

# Caracterização física e química de alguns substratos comerciais

Marcos Vieira Ferraz, José Frederico Centurion e Amauri Nelson Beutler\*

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n°, 14870-000, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail: amaurib@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo do presente trabalho foi avaliar as propriedades físicas e químicas dos substratos Germina (10%), Germina (20%), F3, F8, F12, Fibra Flor, Garden Plus e Turfa. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e cinco repetições. Foram realizadas análises físicas (porosidade total, espaço de aeração, água disponível, água remanescente, densidade seca, granulometria e diâmetro médio de partículas), análises químicas (pH, MO, P, K, Ca, Mg, H+Al) e calculado SB%, T% e V%. Os substratos apresentaram diferentes características físicas. O F3, F8, F12 e Fibra Flor apresentaram menor água disponível e maior espaço de aeração. As propriedades químicas dos substratos variaram com os constituintes, sendo, em geral, adequadas nos substratos comerciais.

**Palavras-chave:** atributos de substratos, propriedades químicas, propriedades físicas.

**ABSTRACT. Physical and chemical characterization of some commercial substrates.**

The objective of this work was to evaluate physical and chemical properties of the substrates Germina (10%), Germina (20%), F3, F8, F12, Fibra Flor, Garden Plus and Turf. The experimental design was entirely randomized, with eight treatments and five repetitions. Physical analysis (total porosity, space of aeration, available water, remaining water, dry bulk density and particle diameter) as well as chemical analyses (pH, OM, P, K, Ca, Mg, H+Al), were carried out and (BS, T and V%) calculated. The substrates presented different physical characteristics. The F3, F8, F12 and Fibra flor showed smaller water availability greater aeration space. The chemical properties of substrates varied according to the components and were, in general, adequate to commercial substrates.

**Key words:** substrate attributes, chemical properties, physical properties.

## Introdução

Substrato é definido como o meio onde se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas na ausência de solo (Kämpf, 2000a), que deve servir para fixá-las, suprir suas necessidades de ar, água e nutrientes (Lemaire, 1995; Taveira, 1996; Salvador, 2000).

Os substratos têm sua utilização mundial incrementada anualmente por proporcionarem melhores condições físicas, químicas e biológicas ao desenvolvimento das plantas (Kämpf, 2001; Bataglia e Abreu, 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); origem sintética (lã de rocha, espuma fenólica e isopor) (Gonçalves, 1995). O de origem vegetal, principalmente a

turfa, consagrada internacionalmente e utilizada como padrão para comparação com novos materiais (Bellé e Kämpf, 1993; Schmitz *et al.*, 2002), e a vermiculita, de origem mineral, são os mais utilizados.

Para garantir substratos com qualidade adequada ao desenvolvimento das plantas, é essencial a caracterização das propriedades físicas, químicas e biológicas desses materiais (Abreu *et al.*, 2002). Verdonck *et al.* (1983) afirmam que as características físicas são as mais importantes, por causa das relações ar-água não poderem sofrer mudanças durante o cultivo. Entre essas, Kämpf (2000a) e Santos *et al.* (2002) citam a densidade do substrato, a porosidade, a disponibilidade de água e de ar e, entre as propriedades químicas, os valores de pH são de extrema importância. Segundo Kämpf (2000a), o pH e a CTC são as características químicas mais importantes do substrato, sendo a adubação manejada pelo viveirista.

