

Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*
em substratos a base de casca de arroz carbonizadaMini-cutting technique of rooting
Eucalyptus benthamii x *E. dunnii* in carbonized rice husk substratesDagma Kratz¹, Ivar Wendling² e Patrícia Pereira Pires³**Resumo**

Objetivou-se avaliar a viabilidade técnica da utilização de diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada, pura ou em mistura com fibra de coco, substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita como componentes de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* via miniestaquia. Para tanto, foram montados 14 substratos, nos quais as miniestacas foram enraizadas para produção das mudas (60 dias em casa de vegetação, 30 dias em casa de sombra e 30 dias em área de pleno sol). Avaliou-se: 1) a sobrevivência das miniestacas, número de raízes e comprimento da maior raiz na saída da casa de vegetação; 2) a sobrevivência na saída da casa de sombra e; 3) o percentual final de enraizamento após a permanência na área de pleno sol. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a casca de arroz carbonizada pode ser utilizada pura (granulometria de 0,5 a 1 mm e em sua forma íntegra) ou em composição com vermiculita (50%) como substrato para produção de mudas do híbrido em questão via miniestaquia.

Palavras-chave: Eucalipto; enraizamento de miniestacas; clonagem; substratos renováveis; propagação vegetativa.

Abstract

This study aimed to evaluate the technical feasibility of the use of different textures of carbonized rice husk, pure or mixed with coconut fiber, commercial substrate of pine bark and vermiculite as components of substrates for the production of *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* via minicutting. For this purpose, 14 substrates were mounted, in which the cuttings were rooted to the nursery (60 days in a greenhouse, 30 days in the shade and 30 days in the area of full sun). We evaluated: 1) the survival of the shoots, root number and length of roots at the time of leaving the greenhouse; 2) survival when leaving the shade house and; 3) the rooting percentage after exposure to full sun. Based on the results obtained; rice hulls may be used pure (particle size 0.5 to 1 mm) or mixed with vermiculite (50%) as a substrate for rooting these hybrid mini-cuttings

Keywords: *Eucalyptus*; rooting cuttings; cloning; renewable substrates; vegetative propagation.

INTRODUÇÃO

A produção de mudas de *Eucalyptus* está consolidada e bem desenvolvida na propagação clonal, tendo a miniestaquia como principal técnica (WENDLING; DUTRA, 2010). No entanto, mesmo com o avanço da técnica, ainda são observadas diferenças entre as várias espécies do gênero quanto ao percentual de enraizamento (MELO *et al.*, 2011) e a necessidade de estudos para uma série delas.

Segundo dados levantados por Paludzyszyn Filho *et al.* (2006), as espécies de *Eucalyptus* eco-

nomicamente importantes para as condições mais frias do Brasil constituem um grupo muito restrito, e dentre estas, o *E. benthamii* e o *E. dunnii*, apresentam boa aptidão. Porém, praticamente todas as espécies tolerantes ao frio, são consideradas recalcitrantes ao enraizamento, o que dificulta o uso dessas fontes genéticas em programas clonais visando à resistência ao frio (ASSIS; MAFIA, 2007).

O conhecimento dos fatores que influenciam no enraizamento de propágulos vegetativos é essencial para o sucesso da propagação clonal e, dentre estes, o substrato utilizado tem participa-

¹Engenheira Florestal, doutoranda em Engenharia Florestal. UFPR - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Rua Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). E-mail: dagkratz@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal, Pesquisador Doutor. Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo, PR. E-mail: ivar.wendling@embrapa.br

³Engenheira Florestal, Doutoranda em Engenharia Florestal. UnB - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Caixa Postal 04357, CEP 70919-970, Brasília, DF. E-mail: pirespatricia@unb.br

ção direta, tendo como função sustentar e permitir um bom suprimento de oxigênio e de água para a base da estaca e para o desenvolvimento do sistema radicial (HARTMANN *et al.*, 2011).

Na estaquia, recomenda-se a utilização de substratos que apresentem maior porosidade, em vista da maior umidade do ambiente de enraizamento, porém, tem-se o problema da falta de agregação das raízes quando é utilizado somente substrato muito poroso. Como dificilmente um material isolado apresentará todas as características desejadas de um bom substrato, recomenda-se que seja feita a mistura de dois ou mais materiais para sua formulação (WENDING; DUTRA, 2010). Ressaltando que as propriedades químicas e físicas da mistura resultante não são sempre iguais à soma das suas partes (HANDRECK; BLACK, 1994; REED, 1996).

Ao se referir as propriedades físicas, o tamanho das partículas tem influência determinante sobre o volume de água e ar retido do substrato, onde altas proporções de partículas maiores tornam o meio com alto espaço de aeração, enquanto partículas menores fecham os poros, aumentando a capacidade de retenção de água e diminuindo o espaço de aeração (FERMINO, 2003).

