

# ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE DOIS SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO

Jane Luísa Wadas Lopes<sup>1</sup>, Iraê Amaral Guerrini<sup>2</sup>, João Carlos Cury Saad<sup>3</sup>, Magali Ribeiro da Silva<sup>4</sup>

(recebido: 30 de outubro de 2007; aceito: 24 de outubro de 2008)

**RESUMO:** Objetivou-se, nesta pesquisa, avaliar a viabilidade, através das características químicas e físicas, de um substrato comercial composto por casca de pinus e vermiculita (CPV) e a sua mistura com 30 % de fibra de coco (MIX), na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* sob diferentes lâminas brutas de irrigação: 6, 8, 10, 12 e 14 mm dia<sup>-1</sup>. Nos dois substratos foram avaliados, antes e após a produção das mudas aos 105 dias após a semeadura, os teores totais de C, N e M.O., pH e a CE, os teores disponíveis de macronutrientes (P, K, Ca, S, Mg) e de micronutrientes (B, Fe, Mn, Cu e Zn) bem como a porosidade total, a densidade e a retenção de água. Os resultados antes da produção das mudas mostraram que os substratos apresentaram algumas propriedades distintas daquelas citadas como ideais para produção em recipientes com irrigação e fertilização. Após a produção das mudas CPV registrou os maiores acúmulos de nutrientes e MIX os menores, atribuídos à maior lixiviação nesse substrato. Contudo, ambos os substratos foram considerados viáveis para produção de mudas de eucalipto.

Palavras-chave: *Eucalyptus grandis*, viveiro, manejo hídrico.

## CHEMICAL AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF TWO SUBSTRATUM FOR EUCALYPT SEEDLING PRODUCTION

**ABSTRACT:** This work evaluated the viability of one commercial substrate with pinus bark, vermiculite and 30 % of coconut fiber for *Eucalyptus grandis* seedlings production under different water management: 6, 8, 10, 12 e 14 mm day<sup>-1</sup>. In relation to the substrates, it was evaluated, before and after the seedlings production, the total content of carbon, nitrogen and organic substances, pH and EC of the extract, the content of macronutrients (P, K, Ca, S, Mg) and micronutrients (B, Fe, Mn, Cu, Zn), as well as total porosity, density and water retention. It was evaluated the macro and micronutrients accumulation in the roots and in the aerial part of the seedlings, 105 days after sowing. It was concluded that the substrates presented some distinct properties of those cited as ideal for production in containers with irrigation and fertilization. At the end of the production process, both substrates registered nutrient content little influenced by water management what would guarantee the initial development of the plants in the field.

Key words: *Eucalyptus grandis*, nursery, irrigation.

### 1 INTRODUÇÃO

O êxito da implantação florestal começa pela obtenção de mudas de boa qualidade, garantida em boa parte pelo substrato e pelos manejos nutricional e hídrico. Os substratos começaram a ser estudados em 1955 (KÄMPF, 2006), porém no Brasil as pesquisas foram iniciadas na década de 70 (MINAMI, 2000), sendo que na década de 80, começaram a ser produzidas mudas de essências florestais utilizando substratos comerciais (LOPES, 2008). As propriedades químicas e físicas estudadas nos substratos em nível mundial geralmente

são o potencial de hidrogênio (pH), a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade, o teor de matéria orgânica, a densidade, a porosidade, o espaço de aeração e a retenção hídrica em diferentes potenciais (SCHMITZ et al., 2002).

A produção e a comercialização de substratos no Brasil não eram regulamentadas até 15 de dezembro de 2004, quando o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento publicou a Instrução Normativa nº. 14 que trata das definições e normas sobre as especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos substratos, no entanto não aborda as metodologias das análises químicas e físicas (ABREU, 2006) e, nesse sentido

<sup>1</sup>Engenheira Florestal, Doutora – Departamento de Engenharia Rural – UNESP/FCA – Cx. P. 237 – 18603-970 – Botucatu, SP – jane.lopes@terra.com.br

<sup>2</sup>Engenheiro Florestal, Professor Adjunto – Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP – Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu/FCA – Cx. P. 237 – 18603-970 – Botucatu, SP – iguerrini@fca.unesp.br.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto – Departamento de Engenharia Rural – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP – Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu /FCA – Cx. P. 237 – 18603-970 – Botucatu, SP – joaosaad@fca.unesp.br

<sup>4</sup>Engenheira Florestal, Professora Doutora – Departamento de Recursos Naturais/Ciências Florestais – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho/UNESP – Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu /FCA – Cx. P. 237 – 18603-970 – Botucatu, SP – magaliribeiro@fca.unesp.br

existem ainda muitas controvérsias e dúvidas, quanto aos métodos que devem ser usados para caracterizá-los (ABREU et al., 2007).

