

Revista Brasileira de Agroecologia  
*Rev. Bras. de Agroecologia. 7(2): 160-169 (2012)*  
ISSN: 1980-9735

---

## **Caracterização físico-química de misturas de componentes de substrato com resíduo de celulose para fins de produção de mudas**

Physical-chemical characterization of substratum components mixture with cellulose residue for seedling production

PAGLIARINI, Maximiliano Kawahata<sup>1</sup>; CASTILHO, Regina Maria Monteiro de<sup>2</sup>; ALVES, Marlene Cristina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pós-graduando em Sistemas de Produção, UNESP, Campus de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Ilha Solteira / SP, Brasil, max.pagliarini@gmail.com.; <sup>2</sup>Professora Assistente Dra., UNESP, Campus de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Ilha Solteira/ SP, Brasil, castilho@agr.feis.unesp.br.; <sup>3</sup>Professora Titular, UNESP, Campus de Ilha Solteira, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Ilha Solteira/ SP, Brasil, mcalves@agr.feis.unesp.br.

---

**RESUMO:** O trabalho teve como objetivo caracterizar fisicamente combinações de componentes de substrato com resíduo de celulose. Foi desenvolvida no Laboratório de Física do Solo da UNESP – Campus de Ilha Solteira – SP. Foram utilizados três componentes de substrato: areia, solo e composto orgânico (grama batatais + esterco bovino decompostos por 90 dias) e o resíduo de celulose. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com oito tratamentos com três repetições cada. Os tratamentos foram: T1 = resíduo de celulose puro; T2 = resíduo + solo (1:1, v:v); T3 = resíduo + areia (1:1, v:v); T4 = resíduo + composto (1:1, v:v); T5 = resíduo + solo + areia (1:1:1, v:v:v); T6 = resíduo + solo + composto (1:1:1, v:v:v); T7 = resíduo + areia + composto (1:1:1, v:v:v) e T8 = resíduo + solo + areia + composto (1:1:1:1, v:v:v:v). Foram analisados macro e microporosidade e porosidade total, densidade do substrato, densidade de partículas, capacidade de recipiente, condutividade elétrica e pH. O resíduo de celulose puro se adequou em todas as recomendações físicas de um substrato para produção de mudas, sendo que, em relação à condutividade elétrica recomenda-se misturar resíduo de celulose com solo e areia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Porosidade total, densidade do substrato, retenção de água, contutividade elétrica, pH.

**ABSTRACT:** The aim of this work was to characterize physically the combination of substratum components with cellulose residue. The research was conducted at Soil Physics Laboratory in UNESP – Campus de Ilha Solteira – SP. It was used three substratum component: sand, soil and organic compound (grass + manure decomposed by 90 days) and the cellulose residue. The experimental design was entirely randomized with eight treatments and three repetitions. The treatments was: T1 = pure cellulose residue; T2 = residue + soil (1:1); T3 = residue + sand (1:1); T4 = residue + compound (1:1); T5 = residue + soil + sand (1:1:1); T6 = residue + soil + compound (1:1:1); T7 = residue + sand + compound (1:1:1) and T8 = residue + soil + sand + compound (1:1:1:1). It was analyzed macro and microporosity and total porosity, substratum density, particles density, container capacity, electric conductivity and pH. The pure cellulose residue presented all the physics recommendation for substratum to seedlings production. In relation to electric conduction it was recommended to mixture cellulose residue with soil and sand.

**KEY WORDS:** Total porosity, substratum density, water retention, electric conductivity and pH.

Correspondências para: max.pagliarini@gmail.com

Aceito para publicação em 04/05/2012

## Introdução

Os substratos têm sua utilização mundial por proporcionarem melhores condições físicas, químicas e biológicas ao desenvolvimento das plantas (KÄMPF, 2001). Esses materiais são formados por diferentes matérias-primas e classificados de acordo com o material de origem (ABREU et al., 2002): origem vegetal (xaxim, esfagno, turfa, carvão, fibra de coco e resíduos de beneficiamento como tortas, bagaços e cascas); origem mineral (vermiculita, perlita, granito, calcário, areia, cinasita) e origem sintética (lã de rocha, espuma fenólica e isopor) (FERRAZ et al., 2005).