Os elementos mais frequentemente utilizados como substrato para promoção do enraizamento são: vermiculita, areia, casca de arroz carbonizada, moinha de carvão, turfa, serragem, terriço, fibra de coco, casca de *Pinus* e diversas misturas desses constituintes (CALDEIRA *et al.*, 2011).

No mercado podem ser encontrados substratos prontos para produção de mudas por estaquia e miniestaquia, sendo a principal produto comercializado, a casca de pinus semidecomposta e vermiculita (9:1, v/v) (CALDEIRA *et al.*, 2011). Entretanto, atualmente, destaca-se a baixa oferta de casca de *Pinus* para fabricação de substratos, devido à competição com o mercado de energia e a diminuição de plantios do gênero *Pinus* no Brasil (ABRAF, 2010), bem como, a necessidade premente do aumento no número de mudas a serem produzidas. Além disso, a possibilidade de uso da casca de arroz carbonizada pura como substrato, somente combinando diferentes granulometrias para atingir características físicas propícias para um bom enraizamento, torna-se extremamente interessante uma vez que é um resíduo renovável e totalmente inerte.

Baseado nisso e na importância do substrato e da utilização de materiais renováveis para sua formulação, este estudo objetivou avaliar a viabilidade técnica da utilização de materiais

renováveis e vermiculita como componentes de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* via miniestaquia.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparo dos substratos e análises laboratoriais

Foram utilizados a casca de arroz carbonizada em sua forma íntegra (CAC), casca de arroz carbonizada com granulometria maior que 2 mm (CAC1), casca de arroz carbonizada com granulometria entre 1 – 2 mm (CAC2), casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 – 1 mm (CAC3), casca de arroz carbonizada com granulometria menor que 0,5 mm (CAC4), fibra de coco (FC), dois substratos comerciais a base de casca de pinus e vermiculita (SC1 e SC2), e vermiculita média (VM) como material padrão não renovável para a formulação de 14 substratos (S), conforme as seguintes composições: S1= CAC, S2= CAC1, S3= CAC2, S4= CAC3, S5= CAC4, S6= FC, S7= CAC2/ FC (1/1, v:v), S8= CAC3/FC (1/1, v:v), S9= CAC3/ FC (9/1, v:v), S10= CAC4/ FC (3/1, v:v), S11= CAC4/FC (9/1, v:v), S12= CAC/ VM (1/1, v:v), S13= SC1 e S14= SC2.

Para a obtenção das granulometrias de casca de arroz carbonizada foram utilizadas quatro peneiras com as seguintes malhas: maior que 2 mm; entre 1 e 2 mm; de 0,5 a 1 mm e menor que 0,5 mm.

Aos diferentes materiais foi incorporada adubação de base (6,6 kg m⁻³ de NPK (4-14-8); 3,3 kg m⁻³ de Super Fosfato Simples (20% de P₂O₅ e 14% de SO₄) e 0,8 kg m⁻³ de FTE-BR12 (9% Zn, 3% Fe, 2% Mn, 0,1% Mo, 1,8% B, 0,8% Cu).

A caracterização física e química dos substratos foi realizada no laboratório de Solos da Embrapa Florestas, Colombo (PR), conforme a metodologia descrita na Instrução Normativa n° 17 do Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (BRASIL, 2007), onde foram analisadas a densidade aparente (Dap), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e capacidade de troca catiônica (CTC).

Miniestaquia

O experimento foi realizado no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas em Colombo, PR (25° 20' S e 49° 14' W, 950 m), de setembro a dezembro de 2009.

As brotações utilizadas para o preparo das miniestacas foram provenientes de minicepas de híbridos de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cambridge x *E. dunnii* Maiden, propagados pela técnica de estaquia convencional (macroestaquia), e cultivadas em sistema semi-hidropônico em canaletão (BRONDANI, 2008). As minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento, a qual foi distribuída três vezes ao dia a uma vazão total diária de 5 L m⁻². A solução nutritiva foi composta por monoamônio fosfato (0,04 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,40 g L⁻¹), nitrato de potássio (0,44 g L⁻¹), sulfato de amônio (0,31 g L⁻¹), cloreto de cálcio (0,79 g L⁻¹), ácido bórico (2,88 mg L⁻¹), sulfato de manganês (3,70 mg L⁻¹), molibdato de sódio (0,18 mg L⁻¹), sulfato de zinco (0,74 mg L⁻¹) e hidróferro em pó (81,80 mg L⁻¹). A temperatura média do ar, no mês da coleta das brotações foi de 20, 8 °C (máxima de 28,5 e mínima de 13,1 °C).