Apesar de não existirem substratos válidos para todas as espécies vegetais (ABAD et al., 1992), algumas misturas usando turfa e cascas de árvores se tornaram consagradas na elaboração de substratos (BOOMAN, 2000), porém com a restrição legal do uso das turfas outros componentes foram sendo pesquisados e, nesse sentido a fibra de coco foi introduzida (MALVESTITI, 2004) tanto como produto puro, como em misturas.

Esta pesquisa foi realizada para avaliar quimicamente e fisicamente um substrato comercial, composto por cascas de pinus e vermiculita e a sua mistura com 30% de fibra de coco antes e após a produção de mudas de eucalipto, submetidas a diferentes lâminas de irrigação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material experimental, caracterização e delineamento estatístico

O experimento foi conduzido de junho a outubro de 2003, em Ibaté, SP. Foi avaliado um substrato comercial à base de cascas de pinus e vermiculita (CPV) e sua mistura com 30% de fibra de coco (MIX), na produção de mudas por sementes de *Eucalyptus grandis*, em tubetes de 50 cc de capacidade.

Os substratos foram adubados com 4 Kg m<sup>-3</sup> do adubo formulação 15:10:10 com tempo de liberação dos nutrientes de 4 a 6 meses. Aos 50 dias após semeadura (DAS), as mudas foram alternadas ocupando área de 49 cm<sup>2</sup> cada uma. A partir de então foram aplicadas lâminas de irrigação, por microaspersão para cada substrato, através de uma barra de pulverização manual. Foi definida a frequência de irrigação em três horários ao longo do dia (10, 13 e 16 horas), com distribuição nos canteiros da seguinte maneira: 6 mm: 2,0 mm às 10 h, 13h, 16h; 8 mm: 2,0 mm às 10 h e 16 h, e 4 mm às 13 h; 10 mm: 2,0 mm às 10 h e 4,0 mm às 13 h e 16 h; 12 mm: 2,0 mm às 10 h, 4 mm às 13 h e 6 mm às 16 h; 14 mm: 2,0 mm às 10 h e 6 mm às 13 h e 16 h, sendo que o volume de água foi controlado pelo tempo de deslocamento da barra no canteiro e sua respectiva vazão (definidos em testes preliminares).

O delineamento estatístico foi constituído por 10 tratamentos, em blocos ao acaso com quatro repetições, formados pelos substratos e pelas lâminas brutas de irrigação. Para cada lâmina de irrigação foi definido um canteiro longitudinal (formado pelas mesas teladas e

expostos lado a lado), composto pelas plantas divididas em blocos. Cada bloco que formava a repetição (4 repetições) continha os dois substratos, cada um com 80 plantas úteis mais bordadura correspondente.

As adubações de cobertura através da água de irrigação (com lâmina bruta convencionada de 2 mm) foram aplicadas na última passagem da barra de irrigação pelo canteiro (ao fim do dia). Na primeira, aos 85 DAS, usou-se: 3,0 g L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio, 1,0 g L<sup>-1</sup> de sulfato de amônia; 1,0 g L<sup>-1</sup> de nitrato de potássio e 1,2 g L<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio. Na segunda, aos 100 DAS, usou-se: 0,690 g L<sup>-1</sup> de cloreto de potássio e 0,418 g L<sup>-1</sup> de cloreto de cálcio.

Os valores obtidos foram comparados com os respectivos valores ou faixas de valor considerados ideais por Abad et al. (1992), Cavins et al. (2000) e Gonçalves & Poggiani (1996), citados por Valeri & Corradini (2000) na formulação de substratos para cultivo de plantas (Tabelas 1 e 2).

Os resultados das características avaliadas, entre as lâminas de irrigação e entre os substratos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias entre os substratos comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade e para os resultados entre as lâminas de irrigação em cada substrato utilizou-se a análise de regressão.

