



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Brasil

Guerrini, I. A.; Trigueiro, R. M.

Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bioassólidos e casca de arroz carbonizada

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 28, núm. 6, 2004, pp. 1069-1076

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180214041016>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE SUBSTRATOS COMPOSTOS POR BIOSSÓLIDOS E CASCA DE ARROZ CARBONIZADA⁽¹⁾

I. A. GUERRINI⁽²⁾ & R. M. TRIGUEIRO⁽³⁾

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar os atributos físicos e químicos de substratos com diferentes doses de biossólido (BIO) e de casca de arroz carbonizada (CAC), com vistas em obter um meio de crescimento adequado para o desenvolvimento de mudas. Desta forma, utilizando biossólido proveniente da SABESP, estação de Franca (SP), estabeleceu-se um ensaio com os seguintes tratamentos (proporções BIO/CAC): 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80, 10/90 e 0/100, os quais foram comparados ao substrato comercial Multiplant®. Foram realizadas análises para determinação dos atributos físicos, como: densidade aparente do substrato, macro e microporosidade, porosidade total, capacidade máxima de retenção de água, e dos atributos químicos dos substratos, como: teores totais de macro e micronutrientes, pH, relação C/N e condutividade elétrica. Com a elevação da dose de BIO no substrato houve aumento da densidade e do percentual de microporos e, consequentemente, da capacidade de retenção de água. O BIO apresentou teores razoáveis de nutrientes com destaque para N e P, mas baixos teores de K. Não foram detectados teores de metais pesados superiores aos limites estabelecidos pela Legislação Brasileira no biossólido usado. Comparando-se os valores considerados adequados para o desenvolvimento de mudas encontrados na literatura com os obtidos neste trabalho, encaixaram-se na faixa adequada os substratos cujas doses de biossólido variaram de 30 a 60 %. Nenhum substrato testado, incluindo o do tratamento com substrato comercial, apresentou valores ideais em todas as propriedades estudadas.

Termos de indexação: resíduos sólidos urbanos, substratos, aeração, retenção de água, biossólido.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do segundo autor, apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP-Botucatu. Recebido para publicação em janeiro de 2002 e aprovado em outubro de 2004.

⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP. CEP 18603-970 Botucatu (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: iguerrini@fca.unesp.br

⁽³⁾ Doutorando em Agronomia, Área de concentração: Energia na Agricultura, UNESP. E-mail: trigueiro@fca.unesp.br.

SUMMARY: PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF SUBSTRATES COMPOSED OF BIOSOLIDS AND CARBONIZED RICE CHAFF

The objective of this research was to study the physical and chemical properties of substrates with different mixtures of biosolids (BIO) and carbonized rice chaff (CAC) in order to get an appropriate medium for seedling development. The experiment was established in the nursery of the Department of Natural Resources/Forest Sciences, College of Agronomic Sciences, State University of São Paulo-FCA/UNESP-Botucatu (SP), using BIO from SABESP/Franca-SP and CAC in the following ratios (BIO/CAC): 100/0, 90/10, 80/20, 70/30, 60/40, 50/50, 40/60, 30/70, 20/80, 10/90, and 0/100, which were compared to Multiplant® substrate. The evaluated physical attributes were apparent density, macro and microporosity, total porosity, maximum water holding capacity. The following chemical attributes were also determined: macro and micronutrients concentration, pH, C/N ratio, and electrical conductivity. Results showed an increase in density and microporosity with increasing BIO rates in the substrate and, consequently, an increase in the water holding capacity. Chemical analyses showed high nutrient contents in BIO, especially N and P, but a low K content. Heavy metal contents were below the limits defined by the Brazilian legislation. According to literature values considered adequate for plant growth, the satisfactory BIO rates in the substrate ranged from 30 to 60 %. No substrate, including a control with a commercial substrate, presented ideal values for all evaluated parameters.

Index terms: municipal solid waste, substrate, nutrient, aeration, water retention.