A matéria orgânica do solo é originada de restos vegetais e animais. A matéria orgânica morta é substrato para uma série de organismos do solo que a decompõem, convertendo elementos da forma orgânica para a forma inorgânica, processo denominado de mineralização. Uma parte desses nutrientes mineralizados são absorvidos pelas plantas, e a outra, mobilizada pelos microrganismos que passa a fazer parte da sua constituição do substrato (COSTA et al., 2007).

No manejo de viveiros, entre as técnicas utilizadas destaca-se a seleção do substrato, uma vez que suas propriedades físicas e químicas são de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas (KÄMPF, 2000).

O substrato considerado ideal para a produção de mudas, seja de espécies florestais bem como espécies ornamentais, é aquele que apresenta uniformidade em sua composição, sendo isento de pragas, organismos patogênicos e plantas daninhas. Essas características eliminam a necessidade de se proceder à sua desinfestação, concorrendo para diminuir os custos de produção das plantas (CAMPINHOS JÚNIOR & IKEMORI, 1983).

Além disso, algumas características físicas devem ser observadas como porosidade, densidade e capacidade de recipiente e químicas como condutividade elétrica e pH.

A classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho e podem ser classificados como macroporos ou microporos. A microporosidade é uma classe de tamanho de poros que, após ser saturada em água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem saturados em água não a retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são responsáveis pela retenção e armazenamento da água e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água (REINERT & REICHERT, 2006).

Em relação à densidade, materiais com baixa densidade podem acarretar problemas na fixação das plantas e tombamento, se o cultivo é feito em recipientes altos. No entanto, quando o cultivo é feito em bandejas, necessita-se de substratos leves, pois as baixas densidades não comprometem a estabilidade do recipiente. Além disso, as baixas densidades permitem a utilização desses materiais como condicionadores, em misturas com outros materiais de alta densidade (SANTOS, 2006).

A capacidade de recipiente que mede a capacidade de retenção de água é um termo introduzido por White & Mastalerz (1966), que se refere ao volume de água retido no substrato após saturação e livre drenagem, sem sofrer evaporação. Ou, ainda, segundo Martinez et al. (1991), a capacidade de recipiente é a máxima capacidade de retenção de água de um substrato em um determinado recipiente, sob as mesmas condições de saturação e drenagem.

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução (WILSON, 1984) e fornece um parâmetro para a estimativa da salinidade do substrato.

Com relação ao pH os substratos devem apresentar valores dentro de uma faixa

considerada adequada para o cultivo de plantas, pois os valores inadequados, além de influenciar a disponibilidade de nutrientes (CARNEIRO, 1995), estão relacionados a desequilíbrios fisiológicos (WILSON, 1983).

A utilização agrônômica dos resíduos urbanos e industriais (biossólidos) apresenta grande potencial e oferece a oportunidade do seu uso como fertilizante e estruturador dos solos (SILVA et al., 2002). Esses resíduos têm sido utilizados a melhoria de áreas florestadas, na recuperação de áreas degradadas, como fertilizante em culturas agrícolas e como condicionadores físicos dos solos (SILVA et al., 1997). Diversos autores verificaram que a utilização de biossólidos diminui a densidade dos solos e aumenta a retenção de água (DEBOSZ et al., 2002).

O Brasil é o 7º maior produtor mundial de celulose e o 11º maior produtor de papel, além de ser um dos 15 maiores mercados consumidores desses produtos. Atualmente existem aproximadamente 5 milhões de hectares de florestas plantadas no país, para os mais diversos fins. Deste total, aproximadamente 2,5 milhões de hectares são cultivados com *Eucalyptus* spp., a maioria destinados ao setor de papel e celulose (BRACELPA, 2009).

A geração de resíduos tem sido significativa no setor florestal, pois as fábricas de papel e celulose deparam-se com problemas de ordem ambiental, devido à grande quantidade de resíduos gerados, aproximadamente 48 t de resíduos para cada 100 t de celulose produzida. A opção por aterro sanitário para disposição final destes resíduos é inviável, em função dos altos custos para implantação e manutenção, além da exigência de cuidados especiais no manuseio, tendo em vista os riscos de contaminação ambiental (BELLOTE et al., 2010).

