



RODRIGO RAFAEL SALVADOR

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES
FÍSICO-HÍDRICAS DE QUATRO DIFERENTES
SUBSTRATOS**

LAVRAS-MG

2020

RODRIGO RAFAEL SALVADOR

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE
QUATRO DIFERENTES SUBSTRATOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Adriano Valentim Diotto
Orientador

LAVRAS – MG
2020

RODRIGO RAFAEL SALVADOR

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE
QUATRO DIFERENTES SUBSTRATOS**

**CHARACTERIZATION OF PHYSICAL AND WATER PROPERTIES
OF FOUR DIFFERENT SUBSTRATES**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 4 de agosto de 2020.

Dr. Adriano Valentim Diotto UFLA

Dr. Michael Silveira Thebaldi UFLA

M.e Mariana Lucio Gontijo UFLA

Prof. Dr. Adriano Valentim Diotto

Orientador

LAVRAS – MG

2020

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento, pela oportunidade.

Ao professor Adriano Valentim Diotto, pela orientação, paciência e disposição para ajudar.

[...] A todos funcionários do DRS/UFLA.

À minha toda minha família, em especial aos meus pais, Rafael e Cláudia pelo amor e apoio incondicional em todas as minhas decisões nas diferentes etapas da minha vida e ao meu irmão Tiago pela paciência e conselhos.

À minha tia Cristiane, pelo carinho, incentivo e apoio em todos os momentos.

Aos meus amigos, em especial Filipe Borges, Athos Marques, Cássio Ribeiro, Rodrigo Martins e Hermes Marçal que muito colaboraram com incentivos e conselhos durante essa caminhada.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O substrato é uma alternativa utilizada em substituição ao solo, muito aplicado em produções em ambiente protegido onde há maior controle fitossanitário em comparação aos cultivos em campo aberto e o substrato promove o crescimento vegetativo da cultivar. Com o projeto desenvolvido no período de março a outubro de 2019 objetivou-se por meio das normatizações dispostas pelo MAPA, a caracterização física de quatro diferentes substratos, utilizando-se do funil de Haines bem como análises de umidade, densidade volumétrica, sólidos totais, porosidade e a capacidade de retenção de água dos substratos. Procedeu-se com o delineamento experimental com 4 tratamentos, S1, S2, S3 e S4, e 5 repetições. Os ajustes dos valores relacionado à curva de retenção de água do substrato foram estimados por meio do modelo de van Genuchten. O substrato S4 foi que apresentou maiores valores dentro das características físico-hídricas analisadas, porosidade total com 85%, densidade de 130 kg m^{-3} , água facilmente disponível 25%. O substrato S1 e S3 tiveram valores encontrados para porosidade, densidade, capacidade de retenção de água a 10 e 50 hPa e água facilmente disponível fora das faixas recomendadas, o que sugere que os mesmos são menos eficientes para uso comercial por não atenderem os critérios mínimos dentro do estudo da dinâmica da água nos substratos. Foram verificadas para o substrato S2, resultados em alguns quesitos fora das faixas ideais dentro da análise das características físicas, porém, este se enquadra em algumas faixas ideais como a densidade 130 kg m^{-3} e porosidade 81% podendo ser usado com auxílio de produtos que complementem para melhorar os demais critérios físicos.

Palavras-chave: Umidade, Densidade Volumétrica, Água disponível.

ABSTRACT

The substrate is an alternative used in substitution to the soil, widely applied in productions in a protected environment where there is greater phytosanitary control in comparison to the cultivations in open fields and the substrate promotes the vegetative growth of the cultivar. With the project developed in the period from March to October 2019, the objective was, through the standards established by MAPA, the physical characterization of four different substrates, using the a hanging water column apparatus as well as analyzes of humidity, volumetric density, total solids, porosity and the water holding capacity of the substrates. The experimental design was carried out with 4 treatments, S1, S2, S3 and S4, and 5 repetitions. The fitting values related to the substrate water retention curve were estimated using the van Genuchten model. The substrate S4 showed the highest values within the physical-water characteristics analyzed, total porosity with 85%, density of 130 kg m^{-3} , water easily available 25%. The substrates S1 and S3 had values found for porosity, density, water retention capacity at 10 and 50 hPa and easily available water outside the recommended ranges, which suggests that they are less efficient for commercial use as they do not meet the minimum criteria within the study of water dynamics in substrates. Results were verified for substrate S2, in some items outside the ideal ranges within the analysis of physical characteristics, however, it fits in some ideal ranges such as density 130 kg m^{-3} and porosity 81% and can be used with the aid of products that complement to improve the other physical criteria.

