

Caracterização de atributos físicos de substratos para fins de produção de mudas

José Renato Leite Barbosa¹; Felipe Rigon¹; Ana Maria Conte ²; Osvaldo Sato².

Resumo: A importância da caracterização física da misturas de materiais para compor substratos e sua utilização na produção de mudas foi o objetivo deste projeto, conduzido no laboratório de física de solos da Universidade Estadual do Norte do Paraná- Campus Luiz Meneghel/UENP, em dez tratamentos e duas repetições sendo solo (S), areia fina (A), substrato comercial (SC) Bioplant®, e sete misturas na proporção de 1:1, sendo solo + areia-SA, solo+húmus-SH, solo +cama de aviário-SCA, solo+ torta de filtro- ST, T8: areia+húmus-AH, areia +cama de aviário-ACA e areia+ torta de filtro- AT, compondo 10 substratos. Todos os substratos foram peneirados, em peneira de malha oblonga (4x25 mm), depois separados e colocados para secar ao ar. Para determinação da granulometria foram pesadas 100g de cada mistura e colocadas para agitar em agitador mecânico por 3 minutos num jogo de peneira de 4 mm, 2mm, 1mm, 0,5mm e fundo, para as determinações de densidade, porosidade e capacidade de retenção de água, os substratos foram acondicionados em anéis volumétricos de 100 cm³ e avaliados segundo metodologia da mesa de tensão. Os resultados permitiram concluir que excetuando a areia e o substrato comercial, os demais substratos tiveram uma distribuição uniforme entre as classes. A areia apresentou a menor microporosidade e isso está associada à menor capacidade de retenção de água. A alta porosidade total associada à baixa densidade caracterizou o substrato comercial como o de maior retenção de água. A recomendação do melhor substrato deverá ser estabelecida quando sua utilização no enraizamento e ou desenvolvimento de uma cultura forem comprovados como eficientes.

Palavras chaves: Densidade; granulometria; porosidade; capacidade de retenção de água.

Characterization of physical properties of substrates for seedlings

Abstract: The importance of physical characterization of the mixtures of materials to compose substrates and their use in the production of seedlings was the objective of this project, conducted in soil physics laboratory of North Parana State University Campus Luiz Meneghel / UENP in ten treatments and two repetitions: soil, fine sand, a commercial substract (Bioplant®) and seven mixtures in the ratio 1: 1 with soil + sand, humus + soil , soil + bed avian, soil + filter-cake, sand + humus, sand + bed avian and sand + filter-cake, composing 10 substrates. All substrates were screened in oblong mesh screen (4x25 mm), then separated and dried in the air. For determination of the particle size were weighed 100 g of each mixture and placed in a mechanical shaker to shake for 3 minutes in a 4 mm screen game, 2mm, 1mm and 0.5mm deep, for density measurements, porosity and retaining capacity water, the substrates were placed in soil core 100 cm³ and evaluated according to the methodology of the voltage table. The results showed that except the sand and the commercial substrate, other substrates have an even distribution between classes. The sand had to lower microporosity and this is associated with lower water holding capacity. The high porosity associated with low density commercial substrate characterized as greater water retention. The recommendation of the best substrate should be established when its use in the rooting and development of a culture or are proven to be effective.

¹Acadêmicos do Curso de Agronomia da Universidade Estadual do Norte do Paraná- Campus Luiz Meneghel-Bandeirantes.

² Docentes do Setor de Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte do Paraná- Campus Luiz Meneghel-Bandeirantes. Rod. BR 369 km 54, CEP 86960-000 Bandeirantes/PR e mail acastro@uenp.edu.br

Key words: density, grain size, porosity and water holding capacity

Introdução

No Brasil cresceu nos últimos anos a produção agrícola no sistema de cultivo protegido e com o uso de substrato, que corresponde à matéria-prima ou mistura de matérias-primas que substituem o solo no cultivo, servindo de suporte para as mudas e ancoragem para as raízes e possibilitando o fornecimento de quantidades equilibradas de ar, água e nutrientes.

Os substratos podem ser orgânicos ou minerais Kampf (2008), sendo que os materiais orgânicos têm origem em resíduos vegetais, sujeitos à decomposição e os materiais orgânicos mais comumente utilizados no cultivo de plantas podem ser exemplificados com: turfa, cascas de árvores, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, bagaço de cana, torta de filtro, cascas de castanhas, entre outras fibras. As matérias-primas minerais podem ser: areia, vermiculita, perlita, espuma fenólica, lã de rocha, argila expandida e dependendo do tipo de planta a ser conduzido em substrato, o uso de solo em misturas com outros materiais é comumente utilizado.