Os mesmos autores afirmam, ainda que, a aplicação dos resíduos orgânicos, oriundos da fabricação de celulose e papel pode trazer benefícios como incorporação de nutrientes

minerais necessários às árvores; melhoria das propriedades físicas como granulometria, capacidade de retenção de água e densidade do solo. Além disso, a aplicação de resíduos da celulose e cinza de caldeiras tem efeito positivo na atividade biológica do solo acelerando a decomposição da serapilheira e no aumento da ciclagem de nutrientes (RODRIGUES, 2004).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características físicas e químicas de combinações de resíduo de celulose com componentes de misturas utilizada como substrato.

### Material e métodos

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Física do Solo e Biotecnologia da Faculdade de Engenharia da UNESP – Campus de Ilha Solteira – SP, onde foram realizadas as análises físicas e químicas de misturas de diferentes componentes de substrato e resíduo de celulose.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e três repetições. Os componentes de substrato utilizados foram: solo, areia, composto orgânico (folha de grama batatais + esterco bovino decompostos por 90 dias) e resíduo de celulose, compondo os tratamentos: T1 = resíduo de celulose puro; T2 = resíduo + solo (1:1, v:v); T3 = resíduo + areia média (1:1, v:v); T4 = resíduo + composto (1:1, v:v); T5 = resíduo + solo + areia (1:1:1, v:v:v); T6 = resíduo + solo + composto (1:1:1, v:v:v); T7 = resíduo + areia + composto (1:1:1, v:v:v) e T8 = resíduo + solo + areia + composto (1:1:1:1, v:v:v:v). O solo é Latossolo Vermelho Distroférrico (Embrapa, 2006) retirado da camada de 0 – 20 cm da Fazenda Experimental da UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP localizada no município de Selvíria-MS e o resíduo de celulose é um composto formado por resto de casca de eucalipto de uma indústria de papel e celulose do município e Três Lagoas-MS, sendo a análise química de ambos demonstrado nas Tabelas 1 e 2.

## Caracterização físico-química de misturas

Tabela 1: Análise química do resíduo de celulose realizado pelo Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo de Campinas-SP, UNESP, Ilha Solteira – SP, 2010.

Componente	Umidade ---%---	C orgânico -----g kg <sup>-1</sup> -----	N	Ca	S	P	Mg	B	Cu	Fe	K
									-----mg kg <sup>-1</sup> -----		
R. de celulose	5,9	186	6,3	86,9	1,8	2,4	3,8	30,3	14,3	5.458	5.951

Método de ensaio: para metais – US-EPA, SW-846, método 3051, com determinação por fotômetro de chama para Na e K, para os demais metais determinação por ICP-AES. Para N total método de Kjeldahl, para carbono orgânico digestão com dicromato e determinação volumétrica, para umidade perda de massa a 60°C.

Tabela 2: Análise química do solo. UNESP, Ilha Solteira – SP, 2010.

	pH	Ca	Mg	K	Al	H + Al	SB	CTC	P	MO	V
	H2O								mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	%
Solo	5,0	24	1,0	0,7	0,0	22	25,9	47,9	27	31	54

Realizaram-se análises físicas conforme metodologia citada por Kiehl (1979). A macroporosidade e microporosidade foram determinadas pelo método do Anel Volumétrico na Mesa de Tensão.

O anel foi preenchido pela amostra, ficando imerso em água até ¼ de sua altura por 24 horas, sendo que após fez-se uma pesagem com a amostra saturada. As amostras foram levadas para a Mesa de Tensão (60 cm de altura) por período de 24 horas, e então fez-se nova pesagem. Após esse processo as amostras foram levadas para a estufa de ventilação forçada a 105°C por 24 horas, sendo então novamente pesadas e peso seco anotado.

A macroporosidade, microporosidade e porosidade total foram obtidas através das formulas:

a) Macroporosidade: Macro (%) =  $(m1 - m2) \cdot 100 / \text{Vol. Anel}$

b) Microporosidade: Micro (%) =  $(m2 - m3) \cdot 100 / \text{Vol. Anel}$

c) Porosidade total: Pt (%) =  $(m1 - m3) \cdot 100 / \text{Vol. Anel}$

Sendo, m1 = massa de substrato saturado com água; m2 = massa de substrato depois da mesa de tensão e m3 = massa de solo depois da estufa.