Keywords: Moisture, Density, Available water.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Substratos	9
2.2	Propriedades Físicas	9
2.3	Umidade	10
2.4	Densidade volumétrica	10
2.5	Capacidade de retenção de água e curva de retenção de água	11
2.6	Instruções Normativas	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1	Caracterização física	12
3.1.1	Preparo das amostras	12
3.1.2	Umidade	13
3.1.3	Densidade volumétrica	13
3.1.4	Capacidade de retenção de água	14
3.1.5	Água facilmente disponível	16
3.1.6	Sólidos totais	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
5	CONCLUSÃO	20
	REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem se desenvolvendo e se tornou uma grande potência mundial. As plantações que são realizadas em campo aberto sofrem constantemente com ataques de pragas ou problemas relacionados ao solo. Diante desses problemas surge a alternativa de um plantio protegido utilizando-se substrato, e essa técnica apresentou-se como uma opção viável e economicamente aceita.

As características físico-hídricas dos substratos devem ser estudadas para que se tenha uma padronização adequada sendo assim poder oferecer um produto comercializado para os produtores e consumidores com qualidade. O estudo da dinâmica da água no solo é um grande aliado para a análise e tomada de decisão, essas características influenciam diretamente no desenvolvimento das plantas, como no desenvolvimento das raízes, na disponibilidade de oxigênio, no estudo da macroporosidade, microporosidade, na água facilmente disponível às plantas para se desenvolverem e no auxílio ao manejo de irrigação.

A análise física de substratos é feita através de metodologias estabelecidas e padronizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. A padronização desses métodos é eficaz pois eleva a confiabilidade e ajuda na comparação dos resultados encontrados e nas recomendações que devem ser passadas ao produtor.

Teve-se como objetivo no presente trabalho, avaliar quatro substratos comerciais, em laboratório, e caracterizá-los fisicamente, por meio da análise da umidade, densidade, sólidos totais, porosidade e a retenção de água pelos substratos e aplicação e por meio do ajuste do modelo de van Genuchten (1980)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Substratos

Substrato é caracterizado como um material poroso, usado misturado ou puro que atua como um regulador de níveis de água e oxigênio, além de oferecer sustentação as plantas para o seu crescimento (VENCE, 2008). Além disso desempenha um papel muito importante para o desenvolvimento de cultivares e na qualidade de produção de mudas, já que influencia diretamente no controle nutricional da cultivar e no desenvolvimento do sistema radicular (VALE et al,2004)

De forma a substituir o solo no cultivo, a dinâmica das propriedades matriciais do substrato é bem diferente da do solo devido a diferenças nos perfis de distribuição, enquanto no solo há um perfil contínuo, já o substrato o volume e perfil é limitado devido ao recipiente em que está colocado (KLEIN et al., 2002). Desta forma ao utilizar o substrato ele deve manter um volume adequado de água facilmente disponível e ar para o desenvolvimento das plantas (BUNT, 1961). Se houver comprometimento da disponibilidade desses elementos, como a falta de oxigênio, a desidratação por falta de água e a deficiência das concentrações de nutrientes, as plantas podem até mesmo ter maior ataque de pragas e doenças (MINER, 1994).

A evolução no cultivo em substratos e sua aplicação mundial em diversos cultivos tem resultado reconhecido por melhorar as condições químicas, físicas e biológicas para o desenvolvimento de plantas (KÄMPF, 2001; BATAGLIA & ABREU, 2001). A evolução nos plantios protegidos fez com que surgissem diversas composições e materiais para satisfazer as necessidades dos cultivos a serem utilizados, mostrando assim que o propósito de um meio de cultivo é de dispor de alta qualidade para receber e produzir a planta em curto período. Os substratos que se destacam e são mais eficientes tem que apresentar diversas características, entre essas, a riqueza em nutrientes essenciais, a não incidência de patógenos, textura adequada, estrutura e pH condizentes, além de fácil aquisição e transporte (SILVA et al., 2001). Com a diminuição dos custos de produção ao optar pelo uso do substrato, o seu descarte não deve causar consequências ao meio ambiente (ABAD et al.1993).

2.2 Propriedades Físicas

Diversos substratos podem ser caracterizados pela sua composição de fabricação ou por meio da mistura com outros substratos formando um novo composto. Esses materiais são constituídos por distintas matérias primas e são classificados com base no material de origem (ABREU et al., 2002), podendo ser de origem vegetal, mineral ou sintética (GONÇALVES, 1995).