INTRODUÇÃO

O biossólido, nome comercial do lodo de esgoto após sofrer um processo de estabilização, constitui a parte sólida do esgoto (cerca de 0,01 %). É um resíduo que pode ser utilizado como condicionador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, considerando seu teor de matéria orgânica e nutrientes (Melo et al., 1994; Vanzo et al., 2001). Uma das aplicações deste material compreende o fornecimento de matéria orgânica na composição de substratos para a formação de mudas frutíferas e florestais, dentre outras.

Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas. O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Portanto, em decorrência do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão influenciadas pelo suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (Rosa Jr. et al., 1998).

A matéria orgânica é um componente fundamental dos substratos, cuja finalidade básica, de acordo com Cordell & Filer Jr. (1984), é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas.

Devem-se, ainda, considerar outras vantagens desse componente sobre o desenvolvimento vegetal, tais como: redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio, características que podem ter uma participação positiva dos materiais orgânicos.

Gonçalves & Poggiani (1996) agruparam os diversos substratos para produção de mudas florestais, levando em conta suas características químicas e físicas semelhantes, bem como seus potenciais similares para propagação de plantas. A partir das informações reveladas em vários trabalhos de pesquisa, pode-se inferir que a mistura de substratos de um mesmo grupo não resulta em grandes alterações das características do produto obtido. Nesta linha de raciocínio, justifica-se o uso de, no máximo, três componentes em uma mistura de substratos para propagação de mudas florestais (Gonçalves et al., 2000). Os mesmos autores relataram que substratos adequados para a propagação de mudas via semente e estaca podem ser obtidos a partir da mistura de 70 a 80 % de um componente orgânico (esterco de bovino, casca de eucalipto ou pinus, bagaço de cana, lixo urbano, outros resíduos e húmus de minhoca), com 20 a 30 % de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado).

A formação de mudas florestais de boa qualidade envolve os processos de germinação de sementes, iniciação radicular e formação do sistema radicular e parte aérea, que estão diretamente relacionados com características que definem o nível de eficiência dos substratos, tais como: aeração, drenagem, retenção

de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. Por sua vez, as características dos substratos são altamente correlacionadas entre si: a macroporosidade com aeração e drenagem, e a microporosidade com a retenção de água e nutrientes (Gonçalves & Poggiani, 1996; Caldeira et al., 2000).

Estudando a influência do uso de acículas de pinus e bioassólidos em substrato na formação de ectomicorrizas em mudas de pinus, Bettoli et al. (1986) verificaram que as doses de bioassólidos utilizadas (de 0 à 10 %, v/v) não influíram na formação de ectomicorrizas, nem no desenvolvimento das mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* inoculadas com o fungo *Thelephora terrestris*. Entretanto, a formação de ectomicorrizas pelo fungo *Pisolithus tinctorius* foi inibida pelas fontes de matéria orgânica em todas as doses utilizadas, tendo sido o bioassólido maior inibidor do que as acículas.

Morais et al. (1997), comparando esterco bovino, bioassólido e acículas de pinus, comprovaram que o melhor crescimento em diâmetro do colo e altura total para mudas de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell) na fase de viveiro foi obtido em mudas que continham a mistura 70 % solo sem adubação + 30 % bioassólido, seguido pelo tratamento 70 % solo sem adubação + 30 % esterco bovino. E em relação à produção de matéria seca, esses mesmos tratamentos promoveram os maiores ganhos, concluindo que o uso do bioassólido durante a fase de viveiro é uma alternativa viável como substrato orgânico em mudas de cedro.

O objetivo deste estudo foi avaliar os atributos físicos e químicos de substratos com diferentes doses de bioassólido (BIO) e de casca de arroz carbonizada (CAC), visando determinar a melhor proporção entre esses componentes para a formação de um meio de crescimento adequado para o desenvolvimento de mudas de espécies florestais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de junho a dezembro de 2001, nas instalações da Fazenda

Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP, no município de Botucatu, São Paulo.

O bioassólido utilizado no experimento foi doado pela Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo (SABESP), produzido pela Estação de Tratamento de Esgotos da cidade de Franca (SP). O resíduo produzido nessa estação é classificado pelo Ministério da Agricultura como condicionador de solo. Este material é produto da digestão anaeróbia do lodo de esgoto residencial e industrial da cidade de Franca. No processo de desidratação, é utilizado um polieletrólito catiônico adicionado à massa do bioassólido em torno de 3,2 a 4,3 % (kg de polieletrólito por 100 kg de bioassólido seco), resultando em um material com teor de sólidos variando de 17,2 a 19,5 % (Vanzo et al., 2001).