As brotações foram coletadas no período matinal e durante todo o processo, foram armazenadas em caixas de isopor contendo água, a fim de se minimizar a perda da turgescência celular dos tecidos vegetais. As miniestacas foram preparadas deixando-se o ápice e dois pares de folhas com redução de aproximadamente 50% da área foliar e comprimento médio de 7 cm (\pm 1 cm). Após o preparo, a região basal das miniestacas foi imersa em solução contendo 2000 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (AIB) e, em seguida, foram introduzidas em tubetes de 55 cm³, com a inserção de aproximadamente 2 cm da região basal nos diferentes substratos formulados.

As bandejas contendo os tubetes com as miniestacas foram acondicionadas em casa de vegetação com temperatura (20 a 30 °C) e irrigação por nebulização com umidade relativa do ar (superior a 80%) controladas automaticamente por termostato e umidostato, respectivamente, permanecendo por 60 dias.

Após o período de enraizamento, o material foi transferido para a casa de sombra, visando a aclimação (50% de sombreamento e irrigação por microaspersão, com nove irrigações diárias com duração de 1 minuto e vazão de 144 L hora⁻¹), permanecendo por 30 dias. Em seguida, as miniestacas foram transferidas para a área de pleno sol visando sua rustificação, onde foram expostas diretamente ao sol e irrigação por microaspersão (quatro irrigações diárias de 30 minutos com vazão de 97 L hora⁻¹), onde permaneceram por 30 dias.

Na saída da casa de vegetação avaliou-se a sobrevivência das miniestacas (SSCV), o número de raízes (NR), o comprimento da maior raiz (C > R) e o comprimento total de raízes (CTR); na saída da casa de sombra avaliou-se a sobrevivência (SSCS) e, no final do período de exposição a pleno sol, o percentual de enraizamento a pleno sol (EAPS).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 14 tratamentos e 5 repetições de 12 miniestacas. Inicialmente os dados foram submetidos ao teste de Bartlett (p<0,05), a fim de verificar a condição de homogeneidade de variâncias e, em seguida submetidos a análise de variância (ANOVA) (p<0,01 e p<0,05) e o teste de Scott-Knott (p<0,01 e p<0,05) para a comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Miniestaquia

A análise de variância revelou efeito significativo do substrato para todas as variáveis analisadas ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 1).

Os substratos que proporcionaram maior sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação, também o fizeram na saída de casa de sombra e enraizamento a pleno sol, ou seja, não

Tabela 1. Resultados da ANOVA para sobrevivência na saída da casa de vegetação (SSCV), saída da casa de sombra (SSCS), enraizamento a pleno sol (EAPS), número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR).

Table 1. ANOVA results for survival when leaving the greenhouse (SSCV); survival when leaving the shade house (SSCS); and in full sunlight (EAPS); number of roots (NR); longest root length (CMR) and total length of roots (CTR).

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		SSCV	SSCS %	EAPS	NR (miniestaca ⁻¹)	CMR (cm miniestaca ⁻¹)	CTR
Substratos	13	399,36 **	482,54**	406,54**	1,86**	4,27**	150,73**
Resíduo	56	17,67	13,41	28,20	0,05	0,13	1,78
Média	-	58,3	41,9	39,7	2,1	7,4	16,3
CV _{exp.} (%)	-	7,22	8,7	13,3	10,9	5,0	8,2

** valor significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F. ns valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. GL = graus de liberdade, CV_{exp.}(%) = coeficiente de variação experimental.

alteraram seu comportamento independente do ambiente. A partir disso, analisando apenas o enraizamento a pleno sol, os substratos CAC, CAC3 e CAC/VM (1/1, v:v) induziram maiores valores de enraizamento, com média de 54%. As demais granulometrias de casca de arroz utilizadas, combinadas ou não com fibra de coco, bem como, os substratos comerciais apresentaram menores taxas de enraizamento (Tabela 2). Sabendo que a casca de arroz sem peneiramento não apresentou diferença significativa em relação à casca de arroz com granulometria entre 1 e 2 mm, para aquelas variáveis, não se justifica o uso de peneiras no preparo desse substrato, reduzindo o custo com mão-de-obra e o tempo para seu preparo. Destaca-se também que, a adição de vermiculita a casca de arroz carbonizada, tão difundida na miniestaquia de *Eucalyptus* (ALFENAS *et al.*, 2009), não se faz necessária para esse híbrido, pois essa combinação também apresentou resultados de enraizamento iguais a casca de arroz pura sem peneiramento.

A casca de arroz pura também apresentou resultados promissores para Silva *et al.* (2012), os quais verificaram na miniestaquia do híbrido *E. urophilla* x *E. grandis* que esse substrato proporcionou a formação de 100% de mudas aptas para plantio, com qualidade boa e ótima do sistema radicial, qualidade essa relacionada a maior agregação do substrato as raízes

Os menores valores de sobrevivência e enraizamento resultantes do substrato comercial

para o híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii* (Tabela 2), corroboram com os resultados obtidos por Rosa *et al.* (2009) para a espécie *E. dunnii* também utilizando esse substrato. Pode-se deduzir que as necessidades da espécie *E. dunnii* quanto as características físicas e químicas do substrato foram similares para o híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii*, fazendo com que as condições fornecidas pelo substrato comercial resultassem em aumento de mortalidade.