Sendo assim, segundo Fonteno (1996), a análise das propriedades e características físicas desse meio são mais importantes que saber a sua composição. As caracterizações das propriedades físicas dos substratos têm um elevado valor de estudo, já que um equilíbrio entre as diversas propriedades busca estabelecer uma associação entre macro e microporosidade (LOPES et al., 2005). A relação entre ar e água estabelecidas no início do cultivo das plantas é uma das mais importantes quando se fala na aplicação de substratos pois essa relação não pode mudar durante cultivo (DE BOODT & VERDONCK, 1972), e através dessa relação temos que as características físicas mais relevantes seriam a densidade volumétrica, porosidade e capacidade de retenção de água (KAMPF, 2008).

2.3 Umidade

A água tem uma função muito importante comportamento dos substratos. Com isso a quantidade de água pode ocasionar diferentes alterações das propriedades físicas dos substratos. Assim, ela foi então determinada através da denominação de teor de água no solo, calculada de forma rápida com seu valor apresentado em percentagem de umidade em massa (massa de água/massa de solo) (BRAGA et al., 2008). Tem-se diversos métodos para determinação da umidade do solo, sendo o gravimétrico direto o mais preciso e mais usado (BERNARDO et al., 2006).

Para análise da umidade dos substratos a temperatura de secagem de $65 \pm 5^{\circ}\text{C}$ é a recomendada pela Instrução Normativa nº17, de 21 de maio de 2007, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA,2007). Temperaturas muito superiores podem fazer com que ocorra oxidações ou decomposições que alteram o material ou até mesmo ocasiona a queima de material orgânico (BURÉS,1997).

2.4 Densidade volumétrica

Fermino (2002) afirma que a densidade do substrato é a primeira propriedade física a ser levada em consideração. A densidade acaba sendo muito importante para o estabelecimento e para uma boa análise da porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (FERMINO, 2003).

Essencial é que o substrato apresente densidades nem tão altas e nem tão baixas, pois densidades inferiores a $0,4 \text{ Mg m}^{-3}$, aumentam os índices de tombamento de recipientes como vasos ou sacos plásticos, além de elevar a incidência de falta de contato entre a semente ou a raiz da planta e o substrato, suprimindo a fixação e crescimento e desenvolvimento do sistema radicular. Além disso, densidades elevadas acarretam a falta de penetração e crescimento do

sistema radicular, além de reduzir os espaços porosos e no volume de poros ocupados com ar (GAULAND, 1997).

2.5 Capacidade de retenção de água e curva de retenção de água

O comportamento hídrico de um substrato deve proporcionar uma eficiente retenção de água sem que afete a porosidade de aeração (SPOMER, 1974). Para a análise dos volumes de ar e água disponíveis nos substratos devem-se avaliar três valores de tensão, 10, 50 e 100 hPa (CORÁ & FERNANDES, 2008).

Segundo DeBoodt e Verdonck (1972), na tensão de 0 hPa o volume retido de água é representado pela umidade das amostras saturadas. Enquanto à tensão de 10 hPa temos o volume de ar após cessar a livre drenagem. Esse ponto foi determinado devido as alturas disponíveis de recipientes que variam entre 10 e 15 cm (DE BOODT & VERDONCK, 1972). Parte do volume de poros de maior tamanho (macroporos) não retém água e são eles que fazem com que ocorra aeração nas raízes, denominado porosidade de aeração (DRZAL et al., 1999), enquanto os demais poros menores são responsáveis por reter a água (BALLESTER-OLMOS, 1992). Com isso, a diferença entre a porosidade total e o volume de água retido a 10 hPa é denominado o espaço de aeração (EA) (CORÁ & FERNANDES, 2008), ou segundo Drzal et. al. (1999) determinado como porosidade de aeração.

Na tensão de 100 hPa se tem a definição de limite do volume de água retido não disponível para planta denominado água remanescente (AR). Entre as tensões de 10 e 100 hPa temos um volume de água retida e disponível às plantas (DE BOODT & VERDONCK, 1972). Sendo assim, DeBoodt e Verdonck constataram que tensões acima de 50 hPa influenciam no desenvolvimento das plantas. Com isso entre as tensões de 10 e 50 hPa temos definido o conceito de água facilmente disponível (AFD), e para as tensões entre 50 e 100 hPa temos o conceito de volume de água tamponante (AT), toda água que fica retida e não disponível ao aproveitamento da cultivar (CORÁ & FERNANDES, 2008).