Os bioassólidos produzidos na ETE de Franca são classificados como de "excepcional qualidade" para o uso agrícola, segundo a norma norte-americana EPA 40 CFR Part 503 (USPA, 1993), graças ao fato de ser a concentração de metais pesados nos bioassólidos extremamente baixa (Quadro 1). Este material foi ainda classificado como bioassólido Classe B pela mesma norma norte-americana (EPA 40 CFR Part 503; USEPA, 1993) e pela norma P 4.230 da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1999), visto que a concentração média de coliformes fecais é de 486.000 NMP/gST (número mais provável por grama de sólidos totais), inferior ao limite máximo para bioassólido Classe B, que é de 2.000.000 NMP/gST (Vanzo et al., 2001).

O produto foi expedido com alta umidade, cerca de 80 %, sendo necessário realizar sua secagem, que foi feita ao ar, no interior de casa de vegetação, espalhando-se o material sobre lona plástica. Após a secagem completa, o material foi triturado em picador-moedor de forragem adaptado, de forma a reduzir o tamanho dos grânulos à peneira de 4 mm.

A casca de arroz carbonizada foi fornecida pela Fazenda Experimental Lageado-FCA/UNESP, onde foram realizados os processos de beneficiamento do arroz e carbonização de sua casca.

Quadro 1. Concentração de metais pesados em bioassólidos da ETE de Franca

Metal pesado poluente	Concentração base seca⁽¹⁾	Bioassólido de excepcional qualidade (EPA 40 CFR Part 503)	Limite máximo para uso agrícola (EPA 40 CFR Part 503)
			mg kg⁻¹
Arsénio	ND	41	75
Cádmio	0,25	39	85
Cobre	241	1500	4300
Chumbo	0,59	300	840
Mercúrio	ND	17	57
Molibdênio	ND	ND	75
Níquel	3,90	420	420
Selênio	ND	100	100
Zinco	911	2800	7500

⁽¹⁾ Resultados obtidos neste trabalho. ND – Não detectado.

Foram estipuladas as misturas nas proporções de 0 a 100 % de biossólido (BIO) em composição com casca de arroz carbonizada (CAC). Cada mistura (% BIO / % CAC) compôs um tratamento: T 01–100/0; T 02–90/10; T 03–80/20; T 04–70/30; T 05–60/40; T 06–50/50; T 07–40/60; T 08–30/70; T 09–20/80; T 10–10/90; T 11–0/100. Estes foram comparados à testemunha (T 12), que consistiu do substrato comercial Multiplant® (60 % de composto de casca de pinus, 15 % de vermiculita e 25 % de húmus e terra vegetal) utilizado pelo referido viveiro.

O experimento consistiu de um delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos e quatro repetições; aplicou-se o teste F para análise de variância dos atributos químicos e o teste de Tukey para a comparação das médias no caso de significância. Para avaliar os atributos físicos, foi realizada análise de regressão, utilizando o programa Sigma Stat 2.0 (Jandel Scientific).

De acordo com as proporções estipuladas para cada tratamento, foram realizadas as misturas dos componentes casca de arroz carbonizada e biossólido e, após a homogeneização dos materiais, os substratos foram acondicionados em sacos plásticos, dos quais foram retiradas quatro amostras (repetições) por tratamento. O mesmo procedimento foi adotado para a amostragem do substrato comercial. As amostras foram colocadas em sacos plásticos de 1,0 L devidamente identificados e, de cada amostra, foram retiradas as quantidades necessárias para as análises.

A análise química dos substratos baseou-se no método de fertilizantes orgânicos, a qual determina os teores de nutrientes totais contidos nos materiais analisados. Essas análises foram efetuadas pelo Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, conforme orientação do Ministério da Agricultura (Brasil, 1988). As análises para detecção de metais pesados no biossólido foram realizadas por Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Argônio, determinadas em extrato nítrico-perclórico, de acordo com o método descrito por Malavolta et al. (1997).