Fermino (2002) afirma que a densidade do substrato a ser usado em recipiente é a primeira propriedade física a ser considerada e que, quanto menor o recipiente, mais baixa deve ser a densidade do substrato. Em relação à porosidade, parte do volume de poros é de maior tamanho (macroporos) e não retém água sob força exercida pela gravidade e são responsáveis por proporcionar aeração às raízes, denominado porosidade de aeração (Drzal *et al.*, 1999). A outra parte, de poros menores, é responsável pela retenção de água (Ballester-Olmos, 1992). A porosidade de aeração é igual à diferença entre a porosidade total e o volume de água na tensão de 10 hPa, e a porosidade total corresponde à umidade presente nas amostras saturadas sob tensão 0 hPa. A água retida e disponível às plantas é equivalente ao volume de água entre as tensões de 10 hPa e 100 hPa, e água remanescente corresponde ao volume de água que é retida no material após ter sido submetido à tensão de 100 hPa (De Boodt e Verdonck 1972). O conhecimento da curva de retenção de água é importante porque permite um manejo racional das plantas em função da quantidade de água disponível (Fermino, 1996).

A hipótese é de que os substratos apresentam propriedades físicas e químicas diferentes. O objetivo deste trabalho foi determinar propriedades físicas e químicas de alguns substratos comerciais.

## Material e métodos

O estudo foi realizado em Jaboticabal, Estado de São Paulo, utilizando os substratos descritos na Tabela 1.

Os substratos foram homogeneizados e passados em peneira de 7,93 mm, antes de serem submetidos às análises físicas de densidade, porosidade e retenção de água, e em peneiras de 2,0 mm para análises químicas. Para as determinações físicas, o substrato seco foi colocado em anéis metálicos volumétricos de 3,0 cm de altura e 4,8 cm de diâmetro, do qual foi adicionado 3,5 cm de substrato que foi comprimido, com um suporte plano, até atingir 3,0 cm de altura. Isso foi realizado para permitir o completo preenchimento do cilindro com o substrato, por causa da granulometria mais grossa de alguns materiais. Nessas amostras, foram determinados os conteúdos de água retida nas tensões de 0 hPa, 10 hPa, 100 hPa, em câmaras de pressão de Richards com placa porosa (Klute, 1986). Em seguida, as amostras foram secas em estufas a 105°C, por 24 horas, e pesadas para obtenção do conteúdo de água, em cada tensão, e da densidade seca do substrato (De Boodt e Verdonck, 1972; Wilson, 1983). Foi determinado também a porosidade total, que corresponde umidade presente nas amostras saturadas sob tensão 0 hPa; espaço de aeração (EA), que é a diferença entre a porosidade total e o volume de água retida na tensão de 10 hPa; água disponível (AD), que é o volume de água entre as tensões de 10 hPa e 100 hPa; água remanescente (AR), que é o volume de água no material após ter sido submetido à tensão de 100 hPa, conforme De Boodt e Verdonck (1972) e Wilson (1983).

**Tabela 1.** Nome comercial, composição, granulometria e capacidade de retenção de água (CRA), e recomendação de utilização de substratos.

Nome comercial	Composição	Granulometria e CRA	Recomendação de uso
SEGMENTO PROFISSIONAL <sup>(1)</sup>			
Germina (10%)	Produto à base de turfa com 10% de vermiculita	Farelado fino 101% de CRA	Germinação de hortaliças
Germina (20%)	Produto à base de turfa com 20% de vermiculita	Farelado fino 101% de CRA	Germinação de hortaliças
F3	Produto à base de turfa	Farelado médio ± 70% de CRA	Gérbetas, violetas africanas e begônias
F8	Produto à base de turfa	Farelado médio ± 70% de CRA	Bromélias
F12	Produto à base de turfa	Farelado médio ± 70% de CRA	Citrus
SEGMENTO HOBBY <sup>(2)</sup>			
Fibra Flor	Produto à base de fibra longa de turfa	Farelado Grosso 90 % de CRA	Orquídeas, bromélias, samambaias e afins
Garden Plus	Produto à base de fibra longa de turfa e vermiculita	Farelado Grosso 80% de CRA	Vasos e floreiras
TESTEMUNHAS			
Turfa	Mistura formada pela decomposição de restos vegetais e material mineral no fundo de lagos e depressões.	--	Composição de substratos

<sup>(1)</sup> Utilizado para produção comercial. <sup>(2)</sup> Utilizado para cultivo doméstico.

