

Caracterização física e química de substratos formulados com casca de pinus e terra de subsolo

Fernanda Ludwig¹, Amaralina Celoto Guerrero² e Dirceu Maximino Fernandes³

Resumo: A pesquisa foi conduzida com o objetivo de caracterizar física e quimicamente substratos formulados com casca de pinus e terra de subsolo. O experimento foi realizado em laboratório, no Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da FCA-UNESP de Botucatu, SP. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com 8 tratamentos e 4 repetições. As formulações avaliadas foram: 1- 100% casca de pinus grossa; 2- 50% casca de pinus grossa, 50% terra de subsolo; 3- 70% casca de pinus grossa, 30% casca pinus fina; 4- 60% casca de pinus grossa, 40% casca pinus fina; 5- 40% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 20% terra de subsolo; 6- 50% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 10% terra de subsolo; 7- 50% casca pinus fina, 40% casca pinus grossa, 10% terra de subsolo; 8- 80% casca fina, 20% terra de subsolo. Foram realizadas as seguintes análises químicas e físicas: condutividade elétrica, pH, densidade úmida e seca, relação entre sólidos, ar e água e distribuição do tamanho das partículas. A terra de subsolo e casca de pinus de granulometria fina promoveram o aumento da CE e a redução do espaço de aeração quando adicionados à casca de pinus de maior granulometria. A escolha dos materiais para formulação dos substratos dependerá da disponibilidade do material, da espécie a ser utilizada e do manejo a ser adotado.

Palavras-chave: substratos para plantas, casca de pinus, terra de subsolo.

Physical and chemical characterization of formulated substrates

Abstract: The research was conducted in order to evaluate the physical and chemical characteristics of substrates formulated with pine bark and subsoil. The experiment was conducted in the laboratory, in the Department of Natural Resources / Soil Science FCA-UNESP, Botucatu, SP. The experimental design was a completely randomized design with 8 treatments and 4 replications. The following formulations substrates were evaluated: 1 - 100% pine bark thick, 2-50% coarse pine bark, 50% subsoil; 3-70% coarse pine bark, 30% pine bark thin, 4-60 % coarse pine bark, 40% pine bark thin, 5-40% coarse pine bark, 40% fine pine bark, 20% subsoil; 6-50% coarse pine bark, 40% fine pine bark, 10% of land subsoil; 7-50% fine pine bark, 40% pine bark thick, 10% subsoil; 8-80% fine bark, 20% subsoil. Were asked the following chemical and physical analysis: electrical conductivity, pH, density, wet and dry solids ratio between air and water and the particle size distribution. The subsoil and pine bark fine increased the EC of formulated substrates and reduced aeration space when added to pine bark larger particle size. The choice of materials for the substrates formulation will depend on the availability of the material of the species to be used and the handling to be adopted.

Key words: substrates for plants, pine bark, subsoil.

¹Engenheira Agrônoma, Prof.^a Dr.^a, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, UERGS – Santa Cruz do Sul, RS

²Engenheira Agrônoma, Doutora, Pós-doutoranda em Horticultura Tropical, UFCG – Campus Pombal, PB

³Engenheiro Agrônomo, Professor Doutor, Depto de Recursos Naturais/Ciência do Solo, UNESP - Campus de Botucatu, SP

ludwig.fernanda@yahoo.com.br; maracguerrero@hotmail.com; dmfernandes@fca.unesp.br

Introdução

O termo substrato se refere ao suporte físico para o crescimento das raízes de plantas cultivadas em recipientes, em substituição ao solo *in situ* (FERMINO, 2003). Os primeiros experimentos de cultivo sem solo foram desenvolvidos em 1920, surgindo na Europa, em 1960, as primeiras instalações em condições artificiais (MERCURIO, 2002). As técnicas utilizadas nesta época consistiam em cultivar diretamente em solução nutritiva, evoluindo posteriormente para o emprego de substratos (TERRA, 2004). O aumento na produção de plantas ornamentais a partir do ano de 1950 promoveu o desenvolvimento de substratos mais estabilizados para a produção em larga escala (BAUMGARTEN, 2002) e a demanda destes é crescente, utilizados principalmente na produção de plantas ornamentais, hortaliças em recipientes e mudas (ABREU, ABREU e BATAGLIA, 2002).

