

## **Caracterização Física de Substratos Elaborados a partir de Resíduos Agroindustriais**





Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1981-5980

Dezembro, 2007

# *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 58*

## Caracterização Física de Substratos Elaborados a partir de Resíduos Agroindustriais

Walkyria Bueno Scivittaro  
Katiúscia Fonseca dos Santos  
Danilo Dulfech Castilhos  
Rosa Maria Vargas Castilhos

Pelotas, RS  
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado  
Endereço: BR 392 km 78  
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8199  
Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221  
Home page: [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
E-mail: [sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro  
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia  
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Luís Antônio Suita de Castro  
Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisor de texto: Sadi Macedo Sapper  
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos  
Editoração eletrônica e capa: Oscar Castro, Miguel Angelo (estagiário)  
Fotos da capa:  
Composição e impressão: Embrapa Clima Temperado

1a edição  
1a impressão (200x): 100 exemplares

Todos os direitos reservados  
A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SUBSTRATOS ELABORADOS A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS / Walkyria Bueno Scivittaro ... [et al.]. -- Pelotas:

Embrapa Clima Temperado, 2007.  
26 p. -- (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).  
ISSN 1678-2518  
Resíduo agroindustrial - Vermicompostagem - Meio de cultivo - Produção de muda. I.Scivittaro, Walkyria Bueno. II.Série.

CDD 631.53

---

# Sumário

Resumo .....	6
Abstract .....	8
Introdução .....	9
Material e Métodos .....	11
Resultados e Discussão .....	15
Conclusões .....	23
Referências .....	24



# Caracterização Física de Substratos Elaborados a partir de Resíduos Agroindustriais<sup>1</sup>

<sup>2</sup> Walkyria Bueno Scivittaro

<sup>2</sup> Katiúscia Fonseca dos Santos

<sup>4</sup> Danilo Dulfech Castilhos

<sup>3</sup> Rosa Maria Vargas Castilhos

## Resumo

Uma das alternativas para o aproveitamento de resíduos agroindustriais é a sua utilização na composição de substratos para a produção de mudas. Os substratos agrícolas apresentam composição variável, o que lhes condiciona características físicas, químicas e biológicas distintas. As características físicas desempenham papel preponderante na qualidade do substrato, sendo utilizadas na avaliação da adequação destes para o cultivo de espécies vegetais. Realizou-se um estudo de caracterização dos principais atributos físicos de substratos agrícolas compostos a partir da combinação de subprodutos de atividades agrícolas. Os substratos avaliados foram formulados pela mistura, na proporção de 1:1 (v/v), de casca de arroz carbonizada com os seguintes resíduos agroindustriais vermicompostados: esterco bovino, esterco ovino, lodo da parboilização de arroz, resíduo alimentar e resíduo da

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do segundo autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Solos, da Universidade Federal de Pelotas.

<sup>2</sup> Eng.<sup>o</sup> Agrôn.<sup>o</sup>, Dra, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, BR 392 km 78 Caixa Postal 403 CEP 96001-970 Pelotas, RS. E-mail: wbscivit@cpact.embrapa.br

<sup>3</sup> Eng.<sup>o</sup> Agrôn.<sup>o</sup>, MSc., doutoranda do Curso de Solos da FAEM-UFPEL, Campus Universitário. Caixa Postal 354 CEP 90010-900 Pelotas, RS. E-mail: katiuscia.fs@gmail.com

<sup>4</sup> Eng.(a) Agrôn.(a), Dr.(a), professor(a) adjunto(a) do Depto. de Solos da FAEM-UFPEL, Campus Universitário. Caixa Postal 354 CEP 90010-900 Pelotas, RS. E-mail: danilodc@ufpel.edu.br; rosamvc@ufpel.edu.br

industrialização de frutas, de forma individualizada ou em misturas, também na proporção de 1:1 (v/v). A caracterização física dos substratos compreendeu a determinação da densidade úmida e seca, porosidade total, espaço de aeração, água disponível, água facilmente disponível, água tamponante e água remanescente. Os substratos elaborados apresentaram restrição ao uso apenas quanto à disponibilidade de água, que foi menor que a considerada ideal para o desenvolvimento vegetal.

Termos para indexação: vermicompostagem, meio de cultivo, produção de muda.