Na combinação de casca de arroz carbonizada e vermiculita, Brondani *et al.* (2008; 2010a; 2010b) obtiveram bons resultados de sobrevivência de miniestacas para o híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii*. No entanto, o enraizamento das miniestacas verificado por Brondani *et al.* (2010b) em área a pleno sol foi baixo (entre 10% e 20%) na época de primavera, menor que o encontrado no presente estudo, o qual apresentou enraizamento de 52% para o mesmo híbrido, mesmo substrato, na mesma estação do ano.

Segundo Assis e Máfia (2007) as espécies que compõem o híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii* possuem histórico de recalcitrância ao enraizamento, característico de espécies subtropicais, o que dificulta o uso destes materiais genéticos em programas clonais visando à resistência ao frio, pois são desconhecidas as condições ambientais envolvidas, bem como a fisiologia de enraizamento dessas espécies. Desta forma, pode-se admitir que os resultados de enraizamento finais obtidos neste estudo são promissores.

Tabela 2. Número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR), comprimento total de raízes (CTR), sobrevivência na saída de casa de vegetação (SSCV), sobrevivência na saída de casa de sombra (SSCS) e enraizamento na área a pleno sol (EAPS) de miniestacas de *E. benthamii* x *E. dunnii*.

Table 2. Number of roots (NR); longest root length (CMR); total length of roots (CTR); survival at leaving the greenhouse (SSCV); survival in the shade house (SSCS) and in full sunlight (EAPS) of mini-cuttings of *E. benthamii* x *E. dunnii*.

Substratos	NR	CMR	CTR	SSCV	SSCS	EAPS
	(muda ⁻¹)	(cm)	(cm)		%	
CAC	3,0 c	8,5 b	17,8 c	64,0 b	56,0 b	50,0 a
CAC1	3,0 c	7,9 c	15,6 d	54,0 c	46,0 c	40,0 b
CAC2	3,0 c	5,8 g	12,5 e	40,0 d	32,0 f	29,0 d
CAC3	3,0 c	7,2 d	13,8 e	74,0 a	62,0 a	60,0 a
CAC4	3,0 c	6,6 e	10,0 f	45,0 d	26,0 f	26,0 d
FC	3,0 c	7,7 c	19,0 b	62,0 c	34,0 e	32,0 c
CAC2/ FC (1/1, v:v)	4,0 b	7,3 d	18,5 c	60,0 c	42,0 c	36,0 b
CAC3/ FC (1/1, v:v)	3,0 c	7,3 d	12,6 e	60,0 c	40,0 d	36,0 b
CAC3/ FC (9/1, v:v)	3,0 c	6,3 f	13,0 e	56,0 c	40,0 d	39,0 b
CAC4/ FC (3/1, v:v)	4,0 b	7,9 c	19,8 b	59,0 c	44,0 c	42,0 b
CAC4/ FC (9/1, v:v)	3,0 c	7,2 d	16,0 d	58,0 c	38,0 d	38,0 b
CAC/ VM (1/1, v:v)	5,0 a	8,3 c	32,0 a	72,0 a	52,0 b	52,0 a
SC1	2,0 d	6,8 e	11,2 f	52,0 d	36,0 d	33,0 c
SC2	3,0 c	9,3 a	15,6 d	58,0 c	42,0 c	42,0 b

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. CAC - Casca de arroz carbonizada; CAC1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria maior que 2 mm; CAC2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 1 - 2 mm; CAC3 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 - 1 mm; CAC4 - Casca de arroz carbonizada com granulometria menor que 0,5 mm; FC - Fibra de Coco; SC 1 e SC 2 - Substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita.

No que se refere ao número e comprimento total de raízes, bem como, para sobrevivência e enraizamento, verificou-se que o substrato casca de arroz carbonizada com vermiculita (CAC/VM - 1:1, v:v), proporcionou maiores valores. Já para o comprimento da maior raiz, o substrato comercial, a base de casca de pinus semidecomposta (SC2), foi superior (Tabela 2). A mensuração dessas variáveis é de grande importância, visto que o crescimento das plantas em campo, após o plantio definitivo, está diretamente relacionado ao vigor radicial (DAVIS; JACOBS, 2005).