Diversos métodos podem ser usados para as análises de capacidade de retenção de água, um dos métodos empregados é o do funil de Haines ou placa porosa, que é quando se aplica uma força de sucção na amostra de solo ou substrato, até que ela atinja equilíbrio, ou seja, aplica-se uma sucção até o momento que a drenagem cesse (CÁSSARO et al., 2008).

A curva de retenção de água mostra a relação entre a umidade volumétrica e o potencial matricial, sendo assim, revela como o material tem facilidade de reter ou dispersar água, e possibilita o cálculo do volume de água disponível às plantas (SPIER et al., 2008). Compreender a curva de retenção de água é essencial, pois ela está diretamente relacionada

com a utilização de um manejo racional das plantas em função da água disponível (FERMINO, 1996). Uma vez que um espaço de aeração abaixo do esperado pela planta e elevada retenção de água, são fatores predominantes na redução da oxigenação para as raízes, afetando o seu crescimento (LUDWIG et al.; 2008).

2.6 Instruções Normativas

Para a caracterização de um substrato se seguem as instruções normativas efetuadas pelo ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. A primeira instrução normativa a ser seguida é a Instrução Normativa nº14, de 15 de dezembro de 2004 com as especificações, garantias, tolerâncias, registros, embalagens e a rotulagem dos substratos para plantas (MAPA, 2004). A Instrução Normativa nº17 de 21 de maio de 2007, tem em suas delimitações os métodos oficiais para a determinação dos parâmetros obrigatórios para análise de substratos para plantas e condicionadores de solos (MAPA, 2007). Instrução Normativa nº 17 foi alterada pela atual Instrução Normativa nº31, de 23 de outubro de 2008 (MAPA, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Análise Física do Solo no Departamento de Recursos Hídricos e Saneamento (DRS), da Universidade Federal de Lavras no período de março a outubro de 2019.

Os substratos foram escolhidos e identificados como S1, S2, S3 e S4, o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (substratos) e 5 repetições para cada tratamento. As amostras foram preparadas seguindo a Instrução Normativa nº17 (MAPA, 2007).

3.1 Caracterização física

3.1.1 Preparo das amostras

A Instrução Normativa nº17, inicia o procedimento por passar a totalidade da amostra pela peneira de malha 19x19mm (ASTM $\frac{3}{4}$ "). Se ficar retida uma quantidade menor ou igual a 10%, deve-se fazer a redução física das partículas, em partes iguais para que o material passe pela peneira, repetindo tantas vezes forem necessárias. Caso uma quantidade superior a 10% fique retida na peneira de 19x19mm, os métodos para análise física são inadequados e não devem ser utilizados (MAPA,2007).

3.1.2 Umidade

Segundo a Instrução Normativa nº17 (MAPA, 2007), levou-se 100g da amostra à estufa ($65 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$) até massa constante por cerca de 48 horas. O cálculo da umidade foi baseado na Equação 1 (MAPA, 2007).

$$\text{Umidade atual} = \left[\frac{\text{MU} - \text{MS}}{\text{MS}} \right] \quad (1)$$

Umidade atual em (g g^{-1})

MU = Massa úmida (g)

MS = Massa seca (g)

3.1.3 Densidade volumétrica

Segundo a Instrução Normativa nº31 (MAPA, 2008), foi utilizado um anel em que se alocou o substrato para a análise do experimento. Esse anel foi pesado, retirado as medidas de sua altura e diâmetro interno com um paquímetro digital para o cálculo do volume do anel. Na sequência o anel foi vedado no seu fundo com tela presa por um atilho de borracha (Figura 1) e foi feito preenchimento do anel com o substrato até uma massa conhecida. Procedeu-se então cálculo da densidade através da (Equação 2).

$$D = \frac{1000 \times M}{V} \quad (2)$$

D = Densidade do material calculada (kg/m^3)

M = massa a ser acrescentada no anel (kg)

V = volume interno do cilindro (m^3)

Para determinar o volume foi utilizada a (Equação3).

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times h \quad (3)$$

V = volume interno do cilindro (m^3)

d = diâmetro do anel (m)

h = altura do anel (m)

Figura 1 – Material utilizado para montagem e vedação dos anéis



Fonte: Do Autor.