### 2.2 Descrição das características avaliadas

Foram determinadas as características químicas dos substratos antes e após a produção das mudas, aptas ao plantio aos 105 DAS. Foi formada uma amostra composta antes da produção das mudas, retiradas do terço intermediário de três embalagens (volume de 50 L) dos substratos e para as realizadas após a produção, cada substrato foi retirado de 10 sistemas radiculares de cada repetição (antes das raízes serem lavadas) e acondicionado em sacos de papel. Os nutrientes totais foram determinados pelo método do Ministério da Agricultura (BRASIL, 1988). Para pH, CE e nutrientes disponíveis no substrato, a partir do extrato obtido de uma parte de substrato para duas partes de água destilada (extrato 1:2) adotou-se a metodologia de Sonneveld et al. (1990), citados por Abreu et al. (2007).

As características físicas, macroporosidade, microporosidade e densidade dos substratos foram determinadas segundo Carvalho & Silva, citados por Lopes et al. (2007). Para determinação da capacidade de retenção de água dos substratos sob diferentes níveis de tensão, usou-se a Placa de Pressão de Richards aplicando-se tensões de 0,01; 0,05; 0,1; 0,5 e 1,5 MPa.

**Tabela 1** – Níveis ótimos para as propriedades químicas de substratos para cultivos de plantas.**Table 1** – Standard chemical property levels of plant growing substrates.

Propriedade	Nível ótimo
pH (extrato de saturação)	5,2 – 6,3
Condutividade elétrica no extrato de saturação 1:2 (dS m <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	0,76 – 1,25
Matéria orgânica (%)	> 80
Relação Carbono:Nitrogênio (C/N)	20 – 40
Nutrientes assimiláveis (extrato de saturação, mg L <sup>-1</sup> ):	
N – NO <sub>3</sub>	100 – 199
N – NH <sub>4</sub>	0 - 20
P	6 – 10
Ca	150 – 249
Mg	> 200
Fe	> 70
Mn	0,3 – 3,0
Mo	0,02 – 3,0
Zn	0,3 – 3,0
Cu	0,001 - 0,5
B	0,005 – 0,5

(<sup>1</sup>) Extrato obtido de uma parte de substrato para duas partes de água destilada.

Fonte: Adaptado de Abad et al. (1992) e Cavins et al. (2000).

**Tabela 2** – Níveis ótimos para as propriedades físicas de substratos para cultivos de plantas.**Table 2** – Standard physical property levels of plant growing substrates.

Propriedade	Nível ótimo
Espaço poroso total (% em volume)	> 85%
Macroporosidade (%)	35 - 45
Microporosidade (%)	45 - 55
Densidade real (g cm <sup>-3</sup> )	1,45 – 2,65
Densidade aparente (g cm <sup>-3</sup> )	0,45 – 0,55
Água facilmente disponível (% em volume)	20 – 30
Água de reserva (% em volume)	4 – 10
Água total disponível (% em volume)	24 - 40

Fonte: Adaptado de Abad et al. (1992) e Gonçalves & Poggiani (1996), citados por Valeri & Corradini (2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço poroso total obtido pela soma do volume de água que ocupava os macroporos e drenado livremente após saturação, mais o volume de água retido nos microporos é considerado baixo (Tabela 3) pela recomendação de Abad et al. (1992). O crescimento das

mudas, que é afetado devido à dificuldade de expansão das raízes quando a porosidade total (PT) não se encontra em níveis ideais, não sofreu influência em nenhum dos dois substratos, pois em se tratando de espécie florestal, a PT está adequada (GONÇALVES & POGGIANI, 1996, citados por VALERI & CORRADINI, 2000).

**Tabela 3** – Resultados médios da porosidade dos substratos.**Table 3** – Average values of substrate porosity.

Característica	Substrato		C.V.	D.M.S.
	MIX	CPV		
Porosidade total %	75,52 B	76,50 A	0,14	0,24
Macroporosidade %	30,82	29,94	3,24	n.s.
Microporosidade %	44,70	46,56	2,19	n.s.

C.V.: Coeficiente de variação (%); D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ); – médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na linha não diferem ao nível de 5 % de significância; n.s.: não significativo.