Os resultados encontrados neste estudo, corroboram com Xavier *et al.* (2009), os quais afirmam que em espécies de difícil enraizamento, o substrato pode influenciar tanto no percentual de enraizamento quanto na qualidade do sistema radicial formado. A partir disso e dos resultados encontrados no presente estudo, descarta-se a necessidade da adição de vermiculita à casca de arroz carbonizada para o melhor desenvolvimento do sistema radicial, bem como, um melhor comportamento das mudas em campo.

No que se refere ao número e comprimento total de raízes, verificou-se superioridade do substrato casca de arroz carbonizada/vermiculita (CAC/VM - 1:1, v:v), enquanto que para o comprimento da maior raiz, o substrato comercial a base de casca de pinus semidecomposta) se destacou (Tabela 2). Esta resposta, além das propriedades físicas dos substratos, está também ligada ao manejo de irrigação da casa de vegetação, ou seja, da disponibilidade de água e ar nos diferentes substratos. Entretanto, todos os substratos receberam a mesma irrigação, logo, a quantidade de água recebida nos diferentes tratamentos, pode não ter sido a mais adequada, prejudicando o potencial de enraizamento da espécie. A nutrição do substrato influencia no crescimento e vigor radicial de mudas (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004), embora não seja tão importante na fase de indução do enraizamento. Assim sendo, possíveis melhorias nas características de vigor radicial avaliadas poderão ser obtidas com ajustes na nutrição e, desta forma, aceita-se que os substratos que promoveram melhor enraizamento poderão ser os indicados para a espécie, com necessidade de ajustes futuros em termos de nutrição dos mesmos.

Para *E. grandis*, Titon *et al.* (2002) constataram que a mistura de casca de arroz carbonizada com vermiculita (1:1 v/v) proporcionou bom desenvolvimento do sistema radicial, média de 3 raízes e 40 cm de comprimento total de raízes,

resultados semelhantes aos observados neste estudo para o mesmo substrato. Já para *E. saligna*, o uso da casca de arroz carbonizada não resultou em melhor desenvolvimento de raízes (FREITAS *et al.*, 2006), enquanto que para *Ilex paraguariensis*, Brondani *et al.* (2009) verificaram os melhores resultados nas miniestacas enraizadas nos substratos a base de casca de pinus e casca de arroz carbonizada/substrato comercial a base de casca de pinus (1:1 v/v), e os resultados inferiores na fibra de coco. Desta maneira, percebe-se que não há um substrato perfeito para todas as condições e espécies, sendo sempre necessário realizar ajustes nas propriedades, a fim de chegar ao mais adequado para espécie em questão.

Propriedades físico-químicas dos substratos

A redução no tamanho das partículas de casca de arroz carbonizada proporcionou um aumento da densidade aparente e microporosidade e uma diminuição proporcional na porosidade total e macroporosidade. Ao mesmo tempo, a adição de fibra de coco nas diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada proporcionou diferentes respostas, dependendo da granulometria do material, podendo diminuir ou aumentar a densidade e porosidade (Tabela 3), corroborando com a informação de que as propriedades químicas e físicas da mistura resultante não são sempre iguais à soma das suas partes (HANDRECK; BLACK, 1994; REED, 1996).

Os substratos a base de diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada apresentaram pH mais elevado, enquanto que para a fibra de coco e os substratos comerciais a base de casca de pinus, verificou-se os menores valores. A diminuição das granulometrias de casca de arroz carbonizada ocasionou um pequeno aumento nos valores de condutividade elétrica e capacidade de troca catiônica, onde para esta última variável, os maiores valores foram verificados nos substratos comerciais a base de casca de pinus e de fibra de coco (Tabela 3).

Para a casca de arroz carbonizada, valores semelhantes para a porosidade total e pH foram encontrados por Guerrini e Trigueiro (2004), porém para as características macro (56,6 %) e microporosidade (24,1 %) os resultados desses autores foram o inverso daqueles observados neste trabalho. Segundo Almeida (2005) as propriedades físicas da casca de arroz carbonizada podem variar conforme o manejo adotado na

Tabela 3. Densidade aparente (Dap), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e capacidade de troca catiônica (CTC).

Table 3. Bulk density (Dap); total porosity (Pt); macro porosity (Macro); micro porosity (Micro); hydrogen ionic potential (pH); electrical conductivity (CE) and cat ion exchange capacity (CTC).