Sabendo-se a massa seca de solo final pode-se avaliar a densidade do substrato (Ds) dividindo a massa de solo seco (m3) pelo volume de cada anel, através da fórmula:

$Ds = \text{massa de solo no anel (m3)} / \text{Vol. Anel}$

A densidade de partículas (Dp), por sua vez, foi feita por diferença de volume. Pesou-se 20 g de cada substrato e transferiu essa massa para uma proveta de 50 mL. O material foi embebido com álcool até completar o volume (50 mL), sendo que obteve-se o volume que o material ocupava. Para determinação da densidade de partículas utilizou-se as seguintes fórmulas:

$\text{Vol. da amostra} = 50 - \text{Vol. ocupado}$

$Dp = m \text{ amostra} / \text{Vol. da amostra}$

A capacidade de recipiente (R) foi determinada através da infiltração da água em cada tratamento.

Foi utilizado um funil com papel filtro, adicionando-se 20 g de substrato dentro desse sistema. O funil foi colocado sobre uma proveta e adicionou-se 50 mL de água nesse substrato de forma uniforme.

Após cinco minutos pode-se observar que uma quantidade de água passou pelo substrato e depositou-se na proveta anotando-se o valor. A retenção de água foi feita pela diferença entre o volume de água adicionado pelo volume de água na proveta transformando esse valor em porcentagem.

A condutividade elétrica e o pH foram determinados respectivamente pelo condutivímetro TDSTestr 4 e peagâmetro pHTestr 2, ambos da Oakton Instruments®, colocando-se cada substrato em repouso por 4 horas em água destilada na proporção de 1:1,5 (v:v substrato e água), segundo metodologia adaptada de Kampf 2005, sendo a leitura feita na solução sobrenadante.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

### Resultados e discussão

Verificam-se, nas Tabelas 3, 4 e 5 diferenças significativas na análise de variância entre os tratamentos de combinação de resíduo de celulose com componentes de substratos para macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do substrato, densidade de partículas, capacidade de recipiente, condutividade elétrica e pH.

Segundo Kämpf (2000) deve-se escolher substratos com maior porosidade total porque além de um infiltração melhor de água, há a possibilidade de facilitar o crescimento da raiz, já que ele é o meio no qual as raízes de um planta se desenvolvem fora do solo.

Ainda de acordo com a mesma autora a maior parte das plantas ornamentais são produzidas em vasos e deve-se ressaltar que com relação a

porosidade total, o pequeno volume do vaso leva a uma alta concentração de raízes, exigindo elevado suprimento de oxigênio e rápida remoção de gás carbônico. Assim, pode-se dizer que o substrato deve ser o mais poroso possível, a fim de permitir a troca gasosa eficiente, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para as atividades dos microrganismos do meio. Portanto, o resíduo de celulose puro e misturado com composto orgânico adequaram-se em relação à microporosidade e à porosidade total, sendo respectivamente 48,54% e 77,36%. Por outro lado, o resíduo de celulose misturado com solo + areia, ou os quatro componentes (resíduo, solo, areia e matéria orgânica) não se mostraram adequados, pois obtiveram de porosidade total 52,64% e 54,05% respectivamente (Tabela 3).

Em termos mais específicos Kämpf (2001) considerou que o substrato ideal deve ter um espaço poroso total que varia entre 75 a 90%, e, portanto, apenas o resíduo de celulose puro encontra-se nessa faixa de porosidade (Tabela 3).

Fermino (2003) afirma que como as partículas dos meios de cultivo não são esféricas nem apresentam um tamanho único, e que a porosidade tende a aumentar à medida que se aumenta o tamanho médio das partículas ou quando apenas um único componente é usado, o que pode ser observado com relação ao resíduo de celulose puro, que alcançou as medias mais significativas para macro e microporosidade e porosidade total: 28,82%, 48,54% e 77,36%, respectivamente (Tabela 3).