Para caracterização física do substrato comercial e dos substratos dos tratamentos, foram realizadas análises de densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e capacidade máxima de retenção de água.

Foram utilizados tubetes de polipropileno com capacidade volumétrica de 50 cm³, os quais tiveram a abertura inferior fechada com um botão de quatro furos para evitar a perda de material durante a determinação dos atributos físicos do substrato. Os recipientes foram identificados, pesados e preenchidos manualmente com substrato, o qual foi compactado, usando-se um equipamento que simula as batidas para o adensamento das partículas, semelhante ao que é utilizado para a produção de mudas em escala comercial.

Após o preenchimento dos tubetes, o substrato foi submetido à saturação por água. O período inicial de encharcamento foi de 1 h; em seguida, os tubetes foram colocados para drenagem por 30 min. A primeira pesagem foi efetuada com o substrato encharcado. Para a segunda pesagem foi feita a drenagem, que foi realizada em duas etapas, sendo a primeira com o tubete suspenso, com a superfície de drenagem livre durante 1 h. Depois, os tubetes foram mantidos em drenagem com o fundo em contato com folhas de papel jornal e uma lâmina de espuma plástica por mais 12 h. Em seguida, transferiu-se o substrato drenado para cápsulas de Al com tampa, as quais foram levadas para estufa regulada a 105 °C, onde permaneceram por 24 h. Após este período, as cápsulas foram retiradas da estufa, tampadas imediatamente e transferidas para o dessecador, sendo pesadas após o resfriamento. Maiores detalhes desse método podem ser encontrados em Silva (1998).

Para determinar os atributos físicos, foram usadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Macroporosidade (\%)} = [(A-B) / C] \times 100$$

$$\text{Microporosidade (\%)} = [(B-D-E) / C] \times 100$$

$$\text{Porosidade total (\%)} = \text{Macroporosidade} + \text{Microporosidade}$$

$$\text{Capacidade máxima de retenção de água (mL 50 cm}^3\text{)} = B-D-E$$

$$\text{Densidade aparente do substrato} = (D-E) / C$$

em que A = peso do substrato encharcado; B = peso do substrato drenado; C = volume do conteiner⁽⁴⁾; D = peso do substrato seco; E = peso do conteiner.

Para determinar a condutividade elétrica dos substratos, foram colocados 50 mL da amostra de substrato mais 250 mL de água deionizada em frasco de 300 mL, agitando-se por 30 min. Após 30 min de repouso, as amostras foram filtradas e as determinações feitas no extrato aquoso com auxílio do condutivímetro DIGIMED modelo DM 3 - Digimed Instrumentação Analítica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos físicos

Observou-se que, à medida que se elevou a dose de biossólido no substrato, ocorreu um aumento da sua densidade e, consequentemente, redução da macroporosidade (Figura 1), como observado também por Stringheta et al. (1997), em estudos usando como substrato composto de lixo urbano em mistura com casca de arroz carbonizada. O

⁽⁴⁾ Tubetes de polipropileno com capacidade de 50 cm³.

biossólido, tratado com polieletrólitos, apresentou alta capacidade de perder água e de manter-se nesta condição. Este material, quando seco, tornou-se bastante coeso, necessitando-se realizar moagem a fim de reduzir o tamanho dos grânulos com que se desejava trabalhar. Esta característica do biossólido conferiu ao substrato uma textura granular grosseira, que poderia levar erroneamente à conclusão de ser este material capaz de conferir ao substrato maior aeração. Esta condição foi alterada com o umedecimento do substrato, o qual se expandiu ao absorver água, aumentou seu volume e, assim, ocupou espaços livres dentro do recipiente.

Por ser a casca de arroz carbonizada um material leve e inerte à hidratação, obteve-se um acréscimo na porosidade do substrato à medida que se elevou a percentagem deste componente na mistura, principalmente pela elevação no percentual de macroporos. Esta informação corrobora os resultados obtidos por Gonçalves & Poggiani (1996), os quais observaram que, normalmente, substratos mais leves, de baixa densidade, como materiais incinerados e vermiculita, elevavam a macroporosidade das misturas e reduziam a capacidade de retenção de água do substrato. De forma contrária, quando se aumentou a quantidade de biossólido nas misturas, obteve-se diminuição na porosidade total, mesmo com a elevação proporcionada em microporosidade (Figura 1). Esta característica de materiais com altos valores de matéria orgânica, como o biossólido, também foi observada por Moraes Neto et al. (2001), trabalhando com substratos à base de húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada, e por Stringheta et al. (1997).