Substrato	Dap.	Pt	Macro	Micro	pH	CE	CTC
	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)	(H ₂ O)	mS cm ⁻¹	(mmolc dm ⁻³)
CAC	0,29	72,03	27,74	44,29	8,58	1,48	37,60
CAC1	0,19	53,08	30,25	22,83	8,51	1,26	85,60
CAC2	0,26	63,17	32,08	31,10	8,47	1,30	68,80
CAC3	0,33	54,33	11,27	43,06	8,47	1,68	79,60
CAC4	0,32	51,98	5,32	46,66	8,44	1,94	79,80
FC	0,41	58,67	21,61	37,05	5,81	0,74	257,60
CAC2/ FC (1/1, v:v)	0,27	53,51	7,62	45,88	6,63	0,71	259,20
CAC3/ FC (1/1, v:v)	0,24	54,85	14,42	40,44	6,99	0,46	210,00
CAC3/ FC (9/1, v:v)	0,23	60,38	14,48	45,89	7,72	0,29	116,20
CAC4/ FC (3/1, v:v)	0,34	62,79	7,15	55,63	7,34	0,41	125,20
CAC4/ FC (9/1, v:v)	0,38	61,73	5,60	56,13	7,78	0,25	103,00
CAC/ VM (1/1, v:v)	0,36	60,32	16,57	43,75	8,12	1,10	127,20
SC1	0,49	49,31	14,38	42,93	6,06	0,76	438,40
SC2	0,42	47,81	3,45	44,37	5,30	1,21	359,00

CAC - Casca de arroz carbonizada; CAC1 - Casca de arroz carbonizada com granulometria maior que 2 mm; CAC2 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 1 – 2 mm; CAC3 - Casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 – 1 mm; CAC4 - Casca de arroz carbonizada com granulometria menor que 0,5 mm; FC - Fibra de Coco; SC 1 e SC 2 - Substrato comercial a base de casca de pinus e vermiculita.

sua carbonização e a procedência do material. Para Stringheta *et al.* (1997) a porosidade total da casca de arroz carbonizada foi de 64%, enquanto que para Almeida (2005) foi de 87,6% e Gonçalves e Poggiani (1996) de 82%. Tal fato pode estar relacionado ao tamanho das partículas dos materiais analisados, o qual está diretamente associado ao tempo de carbonização da casca, sendo que quanto maior este tempo, menor será o tamanho das partículas e, conseqüentemente maior porosidade. As características químicas também podem variar conforme o manejo adotado no processo de carbonização. Baitell *et al.* (2008) observaram que com o aumento no tempo de carbonização da casca de arroz ocorre elevação no pH do substrato formado, variando de 4,37 no menor tempo (18 min) até 9,05 no maior tempo (53 min), devido ao aumento dos teores de óxidos.

Quanto aos substratos comerciais à base de casca de pinus semidecomposta, verificou-se diferença entre os dois analisados (Tabela 3), diferentes ainda dos resultados encontrados por Wendling *et al.* (2007), apresentando o substrato comercial a base de casca de pinus semidecomposta, porosidade total com 74,5 %, macroporosidade de 48,4 %, microporosidade de 31,0 % e pH 4,8. Essa grande variação pode estar associada ao preparo do substrato na indústria, principalmente devido ao tempo de compostagem do material, que pode ser variável.

Para a macroporosidade nenhum dos substratos analisados enquadraram-se dentro da faixa

considerada adequada (35-45%), onde a maior parte dos substratos apresentaram baixos valores (<20), conforme indicações de Gonçalves e Poggiani (1996). No entanto, deve-se ressaltar que estes autores indicaram valores para produção de mudas seminais, podendo não ser o mais adequado para mudas clonais. Apesar de estarem fora da faixa considerada adequada por Gonçalves e Poggiani (1996), os substratos casca de arroz carbonizada, casca de arroz carbonizada/vermiculita média e casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5 – 1 mm apresentaram os maiores valores para o percentual de enraizamento na área de pleno sol. Ao se referir ao vigor radicial, número de raízes e comprimento total de raízes, o substrato casca de arroz carbonizada/vermiculita média apresentou maior valor (Tabela 3).

Quanto à microporosidade, apenas o substrato casca de arroz carbonizada com granulometria maior que 2 mm apresentou baixo valor (<25%), onde os demais tratamentos estão dentro ou próximo da faixa considerada adequada (45-55%) por Gonçalves e Poggiani (1996). Segundo Gonçalves *et al.* (2000), substratos com maior microporosidade (maior capacidade de retenção de água) requerem maior rigor no controle de irrigação, com o intuito de evitar o encharcamento.

Os resultados obtidos com as diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada, corroboram com Fermino (2003), o qual cita que o tamanho das partículas tem influência deter-

minante sobre o volume de água e ar do substrato, onde altas proporções de partículas maiores tornam o meio com alto espaço de aeração, enquanto partículas menores fecham os poros, aumentando a microporosidade, diminuindo a macroporosidade. Neste sentido, a adição de fibra de coco a substratos com menor capacidade de retenção de água, pode reduzir substancialmente a necessidade de irrigações ao longo do dia, principalmente no inverno, quando a taxa de transpiração é menor. Schmitz *et al.* (2002) observaram que a adição de casca de arroz carbonizada à turfa reduziu o excesso de água, amenizando os problemas com excesso de umidade apresentados por esse material orgânico.