3.1.4 Capacidade de retenção de água

De acordo com o apresentado pela Instrução Normativa nº31 expressa que a determinação da capacidade de retenção de água por um substrato ou condicionador de solo deve ser feita após saturação e drenagem. Inicialmente os anéis foram vedados no fundo com tela presa por atilho de borracha, pesados, preenchidos com substrato, onde a massa a ser alocada dentro do anel foi determinada pela Equação 2. Na sequência eles foram saturados vinte quatro horas com lâmina de água localizada a 0,5cm abaixo da borda, e após esse procedimento colocou os anéis no funil de Haines, com o ajuste da tensão para 10 cm de coluna de água, e após cessar a drenagem a essa altura, os anéis foram pesados e foi aumentada a tensão para 20 cm de coluna de água. Após a drenagem novamente cessar, seguiu o processo de pesagem, alocação dos anéis e equilíbrio da drenagem para as alturas de coluna de água de 40, 60, 80 e 100 cm.

Figura 2 – Alocação dos anéis no funil de Haines



Fonte: Do Autor.

Após a avaliação na altura de 100 cm, as amostras foram secas individualmente em estufa a $(65 \pm 5^\circ\text{C})$ até massa constante. Os recipientes metálicos com o volume das amostras individuais dos anéis após a secagem foram pesados e foi feita a média dos valores coletados para cada tensão aplicada.

Para a determinação da umidade volumétrica foi utilizada a equação (4).

$$\theta = \frac{((MS - MAP) - M_{65}) \times da}{V} \quad (4)$$

θ = umidade volumétrica (m^3m^{-3})

MS = massa do anel preenchido com substrato úmido (kg)

MAP = massa do conjunto formado pelo anel, tecido tramado e atilho(kg)

M_{65} = massa do substrato seco a 65° (kg)

da = massa específica da água (1000 kg/m^3)

V = volume do anel(m^3)

Para a determinação do valor estimado de umidade nas alturas de 30, 50, 70, 90 cm e representação da curva de retenção de água dos substratos foi utilizado modelo de van Genuchten (1980).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha |\psi_m|^n)]^m} \quad (5)$$

θ : umidade volumétrica do solo, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

θ_s e θ_r : umidade volumétrica na saturação e residual do solo, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

ψ_m : potencial matricial da água no solo hPa

α (hPa^{-1}), n , m : parâmetros de ajuste do modelo.

3.1.5 Água facilmente disponível

O cálculo do valor da água facilmente disponível foi feito através da (Equação 7) usando os valores encontrados de umidade estimados pelo método de van Genuchten (1980) nas tensões de 10 e 50 hPa.

$$\text{AFD} = \theta_{10} - \theta_{50} \quad (7)$$

AFD = Água facilmente disponível

θ_{10} = Umidade volumétrica estimada na tensão de 10 hPa

θ_{50} = Umidade volumétrica estimada na tensão de 50 hPa

3.1.7 Sólidos totais

O cálculo do valor dos sólidos totais foi feito através da (Equação 8).

$$\text{ST} = 1 - \text{PT} \quad (8)$$

ST = Sólidos totais ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

PT = Porosidade Total ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

O valor da porosidade total foi estimado segundo o valor encontrado na tensão de 0 hPa para cada substrato associado a umidade volumétrica na saturação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontram-se os parâmetros de ajuste da curva de retenção de água no substrato para o modelo proposto por van Genuchten (1980). Os substratos S2 e S4 apresentam maiores valores de θ_s por apresentarem maiores porosidades totais. Ao mesmo tempo é justificável este valor ao se observar que os mesmos apresentaram os menores valores de densidade. Para o parâmetro n que está associado à distribuição de tamanho de poros, e é relacionado diretamente com a retenção de água, vemos que o substrato S1 que possui alto valor de n , apresenta baixa água facilmente disponível e baixo espaço de aeração.

Tabela 1- Valores dos coeficientes estimados pelo método de van Genuchten para os tratamentos, valores de porosidade total (PT), sólidos totais (ST), capacidade de retenção de água a 10 e 50 hPa (CR10) e (CR50), densidade e água facilmente disponíveis (AFD) para os tratamentos S1, S2, S3, S4.