O aumento na dose de biossólido nas misturas elevou a microporosidade do substrato, o que proporcionou maior capacidade em reter água (Figura 1). Aumentos na dose de casca de arroz carbonizada promoveram redução na proporção de microporos do substrato, reduzindo sua capacidade de retenção de água, tornando inviável, para a produção de mudas, o uso de altas doses desse componente, em virtude do alto consumo de água para irrigação. A capacidade de retenção de água foi tanto maior quanto maior foi a dose de biossólido no substrato; porém, em substratos com altas doses de biossólidos, observou-se alta densidade (Figura 1) e, consequentemente, redução da proporção de macroporos, fato este que dificulta a aeração dos substratos, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular. Para De Boodt & Verdonck (1972), citados por Kämpf & Fermino (2000) e Gonçalves & Poggiani (1996), o substrato ideal deve ter de 75 a 85 % de seu volume em poros.

A quantidade e a qualidade de poros determinaram a distribuição de sólidos, água e ar nos substratos (Figura 2).

O substrato Multiplant® (Figura 2) apresentou percentagem de microporos considerada adequada (45–55 %), segundo padrão definido por Gonçalves & Poggiani (1996), conferindo a este substrato uma capacidade de retenção de água satisfatória. A macroporosidade e a densidade desse material apresentaram valores considerados médios por esses autores (respectivamente, 20–40 % e 0,25–0,50 g cm⁻³). Esse conjunto de características conferiu ao substrato qualidade para o desenvolvimento do sistema radicular das mudas.

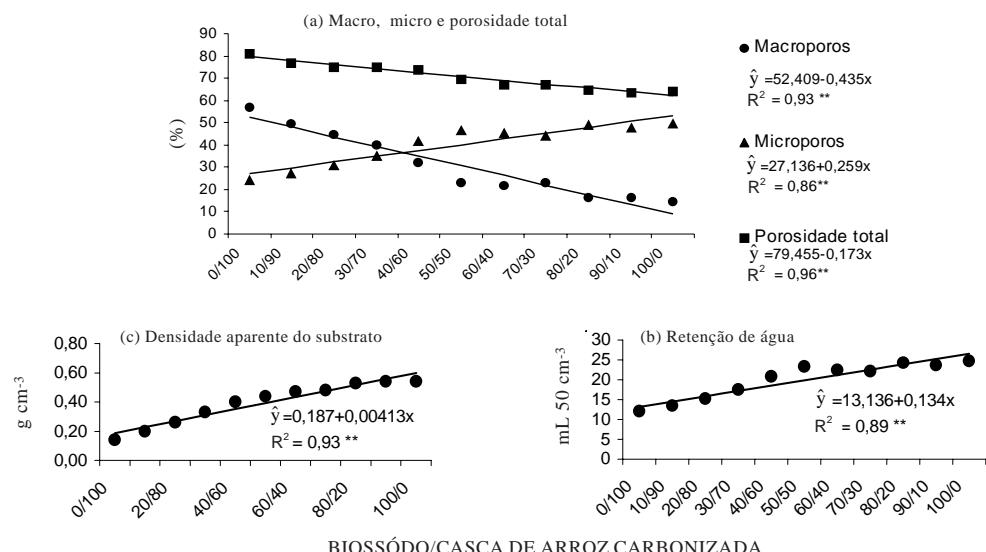


Figura 1. Macroporos (a), microporos, porosidade total (b) e capacidade máxima de retenção de água e (c) densidade aparente dos substratos.

Os valores atribuídos às características físicas (Figura 1), comparados com valores obtidos para o substrato-testemunha e, segundo informações de Kämpf & Fermino (2000) e Gonçalves & Poggiani (1996), permitiram considerar mais adequados para o desenvolvimento de mudas florestais os substratos cujas quantidades de biossólido variaram de 30 a 60 %.