O autor afirma também que a combinação de partículas de tamanhos diferentes pode levar a uma redução significativa da porosidade em comparação com os valores apresentados pelo conjunto formado só com as partículas de mesmo tamanho. Todas as misturas realizadas com o resíduo de celulose obtiveram médias de porosidade total inferiores ao resíduo de celulose

Tabela 3: Porcentagens de macro e microporosidade e porosidade total das combinações de componentes de substrato com resíduo de celulose (RC = resíduo de celulose; S = solo; A = areia e CO = matéria orgânico), UNESP, Ilha Solteira – SP, 2010.

<b>Substratos</b>	<b>Macroporosidade</b>	<b>Microporosidade</b>	<b>Porosidade Total</b>
	----- % -----		
<b>RC</b>	28,82 a	48,54 a	77,36 a
<b>RC + S</b>	24,99 b	35,32 c	60,31 bc
<b>RC + A</b>	21,05 de	33,88 cd	54,93 de
<b>RC + CO</b>	23,58 bc	49,96 a	73,55 a
<b>RC + S + A</b>	22,34 bcd	30,30 d	52,64 e
<b>RC + S + CO</b>	22,21 bcd	41,95 b	64,16 bc
<b>RC + A + CO</b>	22,41 bcd	36,88 c	59,29 cd
<b>RC + S + A + CO</b>	20,09 e	33,96 c	54,05 e
<b>C.V. (%)</b>	4,58	3,24	2,68

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

puro (Tabela 3), e isso se explica pelo efeito cimentante (KÄMPF 2005), quando as partículas menores se alojam entre os espaços livres formado pelo arranjo das partículas maiores.

De maneira geral, considera-se como referencia para substrato valores de densidade seca entre 0,35 e 0,50 g cm<sup>-3</sup> (BUNT, 1973), para esse intervalo observa-se na Tabela 2 que apenas o resíduo de celulose se adequa.

Porém, o substrato indicado para recipientes de 15 cm de altura não necessariamente apresenta uma boa performance em recipientes menores do que 5 cm (MILKS et al., 1989) e assim, quanto menor o recipiente menor a densidade do substrato utilizado. Kämpf (2000) recomenda utilizar substratos com densidade de 0,10 a 0,35 g cm<sup>-3</sup> para bandejas multicelulares, de 0,25 a 0,40 g cm<sup>-3</sup> para vasos de até 15 cm de altura, de 0,30 a 0,50 g cm<sup>-3</sup> para vasos de 20 a 30 cm de altura, e, de 0,50 a 0,80 g cm<sup>-3</sup> para vasos maiores de 30 cm de altura. Isso significa que apenas o resíduo

de celulose puro e misturado com matéria orgânica se encontra nesses intervalos citados sendo as densidades respectivamente de 0,35 e 0,45 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 4).

Assim, o resíduo de celulose poderia ser recomendado como substrato puro em bandeja multicelulares, em vasos de 15 cm de altura e em vasos de 20 a 30 cm de altura, enquanto que a mistura de resíduo de celulose e matéria orgânica usado como substrato para vasos maiores que 30 cm.

A capacidade de recipiente observada na Tabela 2 se encontra dentro dos valores ótimos citados por Fermino (2003), ou seja, entre 20 e 30% de retenção de água.

Com relação a CE, no presente trabalho, apenas o resíduo de celulose misturado com areia e solo se encontra na faixa sugerida por Cavins et al. (2000) que afirmam que um substrato com CE entre 0,76 e 1,25 dS/m apresenta salinidade adequada ao desenvolvimento da maioria dos

Tabela 4: Densidade do substrato (Ds), densidade de partículas (Dp) e capacidade de recipiente (R) das combinações de componentes de substrato com resíduo de celulose (RC= resíduo de celulose; S = solo; A = areia e CO = composto orgânico), UNESP, Ilha Solteira – SP, 2010.