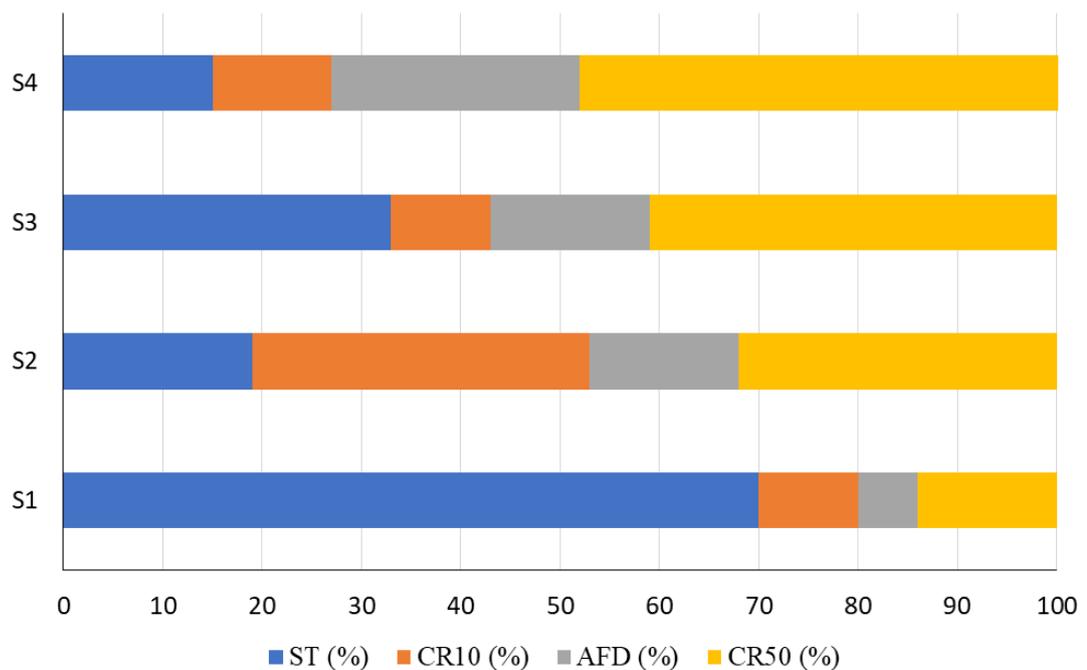
	S1	S2	S3	S4
θ_s	0,30	0,81	0,67	0,85
θ_R	0,14	0,30	0,31	0,35
α	0,14	0,22	0,10	0,09
m	0,67	0,55	0,43	0,46
n	3,03	2,22	1,74	1,85
Densidade (kg/m ³)	400	200	540	130
PT (%)	30	81	67	85
ST (%)	70	19	33	15
CR10 (%)	10	34	10	12
AFD (%)	6	15	16	25
CR50 (%)	14	32	41	49

Fonte: Do autor

Segundo Abad et al. (1993), a densidade volumétrica esperada para substratos deve ser inferior a 400 kg m^{-3} , dessa forma somente os substratos S2 e S4 obtiveram valor abaixo do valor teórico considerado ideal. Das porosidades totais (PT) dos substratos analisados somente o S2 e S4 estão dentro da faixa de referência (80 a 90%), segundo De Boodt e Verdonck (1972) e Kämpf (2005). Segundo Gauland (1997), quanto maior os valores de densidade, como as dos substratos S1 e S3, menor é o espaço de porosidade total disponível, menor o volume de poros ocupados com ar e maiores os valores de sólidos totais. Os substratos S2 e S4 apresentam valores e condições inversas aos dos outros dois substratos, quando relacionados a sólidos totais, porosidade total e volumes de poros ocupados com ar.

Segundo De Boot e Verdonck (1972) os valores de referência para a capacidade de retenção de água na tensão de 10 hPa estão no intervalo de (20 a 30%), sendo assim, os substratos S1, S3 e S4 apresentam valor inferior ao esperado, mostrando que esses substratos tem elevada retenção de água e podem fazer com que tenha falta de oxigênio necessário para as plantas. Já o substrato S2 que apresentou valor acima da faixa ideal, indicando uma alta capacidade de drenagem e podendo ocasionar deficiências hídricas. A escolha do valor de referência deve estar relacionada a cultivar que será usada, e ele influencia diretamente no manejo da irrigação e no desenvolvimento vegetal. Encontram-se na figura 3 comparativo entre os parâmetros dos substratos.