# Physical Characterization of Substrates Made from Agroindustrial Residues

---

*Walkyria Bueno Scivittaro*

*Katiúscia Fonseca dos Santos*

*Danilo Dulfech Castilhos*

*Rosa Maria Vargas Castilhos*

## **Abstract**

The use of agroindustrial residues in the substrate composition for seedling production is an alternative to its full employment. The agricultural substrates have variable composition, which gives them different physical, chemical and biological characteristics. Physical characteristics of substrates are one of the most important factors for their quality. These characteristics are used to evaluate if a substrate is adequate to grow vegetal species. An experiment was carried out to characterize physical properties of substrates composed by the mixture of agroindustrial residues. The evaluated substrates were composed by a mixture, at 1:1 proportion, of carbonized rice hull with the following residues vermicomposting: cattle manure, sheep manure, parboiled rice effluent, alimentary residue and fruit industrialization residue, sole or combined also at 1:1 proportion. Physical characterization of substrates comprised the determination of the wet density, dry density, total porosity, macropores and water retention curve. The composed substrates presented restrictions in the physical water availability, which was lower than that considered ideal.

Index terms: vermicomposting, growth medium, seedling production.



## Introdução

O aumento populacional e do consumo têm conduzido à geração de grandes quantidades de resíduos, muitos deles passíveis de reutilização ou de reciclagem, com conseqüentes benefícios ambientais, uma vez que o aproveitamento de resíduos em atividades produtivas evita a contaminação e contribui para a preservação dos recursos naturais.

O setor agrícola, pela natureza e diversidade de operações, apresenta grande capacidade de aplicação de resíduos. Por outro lado, é também uma importante fonte geradora de subprodutos ou resíduos, cujo reaproveitamento pode ocorrer no próprio segmento produtivo.

A produção de substratos agrícolas vem se intensificando nos últimos anos para atender à demanda crescente dos setores de produção de mudas e de cultivo sem solo. Comumente, os substratos utilizados nessas atividades são adquiridos de empresas especializadas, sendo compostos, basicamente, pela mistura de casca de árvores, vermiculita e matéria orgânica humificada. No entanto, existe uma infinidade de outros materiais com custo acessível provenientes de atividades agrícolas ou industriais que, após a estabilização, podem ser utilizados na composição de substratos, contribuindo para a redução de passivos ambientais e do custo de produção.

Aproveitando-se dessa oportunidade de negócio, está sendo colocado no mercado nacional um grande número de substratos com composição diversa, muito dos quais ainda pouco estudados quanto à adequação agronômica. Atualmente já existem no Brasil mais de duas dezenas de fábricas de substratos em operação (FERMINO, 2006), algumas delas pertencentes a grandes grupos econômicos, que encontraram nesse mercado uma alternativa lucrativa para o reaproveitamento de resíduos de outras atividades produtivas.

Além do aspecto econômico envolvido, o aumento da oferta de substratos decorre da percepção de sua importância para a produção agrícola. Porém, é de fundamental importância, para o sucesso da atividade empreendida, a seleção do substrato adequado, a qual é determinante do melhor aproveitamento de água e de fertilizantes pela espécie vegetal produzida, bem como da qualidade do produto final (FIRMINO, 2003).

O cultivo empregando substratos é feito em recipientes de materiais e formas variadas. Mas por uma questão de racionalização no uso desse insumo, normalmente esses apresentam tamanho reduzido, com pequeno espaço disponível para o desenvolvimento radicular, exigindo o controle preciso de água e de fertilizantes. Em decorrência, para a composição de substratos específicos a um dado cultivo, faz-se necessária a seleção de materiais com características adequadas ao recipiente e manejo pretendidos.

A composição variável dos substratos agrícolas condiciona-lhes características físicas, químicas e biológicas distintas, entre as quais, destacam-se o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a condutividade elétrica (CE), a porosidade total, o espaço de aeração, a retenção de água e a densidade (BELLÉ e KÄMPF, 1994; FERMINO, 1996; GAULAND, 1997).

A despeito da importância da adequação das características químicas e biológicas para a qualidade dos substratos, as características físicas exercem efeito preponderante, uma vez que sua alteração implica na modificação da composição do substrato.

A caracterização física é, pois, ferramenta fundamental para a avaliação da adequação e seleção de substratos agrícolas para espécies vegetais diversas, muito embora já se disponha, atualmente, de modelos matemáticos para a previsão do comportamento de substratos (FERMINO, 2003), complementando as informações analíticas disponíveis.

Em razão do exposto, realizou-se um estudo de caracterização dos principais atributos físicos de substratos agrícolas compostos a partir da combinação de subprodutos de atividades agrícolas.

## Material e Métodos

O estudo, realizado de março de 2006 a janeiro de 2007, compreendeu duas fases: 1) formulação de substratos a partir de subprodutos de atividades agrícolas e 2) caracterização física dos substratos formulados. A primeira fase foi realizada em estufa modelo “Arco Pampeana”, revestida com filme de polietileno de baixa densidade (150  $\mu\text{m}$  de espessura), localizada no Campus da Universidade Federal de Pelotas, em Capão do Leão, RS. A segunda etapa foi desenvolvida no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS.