Pela dificuldade de se encontrar a maioria dessas características em apenas um substrato, para utilizá-lo como única matéria-prima para a produção de culturas, muitas vezes os produtores optam pela mistura de substratos, que juntos apresentam características físicas e químicas mais adequadas para a produção em recipiente.

Assim um material pode ser caracterizado mediante uma gama de propriedades, sejam elas físicas, químicas ou biológicas. Entretanto, segundo Kampf (2008), as características físicas indispensáveis para a caracterização fundamental do material podem ser resumidas em: densidade volumétrica, porosidade, granulometria e capacidade de retenção de água. A partir dessas propriedades é possível indicar a qualidade e sugerir usos e limitações dos substratos.

Verdonck (1983) afirma que as características físicas são mais importantes em um substrato, porque as relações entre água e ar não podem ser mudadas durante o cultivo. Assim, porosidade total, densidade seca, espaço de aeração e capacidade de retenção de água, são as principais características físicas a serem avaliadas em um substrato.

Ainda segundo Fonteno (1996), o mais importante na análise de um substrato não é saber do que ele é composto, mas quais características esse meio apresentam, sendo que sua caracterização física representa um dos pontos mais importante, se consideramos que sua caracterização química pode ser facilmente alterada com a adubação.

A densidade dos solos arenosos pode variar de 1,3 a 1,8 g.cm⁻³, enquanto os solos argilosos esta variação pode ir de 0,9 a 1,6 g.cm⁻³. Para a densidade máxima do solo, Klein et al. (2004) apresenta em um solo argiloso a densidade de 1,55 g.cm⁻³, enquanto um solo arenoso foi de 1,77 g cm⁻³.

Reichert et al. (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos.

Já a areia fina seca tem a densidade média tabulada entre 1,30 a 1,60 Mg m⁻³ e a areia fina úmida entre 1,70 e 2,30 Mg m⁻³.

Quanto à densidade do substrato, considera-se como referência segundo Fermino (2002) para substrato utilizado em células e bandejas valores de densidade entre 100 e 300 kg m⁻³; para vasos de até 15 cm de altura, de 250 a 400 kg m⁻³; para vasos de 20 a 30 cm, de 300 a 500 kg m⁻³; para vasos maiores, de 500 a 800 kg m⁻³.

O valor da densidade é importante também para a interpretação de outras características, como porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (FERMINO, 2003).

Para programação adequada do manejo da irrigação das culturas deve conhecer a capacidade de retenção de água (CRA) de um substrato esse conhecimento é útil para estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes, pois espaço de aeração deficiente e alta retenção de água pode reduzir a oxigenação para as raízes e dificultar seu desenvolvimento (LUDWIG et al., 2008).

Em condições ótimas, o substrato ideal deve apresentar entre 20 e 30% de água facilmente disponível, entre 4 e 10% de água de reserva e entre 24 e 40% de água total disponível para as plantas (ABAD et al., 1993)

Outro atributo físico que caracteriza um substrato é a sua granulometria, que corresponde à distribuição das partículas de um material segundo seu tamanho, expresso como a porcentagem da massa de cada fração em relação à massa total seca ao ar.

Fermino (2003) determinou para a realização da análise granulométrica a utilização de uma amostra de 100 g de substrato, seco ao ar, colocada sobre um jogo de peneiras, acoplado a um agitador mecânico, por 3 minutos. As malhas das peneiras empregadas eram de 3,35 – 2,00 – 1,00 – 0,60 – 0,106 mm. Após a agitação, o material retido em cada peneira foi pesado, sendo o valor determinado utilizado para cálculo da porcentagem sobre o peso da amostra.

Miner (1994) afirmou que não existe uniformidade quanto à série de peneiras que devem ser utilizadas para a classificação granulométrica dos substratos. Para tanto, devem ser

selecionadas em função das disponibilidades e do objetivo das análises granulométricas: com fins de classificação de turfas e de compostos provenientes de resíduos urbanos, empregam-se as peneiras de maior tamanho (40, 25, 12,5, 6,3, 5 e 2 mm); para estudar as propriedades físicas de aeração e retenção de água, devem-se selecionar peneiras compreendidas entre 0,1 e 1 mm.