O cultivo em substrato distingue-se do cultivo em solo principalmente pela área limitada para o desenvolvimento das raízes. A limitação do volume exige que o substrato seja capaz de manter água facilmente disponível à planta sem comprometer a concentração de oxigênio no meio (FERMINO, 2002), apresentar poder de tamponamento para o pH e capacidade de retenção de nutrientes (KÄMPF, 2000). A fim de atingir essas propriedades químicas e físicas adequadas às necessidades específicas de cada cultivo, a maior parte dos substratos para planta é uma combinação de dois ou mais componentes (FONTENO, CASSEL e LARSON, 1981).

Dentre as propriedades químicas, destaca-se a condutividade elétrica e o pH da solução do substrato, as quais afetam diretamente a disponibilidade dos nutrientes às plantas. Durante o período de cultivo, os sais podem acumular-se quando o consumo de água pelas plantas for superior ao consumo de nutrientes, podendo causar danos às raízes (NOORDEGRAAF, 1994) e redução na absorção de alguns nutrientes (SONNEVELD, 2000), em função do potencial osmótico. Além disso, a deficiência nutricional pode ser observada em condições de reduzida condutividade elétrica, quando sintomas de déficit nutricional podem ser observados. A disponibilidade dos nutrientes é influenciada também pelo pH do meio de cultivo (KÄMPF, 2000).

As propriedades físicas representam à condição fundamental para a escolha do substrato, pois não são passíveis de modificação quando a cultura está em desenvolvimento (MERCURIO, 2002; VERDONCK, PENNINCK e DE BOODT, 1983). Estão incluídas nestas características a densidade, a porosidade, a granulometria e o espaço ocupado por ar e a água. Dentre estas, as relações entre os volumes de água e ar presentes no substrato são especialmente importantes (KÄMPF, 2000; SALVADOR, 2000).

O substrato para plantas é formado por partículas sólidas e por poros, os quais podem ser preenchidos por ar ou água, que constituem as fases gasosas e líquidas. A fase sólida garante a manutenção mecânica do sistema radicular e sua estabilidade, a fase líquida garante o suprimento de água e nutrientes e a fase gasosa garante o transporte de oxigênio e gás carbônico entre as raízes e a atmosfera (LEMAIRE, 1995). O conhecimento destas características, juntamente com as químicas, se faz necessário para a formulação das misturas e para a recomendação e monitoramento das adubações nos sistemas de cultivo protegido (ABREU et al., 2007).

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as características físicas e químicas de substratos formulados com casca de pinus e terra de subsolo.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em laboratório do Departamento de Recursos Naturais, área de Ciência do Solo da FCA-UNESP de Botucatu, SP. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 8 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de substratos formulados a base de casca de pinus com granulometria fina e grossa e terra de subsolo (Latossolo Vermelho Escuro), materiais ainda muito utilizados por produtores, devido ao baixo custo e facilidade de manipulação na propriedade.

As seguintes formulações de substratos foram avaliadas: 1- 100% casca de pinus grossa; 2- 50% casca de pinus grossa, 50% terra de subsolo; 3- 70% casca de pinus grossa, 30% casca pinus fina; 4- 60% casca de pinus grossa, 40% casca pinus fina; 5- 40% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 20% terra de subsolo; 6- 50% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 10% terra de subsolo; 7- 50% casca pinus fina, 40% casca pinus grossa, 10% terra de subsolo; 8- 80% casca fina, 20% terra de subsolo.