Para a formulação dos substratos, utilizaram-se amostras isoladas ou combinadas em misturas, na proporção de 1:1 (volume/volume), de cinco resíduos agroindustriais vermicompostados, coletados na região de Pelotas, RS: esterco de bovinos (EB); esterco de ovinos (EO), coletados na Estação Experimental da Palma - UFPel; lodo de parboilização do arroz (LP), fornecido pela Arrozeira Nelson Wendt LTDA.; resíduo alimentar (RA), constituído de resíduos “in natura” da elaboração de refeições do Restaurante Universitário da UFPel, e resíduo da industrialização de frutas (RF), composto basicamente por cascas e restos de polpas, oriundos de empresas de conservas da região de Pelotas.

Na Tabela 1 encontram-se descritas as composições dos resíduos agroindustriais vermicompostados utilizados para a formulação de substratos agrícolas. O uso isolado de resíduo de frutas não foi possível para a composição de substratos, em razão da dificuldade de vermicompostagem quando não em misturas.

Tabela 1. Composição dos resíduos agroindustriais vermicompostados utilizados para a formulação de substratos agrícolas.

Resíduos	Composição
EB	Esterco de bovinos
EO	Esterco de ovinos
LP	Lodo de parboilização do arroz
RA	Resíduo alimentar
RF	Resíduo da industrialização de frutas
EB+LP (1:1)	Esterco de bovinos + lodo de parboilização do arroz
EO+LP (1:1)	Esterco de ovinos + lodo de parboilização do arroz
EB+RA (1:1)	Esterco de bovinos + resíduo alimentar
EO+RA (1:1)	Esterco de ovinos + resíduo alimentar
EB+RF (1:1)	Esterco de bovinos + resíduo da industrialização de frutas
EO+RF (1:1)	Esterco de ovinos + resíduo da industrialização de frutas

Os resíduos vermicompostados foram misturados com casca de arroz carbonizada (CAC), na proporção de 1:1, estabelecida com base em resultados de trabalhos realizados por Trigueiro e Guerrini (2003). Para fins de comparação dos substratos, incluiu-se, como tratamento controle, um dos principais substratos comerciais utilizados para a produção de mudas disponíveis no mercado nacional, o Plantmax®.

Após a formulação, os substratos foram submetidos à caracterização física, que compreendeu as seguintes determinações: densidade úmida, densidade seca, porosidade total, espaço de aeração, água disponível, água facilmente disponível, água tamponante e água remanescente.

Para as determinações de densidade úmida e seca, empregou-se o método descrito por Hoffmann (1970). Este consiste em preencher uma proveta plástica com capacidade para 500mL com 300cm<sup>3</sup> de substrato com umidade correspondente ao ponto de friabilidade. Após, a proveta foi deixada cair sob a ação de seu próprio peso, de uma altura de 10cm, por dez vezes consecutivas. Com o auxílio de uma espátula, nivelou-se a superfície e determinou-se o volume final de substrato. Na seqüência, o material foi pesado (massa úmida) e secado em estufa a 65°C, até massa constante (massa seca).

Com base nesses resultados, determinaram-se as densidades úmida (Equação 1) e seca (Equação 2) dos substratos, descritas a seguir:

$$d_{\text{úmida}} = \frac{M_{\text{úmida}}}{V} \times 1000 \quad (1) \quad d_{\text{seca}} = \frac{d_{\text{úmida}}}{100} \times MS \quad (2)$$

sendo:

$d_{\text{úmida}}$  = densidade úmida do substrato ( $\text{g dm}^{-3}$ );

$M_{\text{úmida}}$  = massa úmida do substrato (g);

$V$  = volume final do substrato ( $\text{cm}^3$ );

$d_{\text{seca}}$  ( $\text{g dm}^{-3}$ ) = densidade seca do substrato ( $\text{g dm}^{-3}$ ) e

$MS$  = matéria seca do substrato (%)

A determinação dos atributos porosidade total, espaço de aeração e água disponível foi obtida a partir de curvas de retenção de água nas tensões de 0, 10, 50, e 100cm de altura de coluna de água, correspondendo às pressões de 0, 10, 50 e 100hPa, conforme proposto por De Boodt e Verdonck (1972). Para tanto, utilizaram-se anéis volumétricos ( $\phi = 55\text{mm}$ ), cujo fundo foi vedado com tecido de nylon preso por um atilho de borracha. Os anéis foram preenchidos com substratos, sendo a quantidade de material utilizada calculada com base na densidade úmida dos substratos, de acordo com a Equação 3.

$$M_{\text{úmida}} = \frac{V_{\text{cilindro}} \times d_{\text{úmida}}}{1000} \quad (3)$$

sendo:

$M_{\text{úmida}}$  = massa úmida de substrato (g);