Parte-se de 100 g de amostra de material seco ao ar ou em estufa de convecção forçada à temperatura inferior a 40°C. Colocam-se as peneiras ordenadas por tamanhos no equipamento, que deve funcionar durante 10 minutos à máxima amplitude e de forma intermitente. Passado esse tempo, pesa-se o conteúdo de cada peneira e do coletor do fundo em recipiente tarado, com precisão de 0,01 g. Os resultados se expressam como porcentagem em peso de cada fração (MINER, 1994).

Esse conhecimento permite a manipulação dos substratos de forma que se consiga a melhor mistura ou o melhor material para diferentes tipos de cultivo e de necessidade das plantas, o que é possível devido às diferentes granulometrias e proporções entre macro e microporosidade que permitem também diferentes relações entre ar e água para o meio de crescimento (BURÉS, 1997).

Quanto maior a proporção de partículas grandes com poros grandes, menor será a retenção de água e mais aerado será o meio. No entanto, um material com granulometria mais fina e poros menores retém mais água, inclusive a que estará dificilmente disponível às plantas, e mais deficiente será a aeração do meio. De acordo com Fermino (2003), o tamanho de partículas inferior a 1 mm causa um decréscimo significativo na porosidade e um aumento na retenção de água.

Segundo Cadahia (1998), em geral, o melhor substrato é definido como um material de textura média a grossa, com distribuição de tamanho de poros entre 30 e 300 µm, pois, assim, haverá equilíbrio entre a água disponível e a aeração do ambiente de crescimento das plantas.

Já a porosidade total expressa o volume de substrato não ocupado por partículas e é definida como a diferença entre o volume total e o volume de sólidos de uma amostra, sendo variável com o passar do tempo do cultivo, devido à acomodação das partículas. Segundo Burés (1997) e Martínez (2002), a maior parte dos substratos utilizados no cultivo de plantas apresenta, além dos poros externos entre as partículas, também poros internos tanto fechados, ou seja, sem ligação com o meio, quanto abertos.

A importância desse atributo está no estabelecimento da capacidade de regular o fornecimento de água e de ar às plantas, através da dimensão dos seus poros (HANDRECK E BLACK, 1999).

Os poros internos, por exemplo, apresentando em geral tamanho reduzido, permitem aos substratos reter água a tensões mais elevadas, determinada pela altura do recipiente (BURÉS, 1997). Além disso, pelo fato de as partículas não apresentarem tamanhos regulares e não serem esféricas, ao aumentar o tamanho das partículas, a porosidade tende também a aumentar. Entretanto, a mistura de partículas de diversos tamanhos pode diminuir a porosidade, devido ao efeito cimentante que ocorre quando partículas de menor tamanho se encaixam nos espaços livres formados entre as partículas de maior tamanho.

Segundo Ludwig et al., (2008), a porosidade considerada ideal é de 85% e o espaço de aeração, de 20 a 40% do volume.

Os substratos comerciais são normatizados pela Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2007), e deve conter nas suas embalagens as informações pertinentes ao produto como: densidade em kg m^{-3} ; capacidade de retenção de água (CRA) em $\% \text{ m m}^{-1}$ (MAPA, 2004).

Porém quando se utiliza diversos materiais, para compor um substrato, deve-se proceder a sua caracterização e nesse trabalho objetivou-se caracterizar fisicamente os substratos compostos por dois materiais isolados e oito combinações, para posteriormente serem utilizados no enraizamento de estacas (cladódios) de pitaya.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Física de Solo da Universidade Estadual do Norte do Paraná/UENP, Campus Luiz Meneghel, no município de Bandeirantes – PR.

Os tratamentos em número de dez, com duas repetições foram compostos por: solo-Latossolo Vermelho eutroférico-(S), (EMBRAPA, 2013), areia fina (A), substrato comercial (SC) Bioplant®, e sete misturas na proporção de 1:1, sendo solo+areia-SA, solo+húmus-SH, solo+cama de aviário-SCA, solo+ torta de filtro- ST, areia+húmus-AH, areia+cama de aviário-ACA e areia+torta de filtro-AT , compondo 10 substratos (Figura 1), todas as misturas foram peneiradas em peneira de malha oblonga (4x25 mm), após separadas e colocadas para secar ao ar.



