação ao enraizamento das miniestacas, houve efeito apenas das formas de aplicação do biofertilizante ($p < 0,05$). Quanto à formação de calo, observou-se efeito isolado da arquitetura foliar das miniestacas ($p < 0,05$). Para o peso de matéria fresca de parte aérea, houve efeito apenas da arquitetura foliar das miniestacas ($p < 0,01$). Todavia, para as variáveis sobrevivência, peso de matéria fresca de raiz, peso de matéria seca de parte aérea e de raiz e IQD não denotou-se efeito significativo dos fatores estudados.

Para a miniestaca folha inteira, a maior altura foi observada para a forma de aplicação "imersão por 30 min", no entanto este tratamento não diferiu das formas de aplicação em que ambos os tempos de imersão foram combinados à pulverização das miniestacas. A imersão por 60 minutos resultou em menor altura média das miniestacas. Todavia, em relação à miniestaca "árvore de natal", não houve diferença entre as formas de aplicação dos biofertilizantes (Figura 2).

Em relação às formas de aplicação de biofertilizantes, observou-se variação de respostas apenas quanto aos tempos de imersão das miniestacas. Para o tempo de imersão de 30 minutos, a miniestaca folha inteira apresentou maior valor médio de altura, enquanto para o tempo de 60 minutos a miniestaca "árvore de natal" obteve melhor resultado (Figura 2).

Fernandes et al. (2011) realizaram um trabalho com dois clones de *E. urophylla* propagados pela técnica de miniestaquia, em que associaram a aplicação de diferentes concentrações do biofertilizante Fert-Bokashi®. No entanto, a utilização do Fert-Bokashi® não exerceu efeito significativo sobre o crescimento das mudas.

Soares et al. (2014), verificaram que a aplicação de doses superiores a 30 mL do biofertilizante Supermagro® em mudas de *Theobroma grandiflorum* reduziram o crescimento das plantas, enquanto doses entre 10 e 30 mL do biofertilizante melhoraram o seu desempenho. Existe relato, na área

florestal, que demonstra efeito positivo da aplicação de biofertilizante em mudas de *E. dunnii*, relacionado ao incremento em altura das plantas (SOUZA; PERES, 2016).

Figura 2. (A) - Altura (cm), (B) - diâmetro (mm), (C) - enraizamento (%), (D) - calo (%), (E) - comprimento de raiz (cm) e (F) - peso de matéria fresca da parte aérea (g) de clone de *E. benthamii*, aos 105 dias de idade, em função da arquitetura foliar das miniestacas e das formas de aplicação do biofertilizante. Médias seguidas de mesma letra, minúscula entre as formas de aplicação de biofertilizante para uma mesma arquitetura foliar da miniestaca, e maiúscula entre as arquiteturas foliares das miniestacas, para uma mesma forma de aplicação de biofertilizante, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figure 2. (A) - Height (cm); (B) - diameter (mm); (C) - rooting (%); (D) - callus (%); (E) - length of root (cm); (F) - weight of fresh matter of aerial part (g) of clones of *E. benthamii*, at 105 days of age, according to the leaf architecture of the mini-cuttings and the biological fertilizer application kinds. Means followed by the same letter: lowercase between the biological fertilizer application kinds for the same leaf architecture of the mini-cutting, and upper case, among the leaf architectures of the mini-cuttings, for the same form of biological fertilizer application, do not differ significantly from each other by the Tukey test at the 5% probability level.

Em relação à variável diâmetro de colo, e comparando-se a arquitetura foliar das miniestacas, observou-se diferença significativa apenas para as miniestacas de folha inteira, cujo tempo de imersão de 30 minutos resultou em maior diâmetro de colo comparativamente ao tempo de imersão de 60 minutos. As demais formas de aplicação dos biofertilizantes não diferiram entre si.

Comparando-se as formas de aplicação de biofertilizantes, notou-se efeito da arquitetura foliar no diâmetro do colo apenas em relação aos tempos de imersão das miniestacas. Para o tempo de imersão 30 min, a miniestaca de folha inteira obteve maior diâmetro do colo. Por outro lado, para o tempo de imersão de 60 min, observou-se comportamento inverso em que a miniestaca "árvore de natal" apresentou um melhor resultado (Figura 2).