Os substratos foram homogeneizados e passados em peneira de 7,93 mm, antes de proceder à caracterização química e física. As análises químicas realizadas foram a condutividade elétrica (CE) e pH, com o uso do método de diluição do 1:5 (BRASIL, 2007).

Os substratos foram caracterizados fisicamente quanto à densidade úmida e seca, relação entre sólidos, ar e água e distribuição do tamanho das partículas (granulometria). Para a avaliação da densidade úmida, utilizou-se a metodologia da autocompactação (BRASIL, 2007). Após, o substrato foi colocado em estufa a 65°C, por 48 horas, para determinar a matéria seca, calculando-se assim a densidade seca. A determinação da relação entre sólidos, ar e água seguiu a metodologia de De Boodt e Verdonck (1972) e Wilson (1983). A determinação da distribuição do tamanho das partículas foi realizada pelo tamisamento via

seca, utilizando as peneiras de 4,00; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,125 mm de abertura, de acordo com Martinez (1992).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5%, com a utilização do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

Resultados e Discussão

A salinidade, medida pela CE, expressa a quantidade de sais contida na solução aquosa do solo (SONNEVELD, 2000) e indicou variação significativa em função da formulação do substrato (Tabela 1). O substrato composto apenas com casca de pinus grossa apresentou menor valor de CE, o qual aumentou significativamente com a adição de terra de subsolo e casca de pinus fina.

Os componentes do substrato afetam inicialmente a disponibilidade de nutrientes e a salinidade do meio de cultivo e a escolha deverá considerar a necessidade inicial da cultura, bem como sua tolerância a salinidade. Ao longo do cultivo, essa característica pode ser monitorada e manejada conforme a necessidade, por meio da fertirrigação.

Substratos formulados com maiores proporções de casca de pinus fina conferiram à solução extraída, valores de pH superiores (Tabela 1). A casca de pinus fina encontra-se em estágio de decomposição avançada, apresentando maior estabilidade, contribuindo para manter o poder tampão do meio de cultivo, evitando variações bruscas do pH.

Tabela 1 - Valores médios de condutividade elétrica (CE), valor de pH, densidade úmida (DU) e densidade seca (DS) em substratos formulados. Botucatu, SP. 2008

Substratos	CE	pH	DU	DS
	----dS m ⁻¹ ----		----- kg m ⁻³ -----	
1	0,51 g	6,61 d	430,2 e	370,3 e
2	1,15 a	4,91 f	773,4 a	718,3 a
3	0,73 e	7,15 a	473,5 e	413,1 d
4	0,68 f	7,20 a	544,1 cd	451,7 cd
5	1,04 c	6,35 e	536,8 d	489,7 c
6	0,85 d	6,81 c	578,4 cd	533,8 b
7	1,00 c	7,03 b	592,5 c	422,1 d
8	1,07 b	6,86 c	667,9 b	473,9 c
S	**	**	**	**
CV (%)	1,58	0,56	3,80	3,56

S: substratos. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. **, *: significativo a 1 e 5%, respectivamente. ns: não significativo. Substratos: 1- 100% casca de pinus grossa; 2- 50% casca de pinus grossa, 50% terra de subsolo; 3- 70% casca de pinus grossa, 30% casca pinus fina; 4- 60% casca de pinus grossa, 40% casca pinus fina; 5- 40% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 20% terra de subsolo;

6- 50% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 10% terra de subsolo; 7- 50% casca pinus fina, 40% casca pinus grossa, 10% terra de subsolo; 8- 80% casca fina, 20% terra de subsolo.

A importância do conhecimento dos valores de pH está relacionada com sua influência na disponibilidade de nutrientes bem como no efeito sobre processos fisiológicos da planta (KÄMPF, 2000). Substratos com valores extremos de pH podem limitar o desenvolvimento de algumas culturas, em razão da reduzida disponibilidade dos nutrientes e dos efeitos diretos do pH.