Nos substratos, também foi determinado o diâmetro das partículas secas por tamisamento durante 10 minutos, em peneiras com abertura de

malha de 0,50 mm; 1,00 mm; 2,00 mm; 4,00 mm; 7,93 mm, caracterizando as frações de menor tamanho e com maior influência nas propriedades dos

substratos (De Boodt e Verdonck, 1972; Santos *et al.*, 2002). O peso do material retido em cada peneira foi utilizado no cálculo do diâmetro médio de partículas, conforme a fórmula proposta por Kemper e Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n n_i d_i$$

em que:

DMP é o diâmetro médio de partículas (mm);

n é o material retido na peneira (%);

d é o diâmetro médio da abertura da peneira (mm).

A análise química dos substratos foi realizada segundo Raji *et al.* (1987). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e cinco repetições. Foi realizada a análise de variância e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

A porosidade total dos substratos indicada pelo fabricante (capacidade de retenção de água - CRA) (Tabela 1) foi superior em relação aos valores determinados nesse estudo, com menores decréscimos para a F3, F8 e F12 (Tabela 2). O decréscimo de 70% (Tabela 1) para 62%-64%, nesses três substratos, deve-se à menor porosidade total desses materiais e à sua mais uniforme distribuição de tamanho das partículas (Tabela 3), o que levou a menor compactação com a pequena compressão exercida durante o enchimento dos cilindros. Já nos demais substratos com granulometria classificada como farelado fino e grosso, houve redução drástica da porosidade total em relação ao indicado pelo fabricante. Isso porque o substrato seco foi comprimido quando o cilindro foi preenchido, permitindo melhor arranjo das partículas finas entre as maiores e aumentando assim a densidade e conseqüentemente reduzindo os poros de maior diâmetro e a porosidade total (Lemaire, 1995; Kämpf, 2001). Drzal *et al.* (1999) e Schmitz *et al.* (2002) afirmam que o conteúdo de água retido no substrato é diretamente correlacionado com a distribuição dos poros por tamanho. Dessa forma, a compactação do substrato refletiu em elevados decréscimos da porosidade total, com destaque para os substratos com partículas menores (Germina 10% e 20%) e com maior desuniformidade do tamanho das partículas.

Para substratos, buscaram-se valores de porosidade total entre 0,75 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> - 0,90 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, para melhor

aeração, infiltração de água e drenagem (Lemaire, 1995; Kämpf, 2001). Esses valores são maiores para substratos, comparado a solos, por causa do maior conteúdo de água utilizado no cultivo de plantas em substratos. Com base nesses valores recomendados para substratos, verifica-se que a porosidade total de 0,52 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,64 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (Tabela 2) foi inferior ao recomendado, possivelmente relacionado à compactação realizada durante o enchimento dos cilindros e ao peneiramento das amostras com peneiras de 7,93 mm, descartando frações maiores que possivelmente contribuem para o aumento da porosidade total. O Germina (10%) apresentou o menor valor de porosidade total, ou seja, 0,52 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

O espaço de aeração variou de 0,17 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,28 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (Tabela 2), sendo o valor ideal para o cultivo de 0,20 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,30 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> (De Boodt e Verdonck, 1972). Os menores valores foram obtidos para o Germina (10% e 20%) e Garden Plus (Tabela 2). Isso deve-se a presença de grande quantidade de partículas finas nesses substratos (Tabela 3), que no caso do Garden Plus se arranjam entre as mais grossas e formam poros de menor diâmetro e, conseqüentemente, menor porosidade de aeração em relação aos demais substratos com melhor distribuição granulométrica. Ainda, nesse aspecto, deve-se considerar que a composição e a forma das partículas dos substratos têm influência na porosidade de aeração. Paiva e Gomes (2000) mencionam que a aeração do substrato depende da quantidade e do tamanho das partículas que definem a sua textura.