A retenção de água (Tabela 4) foi analisada dividindo-se o intervalo de tensão de água no solo em dois: da saturação até 0,01 MPa, em que se tem predomínio dos macroporos, e de 0,01 MPa até 1,5 MPa (ponto de murchamento permanente), com predomínio dos microporos. Pela diferença entre a umidade na saturação e a umidade na tensão de 0,01 MPa, ou seja, para o intervalo em que prevalecem os macroporos, obtiveram-se os valores de 0,20 para MIX e de 0,19  $\text{dm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$  para CPV, respectivamente. O substrato MIX apresentou desempenho semelhante ao substrato CPV, indicando que os 30% de fibra de coco de sua composição não são suficientes para lhe dar a mesma característica de retenção que a fibra de coco pura apresenta. Ao se fazer o intervalo de umidade entre as tensões 0,01 MPa e 1,5 MPa, em que prevalecem os microporos, tem-se 0,10  $\text{dm}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$  para ambos os substratos.

As densidades obtidas foram de 0,16  $\text{g cm}^{-3}$  para MIX e de 0,20  $\text{g cm}^{-3}$  para CPV, as quais se referem à densidade dos substratos nas condições de produção de mudas de eucalipto em tubetes, ou seja, após a compactação nos recipientes, sendo inferiores aos recomendados por Abad et al. (1992), o que não afetou o desenvolvimento das mudas.

Analisando-se os resultados apresentados na Tabela 5, verifica-se que CPV apresentou o dobro do teor de N em relação ao MIX, que também apresentou menores teores de C e M.O. Para substratos o teor ideal de C orgânico deve ser maior que 25%, assim, os teores obtidos estão adequados. Os dados de relação C:N para MIX são considerados altos (ABAD et al., 1992), o que pode ser justificado pelos 30% de fibra de coco, que quando puras apresentaram relações acima de 98:1 (MALVESTITI, 2004). O pH antes da adição de adubo foi abaixo do recomendado por Abad et al. (1992) o que poderia ter prejudicado a absorção de nutrientes pelas plantas, no entanto isso não

foi observado. A concentração de sais está adequada para ambos os substratos conforme os valores recomendados por Abad et al. (1992).

Conforme era de se esperar, em função dos resultados da eletrocondutividade (Tabela 5), houve teor muito acima de macronutrientes no substrato MIX do que no CPV, exceto para o P (Tabela 6), o qual está muito acima do adequado segundo o recomendado como ideal (Tabela 2). Esse alto nível de P pode ser atribuído à adubação de base aplicada aos substratos comerciais, geralmente usando quantidades próximas à 2,5  $\text{Kg m}^{-3}$  de Fosmag 500 B, 4,0  $\text{Kg m}^{-3}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 0,5  $\text{Kg m}^{-3}$  de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Já para a disponibilidade de micronutrientes o produto puro apresentou teores maiores, exceto para o B. Considerando os valores de referência segundo Abad et al. (1992), os teores estão adequados para os dois substratos, exceto para o Fe (Tabela 1), que está deficiente com apenas 100  $\mu\text{g Kg}^{-1}$  no MIX e com 300  $\mu\text{g Kg}^{-1}$  no CPV (Tabela 6).

As características químicas e físicas dos substratos, distintas dos parâmetros recomendados por Abad et al. (1992) não refletiram negativamente na qualidade morfológica e nutricional das mudas.

Após a produção das mudas nas diversas lâminas de irrigação, verificou-se que MIX apresentou os maiores teores de N, M.O. e C. (Tabelas 7 e 8), o contrário do que se apresentava antes da produção (Tabela 5). Com relação ao N, o CPV pode ter disponibilizado de modo mais expressivo esse nutriente para a planta ou mesmo tê-lo lixiviado. A M.O. praticamente permaneceu idêntica no substrato MIX no decorrer da produção, diferentemente do apresentado no CPV, que reduziu-se à metade ao final do ciclo de produção, indicando características distintas entre eles. Possivelmente, essa diferença entre os substratos está relacionada ao componente fibra de coco presente no MIX e que apresenta uma decomposição muito lenta, quando comparado à M.O. da casca de Pinus presente no CPV. A relação C:N

**Tabela 4** – Resultados da retenção de água em cada substrato.**Table 4** – Values of the soil water retention.

Substrato	Umidade (dm <sup>3</sup> dm <sup>-3</sup> )					
	Saturado	Tensão (MPa)				
		0,01	0,05	0,1	0,5	1,5
MIX	0,52	0,32	0,29	0,25	0,24	0,22
CPV	0,55	0,36	0,32	0,29	0,28	0,26

**Tabela 5** – Teores totais de carbono, nitrogênio e matéria orgânica e de pH e CE no extrato 1:2<sup>1</sup>, para os substratos, antes da produção das mudas.**Table 5** – Total carbon, nitrogen, organic matter content and pH and EC in 1:2<sup>1</sup> extract, in the substratum, before seedling production.