Em meios com pH abaixo de 5,0, como o substrato 2, podem aparecer sintomas de deficiência de N, K, Ca, Mg e B, enquanto com pH acima de 6,5, como nos demais substratos, podem ocorrer problemas com a disponibilidade de P, Fe, Mn, Zn e Cu (KÄMPF, 2000), observado nos substratos 1, 3, 4, 6, 7 e 8. Entretanto, de acordo com Handreck e Black (1999) diferentes espécies de plantas e cultivares tem suas faixas ótimas de pH, e assim, constata-se que os valores ideais são referências teóricas, pois as respostas são dependentes das culturas.

A casca de pinus grossa conferiu menores valores de densidades úmidas e secas aos substratos formulados, enquanto a terra de subsolo aumentou significativamente essas propriedades (Tabela 1). Substratos muito leves são indesejáveis quando a máxima estabilidade do recipiente é requerida, ao passo que materiais com alta densidade de volume tendem a ter menor volume de poros ocupado por ar (BUNT, 1984), limitando o crescimento das plantas pela dificuldade de desenvolvimento das raízes.

De maneira geral, Bunt (1973) considera como referência para substrato valores de densidade seca entre 400 e 500 kg m⁻³. Esses valores, entretanto, são dependentes da altura do recipiente, e conforme valores sugeridos por Kämpf (2000), os substratos 2 (718,3 kg m⁻³) e 6 (533,4 kg m⁻³) são recomendados para uso em vasos com mais de 30 cm de altura, enquanto os demais são recomendados para vasos com 20 a 30 cm de altura.

As menores densidades relacionam-se inversamente com a porosidade total, a qual é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra (FERMINO, 2003). De acordo com o mesmo autor, partículas de tamanho inferior a 1 mm causam um brusco decréscimo na porosidade e aumento na retenção de água. Isto pode ser registrado nos substratos testados, pois a porção mais significativa das partículas situou-se entre 0,5 a 0,25 mm (Figuras 1 e 2) e sua porosidade foi inferior ao recomendado.

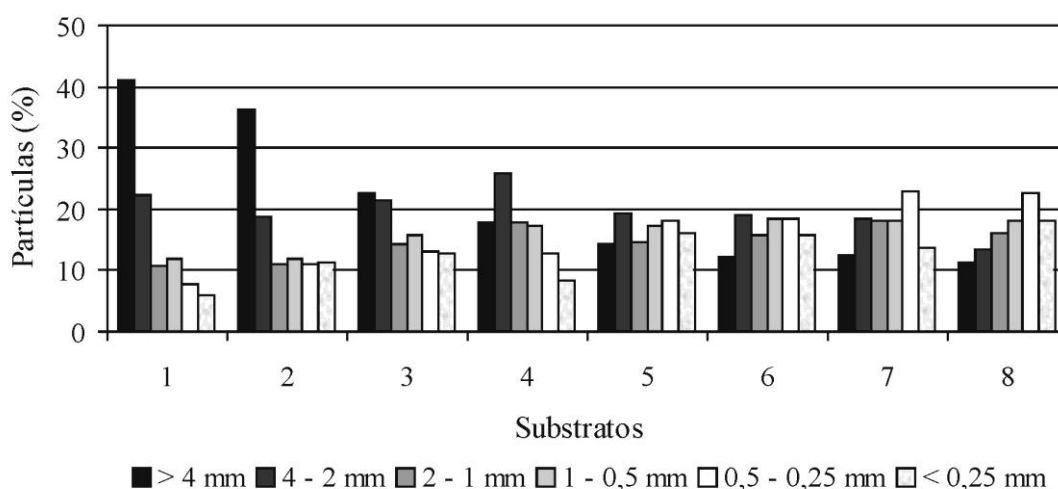
Porém, a relação entre os poros ocupados por ar e água é mais informativa do que a porosidade total. A dimensão dos poros é importante para estabelecer o quanto um substrato é capaz de regular o fornecimento de água e ar às plantas (HANDRECK; BLACK, 1999). Partículas de maior tamanho conferem ao substrato poros maiores, responsáveis pelo espaço

de aeração, enquanto partículas de tamanho reduzido conferem poros menores, responsáveis pela retenção de água.