Figura 1 - Aspecto geral dos substratos utilizados experimentalmente.

Para determinação da granulometria foram pesadas 100g de cada mistura e colocadas para agitar em agitador mecânico por 3 minutos num jogo de peneira (Figura 2) de 4 mm, 2mm, 1mm, 0,5mm e fundo. Após a agitação, o material retido em cada peneira foi pesado, sendo o valor determinado utilizado para cálculo da porcentagem sobre o peso da amostra, sendo classificados em > 4, 4-2, 2-1, 1-0,5 e <0,5 mm .



Figura 2 - Aparelho agitador mecânico para determinação da granulometria

Para cálculo da densidade seca ao ar, os substratos secos ao ar foram acondicionados em anéis volumétricos de 100 cm³ os mesmos foram pressionados sobre uma superfície por 10 vezes à 10 cm de altura para acomodação do seu conteúdo e os posteriormente pesados

segundo metodologia adaptada de Hoffmann (1970), obtendo a densidade seca ao ar (Figura 3).



Figura 3 – Metodologia para cálculo da densidade seca ao ar.

Para as determinações de densidade seca em estufa, porosidade (macro e microporosidade) e capacidade de retenção de água, os substratos foram acondicionados em anéis volumétricos de 100 cm³ saturados (Figura 4) e avaliados segundo metodologia da mesa de tensão (Figura 5), obtendo-se a densidade seca em estufa, macroporosidade, microporosidade e capacidade de retenção de água-CRA (retenção de 0,01MPa), segundo (EMBRAPA, 2011).



(A)



(B)

Figuras 4 e 5 – Amostras saturadas (A) e metodologia da mesa de tensão (B).

Inicialmente foram caracterizados separadamente o húmus, a cama de aviário e a torta de filtro, quanto à granulometria, segundo adaptação de Hoffmann (1970), densidade seca ar e em estufa, porosidade (macro e microporosidade), porosidade total e capacidade de retenção de água, seguindo metodologias descritas em EMBRAPA (2011), e apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise granulométrica (%), densidade seca ao ar (D ar), densidade seca estufa (D estufa), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e capacidade de retenção de água (CRA), para a cama de aviário, torta de filtro e húmus. Bandeirantes/PR 2015.

Húmus: Bacteriantes/PR 2019						
Substratos	(%)					
	>4mm	4-2mm	2-1 mm	1-0,5mm	<0,5mm	
Húmus	6,82	33,44	25,29	21,73	12,72	
Cama de aviário	2,57	12,39	29,98	34,03	21,03	
Torta de filtro	2,36	30,18	32,46	24,32	10,68	
	Ma	Mi	Pt	D (ar)	D (estufa)	CRA
	(%)			g cm ⁻³		(%)
Húmus	14,80	54,52	69,32	0,64	0,36	56
Cama de aviário	20,00	67,57	87,57	0,43	0,30	75
Torta de filtro	19,66	47,11	66,77	0,72	0,50	42

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de granulometria para as frações >4 mm, de 4-2 mm, 2-1 mm, 1-0,5mm e <0,5 mm, dos substratos utilizados experimentalmente, onde se pode observar que excetuando o substrato comercial que tem mais de 3 % de partículas de tamanho superior a 4 mm, os demais substratos tem maioria de partículas inferior a essa classe textural, o solo apresenta uma distribuição mais uniforme entre as diferentes classes texturais a partir dos 2 mm, e que a areia tem mais de 76% de suas partículas na menor classe. Sendo assim todas as misturas resultantes da adição de solo e areia, em combinação com cama de aviário, torta de filtro e húmus seguem o mesmo padrão de distribuição textural.

Assim segundo Fermino (2003), quanto maior a proporção de partículas grandes com poros grandes, menor será a retenção de água e mais aerado será o meio. No entanto, um material com granulometria mais fina e poros menores retém mais água, inclusive a que estará dificilmente disponível às plantas, e mais deficiente será a aeração do meio, ainda de acordo com o autor, o tamanho de partículas inferior a 1 mm causa um decréscimo significativo na porosidade e um aumento na retenção de água. Já para Cadalha (1998), de modo geral, o melhor substrato é definido como um material de textura média a grossa, com distribuição de tamanho de poros entre 30 e 300 µm, pois, assim, haverá equilíbrio entre a água disponível e a aeração do ambiente de crescimento das plantas.