Substrato	N	M.O.	C	Rel C:N	pH	CE
	..... % na matéria seca .....					(dS m <sup>-1</sup> )
MIX	0,77	79	43,89	57 : 1	4,19	1,19
CPV	1,50	81	45,00	30 : 1	4,08	1,08

(<sup>1</sup>) Extrato obtido de uma parte de substrato para duas partes de água destilada.

**Tabela 6** – Teores de macronutrientes e micronutrientes disponíveis no extrato 1:2<sup>1</sup> nos substratos, antes da produção das mudas.**Table 6** – Macro and micronutrient content available in 1:2 extract<sup>1</sup>, in the substratum, before seedling production.

Nutriente	Substrato	
	MIX	CPV
Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	58,71	71,86
Potássio (mg kg <sup>-1</sup> )	264,32	57,82
Magnésio (mg kg <sup>-1</sup> )	107,30	105,30
Cálcio (mg kg <sup>-1</sup> )	9,00	7,10
Enxofre (mg kg <sup>-1</sup> )	8,10	3,09
Boro (µg kg <sup>-1</sup> )	78,00	14,00
Ferro (µg kg <sup>-1</sup> )	100,00	300,00
Manganês (µg kg <sup>-1</sup> )	1200,00	1210,00
Cobre (µg kg <sup>-1</sup> )	70,00	240,00
Zinco (µg kg <sup>-1</sup> )	70,00	90,00

(<sup>1</sup>) Extrato obtido de uma parte de substrato para duas partes de água destilada.

apresentou-se mais elevada também no MIX, o que era esperado pelo alto teor inicial obtido, o que, no entanto, não afetou a disponibilidade dos nutrientes e não prejudicou o desenvolvimento das mudas, explicado pela estabilidade biológica das fibras de coco, presentes nesse substrato.

Contudo, Lopes et al. (2007) verificaram que ambos os substratos possibilitaram concentrações crescentes de

nutrientes em mudas de eucalipto à medida que foi aumentado o fornecimento de água. A relação C:N apresentou-se mais elevada também no MIX, o que era esperado pelo alto teor inicial obtido, o que no entanto, não afetou a disponibilidade dos nutrientes e não prejudicou o desenvolvimento das mudas, explicado pela estabilidade biológica das fibras de coco, presentes nesse substrato.

**Tabela 7** – Teores totais de nitrogênio e matéria orgânica nos substratos, após a produção das mudas, para as lâminas de irrigação.**Table 7** – Nitrogen and organic matter contents in the substratum, after seedling production.

Lâmina (mm dia-1)	MIX	CPV	D.M.S	MIX	CPV	D.M.S
	N (% na matéria seca)			M.O. (% na matéria seca)		
6	1,16 A	0,89 A	0,29	81,50 A	42,50 B	11,46
8	1,41 A	0,73 B	0,21	77,00 A	40,25 B	4,49
10	1,47 A	0,75 B	0,40	76,00 A	37,50 B	6,03
12	1,28 A	0,79 B	0,18	78,50 A	38,50 B	7,80
14	1,03 A	0,69 B	0,21	62,75 A	36,50 B	21,47
Efeitos ( <sup>1</sup> )	Q**	NS		Q**	Q**	
C.V.	13,19	15,01		11,21	8,83	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ); – médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; (<sup>1</sup>):Qi- efeito quadrático; NS: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação (%).

**Tabela 8** – Teores totais de carbono e relação C:N nos substratos, após a produção das mudas, para as lâminas de irrigação.**Table 8** – Total contents of carbon and C:N relation in the substratum, after seedling production for several irrigation depths.