$V_{\text{cilindro}}$  = volume do cilindro ( $\text{cm}^3$ ) e

$d_{\text{úmida}}$  = densidade úmida do substrato ( $\text{g dm}^{-3}$ )

Após, os substratos dentro dos anéis foram colocados em bandejas plásticas de 10cm de altura, contendo água até cerca de 0,5cm da borda superior do cilindro, para saturação, por 24 horas. Decorrido esse período, os anéis contendo os substratos foram retirados da água e pesados. A massa de água contida na

amostra de substrato correspondeu ao ponto de tensão igual a zero (0hPa). Posteriormente, os substratos dentro dos anéis foram transferidos para mesa de tensão, previamente ajustada para a tensão de 10cm de coluna de água, permanecendo assim até atingirem o equilíbrio (cerca de 48 horas). Na seqüência, os substratos dentro dos anéis foram pesados e a massa de água determinada, correspondendo ao ponto 10hPa. Novamente os substratos dentro dos anéis foram saturados por 24 horas e transferidos para a mesa de tensão ajustada para 50cm de coluna de água, permanecendo nessa condição até o equilíbrio (cerca de 48 horas). Logo depois, os substratos dentro dos anéis foram pesados, sendo que a massa de água determinada correspondente ao ponto de 50hPa. Em seguida, os substratos dentro dos cilindros foram saturados por mais 24 horas e transferido para a mesa de tensão ajustada para 100cm de coluna de água até o equilíbrio (cerca de 48 horas). A pesagem realizada forneceu a massa de água correspondente ao ponto de 100hPa. Finalmente, as amostras de substrato foram secadas em estufa a 65°C até massa constante e pesadas para a determinação da massa de matéria seca. A construção das curvas de retenção de água foi efetuada com os valores de umidade volumétrica obtidos a partir dos percentuais de água retida em cada tensão.

De posse destes dados, foram determinados os seguintes atributos:

- Porosidade Total (PT): que corresponde à umidade volumétrica presente nas amostras saturadas sob tensão 0.
- Espaço de Aeração (EA): representado pela diferença entre a porosidade total e o volume de água retida na tensão de 10cm.
- Água facilmente disponível (AFD): correspondente ao volume de água encontrado entre os pontos 10 e 50cm de tensão.
- Água Tamponante (AT): representativa do volume de água liberada entre 50 e 100cm de tensão.

- Água Disponível (AD): correspondente ao volume de água liberado entre 10 e 100cm de tensão.

- Água Remanescente (AR): umidade que permanece no substrato após ter sido submetido à pressão de sucção de 100cm.

Por sua vez, a porosidade total dos substratos foi obtida utilizando-se a Equação 4:

$$PT = \frac{V_{\text{água}}}{V_{\text{anel}}} \times 100 \quad (4)$$

sendo:

PT = porosidade total (%);

$V_{\text{água}}$  = volume de água no substrato saturado (cm<sup>3</sup>) e

$V_{\text{anel}}$  = volume do anel volumétrico (cm<sup>3</sup>)

## Resultados e Discussão

### Densidade úmida e seca

Os valores médios de densidade úmida dos substratos variaram de 481 a 760 g dm<sup>-3</sup>. Com base nestes, determinou-se a densidade seca dos substratos (Tabela 2), cuja amplitude variou de 287 a 463g dm<sup>-3</sup>. Segundo BUNT (1973), o valor ideal de densidade seca de substratos deve estar compreendido no intervalo de 400 e 500g dm<sup>-3</sup>. De acordo com essa classificação, apenas os substratos EO/LP+CAC (427g dm<sup>-3</sup>) e EO/RA+CAC (463g dm<sup>-3</sup>) encontram-se dentro da faixa recomendada para a produção de mudas; os demais apresentaram densidades menores que as recomendadas. Entretanto, Petry (1999) propõe uma classificação um pouco mais ampla, variando de 350 a 500g dm<sup>-3</sup>, segundo a qual também os substratos EB+CAC (375g dm<sup>-3</sup>) e EO/RF+CAC (350g dm<sup>-3</sup>) encontram-se dentro da faixa ideal.

Tabela 2. Densidade úmida ( $d_{úmida}$ ) e seca ( $d_{seca}$ ) dos substratos avaliados.

Substratos	$d_{úmida}$	$d_{seca}$
	-----g dm <sup>-3</sup> -----	
EB <sup>1</sup> +CAC <sup>2</sup>	619	375
EO <sup>3</sup> +CAC	597	302
LP <sup>4</sup> +CAC	576	322
RA <sup>5</sup> +CAC	481	311
EB/LP+CAC	537	337
EO/LP+CAC	633	427
EB/RA+CAC	507	287
EO/RA+CAC	594	463
EB/RF <sup>6</sup> +CAC	531	322
EO/RF+CAC	550	350
Plantmax® <sup>7</sup>	760	315

<sup>1</sup>EB - esterco de bovino, <sup>2</sup>CAC - casca de arroz carbonizada, <sup>3</sup>EO - esterco de ovino, <sup>4</sup>LP - lodo de parboilização do arroz, <sup>5</sup>RA - resíduo alimentar, <sup>6</sup>RF - resíduo da industrialização de frutas e <sup>7</sup>Plantmax® - substrato controle.