Tabela 2 - Granulometria (%) dos substratos utilizados no experimento. Bandeirantes/PR 2015.

Substratos	(%)				
	>4mm	4-2mm	2-1 mm	1-0,5mm	<0,5mm
Solo	1,78	18,17	16,27	22,05	41,73
Areia	0,47	1,34	2,75	19,11	76,33
Substrato comercial	3,15	18,99	19,07	25,39	33,40
Solo+Areia	0,73	5,86	6,55	20,31	66,55
Solo+humus	1,81	13,27	15,23	25,47	44,22
Solo+cama de aviário	1,92	14,46	17,18	23,91	42,53
Solo+torta de filtro	1,70	20,08	21,47	25,68	31,07
Areia+humus	1,05	4,90	7,15	24,37	62,53
Areia+cama de aviário	0,98	2,72	6,74	23,59	65,97
Areia+torta de filtro	1,16	10,82	12,62	27,49	47,91

Isso se pode observar para os diferentes substratos, porém não é válido para a areia e suas misturas, excetuando areia + torta de filtro, pois apesar de ter em média mais de 60 % de granulometria inferior a 1 mm, pois a composição mineralógica da areia não atribui a esse substrato, a capacidade de retenção de água.

Os atributos associados à aeração, capacidade de retenção de água e nutrientes estão complementados na Tabela 3 onde se pode observar que a porosidade total da areia (34,90%) é inferior aos demais substratos e que quando associado a cama de aviário, sua porosidade fica com um acréscimo de mais de 88%, passando a 65,79%) de porosidade total e isso é atribuído a caracterização da cama de aviário, que isoladamente tem uma porosidade total de 87,57% . E esse aspecto é reforçado quando o substrato é composto por solo+cama de aviário, onde entre todos os substratos avaliados é o que apresenta a maior porosidade total (71,99%), e esses valores estão bem próximos dos relatados por Ludwig et al., (2008), onde os autores consideraram que um substrato ideal deve ter 85% de porosidade total .

A densidade do solo ($1,10 \text{ g cm}^{-3}$) e da areia ($1,63 \text{ g cm}^{-3}$) estão dentro das características citadas por Klein et al. (2004), onde citam a que a densidade dos solos arenosos pode variar de $1,3$ a $1,8 \text{ g.cm}^{-3}$, enquanto os solos argilosos esta variação pode ir de $0,9$ a $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$, enfatizado por Reichert et al. (2003) que propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: $1,30$ a $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos argilosos, $1,40$ a $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-argilosos e de $1,70$ a $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-arenosos.

Para a densidade do substrato comercial, destacada na Tabela 3, observa-se que se obteve o valor de $0,45 \text{ g cm}^{-3}$ ou 450 kg m^{-3} , valor considerado como referência segundo FERMINO (2002).

Tabela 3 - Densidade seca ao ar (D ar), densidade seca estufa (D estufa), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e capacidade de retenção de água (CRA). Bandeirantes/PR 2015.

Substratos	Ma	Mi	Pt	D ar	D estufa	CRA
	(%)	m m ⁻¹		g cm ⁻³		(%)
Solo	2,76	52,00	54,76	1,10	0,90	34
Areia	1,30	33,60	34,90	1,65	1,63	15
Substrato comercial	7,95	60,73	68,68	0,45	0,28	67
Solo+Areia	2,44	43,79	46,23	1,37	1,29	23
Solo+humus	6,53	62,25	68,78	0,96	0,76	45
Solo+cama de aviário	8,76	63,23	71,99	0,78	0,64	50
Solo+torta de filtro	4,64	57,76	62,40	0,90	0,76	42
Areia+humus	5,90	51,69	57,59	1,20	1,05	31
Areia+cama de aviário	8,82	56,97	65,79	1,03	0,94	36
Areia+torta de filtro	2,41	44,29	46,70	1,18	1,08	27

Os resultados de densidade das misturas onde se utilizou húmus, cama de aviário e torta de filtro, cujas densidades isoladamente foram de 0,54; 0,43 e 0,72 g cm⁻³, estão associadas as densidades dos materiais que originaram as respectivas misturas, ou seja a mistura solo + areia resultou numa densidade de 1,37 g cm⁻³ superior a do solo isolada, e inferior a da areia, e assim para as demais misturas e isso pode ser verificado, pois entre as misturas, a menor densidade foi obtida quando se formulou um substrato com solo+cama de aviário (0,78 g cm⁻³).

