

ATRIBUTOS FÍSICOS DE DIFERENTES SUBSTRATOS PARA FINS DE DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS

Patrick Luan Ferreira dos Santos¹
Regina Maria Monteiro de Castilho²

1. INTRODUÇÃO

Substrato para plantas é todo material poroso, usado puro ou em mistura, que, colocado em um recipiente, proporciona ancoragem e suficientes níveis de água e oxigênio para um ótimo desenvolvimento das plantas (VENCE, 2008). De acordo com Zorzeto et al (2014), a caracterização física de substratos é importante para o conhecimento e a padronização dos insumos e, principalmente, para que os produtores possam decidir de forma consciente por sua aquisição e uso, as indústrias possam melhorar a qualidade e o poder público possa fiscalizar a veracidade da informação nas embalagens.

Os substratos têm sua utilização mundial por proporcionarem melhores condições físicas, químicas e biológicas ao desenvolvimento das plantas (KÄMPF, 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) e origem sintética (lã de rocha, espuma fenólica e isopor) (FERRAZ; CENTURION; BEUTLER, 2005).

Quando variáveis de mistura estão envolvidas em uma otimização, o resultado depende da proporção em que esses componentes se encontram e seus níveis não podem ser variados sem levar em conta os outros componentes. Desta forma, misturas são sistemas cujas propriedades dependem das proporções relativas dos seus componentes e não de suas concentrações (COSCIONE; ANDRADE; MAY, 2005), sendo as propriedades físicas dos substratos fatores essenciais para um bom desenvolvimento das plantas.

Segundo Kämpf e Firmino (2000), entre as propriedades físicas mais importantes, encontram-se a densidade do substrato, a porosidade total, o espaço

1 UNESP/Ilha Solteira-SP. E-mail: patricklfsantos@gmail.com

2 UNESP/Ilha Solteira-SP. E-mail: castilho@agr.feis.unesp.br

de aeração e a capacidade de retenção de água. Dificilmente um material reúne todas as características apropriadas às necessidades das plantas, sendo prática frequente o uso de misturas que permitam obter as propriedades desejadas (DAMIANI; SCHUCH, 2009). Ainda, a granulometria do material é de suma importância, pois influencia a aeração das raízes.

Em consequência da escassez de informações sobre substratos, o objetivo do trabalho foi determinar os atributos físicos de diferentes misturas de substratos para fins de desenvolvimento de plantas.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no laboratório de física do solo da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Campus-II, na cidade de Ilha Solteira/SP, do dia 15 a 25 de setembro de 2012. Foram preparadas diferentes misturas com componentes de substratos, sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 tratamentos e três repetições, sendo os tratamentos compostos pelos seguintes substratos:

T1- solo

T2- solo + areia (2:1)

T3- solo + matéria orgânica (1:1)

T4- solo + matéria orgânica + areia (2:1:1)

T5- matéria orgânica + areia (3:1)

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1997) retirado da camada de 0 – 20 cm, sob cerrado, em área de reserva legal da FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão) da Faculdade de Engenharia – UNESP/ Campus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria – MS.

A matéria orgânica utilizada foi decomposta por 1 ano, sendo formado das folhas de grama batatais e esterco de curral (1:1); a areia média lavada foi adquirida no comércio local.

Foram realizadas análises físicas dos substratos, em amostra deformada, avaliando-se macro e microporosidade, porosidade total e densidade dos substratos, e ainda análise granulométrica, com determinação dos teores de areia, silte e argila.

Os resultados foram analisados através de análise de variância (ANAVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação de médias, utilizando-se do programa SISVAR para análise dos dados (FERREIRA, 2000).

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade

elétrica adequada. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas. O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Portanto, em decorrência do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão influenciadas pelo suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (ROSA JUNIOR. et al., 1998).

No Brasil, os métodos oficiais para a determinação dos parâmetros físicos em substratos para plantas foram publicados na Instrução Normativa n.º 17 (IN n.º 17), de 21 de maio de 2007 (BRASIL, 2007), alterada pela Instrução Normativa n.º 31 (IN n.º 31), de 23 de outubro de 2008 (BRASIL, 2008). A IN n.º 17 traz métodos para análise física e química de substratos para plantas e condicionadores de solos, dentre os quais estão o da preparação inicial do material e os dos atributos: umidade, densidade e capacidade de retenção de água. A IN n.º 31 altera a IN n.º 17 com relação aos métodos de avaliação de densidade e de capacidade de retenção de água. Os métodos oficiais do Brasil não consideram atributos como granulometria, densidade de partícula e porosidade. As definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos substratos para plantas foram publicadas na Instrução Normativa n.º 14 (IN n.º 14), de 15 de dezembro de 2004 (BRASIL, 2004).