Quanto ao pH, observa-se que segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996), apenas os substratos comerciais a base de casca de pinus semidecomposta e fibra de coco estão dentro da faixa adequada (5,5-6,5) (Tabela 5) e segundo a recomendação de Kämpf (2005) (5,2 e 5,5), apenas o SC2 (5,30) apresentou pH adequado. No entanto, segundo Bailey *et al.* (2004), quando utiliza-se substratos orgânicos, sem solo, a recomendação é trabalhar em um intervalo de pH entre 4,4 e 6,2 para a maioria dos substratos. Segundo Valeri e Corradini (2000), em substratos com pH abaixo de 5,0 pode ocorrer a deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro, enquanto que em pH acima de 6,5 são esperados deficiências de fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre.

Entretanto, apesar de apresentar alto pH (8,12), o substrato casca de arroz carbonizada/vermiculita média, proporcionou um maior comprimento total de raízes (32 cm), superior aos demais substratos. Na área de pleno sol, as miniestacas produzidas nos substratos CAC/VM (pH 8,12), CAC (8,58) e CAC3 (8,47) apresentaram as maiores porcentagens de enraizamento, demonstrando uma boa aceitação deste híbrido a valores de pH mais elevados do que os tradicionalmente recomendados. Contudo, não se pode concluir que o pH elevado é o mais indicado para a produção de mudas via miniestaqueia de *E. benthammi* x *E. dunni*, sendo ainda necessário novos estudos para confirmar esta suposição.

Em termos da condutividade elétrica todos os substratos avaliados apresentaram baixos valores (Tabela 3). Os valores de condutividade elétrica indicados variam entre espécies, cultivares e clones, mas de maneira geral, para as espécies florestais, ela deve estar entre 1,5 a 3,0

mS cm⁻¹ (BUNT, 1988; RODRIGUES, 2002). Segundo os mesmos autores, os altos valores de condutividade elétrica, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pêlos radiculares, impedindo a absorção de água e nutrientes, influenciando na atividade fisiológica, debilitando a planta, e conseqüentemente, favorecendo a incidência e a severidade de alguns patógenos. De modo geral, deve-se preferir substratos com menor condutividade elétrica ao invés de maior, uma vez que, com a nutrição a ser aplicada durante o processo de produção das mudas, naturalmente haverá um aumento destes valores.

No que se refere à capacidade de troca catiônica, todos os substratos contendo apenas casca de arroz carbonizada e aquele contendo casca de arroz carbonizada /vermiculita média apresentaram baixa CTC (abaixo de 100 mmolc dm⁻³), enquanto que os substratos com a presença de fibra de coco e substratos a base de casca de pinus semidecomposta, apresentaram CTC adequada (acima de 200 mmolc dm⁻³) conforme a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996) (Tabela 3). Esta característica é uma das mais importantes do substrato, pois reflete a capacidade de reter nutrientes para as plantas, principalmente na fase de crescimento das mudas, após o enraizamento. Segundo Kämpf (2005), problemas de substratos com alta ou baixa capacidade de retenção de nutrientes podem ser contornados, em parte, pelo uso de misturas com componentes que apresentem maior valor de CTC, como a fibra de coco e casca de pinus semidecomposta, utilizadas nesse estudo. No entanto, os efeitos negativos dos baixos valores de CTC podem ser contornados com adubações mais frequentes e com menores dosagens de nutrientes por aplicação nos processos de produção das mudas.

Na Tabela 3, pode-se observar que as propriedades físicas e químicas dos substratos que proporcionaram maior enraizamento na área de pleno sol (CAC, CAC3 e CAC/VM), são semelhantes, evidenciando que as características do material utilizado influenciam no enraizamento. No entanto, nenhuma correlação significativa foi observada entre as propriedades físico-químicas dos substratos com as variáveis biométricas das mudas (Tabela 4), demonstrando que a combinação dos fatores é mais importante do que os fatores individuais na produção de mudas do híbrido em estudo.

Tabela 4. Correlação de Pearson entre as variáveis biométricas das miniestacas de *E. benthamii* x *E. dunnii* e as propriedades físico-químicas dos substratos. Sobrevivência na saída de casa de vegetação (SSCV), casa de sombra (SSCS) e enraizamento na área a pleno sol (EAPS), número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR), densidade aparente (Dap), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), capacidade de troca catiônica (CTC) e potencial hidrogeniônico (pH).

Table 4. Pearson's correlation between the biometric variables of *E. benthamii* x *E. dunnii* mini-cuttings and physicochemical properties of substrates. Survival when leaving the greenhouse (SSCV); when leaving the shade house (SSCS) and in full sunlight (EAPS); number of roots (NR); longest root length (CMR) and total root length (CTR); bulk density (Dap); total porosity (Pt); macro porosity (Macro); micro porosity (Micro), cat ion exchange capacity (CTC) and hydrogen ionic potential (pH).