Os tratamentos das miniestacas de folha inteira combinadas com imersão por 60 minutos e imersão por 30 minutos + pulverização e "árvore de natal" com imersão por 30 minutos não atingiram o diâmetro mínimo recomendado para o plantio, que segundo Wendling e Dutra (2010) deve ser de no mínimo 2 mm para mudas de *Eucalyptus*. O fato de as mudas não atingirem este parâmetro de qualidade, indica a necessidade das miniestacas permanecerem no viveiro por mais tempo, até atingirem o diâmetro mínimo para o plantio, o que implica em maior custo de produção de mudas associado ao manejo com irrigação e adubação, aliada à redução da área produtiva devida à maior idade de rotação das mudas.

Souza e Peres (2016) obtiveram resposta satisfatória em relação ao diâmetro do coleto ao aplicar biofertilizantes em mudas de *E. dunnii*. Neste estudo as plantas foram submetidas a pulverizações de dois biofertilizantes (BIO 1 e BIO 2, respectivamente), à base de aminoácidos, sendo o BIO 2 de mesma composição ao utilizado no presente estudo. Observou-se maior incremento em diâmetro

nas mudas que foram pulverizadas com os biofertilizantes, em que as mudas pulverizadas com o "BIO 2" apresentaram diâmetro médio superior (2,52 mm) comparadas àquelas que receberam o "BIO 1" (2,46 mm). O melhor resultado obtido após a aplicação do biofertilizante foi atribuído à rica composição do fertilizante orgânico utilizado, cuja formulação contém elementos minerais, carbono orgânico e aminoácidos livres.

Não houve efeito significativo da arquitetura das miniestacas e da aplicação do biofertilizante em relação à sobrevivência das mudas. Apesar disso, a média geral da sobrevivência das miniestacas, obtida no presente estudo foi de 68,42%, o que demonstra a maior sensibilidade das miniestacas na fase de aclimação atribuída às alterações ambientais quando as miniestacas são retiradas da casa de vegetação, sob ambiente controlado, e rustificadas em ambiente externo. Valores próximos de sobrevivência (68,75%) em miniestacas de *E. benthamii* foram obtidos por Benin et al. (2013). Corroborando os resultados obtidos, Brondani et al. (2014) relataram uma média de sobrevivência das miniestacas de 64,3%, em que a mortalidade chegou a 80% nos meses mais quentes, salientando-se que o presente trabalho também foi conduzido na estação mais quente do ano (outubro a janeiro).

A imersão da base das miniestacas em biofertilizante por 30 minutos resultou na maior porcentagem de enraizamento das mudas (65%) (Figura 2). De forma geral, o enraizamento das miniestacas variou entre 51,67 e 65% ao final do experimento, não sendo denotada diferença estatística entre os demais tratamentos utilizados.

No presente estudo, a utilização do biofertilizante propiciou maior percentual de enraizamento comparado aos estudos relatados na literatura utilizando o ácido indolbutírico (AIB) em miniestacas de *E. benthamii*, como estímulo ao processo de enraizamento adventício (BRONDANI et al. 2008; 2014; BENIN et al. 2013).

Brondani et al. (2008), ao avaliarem o uso do AIB em gel no enraizamento de miniestacas de *E. benthamii*, obtiveram enraizamento médio de 34,5%. Brondani et al. (2014), ao avaliarem miniestacas de diferentes clones de *E. benthamii* em função da época de coleta de brotações e aplicação de diferentes concentrações de zinco (Zn), boro (B) e AIB, observaram média de 43,5% de enraizamento. Tendo em vista o baixo enraizamento obtido, os autores consideram *E. benthamii* uma espécie de difícil enraizamento. Benin et al. (2013) ao testarem diferentes padrões de miniestacas de *E. benthamii* obtiveram percentual de enraizamento máximo de 56,24%.