Atributos químicos

O biossólido contém teores razoáveis de nutrientes, com destaque para N e P (Quadro 2). A casca de arroz carbonizada, por sua vez, é um material pobre em nutrientes, apresentando apenas o teor de K (K_2O) mais elevado. A alteração na proporção da mistura refletiu-se significativamente

na composição química dos substratos. Dessa forma, à medida que se reduziu a quantidade de biossólido no substrato, houve redução nos teores dos nutrientes N, P_2O_5 , Ca, Mg e S e de matéria orgânica. Por outro lado, o teor de K_2O elevou-se graças ao aumento na dose de casca de arroz carbonizada, que contém maior quantidade desse nutriente que o biossólido. O substrato-testemunha apresentou, em geral, baixos teores de nutrientes, característica comum em substratos comerciais.

Na análise de micronutrientes (Quadro 3), o biossólido apresentou teores mais elevados para Zn, Cu e Fe, enquanto a casca de arroz carbonizada apresentou maior teor de Mn. Portanto, assim como para macronutrientes, à medida que se reduziu a dosagem de biossólido no substrato, obteve-se redução nos teores de Zn, Cu e Fe, bem como aumento no teor de Mn. O substrato-testemunha apresentou baixos teores de micronutrientes, quando comparados aos tratamentos com biossólido.

Todos os tratamentos apresentaram valores de pH ($CaCl_2$) (Quadro 3) dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento de mudas, ou seja, de 5,5 a 6,5, segundo Gonçalves & Poggiani (1996) e Valeri & Corradini (2000).

A condutividade elétrica aumentou à medida que aumentou a dose de biossólido na mistura, em razão da carga de sais deste material. Segundo Gonçalves et al. (2000), a condutividade elétrica do substrato não deve ficar acima de $1,0 \text{ mS cm}^{-1}$, em determinações realizadas a partir de extrato de diluição de 1:1,5. Portanto, observou-se que, com exceção dos tratamentos 20/80, 10/90 e 0/100, os demais apresentaram condutividade elétrica acima

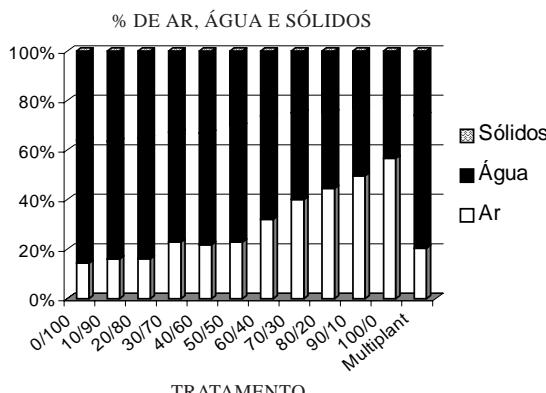


Figura 2. Distribuição de sólidos, água e ar nos diversos substratos analisados.

Quadro 2. Teores totais de macronutrientes, carbono e matéria orgânica dos substratos nos diversos tratamentos