Devido à elevada porcentagem de partículas com tamanho maior que 2 mm (Figura 1), o substrato 1 apresentou maior espaço de aeração (Tabela 2), dentro da faixa de 20 a 40% do volume, considerada adequada por De Boodt e Verdonck (1972). Aqueles substratos formulados com terra de subsolo e casca de pinus fina apresentaram menores valores de espaço de aeração, pois a presença de partículas de diferentes tamanhos faz com que as menores, que se encontravam em grande quantidade, se arranjam entre as maiores, reduzindo os macroporos responsáveis pela porosidade de aeração.

A combinação de partículas de tamanhos diferentes pode levar a uma redução da porosidade em comparação com os valores apresentados pelo conjunto formado só com as partículas de mesmo tamanho. Isto se explica pelo efeito cimentante, quando as partículas menores se alojam entre os espaços livres formados pelo arranjo das partículas maiores (FERMINO, 2003).

Figura 1 - Distribuição do tamanho de partículas em substratos formulados. Botucatu, SP. 2008.



Substratos aerados permitem o desenvolvimento de pêlos radiculares finos e de ramificações de raízes, o que aumenta a absorção de nutrientes (Bellé, 2001). A aeração insuficiente é um problema comum em substratos usados para cultivo em estufa. O problema pode acontecer devido à tendência geral de encharcamento das plantas no vaso, compactação do substrato ou a natureza dos componentes do substrato, sofrendo também influência da geometria do recipiente (NEMATÍ et al., 2002).

A porosidade de aeração é geralmente considerada como um fator determinante da qualidade dos substratos (SAHIN; ANAPALI, 2006), influenciando diretamente as atividades metabólicas e crescimento das raízes (MERCURIO, 2002). Caron e Nkongolo (1999) também consideram que a aeração é uma propriedade importante nos substratos, devido ao risco de asfixia das raízes que pode resultar quando ocorre o encharcamento. Por esta propriedade não poder ser alterada facilmente durante o desenvolvimento da planta e a porosidade ocupada por ar tender ao decréscimo com o tempo, altos níveis de aeração iniciais são essenciais. Embora o aumento da aeração reduza a retenção de água, é preferível irrigar com maior frequência a não ter aeração suficiente.

A determinação da curva de disponibilidade de água de um substrato é importante, na medida em que fornece dados sobre o volume de água disponível às plantas em diferentes tensões. Mais água disponível a baixas tensões representa menor gasto de energia pela planta para aproveitá-la (FERMINO, 1996). A maior capacidade de armazenamento de água a baixas tensões pode promover uma economia de água e menores custos com irrigação e adubação, pois a irrigação frequente pode provocar a lixiviação dos nutrientes de forma mais acentuada. Entretanto, essa característica deve estar relacionada à altura do recipiente a ser utilizado, pois recipientes mais altos permitem maior drenagem de água, comparado com aqueles mais baixos. Substratos com grande porcentagem de partículas pequenas tornam-se inadequado para vasos menores, pois retém mais água e diminui o espaço de aeração.

Tabela 2 - Valores médios de porosidade total (PT), sólidos, espaço de aeração (EA), água facilmente disponível (AFD), água tamponante (AT) e água remanescente (AR) em substratos formulados. Botucatu, SP. 2008