Em relação à água disponível, De Boodt e Verdonck (1972) afirmam que os valores ideais variam de 0,24 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> - 0,40 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> e Ballester-Olmos (1992) de 0,20 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> a 0,30 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Para esta propriedade física, o Germina (10% e 20%) e o Garden Plus apresentaram valores maiores e próximos ao recomendado. Esse maior conteúdo de água disponível nesses três substratos deve-se a presença da vermiculita na constituição do substrato (Tabela 1), a qual tem baixa densidade e retém 4 a 5 vezes seu peso em água (Gonçalves, 1995), e pela sua granulometria de 1 mm a 2 mm de diâmetro (Gonçalves, 1995), que promove a formação de poros de tamanho intermediário, responsáveis pela retenção de água nessas tensões.

**Tabela 2.** Valores médios das propriedades físicas dos substratos estudados.

Substrato	Densidade seca (mg m <sup>-3</sup> )	Porosidade total	Espaço de aeração (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Água disponível	Água remanescente
Germina (10%)	0,22 c	0,52 bc <sup>(1)</sup>	0,20 b	0,18 a	0,14 c
Germina (20%)	0,21 c	0,55 abc	0,23 b	0,17 ab	0,15 c
F3	0,19 c	0,64 a	0,28 a	0,11 cde	0,25 a
F8	0,18 c	0,63 a	0,27 a	0,11 cd	0,24 ab
F12	0,23 bc	0,62 ab	0,25 a	0,13 c	0,24 ab
Fibra Flor	0,21 c	0,58 ab	0,25 a	0,10 de	0,23 abc
Garden Plus	0,32 b	0,57 ab	0,17 b	0,16 b	0,24 a
Turfa	0,22 c	0,62 ab	0,27 a	0,09 e	0,26 a
CV (%)	15,02	8,73	11,03	6,73	19,48

<sup>(1)</sup> Médias seguidas na coluna pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Distribuição das partículas dos substratos em tamanho de diâmetro.

Substrato	Diâmetro (mm)						DMG <sup>1</sup>
	< 0,50	0,50-1,00	1,00-2,00	2,00-4,00	4,00-7,93	> 7,93	
	%						
Germina (10%)	59	16	18	7	0	0	0,86 e
Germina (20%)	52	17	22	8	1	0	0,90 e
F3	9	5	12	25	33	16	3,92 ab
F8	15	7	12	21	30	15	3,47 bc
F12	15	6	13	22	23	21	3,20 cd
Fibra Flor	7	3	5	8	32	45	4,44 a
Garden Plus	23	11	14	19	19	14	2,62 d
Turfa	28	8	11	15	23	15	3,98 ab

<sup>1</sup> Diâmetro médio geométrico.

A densidade seca do substrato é inversamente relacionada com a porosidade, e, quando a densidade aumenta, ocorre uma restrição ao crescimento das raízes das plantas (Singh e Sinju, 1998). A densidade seca dos substratos situou-se entre 0,18 mg m<sup>-3</sup> a 0,32 mg m<sup>-3</sup> (Tabela 2), condizente com a maior porosidade desse material e a menor densidade das partículas dos substratos, conforme De Boodt e Verdonck (1972). Esses baixos valores de densidade dos substratos possivelmente não causam restrição mecânica ao crescimento radicular das plantas.

Por meio desses resultados, verifica-se que alguns substratos apresentam maior porosidade de aeração e o Germina (10% e 20%) e o Garden Plus apresentam maior conteúdo de água disponível, de acordo com a constituição e a granulometria dos materiais. Assim, para o cultivo das plantas, os substratos devem ser escolhidos em função da necessidade de aeração ou de água para determinada espécie e do manejo de irrigação a ser adotado. Nesse contexto, Lemaire (1995) classifica fisicamente os substratos em materiais adequados à retenção e disponibilidade de água ou então à aeração.