Tratamento ⁽¹⁾ (BIO/CAC)	N	P_2O_5	K_2O	MO	C	Ca	Mg	S	% (p/p)			
									C	Ca	Mg	S
100/0 ⁽¹⁾	5,72 a	2,53 b	0,11 f	60,00 ab	33,40 bcd	1,67 a	0,22 a	1,01abcd				
90/10	5,17 ab	3,05 a	0,11 f	60,00 ab	33,42 bc	1,54 ab	0,21 ab	1,25 ab				
80/20	5,14 abc	2,48 bc	0,13 ef	61,00 a	33,90 ab	1,41 abc	0,21 ab	1,39 a				
70/30	4,87 bc	2,26 bcd	0,15 def	59,50 ab	32,95 bcd	1,37 bcd	0,20 ab	0,88 abcd				
60/40	4,92 bc	2,09 cde	0,23 cde	60,00 ab	33,40 bcd	1,30 bcde	0,16 abcd	1,09 abc				
50/50	4,75 bc	1,99 de	0,22 cd	59,50 ab	33,10 bcd	1,11 def	0,18 abc	1,37 a				
40/60	4,51 c	1,76 ef	0,23 cd	58,75 ab	32,67 bcd	1,23 cde	0,16 abcd	0,67bcde				
30/70	3,52 de	1,72 ef	0,30 bc	57,75 b	32,20 cd	1,07 efg	0,16 abcd	0,64 bcde				
20/80	3,68 d	1,43 fg	0,38 b	57,75 b	32,22 cd	0,92 fgh	0,14 bcd	0,60 cdef				
10/90	2,97 e	1,10 g	0,40 b	57,75 b	31,95 d	0,74 h	0,12 cd	0,43 def				
0/100	0,56 f	0,16 h	0,63 a	58,25 b	35,14 a	0,21 i	0,10 d	0,02 f				
Multiplant [®]	0,63 f	0,41 h	0,15 def	28,50 c	15,85 e	0,82 gh	0,15 abcd	0,15 ef				
D.M.S.	0,64	0,41	0,10	2,281	1,45	0,27	0,07	0,62				
C.V. (%)	6,69	9,40	16,05	1,63	1,40	9,68	17,77	31,72				

⁽¹⁾ BIO/CAC = BioSSólido/Casca de arroz carbonizada. **significativo a 1 %. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Quadro 3. Teores totais de micronutrientes e valores de pH, relação C/N e condutividade elétrica dos substratos nos diversos tratamentos

Tratamento ⁽¹⁾ (BIO/CAC)	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	pH CaCl ₂	C/N	CE Ext. 1:5
mg kg ⁻¹								
100/0 ⁽¹⁾	0,117	911,63 a	240,90 a	160,88 e	20515 a	6,40 b	7/1 d	2,99 a
90/10	0,110	841,50 ab	210,38 ab	160,05 e	20171 ab	6,30 b	7/1 d	2,90 a
80/20	0,113	810,98 abc	202,13 b	171,60 e	18040 abc	6,30 b	7/1 d	3,02 a
70/30	0,103	789,53 bc	190,58 bc	181,50 e	16335 abcd	6,33 b	7/1 d	2,96 a
60/40	0,115	782,10 bc	189,75 bc	187,28 e	14671 bcde	6,38 b	7/1 d	2,73 a
50/50	0,115	660,00 de	153,45 de	197,18 e	12348 de	6,38 b	8/1 d	2,48 a
40/60	0,110	720,23 dc	169,95 cd	219,45 de	12664 cde	6,28 b	8/1 d	1,68 b
30/70	0,330	653,40 de	146,85 de	264,00 cd	12954 cde	6,33 b	10/1 cd	1,43 b
20/80	0,098	580,80 ef	122,10 ef	299,48 bc	12306 de	6,38 b	10/1 cd	0,71 c
10/90	0,085	471,08 f	90,75 f	338,25 b	9144 e	6,45 b	12/1 c	0,51 c
0/100	0,078	105,60 g	11,55 g	546,98 a	440 f	6,73 a	63/1 a	0,09 c
Multiplant®	0,095	154,28 g	33,00 g	169,95 e	3039 f	5,03 c	28/1 b	1,54 b
D.M.S.	0,31	113,2	31,96	62,26	5588	0,21	3,60	0,70
C.V. (%)	104,13	7,35	8,82	10,45	17,80	1,33	10,08	12,38

⁽¹⁾ BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada.

**: significativo a 1 %. ns: não-significativo.

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

do considerado ideal, indicando excesso de sais solúveis nestes substratos, ainda mais considerando que a análise de condutividade elétrica dos materiais foi realizada em extrato resultante da diluição de uma parte de substrato para cinco partes de água. Entretanto, esse fator não influiu na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*, conforme observado, respectivamente, por Trigueiro & Guerrini (2003a, b).

A adubação de mudas, em geral, tem sido realizada independentemente da qualidade nutricional dos substratos, procurando-se para este fim substratos com baixos teores de nutrientes como é o caso do Multiplant®. A carga de nutrientes presentes em materiais como o biossólido, conforme observado neste trabalho, pode, porém, promover significativa economia de fertilizantes aos viveiristas. Para tanto, há necessidade de conhecer a disponibilização de nutrientes por estes substratos, considerar a real necessidade nutricional da espécie com que se trabalhará, e, assim, dominar a técnica de produção de mudas com substratos à base de biossólido.