A caracterização da capacidade de retenção de água de um substrato é útil para estabelecer um equilíbrio entre a água disponível para as plantas e o espaço de aeração para o desenvolvimento das raízes, pois espaço de aeração deficiente e alta retenção de água pode reduzir a oxigenação para as raízes e dificultar seu desenvolvimento (Ludwig et al., 2008), esse atributo mostrado na Tabela 3, enfatiza que a areia com propriedades mineralógicas próprias retém quantidades pequenas de água (15%), isso está associado a baixa porosidade total (34,9%) ou seja menos da metade da capacidade de retenção do solo utilizado experimentalmente que foi de 34% e está afirmativa é comprovada em todos os substratos onde houve a mistura da areia.

Na Tabela 3 se observa ainda que, a maior CRA foi encontrada no SC (67%), o que pode ser explicado pela sua porosidade total e principalmente pela alta microporosidade desse material, seguido da mistura de solo+cama de aviário (50%), cuja microporosidade dos materiais separadamente foram de 52 e 65%, embora as CRA entre 24 e 40% são

consideradas ideais para Abad et al., (1993) e portanto não se enquadrando dentro desses percentuais a areia, o substrato comercial, e as mistura de solo com húmus e com cama de aviário.

Conclusões

Dentre a classe granulométrica o substrato comercial e a areia tem, respectivamente os maiores percentuais acima de 4 mm e abaixo de 0,5 mm, os demais substratos têm uma distribuição uniforme. A areia apresentou à menor microporosidade e isso está associada à menor capacidade de retenção de água.

A alta porosidade total associada à baixa densidade caracterizou o substrato comercial como o de maior retenção de água. Sendo assim, o melhor substrato deverá ser estabelecido, quando sua utilização no enraizamento e ou desenvolvimento de uma cultura forem comprovados como eficientes.

Referências

- ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo. **Acta de Horticultura**, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p. 141-154, 1993.
- BURÉS, S. **Sustratos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341 p.
- CADAHIA, C. **Fertirrigacion – Cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. 475 p. 87
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 230p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília. 3 ed. 2013, 353p.
- FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C. (Coord.). Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 79. (**Documentos IAC, 70**)
- FERMINO, M.H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. 81f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 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. **Ball**, Batavia, p. 93-122, 1996.

KLEIN, V. A.; MASSING, J. P.; CAMARA, R. K.; BIASUZ Jr., I. J.; SIMON, M. A. Densidade máxima e relativa de solos sob plantio direto. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15, 2004, Santa Maria. Resumos expandidos. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004. **Anais**. CD-ROM.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HOFFMANN, G. **Verbindliche Methoden zur Untersuchung Von TKS und Gartnerischen Erden. Mitteilubngen der VDLUFA**, Heft, v. 6, p. 129-153, 1970. IEA – Instituto de Economia Agrícola. Área e Produção dos Principais

KAMPF, A.N. Materiais regionais como alternativa ao substrato. In: ENCONTRONACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical,

LUDWIG, L.; FERNANDES, D.M.; SANCHES, L.V.C.; VILLAS BOAS, R.L. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pínus e terra vermelha. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS - Materiais Regionais como substrato, 6, 2008, Fortaleza. **Anais eletrônicos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, SEBRAE /CE e UFC, 2008. Disponível em: < http://www.cnpat.embrapa.br/viensub/Trab_PDF/sub_2.pdf >. Acesso em: 5 dez. 2009.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 14, de 15 de dezembro de 2004**. Aprova as Definições e Normas sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Substratos para Plantas, constantes do anexo desta instrução normativa. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=10433>. Acesso em: 5 julho 2015.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 31, de 23 de outubro de 2008. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução 91 Normativa SDA nº 17, de 21 de maio de 2007**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19154>. Acesso em: 5 julho 2015.

MARTÍNEZ, P.F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A.M.C., et al. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 79. (Documentos IAC, 70)

MINER, J.A. **Sustratos: Propiedades y caracterización**. Madrid, Barcelona e México:Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência Ambiental**, v.27, p.29-48, 2003.

VERDONCK, O. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 467 - 473, 1983.