Há diversas pesquisas científicas que caracterizam fisicamente tipos de substratos (CARDOSO et al., 2010; FERMINO; KÄMPF, 2006; PAGLIARINI; CASTILHO; ALVES, 2012; VALERO; MATSURA; SOUZA, 2009; VIEIRA; PAULETTO, 2009), avaliam a utilização de novos materiais como substratos (DAUDT; GRUSZYNSKI; KAMPF, 2007; FERMINO et al., 2010) ou os estudam com o desenvolvimento de diversas culturas (FERNANDES; CORÁ; BRAZ, 2006; SOUZA JÚNIOR; CARMELLO; SODRÉ, 2011), dentre esses trabalhos, os autores citam que a matéria orgânica exerce grande influência no desenvolvimento de plantas, sendo um componente muito importante para as plantas.

A matéria orgânica do solo é originada de restos vegetais e animais. A matéria orgânica morta é substrato para uma série de organismos do solo que a decompõem, convertendo elementos da forma orgânica para a forma inorgânica, processo denominado de mineralização. Uma parte desses nutrientes mineralizados são absorvidos pelas plantas, e a outra, mobilizada pelos microrganismos que passa a fazer parte da sua constituição do substrato (COSTA et al., 2007).

Este composto é um componente fundamental dos substratos, cuja finalidade básica, de acordo com Cordell e Filer Junior (1984), é aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas. Devem-se, ainda, considerar outras vantagens desse componente sobre o desenvolvimento vegetal, tais como: redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio, características que podem ter uma participação positiva dos materiais orgânicos.

Gonçalves e Poggiani (1996) agruparam os diversos substratos para produção de mudas, levando em conta suas características químicas e físicas semelhantes, bem como seus potenciais similares para propagação de plantas. A partir das informações reveladas em vários trabalhos de pesquisa, pôde-se

inferir que a mistura de substratos de um mesmo grupo não resulta em grandes alterações das características do produto obtido. Nesta linha de raciocínio, justifica-se o uso de, no máximo, três componentes em uma mistura de substratos para propagação de plantas (GONÇALVES et al., 2000). Os mesmos autores relataram que substratos adequados para a propagação de mudas via semente e estaca podem ser obtidos a partir da mistura de 70 a 80 % de um componente orgânico (esterco de bovino, casca de eucalipto ou pinus, bagaço de cana, lixo urbano, outros resíduos e húmus de minhoca), com 20 a 30 % de um componente usado para elevar a macroporosidade (casca de arroz carbonizada, cinza de caldeira de biomassa, bagaço de cana carbonizado).

No manejo de viveiros, entre as técnicas utilizadas destaca-se a seleção do substrato, uma vez que suas propriedades físicas e químicas são de fundamental importância no crescimento e desenvolvimento das plantas (KÄMPF, 2000).

O substrato considerado ideal para a produção de mudas, seja de espécies florestais bem como espécies ornamentais, é aquele que apresenta uniformidade em sua composição, sendo isento de pragas, organismos patogênicos e plantas daninhas. Essas características eliminam a necessidade de se proceder à sua desinfestação, concorrendo para diminuir os custos de produção das plantas (CAMPINHOS JÚNIOR; IKEMORI, 1983).

Além disso, algumas características físicas devem ser observadas como porosidade, densidade e a análise dos teores de areia, silte e argila.

A classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho e podem ser classificados como macroporos ou microporos. A microporosidade é uma classe de tamanho de poros que, após ser saturada em água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem saturados em água não a retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são responsáveis pela retenção e armazenamento da água e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água (REINERT; REICHERT, 2006).

Em relação à densidade, materiais com baixa densidade podem acarretar problemas na fixação das plantas e tombamento, se o cultivo é feito em recipientes altos. No entanto, quando o cultivo é feito em bandejas, necessita-se de substratos leves, pois as baixas densidades não comprometem a estabilidade do recipiente. Além disto, as baixas densidades permitem a utilização desses materiais como condicionadores, em misturas com outros materiais de alta densidade (SANTOS, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os dados de Macroporosidade, Microporosidade, Porosidade Total e Densidade dos substratos. Pode-se constatar que o tratamento 3 apresentou maior média de macroporosidade (17,5%), não diferindo estatisticamente apenas de T5 (17%). T1, T2 e T4 mostraram valores de 12,67%, 12% e 10,83% respectivamente, sendo estatisticamente iguais.

De acordo com Duble (2011) e Kiehl (1979), valores referentes à macroporosidade, inferiores a 10% de macroporos no solo são prejudiciais ao crescimento radicular. E nota-se no presente trabalho que nenhum dos tratamentos apresentou referido valor.