Lâmina (mm dia-1)	MIX	CPV	D.M.S	MIX	CPV	D.M.S
	C (% na matéria seca)			Relação C:N		
6	45,28 A	23,61 B	6,37	39,5 : 1 A	27,0 : 1 B	11,65
8	42,78 A	22,37 B	10,73	30,5 : 1 A	30,5 : 1 A	9,24
10	42,23 A	20,84 B	3,35	29,5 : 1 A	27,8 : 1 A	6,81
12	43,75 A	21,39 B	4,33	34,3 : 1 A	27,3 : 1A	8,10
14	34,87 A	20,28 B	11,93	34,5 : 1 A	30,5 : 1 A	12,73
Efeitos ( <sup>1</sup> )	Q**	Q**		Q**	NS	
C.V.	11,21	8,84		18,36	16,27	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ); – médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; (<sup>1</sup>):Qi- efeito quadrático; NS: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação (%).

As análises das regressões (Tabela 9) foram significativas somente para M.O. e C nos dois substratos, no entanto sem uma tendência clara da influência das lâminas de irrigação. Esperava-se que a disponibilidade de nutrientes fosse diminuindo com o aumento da água, o que proporcionou nas mudas as maiores concentrações dos mesmos (LOPES et al., 2007). O N foi significativo somente para MIX, exceto sob a menor lâmina de água quando houve decréscimo nos teores, o que era esperado, já que o N é o elemento absorvido em maior quantidade pelas plantas também sendo facilmente lixiviado. A relação C:N (não significativa para CPV) não apresentou um

comportamento claro da influência da irrigação realizada nas mudas e esperava-se que, com o aumento da quantidade de água, ocorresse diminuição da relação C:N, pela maior absorção desses nutrientes pelas plantas.

Analisando-se a disponibilidade dos nutrientes após a produção das mudas (Tabela 10), verifica-se que os substratos comportaram-se de modo igual somente para K e Cu, mesmo sendo o teor inicial de K maior no MIX e o teor de Cu maior no CPV (Tabela 6). Houve semelhança de comportamento na disponibilidade final de Mn e Zn, uma vez que o método de análise empregado possui baixa capacidade de extração desses nutrientes (ABREU et al.,

2007), (Tabela 6). Contudo, MIX apresentou superioridade na disponibilização final dos demais nutrientes, geralmente obtidos em menor quantidade ao final do ciclo das mudas, mesmo tendo apresentado os menores teores iniciais de micronutrientes, o que porém, não significou maior absorção pelas plantas (LOPES et al., 2007) e sim, nesse caso, maior lixiviação e/ou a não extração dos micronutrientes pelo método empregado, como verificou

Santos (2005), avaliando diferentes métodos de extração de micronutrientes em substratos para plantas.

Os dois substratos apresentaram comportamento similar em relação ao pH e a CE ao final do ciclo das mudas, porém houve tendência de superioridade do CPV (Tabela 12), o que comprova os resultados de disponibilidade final de nutrientes; maior a disponibilidade, conseqüentemente maior a CE.

**Tabela 9** – Equações de regressão para teores de matéria orgânica, carbono, nitrogênio e relação C:N nos substratos, após a produção das mudas, em função das lâminas de irrigação.

**Table 9** – Contents of oorganic matter, carbon, nitrogen and C:N relation in the substratum, after seedlings production due to irrigation depths.

Substrato	Matéria orgânica	Carbono
MIX	$y = 61,45 + 5,0875 \cdot x - 0,3438 \cdot x^2$ $r^2 = 0,34^*$	$y = 34,1519 + 2,8246 \cdot x - 0,1909 \cdot x^2$ $r^2 = 0,34^*$
CPV	$y = 52,9071 - 2,2053 \cdot x + 0,0759 \cdot x^2$ $r^2 = 0,29^*$	$y = 29,3898 - 1,2238 \cdot x + 0,0421 \cdot x^2$ $r^2 = 0,29^*$
	Nitrogênio	Relação C:N
MIX	$y = -0,5999 + 0,4284 \cdot x - 0,0224 \cdot x^2$ $r^2 = 0,52^*$	$y = 76,6143 - 8,9732 \cdot x + 0,4330 \cdot x^2$ $r^2 = 0,22^*$

\* :  $P < 0,05$

**Tabela 10** – Teores de nutrientes disponíveis nos substratos, após a produção das mudas, para as lâminas de irrigação.

**Table 10** – Nutrient availability in the substratum, after seedling production in the substratum, for several irrigation depths.