Figura 3 - comparativo entre os parâmetros dos substratos

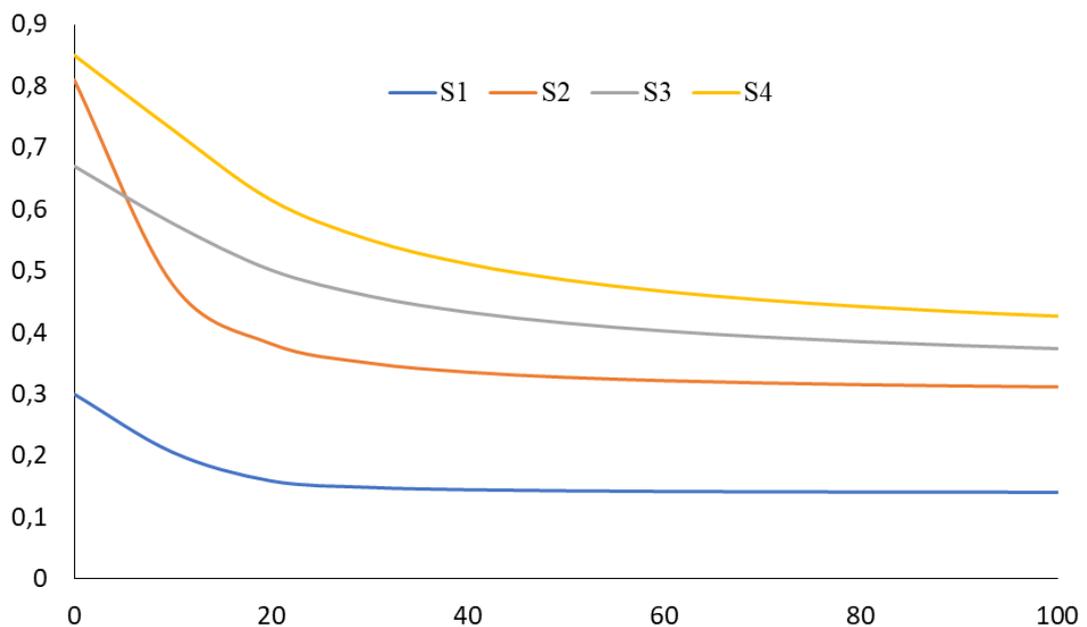


Fonte: Do Autor

As características de um substrato de ter água disponível entre as tensões de 10 e 50 hPa é um ponto importante conhecido como água facilmente disponível (AFD), e os valores ideais segundo De Boodt e Verdonck (1972) estariam entre $0,24 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e $0,40 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e entre $0,20 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$ e $0,30\text{m}^3\text{m}^{-3}$.Dentre os valores encontrados, somente o substrato S4 o mostra ter características dentro da faixa recomendada. Os valores encontrados abaixo da faixa ideal para os substratos S1, S2 e S3, mostram que há relação inversa na capacidade de retenção, se ela for alta, maior o volume de AFD em tensões baixas e menor será a energia gasta para as plantas absorverem a água, ao mesmo tempo que baixa capacidade de retenção de água faz com que maior seja a energia necessária pelas plantas para absorve-las (FERMINO,1996).

Para tensões superiores a 50 hPa até a tensão de 100 hPa temos a caracterização da capacidade de retenção de água de 50 ou água tamponante, do qual segundo Cadahia (1998) o nível ótimo está entre 4 e 10%.Valores acima de 30% mostram que o substrato apresenta drenagem insatisfatória (KÄMPF,2005). Os substratos S2, S3 e S4 apresentam valor acima do ideal apresentado pela literatura, mostrando que a drenagem da água feita por esses substratos pode ser deficitária, elevando a retenção de água indisponível e dificultando a disponibilidade de oxigênio às raízes. Encomtram-se na figura 4 comparativo entre as curvas de retenção dos substratos.

Figura 4- comparativo entre as curvas de retenção dos substratos.



Fonte:Do Autor

5 CONCLUSÃO

As amostras analisadas apresentaram quando comparadas aos dados de outros trabalhos, principalmente na capacidade de retenção de água a 10 hPa, água remanescente e água facilmente disponíveis valores fora das faixas ideais. O substrato S4 que apresenta características físico-hídricas muito próximas das ideais para as variáveis de porosidade total, densidade, água facilmente disponível, sendo esses fatores cruciais para a oxigenação e equilíbrio das raízes e a relação na capacidade de retenção a 10 hPa com o auxílio de condicionantes ele pode se tornar aplicável dentro da faixa ideal. O substrato S1 e S3 apresentaram piores valores quando comparados, o que sugere serem substratos inadequados ao uso comercial pois nenhum dos quesitos principais está dentro das faixas ideais para a aplicação em campo quando comparados com os dados da literatura. O substrato S2 apresenta diferentes características físicas, mas se enquadra em algumas faixas ideais como a densidade e porosidade.