Para substratos hortícolas, o espaço de aeração (EA) ideal proposto por Penningsfeld (1983) é de 0,30 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>, valor três vezes superior ao encontrado para o Germina (10% e 20%) indicados para essa finalidade. Este estudo mostra que os substratos apresentaram algumas propriedades físicas próximas ao indicado para determinadas plantas e que estas propriedades variam em função da

constituição, da granulometria e da compactação do substrato (Bellé e Kämpf, 1994; Santos *et al.*, 2002). Por sua vez, apenas por meio da avaliação do desenvolvimento das plantas nos diferentes substratos é possível inferir se as propriedades físicas desses substratos estão adequadas ou não. Ainda, nesse aspecto, deve-se considerar que é difícil obter um substrato que atenda todas as características físicas ideais para determinada cultura, devendo-se selecionar as características mais importantes do substrato para o crescimento de cada espécie vegetal.

Em relação às características químicas dos substratos (Tabela 4), o valor de pH é muito importante, e baixos valores podem incrementar a disponibilidade de alguns micronutrientes e causar fitotoxicidade para algumas plantas (Bailey *et al.*, 2004). Dessa forma, entre valores de pH de 6,0 a 7,0 ocorre adequada disponibilidade de nutrientes nos substratos minerais (Kämpf, 2000b; Schmitz *et al.*, 2002). Para substratos orgânicos, esse valor varia de 5,2 a 5,5, sendo ideal a faixa de pH de 5,5 a 6,5 em substratos para plantas ornamentais (Waldemar, 2000), com pequenas variações para cada tipo de planta (Bailey *et al.*, 2004). Com base nesses fundamentos, com exceção do Fibra Flor, em geral, os substratos apresentaram valores de pH (Tabela 4) ligeiramente inferiores ao considerado adequado, porém próximos.

Tabela 4. Atributos químicos dos substratos estudados.

Substrato	pH H <sub>2</sub> O	MO g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB	T	V %
Germina(10%)	5,2	441	49	3,3	350	100	47	453,3	500,3	91
Germina (20%)	5,2	376	51	3,3	320	95	47	418,3	465,3	90
F3	4,9	306	92	2,5	420	70	42	492,5	534,5	92
F8	5,3	305	29	1,5	470	70	31	541,5	572,5	95
F12	4,7	678	93	3,4	510	70	52	583,4	635,4	92
Fibra Flor	5,7	626	8	1,0	530	80	20	611,0	631,0	97
Garden Plus	5,0	456	127	5,4	410	70	47	485,4	532,4	91
Turfa	4,4	212	8	1,4	170	7	150	178,4	328,4	54

Entretanto, apresentaram altos teores de nutrientes e saturação por bases, que possivelmente propiciam adequado desenvolvimento das plantas. Segundo Kämpf (2000b), o pH pode influenciar tanto na disponibilidade de nutrientes quanto na biologia dos microrganismos do substrato. A autora relata que na faixa de pH em que há maior disponibilidade de nutrientes, em substratos à base de componentes orgânicos, a faixa “ideal” de pH é em média 0,5 a 1,0 unidade menor que no solo mineral.

Conforme classificação de Kämpf (2000b), pode-se classificar os substratos analisados, com relação ao pH, da seguinte maneira: F3 (baixo); F8 e Germina (10% e 20%) (ótimo); Fibra Flor (ligeiramente alto), Garden Plus (ligeiramente baixo); Turfa (extremamente baixo).

Além do pH, a capacidade de troca de cátions (T) está diretamente relacionada à disponibilidade de cátions e à redução nas perdas por lixiviação, uma vez que quanto maior, aumenta a retenção de cátions absorvidos, importante especialmente em cultivos onde a irrigação é freqüente (Fermino, 1996). Neste contexto, valores de 6 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> a 15 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> são recomendados por Fonteno (1996) e 20 cmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup> por Martinez (2002). Para essa propriedade, obtiveram-se valores próximos a 500 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, indicando ser adequada a retenção de cátions.

## Conclusão

Os substratos apresentam diferentes características físicas, sendo o F3, F8, F12 e Fibra Flor os que apresentam menor água disponível e maior espaço de aeração.