Lâmina (mm dia <sup>-1</sup> )	MIX	CPV	D.M.S	MIX	CPV	D.M.S
	P (mg Kg <sup>-1</sup> )			K (mg Kg <sup>-1</sup> )		
6	23,27 B	40,20 A	19,84	41,84 A	58,17 A	60,13
8	22,26 B	56,68 A	11,72	56,57 A	63,42 A	22,89
10	27,41 A	30,48 A	16,80	56,62 A	48,87 A	33,77
12	28,95 B	56,76 A	17,73	49,22 A	47,87 A	24,22
14	21,41 A	42,05 A	21,62	36,64 A	42,55 A	9,77
Efeitos (°)	N.S.	N.S.		Q**	N.S.	
C.V.	26,60	30,28		17,44	52,18	
Lâmina (mm dia <sup>-1</sup> )	Ca (mg Kg <sup>-1</sup> )			Mg (mg Kg <sup>-1</sup> )		
6	5,55 B	39,23 A	28,33	6,62 A	69,03 A	67,00
8	7,98 B	51,43 A	12,77	15,90 B	123,93 A	51,72
10	6,35 B	36,48 A	11,49	12,25 B	61,15 A	45,09
12	6,48 B	44,58 A	9,79	12,15 B	87,80 A	19,29
14	5,08 B	23,55 A	10,14	7,72 A	15,43 A	12,69
Efeitos (°)	N.S.	N.S.		Qi**	Qi**	
C.V.	28,87	37,47		26,60	60,83	

Continua...  
To be continued...

Tabela 10 – Continua...

Table 10 – Continued...

Lâmina (mm dia <sup>-1</sup> )	S (mg Kg <sup>-1</sup> )			B (µg Kg <sup>-1</sup> )		
6	2,40 B	9,59 A	7,14	67 A	122 A	70
8	3,13 B	23,59 A	7,79	25 B	114 A	50
10	6,53 B	15,15 A	5,78	28 B	52 A	30
12	6,14 B	25,48 A	7,52	14 B	111 A	40
14	5,34 B	14,08 A	6,58	0,8 B	56 A	40
Efeitos ( <sup>1</sup> )	Qi**	Qi**		Qi**	Qi**	
C.V.	27,72	41,29		50,86	39,01	
Lâmina (mm dia <sup>-1</sup> )	Cu (µg Kg <sup>-1</sup> )			Fe (µg Kg <sup>-1</sup> )		
6	190 A	150 A	100	580 A	270 B	260
8	180 A	220 A	110	490 A	340 A	360
10	110 A	170 A	120	430 A	270 B	240
12	160 A	210 A	170	570 A	290 B	230
14	140 A	200 A	170	600 A	390 A	330
Efeitos ( <sup>1</sup> )	N.S.	N.S.		N.S.	N.S.	
C.V.	31,36	31,49		25,22	28,41	
Lâmina (mm dia <sup>-1</sup> )	Mn (µg Kg <sup>-1</sup> )			Zn (µg Kg <sup>-1</sup> )		
6	220 A	510 A	300	50 A	50 A	160
8	390 A	690 A	420	60 B	90 A	60
10	270 A	400 A	280	60 A	50 A	50
12	240 B	440 A	180	70 A	50 A	50
14	130 A	330 A	220	60 A	60 A	60
Efeitos ( <sup>1</sup> )	Qi**	Qi**		N.S.	N.S.	
C.V.	37,03	35,72		24,10	49,24	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ); – médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; (<sup>1</sup>): Qi- efeito quadrático; NS: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação (%).

As análises das regressões para disponibilidade dos nutrientes somente foram significativas para P (somente para MIX), Mg, S, B e Mn, sendo que o MIX possibilitou os melhores ajustes (Tabela 11). Também era esperado, à exemplo do que aconteceu com os teores dos nutrientes após a

produção, que houvesse decréscimo na disponibilidade em função do maior fornecimento de água, o que não foi evidenciado pelas equações de regressão, uma vez que nas mudas, quanto maior foi o fornecimento de água, de modo geral, maior foi a concentração dos nutrientes (LOPES et al., 2007).

**Tabela 11** – Equações de regressão para teores de nutrientes disponíveis nos substratos, após a produção das mudas, em função das lâminas de irrigação.