REFERÊNCIAS

- ABAD, M.; MARTINEZ, P. F.; MARTINEZ, J. **Evaluación agrónomica de los substratos de cultivo**. Actas de Horticultura, Villaviciosa, Espanha, v. 11, p. 141-154, 1993.
- 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.
- 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).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, UFV, 2006. 625 p.
- BRAGA, M. B.; GUEDES, I. M. R.; SILVA, J. da; LIMA, C. E. P. **Determinação simplificada da umidade do solo visando o manejo de irrigação em Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018. 20 p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 155)
- BUNT, A.C. **Some physical properties of pot-plant composts and their affect on plant growth**. Plant and Soil, The Hague, v. 13, p. 322-332, 1961.
- BURÉS, S. Sustratos. **Ediciones Agrotécnicas**. Madrid: 1997. 341 p.
- CADAHIA, C. Fertirrigacion – **Cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. 475 p.
- CÁSSARO, F.A.M.; PIRES, L.F.; SANTOS, R.A.; GIMÉNEZ, D. & REICHARDT, K. Funilde Haines modificado: **curvas de retenção de solos próximos à saturação**. Revista Brasileira Ciência do Solo, 2008.
- CORÁ, J.E.; FERNANDES, C. **Curva característica de retenção de água para substratos**. 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_21.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2020.
- DE BOODT, M.; VERDONCK, O. **The physical properties of the substrates in horticulture**. Acta Horticulturae, 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 hortícolas.** 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: FURLANI, A.M.C., et al. (Coord.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas.** 1.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 79.
- 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.
- GAULAND, D.C.S.P. **Relações hídricas em substratos à base de turfas sob o uso dos condicionadores casca de arroz carbonizado ou queimada;** Porto Alegre. Dissertação Mestrado. 107; 1997.
- 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. **Análise física de substratos para plantas.** Viçosa: SBCS. 2001. v. 26, p. 5-7.
- KÄMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais.** Guaíba: Agropecuária, 2005. 256p.
- KÄMPF, A.N. **Materiais regionais como alternativa ao substrato.** 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.
- KLEIN, V.A.; CAMARA, R.K.; SIMON, M.A.; DIAS, S.T. **Metodologia para análise da retenção de água em substratos.** In: FURLANI, A.M.C., et al (Coord.). Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. 1.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 79. (Documentos IAC, 70)

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAD, J.C.C.; SILVA, M.R. **Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de Eucalyptus grandis em diferentes substratos**. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 68, p. 97- 106, 2005.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, Edição do Autor, 2000. 509p.

LUDWIG, L.; FERNANDES, D.M.; SANCHES, L.V.C.; VILLAS BOAS, R. L. **Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pinus 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 jan. 2020.

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 jan.2020

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoesmetodos/fertilizantessubstratos/copy_of_INSTRUONORMATIVASDAN17DE21DEMAIODE2007.pdf/view>. Acesso em: 5 jan.2020

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 Normativa DAS nº17 de 21 de maio de 2007. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoesmetodos/fertilizantessubstratos/INSTRUONORMATIVASDAN31DE23DEOUTUBRODE2008.pdf/view>>. Acesso em: 5 jan.2020.

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

MUALEM, Y. **A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media**. Water Resources Research, 12:513-522, 1976.

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2. ed. Barueri. Manole, 2004. 500p.

SILVA, R. P.; PEIXOTO, J. R.; JUNQUEIRA, N. T. V. **Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo** (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* DEG). Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 377-381, 2001.

SPIER, M. et al. **Obtenção da curva de retenção de água pelo método da pressão positiva**. In: VI Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas, Fortaleza. Resumo expandido... Fortaleza: Embrapa/CNPAT, 2008. v. 1.

SPOMER, L. A. **Two classroom exercises demonstrating the pattern of container soil water distribution**. Hortscience. v.9, n.2, p.152- 153, 1974.

VALE, L. S. do; COSTA, J. V. T. da; ANUNCIACÃO FILHO, C. J. da; LIMA, R. L. S. de. **Efeito de diferentes misturas de substrato e tamanho de recipientes na produção de mudas mamoeiro**. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W. Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato. Viçosa: UFV, 2004. p. 385.

VAN GENUCHTEN, M. (1980): **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898.

VENCE, L.B. **Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas**. Ciencia del Suelo, v.26, p.105-114, 2008

ZORZETO, T.Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas essa avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria* ÷ *Ananassa duch.*)**. Dissertação de mestrado (Agricultura Tropical e Subtropical). Campinas, 2011. 110f