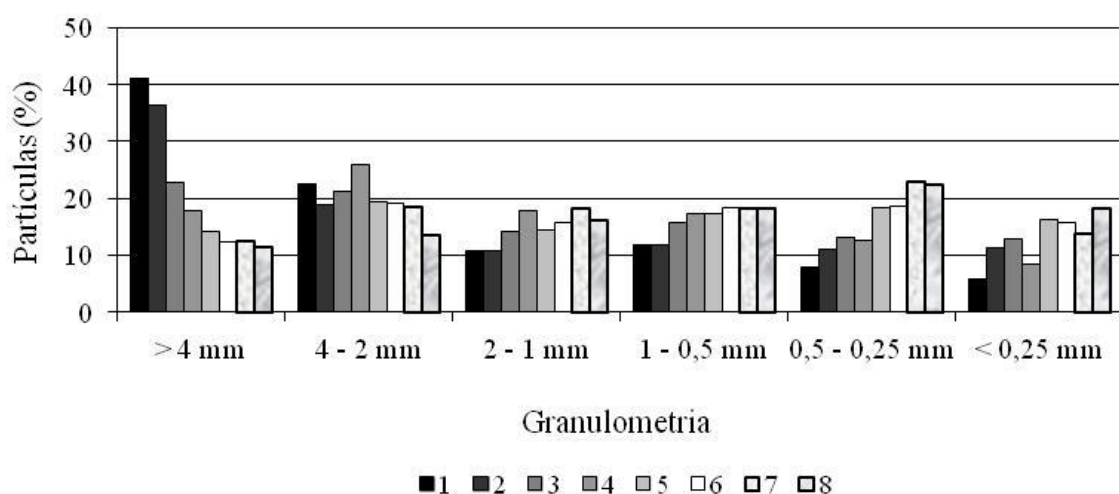
Substratos	PT	Sólidos	EA	AFD	AT	AR
		----- % -----				
1	67,3 a	32,7 e	21,9 a	11,0 a	3,3 e	29,1 c
2	57,2 e	42,8 a	6,3 d	4,5 c	13,6 b	32,8 bc
3	58,7 de	41,3 ab	9,7 bc	5,9 bc	5,4 de	37,7 a
4	64,4 ab	35,6 de	9,8 b	9,1 ab	7,5 cd	38,0 a
5	62,8 bc	37,2 cd	7,1 bcd	5,2 c	12,3 b	38,2 a
6	60,4 cde	39,6 abc	7,3 bcd	5,2 c	9,9 bc	38,1 a
7	60,8 cd	39,2 bc	7,6 bcd	5,5 c	10,8 bc	37,0 ab
8	59,7 cde	40,3 abc	6,4 cd	3,8 c	18,2 a	31,3 c
S	**	**	**	**	**	**
CV (%)	1,95	3,11	12,20	18,82	13,38	4,28

S: substratos. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. **, *: significativo a 1 e 5%, respectivamente. NS: não significativo. Substratos: 1- 100% casca de pinus grossa; 2- 50% casca de pinus grossa, 50% terra de subsolo; 3- 70% casca de pinus grossa, 30% casca pinus fina; 4- 60%

casca de pinus grossa, 40% casca pinus fina; 5- 40% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 20% terra de subsolo; 6- 50% casca pinus grossa, 40% casca pinus fina, 10% terra de subsolo; 7- 50% casca pinus fina, 40% casca pinus grossa, 10% terra de subsolo; 8- 80% casca fina, 20% terra de subsolo.

O volume de água remanescente foi superior nos substratos 3, 4, 5 e 6 (Tabela 2) por apresentarem uma maior porcentagem de microporos, conferido pela maior proporção de partículas menores que 0,25 mm (Figura 2).

Figura 2 - Distribuição dos substratos nas categorias de granulometria. Botucatu, SP. 2008.



Segundo Cadahia (1998) a caracterização física estuda a distribuição volumétrica do material sólido, da água e do ar, assim como sua variação em função do potencial matricial. À medida que o potencial matricial decresce, poros cada vez menores são drenados e o filme de água em torno das partículas torna-se mais fino.

A compactação pode levar a uma diminuição da porosidade total e da capacidade de recipiente, mas observa-se um impacto muito maior na proporção entre macro e microporos. Na medida em que as partículas ficam muito mais próximas uma das outras, aumenta a proporção de microporos, diminuindo o espaço de aeração e aumentando a retenção de água (FERMINO, 2003).