Por ser considerada uma espécie recalcitrante ao enraizamento, a maior média de enraizamento obtida no presente estudo (65%) reforça o potencial de uso de fertilizantes orgânicos no processo de produção de mudas por miniestaquia de *E. benthamii*. Aliado a isto, outros fatores devem ser ponderados, estes relacionados ao período e posição de coleta das miniestacas, juvenilidade das brotações, idade e condição fisiológica da planta matriz e também os fatores ambientais (disponibilidade de água, luminosidade, substrato, adubação) (HARTMANN et al. 2002).

Estudos envolvendo o uso dos biofertilizantes têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar sua influência no processo de enraizamento adventício de mudas florestais. Assis e Mafia (2009) testaram a imersão, em tempos diferentes, de estacas de *Cordia verbenacea* em biofertilizante à base de esterco leiteiro. Contudo, o biofertilizante não influenciou o enraizamento das estacas. Por outro lado, Frassetto et al. (2010) avaliaram o efeito de dosagens e tempo de embebição do composto Orgasol® FTS no enraizamento de estacas de *Sebastiania schottiana*, onde observaram aumento na porcentagem de enraizamento das mudas (54,5 a 75,5%).

Observou-se que a formação de calos na miniestaca "árvore de natal" foi significativamente superior quando comparada à miniestaca de folha inteira (Figura 2). O calo é um tecido tumoral, que geralmente surge sobre feridas de órgãos e tecidos diferenciados, estes têm a capacidade em se diferenciar formando tecidos como raízes. A formação de calo pode depender de fatores como o balanço entre substâncias endógenas promotoras e inibidoras do enraizamento, juvenilidade dos propágulos, qualidade do material genético e variabilidade do material genético (FOGAÇA; NETT-NEO, 2005; HARTMANN et al. 2002). Hartmann et al. (2002) destacam que a formação de calo e de raízes são processos independentes na maioria das plantas, entretanto, para algumas espécies a formação de calo pode preceder a formação de raízes adventícias. Neste estudo, observou-se que muitas miniestacas com a formação de calo, apresentaram primórdios de raízes surgindo a partir deste tecido.

Comparando-se a arquitetura foliar das miniestacas, para a miniestaca de folha inteira o melhor resultado de comprimento médio de raiz (9,44 cm) foi obtido no tempo de imersão da base 30 min no biofertilizante. As demais formas de aplicação de biofertilizante não diferiram estatisticamente do melhor tratamento (Figura 2). Quanto às formas de aplicação do biofertilizante, observou-se que, o tempo de imersão de 30 min resultou em maior comprimento de raiz de miniestacas de folha inteira enquanto o tempo de 60 min acarretou em melhor resultado para as miniestacas “árvore de natal” (Figura 2).

No estudo realizado por Oliveira et al. (2010), não foram observadas diferenças no comprimento de raiz das estacas de *Olea europaea* L. a partir do uso de biofertilizantes.

No presente estudo, observou-se comprimento médio de raiz próximo ao relatado por Kratz et al. (2012), onde obtiveram um comprimento médio de 9,3 cm. Já Brondani et al. (2014) ao avaliar miniestacas de *E. benthamii*, obtiveram uma média de 12,5 cm de comprimento de raiz.

O sistema radicular é um parâmetro muito importante a ser considerado na qualidade de mudas florestais. O bom desenvolvimento radicular, indicado pelo número e comprimento de raízes, reflete a maior área de absorção de água e nutrientes, aumentando a resistência ao estresse ambiental, o que garante maiores taxas de crescimento e sobrevivência das mudas após o plantio (FREITAS et al. 2005).

Dias et al. (2015) observaram maior número de raízes em miniestacas de *Anadenanthera macrocarpa* que foram mantidas com as folhas inteiras no experimento. Segundo estes autores, a estaca com folha inteira reduz o risco de contaminação por micro-organismos devido a não existência de lesões nas folhas e também aumenta o rendimento operacional no preparo das miniestacas. Souza e Peres (2016) observaram maior qualidade no sistema radicular das mudas de *E. dunnii* que receberam aplicação de biofertilizante à base de aminoácidos.