A densidade seca do substrato é uma característica inversamente relacionada à porosidade. Assim, à medida que a densidade aumenta além da faixa recomendada, ocorre uma restrição ao crescimento das raízes das plantas (SINGH; SINJU, 1998). Portanto, os baixos valores de densidade seca determinados para a maioria dos substratos compostos neste estudo não devem ter causado restrição mecânica ao crescimento radicular das plantas. Por outro lado, podem ter comprometido a estabilidade das plantas, que ficam sujeitas ao tombamento (RODRIGUES, 2001).

A baixa densidade não é favorável aos substratos, especialmente quando utilizados na produção de mudas em tubetes. Entretanto, a produção de mudas em bandejas de poliestireno expandido permite a utilização de substratos com menor densidade (FERMINO, 1996), o que é atribuído a conformação diferenciada da célula de cultivo. Uma outra forma de aplicação dos substratos de baixa densidade é em misturas com materiais de alta densidade, onde atuam como condicionadores.

Porosidade total, sólidos, espaço de aeração e disponibilidade



de água.

A caracterização dos substratos quanto à porosidade total, sólidos, espaço de aeração, água facilmente disponível, água tamponante, água disponível e água remanescente é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Porosidade total (PT), sólidos, espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água disponível (AD), água tamponante (AT) e água remanescente (AR) dos substratos em relação ao volume.

Substratos	PT	Sólidos	EA	AFD	AT	AD	AR
	-----%						
EB <sup>1</sup> +CAC <sup>2</sup>	79,3	20,7	38,3	15,6	0,0	15,6	25,4
EO <sup>3</sup> +CAC	79,0	21,0	33,5	14,6	0,5	15,1	30,4
LP <sup>4</sup> +CAC	82,9	17,1	39,4	14,1	0,0	14,1	29,4
RA <sup>5</sup> +CAC	74,2	25,8	40,6	13,5	0,0	13,5	20,1
EB/LP+CAC	73,1	26,9	30,2	15,9	0,0	15,9	27,0
EO/LP+CAC	79,1	20,9	41,5	13,6	0,0	13,6	24,0
EB/RA+CAC	82,1	17,9	47,7	11,9	0,0	11,9	22,5
EO/RA+CAC	70,2	29,8	40,2	10,6	0,0	10,6	19,4
EB/RF <sup>6</sup> +CAC	78,1	21,9	48,2	10,2	0,0	10,2	19,7
EO/RF+CAC	79,4	20,6	45,2	13,2	0,0	13,2	21,0
Plantmax <sup>7</sup>	80,8	19,2	28,3	11,1	6,9	18,0	34,5

<sup>1</sup>EB - esterco de bovino, <sup>2</sup>CAC - casca de arroz carbonizada, <sup>3</sup>EO - esterco de ovino, <sup>4</sup>LP - lodo de parboilização do arroz, <sup>5</sup>RA - resíduo alimentar, <sup>6</sup>RF - resíduo da industrialização de frutas e <sup>7</sup>Plantmax® - substrato controle.

Todos os substratos avaliados apresentaram valores de porosidade total inferiores àquele considerado ideal (85%) por vários autores (DE BOODT; VERDONCK, 1972; BOERTJE, 1984; VERDONCK; GABRIELS, 1988), destacando-se os substratos LP+CAC (82,9%), EB/RA+CAC (82,1%) e Plantmax® (80,8%), pela maior adequação em relação ao valor recomendado (Tabela 3). Entretanto, segundo Lemaire (1995) e Kämpf (2001), a porosidade total de substratos deve estar situada dentro de uma faixa ideal (75% a 90%), na qual esses apresentam melhor aeração, infiltração de água e capacidade de drenagem. De acordo com essa classificação, apenas os substratos RA+CAC (74,2%), EB/LP+CAC (73,1%) e EO/RA+CAC (70,2%) não apresentaram valores de porosidade adequados. Estes atenderam, apenas, o limite mínimo de porosidade ideal estabelecido por Cabrera (1995), que é de 70%.

Muito embora a porosidade total seja uma importante característica física para a formulação de substratos, isoladamente esta característica não garante sua adequação. Assim, a interpretação dos dados de porosidade deve ser associada aos da proporção de poros ocupada por ar e por água, os quais são indicados pelo espaço de aeração e disponibilidade de água, respectivamente.