Conclusões

A terra de subsolo e casca de pinus de granulometria fina promoveram o aumento da CE e a redução do espaço de aeração quando adicionados à casca de pinus de maior granulometria.

A escolha dos materiais para formulação dos substratos dependerá da disponibilidade do material, da espécie a ser utilizada e do manejo a ser adotado.

Referências

- ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, **Anais**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 17-28, (Documentos IAC, 70). 2002.
- ABREU, M.F.de; ABREU, C.A. de; SARZI, I.; PADUA JUNIOR, A.L. Extratores aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 184-187. 2007.
- BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrate for plants. In: FURLANI AMC. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.7-15. (IAC. Documentos 70). 2002.
- BELLÉ, S. **Escolha do substrato**. In: KÄMPF, A.N. (coord). Manutenção de plantas ornamentais para interiores, Rígel. 2 edição. 2001. 112p.
- BRASIL. Instrução Normativa n. 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 maio. 2007. Seção 1, p. 8.
- BUNT, A.C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrates and their relation to plant growth. **Plant and Soil**, v.38, p.1954-1965. 1973.
- BUNT, A. C. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. **Acta Horticulturae**, n. 150, p. 143-153. 1984.
- CADAHIA, C. **Fertirrigación**: cultivos hortícolas y ornamentales. Madrid: Mundi Prensa, 1998. 475p.
- CARON, J.; NKONGOLO, V.K.N. Aeration in growing media: recent developments. **Acta Horticulturae**, v. 481, p. 545-551, 1999.
- De BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 26, p.37-44, 1972.
- FERMINO, M. H. **Materiais Alternativos para uso como Substrato Hortícola**.1996. 81f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R., QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.29-37.
- FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para planta**. 2003. 89f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

FERREIRA D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In:

REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, São Carlos, 2000. **Anais**. UFSCar, São Carlos, 2000. p.255-258.

FONTENO, W.C., CASSEL, D.K., LARSON, R.A. Physical properties of three container media and their effect on Poinsettia growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 106, p. 736-741, 1981.

HANDRECK, K. A.; BLACK, N. D. **Growing Media for ornamental plants and turf**. Sydney: Unsw Press, 1999. 448p.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2000. 254 p.

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

MARTINEZ, F. X. Propuesta de metodologia para la determinacion de las propiedades físicas de los substratos. **Actas de las I jornadas de substratos**, S.E.C.H. p. 55-66, 1992.

MERCURIO, G. **Gerbera cultivation in greenhouse**. The Netherlands: Schreurs, 2002. 206 p.

NEMATI, M.R.; CARON, J.; BANTON, O.; TARDIF, P. Determining Air Entry Value in Peat Substrates. **Soil Science Society of America Journal**, v.66, p.367-373. 2002.

NOORDEGRAAF, C.V. Production and marketing of high quality plants. **Acta Horticulturae**, n. 353, p. 134-147, 1994.

SAHIN, U.; ANAPALI, O. Addition of Pumice Affects Physical Properties of Soil Used for Container Grown Plants. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 71, p.59-64, 2006.

SALVADOR, E.D. **Caracterização física e formulação de substratos para o cultivo de algumas ornamentais**. 2000. 148 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SONNEVELD, C. **Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture**. 2000. 150 f. Tese (Doutorado) Wageningen University, Wageningen, 2000.

TERRA, S. B. **Acumulação de massa seca e nutrientes em plantas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) cultivadas em substrato com três doses de solução nutritiva**. 2004. 85 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004.

VERDONCK, O.; PENNINCK, R.; DE BOODT, M. The physical properties of different horticultural substrates. **Acta Horticulture**, v. 150, p.155-160, 1983.

WILSON, G.C.S. The physico-chemical and physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 19-33, 1983.