Para o peso de matéria fresca da parte aérea, a arquitetura folha inteira apresentou peso significativamente superior comparado à miniestaca “árvore de natal”. A miniestaca com folha inteira possui maior quantidade de folhas que podem estar imaturas, ou seja, que não produzem fotoassimilados o suficiente para suprir suas próprias necessidades de crescimento e reserva, as quais são consideradas “tecidos dreno”. Por outro lado, na miniestaca “árvore de natal”, a redução da área foliar pela eliminação de parte das folhas, que por sua vez, podem ser consideradas “tecidos dreno”, a área foliar restante pode constituir uma “fonte”, produzindo fotossintatos além de suas necessidades, os quais são remobilizados para outras partes da planta que precisam crescer (TAIZ; ZEIGER, 2004). Tais aspectos fisiológicos podem ter contribuído para o menor peso de matéria fresca da parte aérea observado na arquitetura “árvore de natal”.

Embora não tenha sido observado efeito significativo da interação e dos fatores isolados em relação à variável “IQD”, no presente estudo as mudas obtiveram o IQD mínimo (0,2) exigido para mudas de *Eucalyptus* (KRATZ et al. 2012). Quanto a arquitetura de miniestacas o maior valor foi obtido com a miniestaca de folha inteira (0,22) e para as formas de aplicação de biofertilizante o IQD variou de 0,26 para os tratamentos sem a aplicação do biofertilizante a 0,19 para a imersão por 30 minutos.

Souza e Peres (2016) ao avaliar a aplicação de biofertilizante à base de aminoácidos em mudas de *E. dunnii*, observaram que as plantas que receberam biofertilizante foram as que apresentaram o maior valor de IQD.

Apesar de ser um índice variável conforme a espécie, recomenda-se que o IQD das mudas de *Eucalyptus* seja de no mínimo 0,2. O IQD é um indicador consistente da qualidade de mudas florestais, tendo em vista que pondera parâmetros importantes utilizados na avaliação da qualidade de mudas. Embora seja um método destrutivo, seu cálculo considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda (AZEVEDO et al. 2010).

Binotto et al. (2010) obteve um IQD de 0,05 em mudas de *E. grandis* avaliadas aos 105 dias, enquanto em mudas de *Pinus elliotti*, avaliadas no mesmo período de tempo obteve-se um IQD de 0,16. Oliveira et al. (2012), ao avaliar mudas de *E. urophylla* aos 100 dias após a semeadura, obteve um IQD de 0,06. Steffen et al. (2011), relatou em seu estudo ampla variação do IQD (0,12 a 0,21) em mudas de *E. grandis* avaliadas aos 100 dias e de 0,05 a 0,20 em mudas de *Corymbia citriodora*.

De forma geral, os valores de IQD para mudas de *Eucalyptus* sp. estabilizam entre 90 e 100 dias de idade e quanto maior o valor, maior é a qualidade das mudas obtidas (GOMES et al. 2002).

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as miniestacas com folha inteira, submetidas à imersão no biofertilizante por 30 minutos resultaram em maiores médias de altura, diâmetro do colo e comprimento de raiz. Não houve efeito significativo em relação às formas de aplicação do biofertilizante e a arquitetura foliar de miniestacas para as variáveis sobrevivência, peso de matéria fresca de raiz, peso de matéria seca da parte aérea e de raiz e índice de qualidade de Dickson. O biofertilizante utilizado demonstrou eficiência e viabilidade de uso na produção de mudas clonais de *E. benthamii* por miniestaquia.

Prezando pela maior eficiência operacional, redução de mão-de-obra e aumento de produtividade no preparo das miniestacas, as miniestacas de folha inteira são mais viáveis de serem utilizadas, comparadas à miniestacas “árvore de natal”, dentro do processo de produção de mudas de *E. benthamii* por miniestaquia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa UFV, 2009. 500 p.

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007.

ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem de *Eucalyptus*. In: BOREM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema, 2007. p. 93-121.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society, Series A**, Londres, v. 160, p. 268-282, 1937.