Substratos	Ds	Dp	R
	----- g cm <sup>-3</sup> -----	----- g cm <sup>-3</sup> -----	----- % -----
RC	0,35 f	0,81 e	54 a
RC + S	0,97 c	0,94 e	47 ab
RC + A	1,1 b	1,54 d	40 bc
RC + CO	0,45 e	1,69 abc	43 b
RC + S + A	1,31 a	1,9 abc	34 cd
RC + S + CO	0,86 d	1,6 bc	53 a
RC + A + CO	0,95 cd	1,85 abc	40 bc
RC + S + A + CO	1,11 b	1,6 bc	39 bc
C.V. (%)	3,75	6,18	7,37

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

cultivos (Tabela 3).

Os mesmos autores classificam CE em níveis: muito baixo (0 a 0,25 dS/m), baixo (0,26 a 0,75 dS/m), normal (0,76 a 1,25 dS/m), alto (1,26 a 1,75 dS/m), muito alto (1,76 a 2,25 dS/m) e extremo (acima de 2,25 dS/cm). Assim sendo, o resíduo de celulose puro e misturado com matéria orgânica se enquadram no nível extremo (CE 2,40 e 3,73 dS/m respectivamente) (Tabela 3). Resíduo de celulose + solo, resíduo + areia e os quatro componentes juntos se enquadram no nível alto (CE 1,53; 1,57 e 1,50 dS/m respectivamente), podendo, portanto, afetar o vigor das sementes especialmente em climas quentes (Tabela 3). Já o resíduo + solo + matéria orgânica e resíduo + areia + matéria orgânica se enquadram no nível muito alto, sendo CE 2,10 e 1,93 dS/m respectivamente, o que pode alterar absorção de água, levando a um crescimento reduzido, o que pode incluir queima das bordas das folhas e murcha (Tabela 3).

O resíduo de celulose puro e misturado com

solo e matéria orgânica apresentaram valores de CE de 2,40 e 2,10 dS/m respectivamente, adequando-se a classificação proposta por Abad & Nogueira (1997), de que o intervalo satisfatório de CE para a maioria das plantas é de 2,0 a 3,5 dS/m, porém, os mesmos autores afirmam que são impróprios para a germinação de sementes e crescimentos de plântulas, por apresentarem CE maior que o intervalo ótimo que varia de 0,75 a 1,99 dS/m (Tabela 5).

Em relação ao pH, observa-se que todos os tratamentos apresentaram valores altos, sendo o menor valor de 7,6 para o resíduo de celulose misturado com matéria orgânica e o maior de 8,0 para o resíduo mais areia (Tabela 5). Segundo LOURA (2009), valores de pH em água não leva em conta apenas a acidez total, especialmente devido aos prótons e as formas de alumínio fixadas ao complexo de troca, que contribuem também para a acidez. Assim, os valores encontrados no presente trabalho são elevados

Tabela 5: Condutividade elétrica (CE) e pH das combinações de componentes de substrato com resíduo de celulose (RC = resíduo de celulose; S = solo; A = areia e CO = composto orgânico), UNESP, Ilha Solteira – SP, 2010.

<b>Substratos</b>	<b>CE</b> ---- dS/m ----	<b>pH</b> (em H <sub>2</sub> O)
<b>RC</b>	2,40 b	7,77 c
<b>RC + S</b>	1,53 d	7,93 a
<b>RC + A</b>	1,57 d	8,00 a
<b>RC + MO</b>	3,73 a	7,60 c
<b>RC + S + A</b>	0,80 e	7,97 a
<b>RC + S + MO</b>	2,10 bc	7,57 c
<b>RC + A + MO</b>	1,93 cd	7,60 c
<b>RC + S + A + MO</b>	1,50 d	7,70 bc
<b>C.V. (%)</b>	8,19	0,74

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

provavelmente por terem sido lidos em água.

O valor considerado ideal, para cultivo de plantas em solo está em torno de 6,0, conforme recomendação da COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS E SC (2004). Porém, quando se usa substratos orgânicos, sem solo, Kämpf (2005), recomenda que o pH deve estar na faixa de 5,2 a 5,5. Os valores de pH encontrados no resíduo de celulose e suas misturas se assemelham aos citados por Kämpf (2005) para vermiculita entre 7,5 – 8,5 e para compostos de lixo urbano entre 8,0 – 8,6.

### Conclusão

Com base nos resultados obtidos e nas condições deste experimento pode-se concluir que o resíduo de celulose puro de acordo com suas características físicas (porosidade total, capacidade de retenção de água e densidade do substrato) pode ser utilizado como substrato na produção de mudas.