Com relação à aeração, são desejados os substratos que possibilitem maior difusão de oxigênio, baixa resistência à penetração de raízes e melhor estrutura (SILVA JÚNIOR; VISCONTI, 1991; SOUZA et al., 1995).

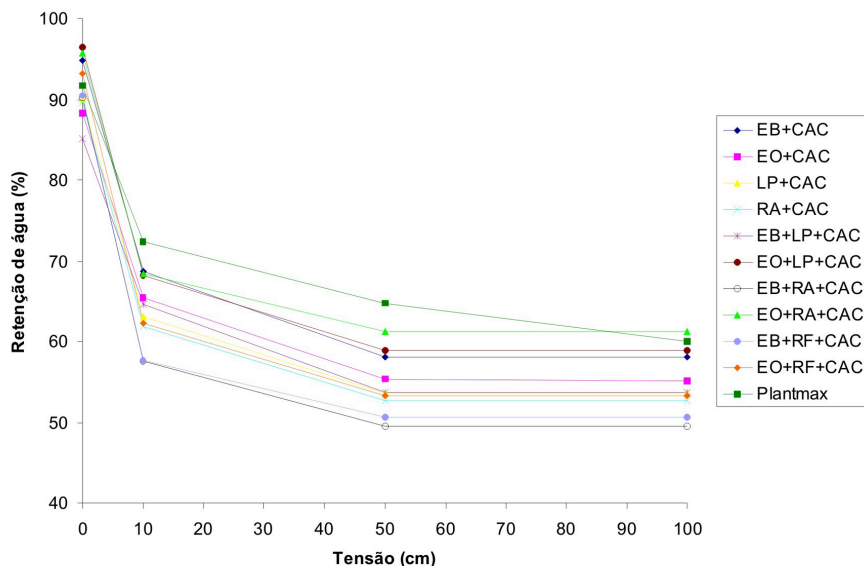
A maioria dos substratos estudados apresentou espaço de aeração superior a 30%, com amplitude variando de 28,3% a 48,2%. De acordo com De Boodt e Verdonck (1972), a faixa ideal para o espaço de aeração varia de 20% a 30%, a qual é atendida pelo substrato referência (Plantmax®). Todos os substratos compostos para este estudo apresentaram valores superiores para essa variável; alguns deles, em especial aqueles com maior espaço de aeração, podem, inclusive, ser utilizados em misturas com materiais de maior densidade, a fim de lhes conferir melhor aeração.

Em uma classificação posterior, Verdonck et al., (1981) propuseram que valores maiores de espaço de aeração, entre 30% a 40%, sejam mais apropriados para substratos. Assim sendo, outros quatro substratos avaliados atendem a essa classificação (EB/LP+CAC; EO+CAC; EB+CAC e LP+CAC).

Paiva e Gomes (2000) mencionaram que a aeração do substrato depende da quantidade e do tamanho das partículas que definem a sua textura. Desta forma, atribui-se o elevado espaço de aeração determinado para os substratos testados à uniformidade e ao tamanho relativamente grande de suas partículas constituintes, favorecendo a formação de macroporos. Contudo o espaço de aeração ideal proposto por Penningsfeld (1983) é de 30%, dessa forma apenas o tratamento EB/LP+CAC (30,2%) é considerado adequado.

## Disponibilidade de água

De forma geral, todos os substratos avaliados apresentaram curva de retenção de água semelhante, com as maiores liberações de água ocorrendo entre as tensões de 10 a 50cm de coluna de água, que corresponde à fração de água facilmente disponível (AFD) (Figura 1). Independentemente do substrato, no intervalo compreendido entre as tensões de 50 e 100cm de coluna de água, que fornece a água tamponante (AT), a liberação de água foi bem menor ou nula. O somatório das frações AFD e AT constitui a água disponível (AD), a qual, para a maioria dos substratos compostos, coincidiu com a água facilmente disponível.



EB - esterco de bovino, CAC - casca de arroz carbonizada, EO - esterco de ovino, LP - lodo de parboilização do arroz, RA - resíduo alimentar, RF - resíduo da industrialização de frutas e Plantmax® - Controle.

Figura 1. Curvas de retenção de água dos substratos avaliados.

## Água disponível

Considera-se como água disponível para um substrato o volume de água retido sob tensões de 10 a 100cm de coluna de água, o que inclui as frações água facilmente disponível (AFD – 10 a 50cm de coluna de água) e água tamponante (AT – 50 a 100cm de coluna de água). Para todos os substratos compostos, a fração AD é quase que integralmente constituída exclusivamente pela fração AFD, uma vez que praticamente não houve liberação de água entre as tensões de 50 a 100cm de coluna de água (água tamponante) (Tabela 3). Como a AFD é liberada sob baixas tensões, esta fração é rapidamente perdida, não se constituindo um reservatório de água para as plantas.