As propriedades químicas dos substratos variam com os constituintes, sendo, em geral, adequadas nos substratos comerciais.

## Referências

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, 2002. p. 17-28.

BAILEY, D.A. *et al.* Substrates pH and water quality. Raleigh: North Carolina Sate University, 2000. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ph.pdf>>. Acesso em 12 de set. 2004.

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

BATAGLIA, O.C.; ABREU, C.A. *Análise química de substratos para crescimento de plantas: um novo desafio para cientistas de solo*. Viçosa: SBCS, 2001. v. 26, p. 8-9 (Boletim informativo).

BELLÉ, S.; KÄMPF, A.N. Produção de mudas de maracujá-amarelo em substratos à base de turfa. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 28, p. 385-390, 1993.

BELLÉ, S.; KÄMPF, A.N. Utilização de casca de arroz carbonizada como condicionador hortícola para um solo orgânico. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 29, p. 265-271, 1994.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in floriculture. *Acta Hortic.*, Wageningen, v. 26, p. 37-44, 1972.

DRZAL, M.S. *et al.* Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Hortic.*, Wageningen, v. 148, p. 43-53, 1999.

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

FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. *Anais...* Campinas: IAC, 2002. p. 29-37.

FONTENO, W.C. Growing media: types and physical/chemical properties. In: REED, D.W. (Ed.) *A Growers guide to water, media, and nutrition for greenhouse crops*. Batavia: Ball, 1996. p. 93-122.

GONÇALVES, A.L. Substratos para produção de mudas de plantas ornamentais. In: MINAMI, K. *Produção de mudas de alta qualidade em horticultura*. São Paulo: T.A. Queiroz, 1995. cap. 14, p. 107-115.

KÄMPF, A.N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2000a.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.) *Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Gênese, 2000b. p. 139-145.

KÄMPF, A.N. *Análise física de substratos para plantas*. Viçosa: SBCS. 2001. v. 26, p. 5-7 (Boletim Informativo).

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. 2. ed.

- Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 425-442.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 635-660.
- LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. *Acta Hortic.*, Wageningen, v. 396, p. 273-284, 1995.
- MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A.M.C. (Ed.) *Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas*. Campinas: IAC. 2002. p. 53-73 (Documentos).
- PAIVA, H.N.; GOMES, J.M. *Viveiros florestais*. Viçosa: UFV, 2000. 56 p.
- PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den gartenbau, besonders in Deutschland: ein kritischer Überblick. *Plant Soil*, The Hague, v. 75, p. 269-281, 1983.
- RAIJ, B. *et al.* *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987.
- SALVADOR, E.D. *Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas ornamentais*. 2000. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal)–Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- SANTOS, F.R.P. *et al.* Caracterização físico-química de sete componentes de substratos recomendados para uso em floricultura. *Cult. Agron.*, Ilha Solteira, v. 11, p. 81-92, 2002.
- SCHMITZ, J.A.K. *et al.* Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 32, p. 937-944, 2002.
- SINGH, B.P.; SINJU, U.M. Soil physical and morphological properties and root growth. *Hort. Sci.*, Alexandria, v. 33, p. 966-971, 1998.
- TAVEIRA, J.A. *Substratos – cuidados na escolha do tipo mais adequado*. 1996, 2 p. (Boletim Ibraflor Informativo, 13).
- VERDONCK, O. *et al.* Barck compost a new accepted growing medium for plants. *Acta Hortic.*, Wageningen, v. 133, p. 221-227, 1983.
- WALDEMAR, C.C. A experiência do DMLU como fornecedor de resíduos úteis na composição de substratos para plantas. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.) *Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 171-176.
- WILSON, G.C.S. The physico-chemical and physical properties of horticultural substrates. *Acta Hortic.*, Wageningen, v. 150, p. 19-33, 1983.

Received on September 30, 2004.

Accepted on April 25, 2005.