	Dap	Pt	Macro	Micro	pH	CTC
SSCV	0,14 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,03 ^{ns}
SSCS	-0,13 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
EAPS	-0,01 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
NR	-0,12 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,20 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
CMR	0,25 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	0,20 ^{ns}
CTR	0,12 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,10 ^{ns}

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a casca de arroz carbonizada pode ser recomendada pura (granulometria de 0,5 a 1 mm e em sua forma íntegra) ou em composição com vermiculita (50%) como substrato para produção de mudas do híbrido de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* via miniestaquia

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário estatístico ABRAF 2010, ano Base 2009. Brasília: ABRAF, 2010. 140p.

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. *Clonagem e doenças do eucalipto*. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442p.

ALMEIDA, L.S. *Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos*. 2005. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

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

BAILEY, D.A.; FONTENO W.C; NELSON, P.V. *Greenhouse substrates and fertilization*. Raleigh: North Caroline State University, 2004.

BAITELL, D.P.; CALDEIRA, M.V.W.; LOMBARDI, K.C. Carbonização de casca de arroz para uso em substratos: influência do tempo de processamento na variação de pH. In: FERTIBIO. 2008, Londrina. **Resumo expandido...** Londrina: Editora Universidade Estadual de Londrina, 2008. CD ROM

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa SDA N° 17 - Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. *Diário Oficial da União*, Brasília, Seção 1, n.99, 24 de maio de 2007.

BRONDANI, G.E. *Miniestaquia e micropropagação de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden*. 2008. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

BRONDANI, G.E.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; ARAÚJO, M. 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.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L.F. 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.

BRONDANI, G.; WENDLING, I.; ARAÚJO, M.A.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E.L.; ROVEDA, L.F. Composições de substratos e ambientes de enraizamento na estaquia de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. *Floresta*, Curitiba, v. 39, n.1, p.41-49, 2009.

- BRONDANI, G.E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M.A.; PIRES, P.P. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, Piracicaba, v.9, n.2, p.153-158, 2008.
- BUNT, A.C. **Media and mixes for container grown plants: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants**. London: Unwin Hyman, 1988. 309p.
- CALDEIRA, M.V.W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R.M.; GONÇALVES, E.O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P.A. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: CALDEIRA, M.V.W.; GARCIA, G.O.; GONÇALVES, E.O.; ARANTES, M. CHAVES, D.; FIEDLER N.C. **Contexto e Perspectivas da Área Florestal no Brasil**. Alegre: Suprema, 2011, p.141-160.
- DAVIS, A.S.; JACOBS, D.F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, Dordrecht, v.30, p.295-311, 2005.
- FERMINO, M.H.O. Uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C (Ed.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.29-37.
- FREITAS, T.A.S.; BARROSO, D.; CARNEIRO, J.G.A.; PENCHEL, M.; FIGUEIREDO, F. A.M.M.A. Mudas de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.519-528, 2006.
- GONÇALVES, L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Resumos...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.
- GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.D.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.
- GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.6, p.1069-1076, 2004.
- HANDRECK, K.A.; BLACK, N.D. **Growing media for ornamental plants and turf**. Randwick: University of New South Wales Press, 1994.
- HARTMANN, H.T. KESTER, D.; DAVIS, F.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices**. 8ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915p.
- KÄMPF, A.N. Substrato. In: _____. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. p.45-72.
- MELO, L.A.; XAVIER, A.; PAIVA, H.N.; BORGES, S.R. Otimização do tempo necessário para o enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n.4, p.759-767, 2011.
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T.; FERREIRA, C.A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45p. (Documentos, 129).
- REED, D.W. **A grower's guide to water, media and nutrition for greenhouse crops**. Batavia: Ball Publishing, 1996. 314p.
- RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762p.
- ROSA, L.S.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; REISSMANN, C.B. Efeito da dose de nitrogênio e de formulações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.6, p.1025-1035, 2009.
- SCHMITZ, J.A.K.; SOUZA, P.V.D.; KÄMPF, A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.
- SILVA, R.B.G.; SIMÕES, D.; SILVA, M.R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.3, p.297-302, 2012.
- STRINGHETA, A.C.O.; RODRIGUES, L.A.; FONTES, L.E.F.; COSTA, C.A. Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada como condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, N.1, p.155-159, 1997.

- TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W.C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.665-673, 2002.
- VALERI, S.V., CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.167.189.
- 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 .
- WENDLING, I.; GUASTALA, D; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.2, p.209-220, 2007.
- XAVIER A., WENDLING I. SILVA. R.L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: editora UFV, 2009. 272p.

Recebido em 04/11/2011
Aceito para publicação em 17/10/2012