BATISTA, A. F.; SANTOS, G. A. dos; SILVA, L. D.; QUEVEDO, F. F.; ASSIS, T. F. de. Influência da arquitetura foliar de miniestacas na propagação clonal de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 38, n. 5, p. 819-827, 2014.

BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. de O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.

BINOTTO, A. F.; LUCIO, A. D. C. e LOPES, J. S. Relações entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.

BRONDANI, G. E.; BACCARIN, F. J. B.; BERGONCI, T.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, AIB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2014.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A.; PIRES, P. P. Indolbutyric acid in gel for minicuttings rooting of *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008. DIAS, P. C.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S. de; CORREIA, A. C. G.; BARBOSA, G. A. Tipo de miniestaca e de substrato na propagação vegetativa de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 909-919, 2015.

FERNANDES, S. J. O.; TITON, M.; SANTANA, R. C.; ANTONINI, L. G.; NOGUEIRA, S. N.; FILHO, N. F. B. Sobrevivência e crescimento de mudas clonais de eucalipto em resposta à aplicação de fertilizante orgânico. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 4, p. 601 – 606, 2011.

FOGAÇA, C. M., FETT-NETO, A. G. Role of auxin and its modulators in the adventitious rooting of *Eucalyptus* species differing in recalcitrance. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 45. p. 1-10, 2005.

- FRASSETTO, E. G.; FRANCOL, E. T. H.; KIELSEI, P.; AMARAL, V. F. M. Enraizamento de estacas de *Sebastiania schottiana* Müll. Arg. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 12, p. 2505-2509, 2010.
- FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. de A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- GOULART, P. B.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Efeito dos cofatores hidroquinona, prolina e triptofano no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1017-1026, 2011.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7 ed. New York: Englewood Clipp, 2002. 880 p.
- KRATZ, D.; WENDLING, I.; PIRES, P. P. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 547-556, 2012.
- MEDEIROS, M. B.; WANDERLEY, P. A.; WANDERLEY, M. J. A. Biofertilizantes líquidos. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Natal, n. 31, p. 38-44, 2003.
- OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; DIAS, P. C.; CORREIA, A. C. G.; BORGES, S. R.; TAKAHASHI, E. K.; PAIVA, H. N. Enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* e de *Eucalyptus grandis* x *E. globulus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 507-516, 2012.
- OLIVEIRA, M. C.; VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, R. S.; PIO, R.; OLIVEIRA, N. C.; RAMOS, J. D. Enraizamento de estacas de duas cultivares de oliveira submetidas à aplicação de diferentes fertilizantes. **Bragantina**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 99-103, 2010.
- SANTANA, R. C.; DUTRA, T. R.; CARVALHO NETO, J. P.; NOGUEIRA, G. S.; GRAZZIOTTI, P. H.; BARROS FILHO, N. F. de. Influence of leaf area reduction on clonal production of *Eucalyptus* seedlings. **Cerne**. Lavras, v. 16, n. 3, p. 251-257, 2010.
- SOARES, E. R.; BASEGGIO, E. A.; SENA, S. P. D.; PEREIRA, M. D. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de cupuaçu em substrato enriquecido com biofertilizante. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 176-184, 2014.
- SOUZA, L. R.; PERES, F. S. B. Uso de biofertilizantes à base de aminoácidos na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 87, p. 211-218, 2016.
- SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; LEITE, H. G. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* HILL X *E. urophylla* S. T. black. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 67-77, 2013.
- STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; SCHIEDECK, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004 719 p.
- THOMAZ, E. L.; VESTENA, L. R. **Aspectos Climáticos de Guarapuava-PR**. Guarapuava: UNICENTRO, 2003. 106 p.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C.; REIS, G. G. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 1-7, 2003.

TRATCH, R.; BETTIOL, W. Efeito de biofertilizantes sobre o crescimento micelial e a germinação de esporos de alguns fungos fitopatogênicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1131-1139, 1997.

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

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 272 p., 2009.

Recibo em 24/04/2017

Aceito em 05/12/2017