**Table 11** – Nutrient availability in the substratum, after seedling production due to irrigation depth

Substrato	Magnésio	Enxofre
MIX	$y = -27,48 + 8,44 \cdot x - 0,43 \cdot x^2$ $r^2 = 0,53^*$	$y = -10,9966 + 2,8922 \cdot x - 0,1224 \cdot x^2$ $r^2 = 0,61^*$
CPV	$y = -128,1431 - 0,016 \cdot x + 0,0047 \cdot x^2$ $r^2 = 0,26^*$	$y = -40,4910 + 11,9850 \cdot x - 0,5721 \cdot x^2$ $r^2 = 0,28^*$
	Boro	Manganês
MIX	$y = 0,1665 - 0,0219 \cdot x + 0,0007 \cdot x^2$ $r^2 = 0,73^{**}$	$y = -0,3655 + 0,1526 \cdot x - 0,0084 \cdot x^2$ $r^2 = 0,42^*$
CPV	$y = 0,2015 - 0,0161 \cdot x - 0,0005 \cdot x^2$ $r^2 = 0,39^{**}$	$y = 0,3497 + 0,0618 \cdot x - 0,0046 \cdot x^2$ $r^2 = 0,25^*$
	Potássio	
MIX	$y = 0,1665 - 0,0219 \cdot x + 0,0007 \cdot x^2$ $r^2 = 0,73^*$	

\* :  $P < 0,05$ ; \*\* :  $P < 0,01$

**Tabela 12** – Potencial de hidrogênio e condutividade elétrica dos substratos, após a produção das mudas, para as lâminas de irrigação.

**Table 12** – Electric conductivity and pH of substratum after seedling production, due to irrigation depth.

Lâmina (mm dia <sup>-1</sup> )	MIX	CPV	D.M.S	MIX	CPV	D.M.S
	pH			CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		
6	4,54 A	4,78 A	0,36	521,5 A	1110,3 A	667,66
8	4,44 B	4,64 A	0,37	602,0 B	1452,8 A	522,78
10	4,59 A	4,73 A	0,34	630,8 A	1082,8 A	528,96
12	4,47 B	4,67 A	0,49	595,5 B	1220,0 A	448,32
14	4,50 A	4,60 A	0,36	589,3 B	938,5 A	239,56
Efeitos (1)	N.S.	N.S.		N.S.	N.S.	
C.V.	2,27	3,97		31,64	28,60	

D.M.S. – Diferença mínima estatística do teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ); – médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância; (1): NS: não significativo; C.V.: Coeficiente de variação (%).

#### 4 CONCLUSÕES

A mistura de 30% de fibra de coco ao substrato composto por casca de pinus e vermiculita não alterou significativamente suas propriedades físicas, ambos permanecendo dentro dos níveis considerados adequados para uso no setor florestal.

Após a produção das mudas os maiores teores dos macronutrientes foram encontrados no substrato CPV, exceção feita ao N e K. Já os micronutrientes apresentaram valores semelhantes entre os substratos,

exceto o B, com menor teor no MIX e o Fe, com menor teor no CPV.

As lâminas de irrigação não exerceram uma influência clara e expressiva na disponibilidade final dos nutrientes nos dois substratos, sendo que ambos foram considerados viáveis para produção de mudas de eucalipto.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M. et al. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo: jornadas de Sustratos. **Actas de Horticultura**, Lisboa, n. 11, p. 141-154, 1992.

- ABREU, M. F. de. Legislação de substratos para plantas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 5., 2006, Ilhéus, BA. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 2006. p. 75-77.
- ABREU, M. F. de et al. Extratores aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 184-187, 2007.
- BOOMAN, J. Evolution of California substrates used in ornamental horticulture. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 1., 2000, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 23-42.
- BRASIL. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes:** métodos oficiais. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 1988. 110 p.
- CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the pour thru extraction method. **Horticulture Information Leaflet/NCSU**, Raleigh, n. 590, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>. Acesso em: 29 jul. 2008.
- KÄMPF, A. N. O estado da arte na pesquisa sobre substrato para plantas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 5., 2006, Ilhéus, BA. **Anais...** Ilhéus, BA, 2006. p. 93-96.
- LOPES, J. L. W. **Qualidade de mudas clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos.** 2008. 171 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.
- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 713-722, 2007.
- MALVESTITI, A. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 2004. p. 226-235.
- MINAMI, K. Adubação em substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 1., 2000, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre, 2000. p. 147-152.
- SANTOS, P. H. **Avaliação de métodos de extração de micronutrientes em substratos para as plantas.** 2005. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical - Gestão de Recursos Agroambientais) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.
- 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.
- VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 167-190.