Dentre os substratos avaliados, o volume de água disponível (AFD+AT) variou de 10,2%, para os substratos EB/RF+CAC, a 18,0%, para o substrato controle – Plantmax (Tabela 3). Os valores obtidos para os substratos formulados e controle são inferiores ao da faixa de referência considerada adequada por De Boodt e Verdonck (1972) e Ballester-Olmos (1992), que é de 20% a 30%. Isto indica limitação dos substratos avaliados quando à disponibilidade de água, uma vez que a restrição de água ocorre quando da ocorrência de valores de água disponível inferiores a 20% (FERMINO, 1996).

## Água tamponante

A água tamponante de um substrato representa a reserva de água para as plantas, sendo retida entre tensões que variam de 50 a 100cm de coluna de água. No presente estudo, como relatado anteriormente, praticamente não se determinou essa fração de água para os substratos formulados (Tabela 3), o que demonstra limitação destes quanto à reserva de água para os cultivos. Uma possível explicação para esse comportamento está associada ao fato de todos os materiais compostos conterem 50% de casca de arroz carbonizada em sua composição, componente que apresenta baixa capacidade de

retenção de água, favorecendo a liberação de água sob baixas tensões (água facilmente disponível – AFD), em detrimento das demais frações de água (água tamponante e remanescente) (MANFRON et al., 2005).

Segundo De Boodt e Verdonck (1972), a faixa de água tamponante considerada ideal para substratos varia de 4% a 10%, sendo encontrada no substrato referência (Plantmax®).

### Água remanescente

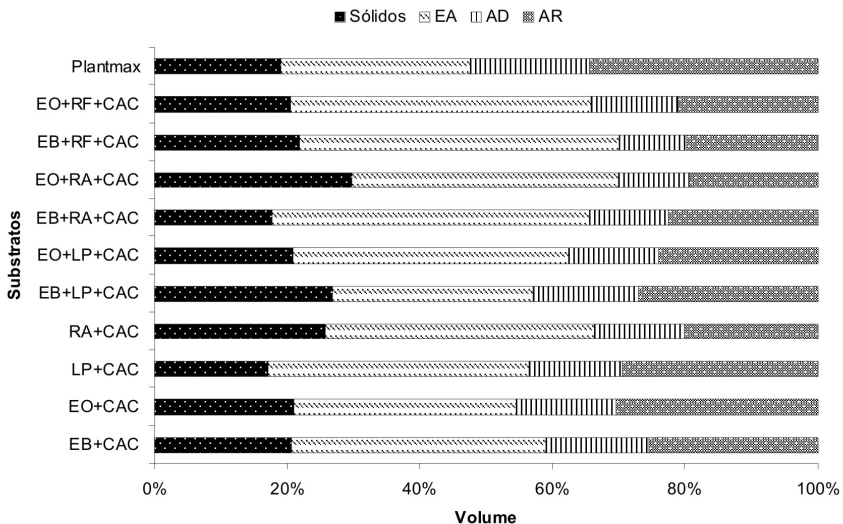
A água remanescente de um substrato representa a diferença entre a quantidade de água retida no substrato sob tensão de 100cm de coluna de água e a massa seca do substrato. Possivelmente, esta fração de água esteja retida no interior das partículas sólidas dos substratos (água intersticial), não estando, portanto, disponível às plantas. É mais freqüente a ocorrência dessa fração de água em substratos constituídos por alguns tipos de material orgânico, de forma especial turfa.

Da Tabela 3, verifica-se que o volume de água retido nessa fração é relativamente alto, correspondendo a cerca de metade do volume total de água retida pelos substratos formulados. Destaca-se, ainda, o substrato referência (Plantmax®), que apresentou maior percentual de água remanescente e menor percentual de espaço de aeração, o que lhe confere maior quantidade de microporos que os demais.

De Boodt e Verdonck (1972) relatam que a água deve estar disponível às plantas sob baixas tensões, para evitar estresse hídrico ou desvio da energia que seria utilizada para o crescimento para a absorção de água. Por outro lado, deve-se considerar que a retenção de parte da água contida no substrato sob tensões elevadas, pode ser favorável às plantas, minimizando, ou mesmo evitando, danos decorrentes do excesso de umidade, quando se consideram substratos com elevada capacidade de retenção de água. Uma exceção se

refere ao período inicial de desenvolvimento das plantas (fase de germinação), em que a condição de umidade elevada é particularmente favorável (ARMITAGE, 1994).

Dos resultados de caracterização física dos substratos apresentados, verifica-se que a adequação destes para o cultivo de plantas depende da interação entre várias características. A interpretação dos dados de porosidade deve ser associada aos da proporção de poros ocupada por ar e por água, os quais são indicados, respectivamente, pelo espaço de aeração e disponibilidade de água. A representação da distribuição entre sólidos, ar e água nos substratos, esta última incluindo as frações água disponível e remanescente, é apresentada na Figura 2. Verifica-se que as diferenças entre os substratos estão associadas, principalmente, à variação no volume de sólidos.