Em relação à condutividade elétrica o melhor resultado foi obtido com resíduo de celulose mais solo e mais areia.

O pH determinado em água mostrou-se alto em todos os substratos. Faz-se necessário o estudo de misturas em outras proporções para verificar se o valor do pH continua elevado.

### Agradecimento

Ao técnico do laboratório de Física do Solo, Sr. Valdivido dos Santos, pelo auxílio nas determinações desse trabalho.

### Referências Bibliográficas

- ABAD, M.; NOGUERA, P. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: URRESTARAZU, M. (Ed). **Manual de cultivo sin solo**, Universidad de Almería, España, 1997, p. 101-147.
- ABREU, M. F. et al. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, p. 17-28,

- 2002.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. de C. **Utilização de resíduo da produção de celulose**. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=460&subject=E%20mais&title=Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20celulose](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=460&subject=E%20mais&title=Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20celulose)>. Acesso em: 24 de jul. de 2010.
- BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Avaliação do setor de celulose e papel. Desempenho do setor em 2009**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/economico.asp>>. Acesso em: 24 jul. 2010.
- BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrate and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 38, p. 1954-1954, 1973.
- CAMPINHOS JÚNIOR, E.; IKEMORI, Y. K. **Novas técnicas para produção de mudas de essências florestais**. IPEF, v. 23, p. 47-52, 1983.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEP, 1995, 451 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 PourThru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet / NCSU**, Raleigh, n.590, 2000. Disponível em: <[http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hort\\_sublab/](http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hort_sublab/)>. Acesso em: 01 set. 2010.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS E SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004, 400p.
- COSTA, A. S. V. da; RUFINI, J. C. M.; SILVA, M. B. da; GALVÃO, E. R.; RIBEIRO, J. M. O. Efeito de resíduo de celulose e esterco no solo sobre desenvolvimento de milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, p. 339-344, 2007.
- DEBOSZ, K.; PETERSEN, S. O.; KURE, L. K.; AMBUS, P. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. **Applied Soil Ecology**, n.19, p. 237-248, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.
- FERMINO, M. H. Métodos de análises para caracterização física de substratos para plantas. 2003. 104f. Tese (Doutorado), Pós-Graduação em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre, 2003.
- KÄMPF, A.N. **Análise física de substratos para plantas**. Viçosa: SBCS, v. 26, p. 5-7, 2001.
- KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2005, 256 p.
- KIEHL, J. E. **Manual de edafologia: relação solo – planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 262 p., 1979.
- MARTÍNEZ, P. F.; BURÉS, S.; BLANCA, F.; YUSTE, M. P.; VALERO, J. Experimental and theoretical air/water ratios of different substrate mixtures at container capacity. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 294, p. 241-248, 1991.
- MILKS, R. R.; FONTENO, W. C.; CARSON, R. A. Hydrology of agricultural substrate: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, Alexandria, v. 114, n. 1, p. 57-61, 1989.
- REINERT, D. J.; REICHERT, R. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, UFSM, 18 p., 2006.
- RODRIGUES, C. M. efeito da aplicação de resíduo da indústria de papel e celulose nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na nutrição e biomassa do *Pinus taeda* L. 2004. 108f. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Agronomia, UFPR, Curitiba, 2004.
- SANTOS, F. G. B. dos. Substratos para produção de mudas utilizando resíduos agroindustriais. 2006. 79f. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRP, Recife, 2006.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o bio-sólido produzido no Distrito Federal I: efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 26, p.487-495, 2002.
- SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D.; FEITOZA, L. Utilização do lodo de esgoto como fonte de fósforo e nitrogênio para o milho. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro. **Anais...** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 4p, 1997.

- WHITE, J. W.; MASTALERZ, J. W. Soil moisture as related to "Container Capacity". **Proceeding of the American Society for Horticulturae Science**, Genova, v. 89, p. 758-765, 1966.
- WILSON, G. C. S. Analitical analyses and physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 19-32, 1984.
- WILSON, G. C. S. Tomatoe production in bark substrate. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 150, p. 271-276, 1983.