O uso de biossólido, como componente de substratos, é mais uma alternativa viável para a disposição final deste resíduo, embora haja necessidade de maiores estudos sobre a liberação de nutrientes para que seu uso seja otimizado.

CONCLUSÕES

1. O aumento na percentagem de biossólido e a consequente redução na de casca de arroz carbonizada

promoveram aumento na densidade aparente dos substratos, diminuindo o espaço de aeração, além de aumentar a capacidade de retenção de água pelo aumento na microporosidade dos substratos.

2. Em geral, a quantidade de nutrientes no substrato foi aumentada com a elevação da percentagem de biossólido, exceto para K e Mn.

3. De acordo com as características apresentadas, foram considerados mais adequados para o desenvolvimento de mudas de espécies florestais os substratos com 30 a 60 % de biossólido no seu volume total.

4. Nenhum substrato testado, inclusive a testemunha, apresentou valores considerados ideais em todos os atributos estudados.

LITERATURA CITADA

- BETTIOL, W.; AUER, C.G.; KRUNER, T.L. & PREZOTTO, M.E.M. Influência de lodo de esgoto e de acículas de pinus na formação da ectomicorrizas em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pelos fungos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*. IPEF, 34:41-6, 1986.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes. Métodos oficiais. Brasília, 1988. 110p.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; BARICELLO, L.R.; VOGET, H.L.M. & OLIVEIRA, L.S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. Floresta, 28:19-30, 2000.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Manual Técnico P.4.230 – jan/99. Aplicação de biossólido de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - Critérios para projeto e operação. São Paulo, 1999. 33p.

- CORDELL, C.E. & FILER Jr., T.H. Integrated nursery pest management. In: SOUTHERN PINE NURSERY HANDBOOK: Atlanta, USDA. Forest Service, Southern Region, 1984. p.1-17.
- GONÇALVES, J.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.G.; 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., eds. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, IPEF, 2000. p.309-350.
- KÄMPF, A.N. & FERMINO, M.H. Substratos para plantas. A base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre, Genesis, 2000. 312p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G.; CHELI, R.A. & LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. R. Bras. Ci. Solo, 18:449-455, 1994.
- MORAES NETO, S.P.; GONÇALVES, J.L.M. & TAKAKI, M. Produção de mudas de seis espécies arbóreas, que ocorrem nos domínios da floresta atlântica, com diferentes substratos de cultivo e níveis de luminosidade. R. Árvore, 25:277-287, 2001.
- MORAIS, S.M.J.; ATAIDE, P.R.V.; GARCIA, D.C.; KURTZ, F.C.; OLIVEIRA, O.S. & WAZLAWICK, L.F. Uso do lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. Sanare, 6:44-49, 1997.
- ROSA Jr., E.J.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T. & SANTOS FILHO, V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. R. Ci. Agr., 1:18-22, 1998.
- SILVA, M.R. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1998. 105p. (Tese de Mestrado)
- 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. R. Bras. Ci. Solo, 21:155-159, 1997.
- TRIGUEIRO, R.M. & GUERRINI, I.A. Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de eucalipto. Sci. For., 64:150-162, 2003.
- TRIGUEIRO, R.M. & GUERRINI, I.A. Produção de mudas de pinus em substrato composto por biossólido e casca de arroz carbonizada. R. Ener. Agric., 12:1-12, 2003.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-USEPA. A guide to the biosolids risk assessments for the EPA Part 503 Rule. EPA/832-B-93-005. Office of wastewater management. Washington D.C., 1993. 144p.
- VALERI, S.V. & CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, IPEF, 2000. p.168-90.
- VANZO, J.E.; MACEDO, L.S. & TSUTIYA, M.T. Registros da produção de biossólidos. O caso da ETE de Franca. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPAÑHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J. & MARQUES, M.O., eds. Biossólidos na agricultura. São Paulo, SABESP, 2001. p.227-242.