EB - esterco de bovino, CAC - casca de arroz carbonizada, EO - esterco de ovino, LP - lodo de parboilização do arroz, RA - resíduo alimentar, RF - resíduo da industrialização de frutas e Plantmax® - Controle.

Figura 2. Caracterização dos tratamentos, quanto à proporção entre sólidos e poros (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água remanescente (AR) em percentual de volume.

As faixas ideais de sólidos, espaço de aeração, água disponível e remanescente podem ser mais flexíveis do que os valores apresentados pela literatura e certamente devem ser adequados para cada sistema de cultivo e cultura.

Em acréscimo, apenas por meio da avaliação do desenvolvimento de plantas nos diferentes substratos é possível inferir se as propriedades físicas desses substratos são adequadas ou não, uma vez que cada cultura apresenta diferentes respostas às diferentes variáveis de um substrato. Ainda nesse sentido deve-se considerar que é difícil obter um substrato que atenda a todas as características físicas requeridas para uma determinada cultura, devendo-se selecionar as características mais importantes do substrato para o crescimento de cada espécie vegetal.

A ampla variação nas características físicas dos substratos avaliados ocorreram devido à grande variabilidade da composição dos resíduos agroindustriais utilizados para sua composição.

## Conclusão

Os substratos formulados a partir de subprodutos de atividades agroindustriais avaliados apresentam restrições na disponibilidade de água para o cultivo vegetal.

## Referências

ARMITAGE, A. M. *Ornamental Bedding Plants*. Wallingford, CAB International. 1994. 175 p. (Crop Production Science in Horticulturae, 4).

BALLESTER-OLMOS, J. F. *Substratos para el cultivo de plantas ornamentales*. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, 1992. 44 p. (Hojas Divulgadoras, 11).

BELLÉ, S.; KÄMPF, A. N. Utilização de casca de arroz carbonizada como condicionador hortícola para um solo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1265-1271, 1994.

BOERTJE, G. A. Physical laboratory analyses of potting composts. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 150, p. 47-50, 1984.

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. *Plant and Soil*, The Hague, v. 38, p.1954-1965. 1973.

CABRERA, R. I. Manejo de viveros ornamentales em USA. *Revista Chapingo, Texcoco*, v. 3, p. 9-14. 1995.

DeBOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 26, n. 1, p. 37-44, 1972.

FERMINO, M. H. Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas. 1996. 90 f. *Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)*. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 1996.

FERMINO, M. H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. 2003. 89 f. *Tese (Doutorado em*



Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2003.

GAULAND, D. C. S. P. Relações hídricas em substratos à base de turfas sob o uso de condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada. 1997. 107 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1997.

HOFFAMNN, G. Verbindliche methoden zur untersuchung von TKS und gartnerischen erden. Mitteilungen der VDLUFA, Heft, v. 6, p. 129-153, 1970.

KÄMPF, A. N. Análise física de substratos para plantas. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, p. 5-7, 2001.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. Acta Horticulturae, Wageningen, v. 396, p. 273-284, 1995.

MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; NETO, D. D.; MARTIN, T. N.; BONNECARRÈRE, R. A. G.; SANTOS, O. S. dos; MULLER, L.; TORRES, M. E. G. Água disponível para plantas de alface após cultivos sucessivos em estufa plástica. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana, v.12, n.1, p. 60-73, 2005.

PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. Viveiros florestais. Viçosa: UFV, 2000. 56 p.

PETRY, C. (Org.). Plantas ornamentais: aspectos para a produção. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. 155 p.

RODRIGUES, L. T. Caracterização e resposta agronômica de substratos na produção de mudas de fumo no sistema float. 2001. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas. 2001.

SILVA JÚNIOR, A. A.; VISCONTI, A. Recipientes e substratos para a produção de mudas de tomate. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 4, n. 4, p. 20-23, 1991.

SINGH, B. P.; SINJU, U. M. Soil physical and morphological properties and root growth. *Horticultural Science*, Alexandria, v. 33, p. 966-971, 1998.

SOUZA, M.M.; LOPES, L.C.; FONTES, L.E. Avaliação dos substratos para cultivo de Crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) "White polaris" em vasos. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, Campinas. v. 1, n. 2, p. 71-77, 1995.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de bioossólido como substrato para a produção de mudas de eucalipto. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, n. 64, p. 150-162, 2003.

VERDONCK, O.; GABRIELS, R. Substrate requirements for plants. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 221, p. 19-23, 1988.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; De BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 126, p. 251-258, 1981.