Para Kiehl (1979), um solo ideal é aquele que apresenta 1/3 de macroporos dos $0,50 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ocupados pelos espaços do solo, isto é, $0,17 \text{ m}^3/\text{m}^3$, ou, 17% de macroporos. Sendo assim, constata-se que, os tratamentos T3 e T5 são os substratos a obterem o resultado considerado ideal (17,5% e 17% respectivamente). Já os demais tratamentos, 1, 2, e 4, estão com os valores abaixo do citado.

Os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo enquanto os macroporos pela aeração e contribuição na infiltração de água no solo (REINERT; REICHERT, 2006). Nessa linha de pensamento, Genro Junir et al. (2009) sugerem que a relação ideal de macroporos em relação à porosidade total seja de 0,33, e indica boa relação entre capacidade de aeração e retenção de água no solo. Fato esse não observado em nenhum dos tratamentos, apesar de T1 e T2 se aproximarem com 0,38 e 0,30 respectivamente.

Tabela 1. Valores médios da Macro, Micro, Porosidade Total e Densidade dos substratos. Ilha Solteira – SP, 2013.

Tratamento	Macro	Micro	Poros. Total	Densidade
	(%)	(%)	(%)	g cm^{-3}
T1-S	12,67 b	36,67 b	49,17 b	1,28 b
T2- S+A 2:1	12,00 b	32,50 c	44,50 c	1,46 a
T3- S+MO 1:1	17,50 a	42,00 a	59,67 a	1,02 c
T4- S+MO+A 2:1:1	10,83 b	39,83 ab	50,83 b	1,23 b
T5- MO+A 3:1	17,00 a	40,33 a	57,17 a	0,99 c
CV (%)	16,64	5,20	3,49	4,79

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

S= solo; A= areia; MO= matéria orgânica.

T3, T4 e T5 são os substratos que contém matéria orgânica em sua composição, e segundo Camillotti et al. (2006), o uso desse composto pode resultar em um aumento da macroporosidade do solo, como observado parcialmente nesse trabalho.

Marchini et al. (2012), estudando solo com cobertura de vegetação natural de cerrado, observou que esses apresentam maiores valores de macroporosidade em comparação ao solo exposto, ou com outro tipo de cobertura vegetal. Para Campos e Alves (2008), valores de macroporosidade abaixo de $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^3$, equivalente a 10% de macroporos, refletem a condição de degradação do solo, o que não é observado em nenhum dos tratamentos.

Deve-se considerar que a avaliação foi realizada anteriormente a instalação de qualquer espécie vegetal e, portanto, anterior à ação das raízes; assim, espera-se que após a instalação das plantas, esses valores sofram alterações, tendo que ter em conta o manejo que será adotado para a cultura instalada.

Para os valores de microporosidade, T3 apresentou maior porcentagem (42%), sendo estatisticamente igual a T4 e T5. T2 obteve o menor resultado (32,5%) sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos, e, ainda T1 e T4 são estatisticamente iguais com valores de 36,67% e 39,83% respectivamente.

Segundo Lopes et al. (2008), níveis ótimos de porcentagem de microporos de substratos para cultivos de plantas encontram-se no intervalo de 45 a 55%, sendo que no presente trabalho, todos os valores estão abaixo do citado.

Já Gonçalves e Poggiani (1996) consideram valores entre 25 a 50% de microporosidade como médio e valores inferiores a 25% como baixos. Sendo assim, todos os tratamentos, possuem um valor considerado médio para microporosidade na avaliação.

Ao avaliar os dados de Porosidade Total, observa-se que há diferença estatística entre T3 e T2 sendo as médias extremas (59,67% e 44,5%, respectivamente), onde T5 mostrasse como o único substrato estatisticamente igual a T3.

Para Baver (1956), a variação da porosidade total depende do tamanho das partículas e do grau de agregação, e a matéria orgânica tem papel importante, uma vez que favorece a formação de agregados, com conseqüente aumento na porosidade total, como constatado nos tratamentos com matéria orgânica em sua composição, ou seja, T3, T4 e T5, onde apresentaram os maiores valores de porosidade.

Os menores valores de porosidade total dos substratos podem ser explicados devido ao efeito cimentante, citado por Fermino (2003), quando as partículas menores se alojam entre os espaços livres, formado pelo arranjo das partículas maiores.

Segundo Gonçalves e Poggiani (1996), valores entre 75 e 85% de porosidade total são considerados adequados para produção de mudas, sendo que, no presente trabalho, todos estão abaixo do citado. Para os mesmos autores, valores entre 55-75% são considerados médios e abaixo de 55%, baixos.

Para a densidade dos substratos observa-se que T2 apresentou o maior valor (1,46 g/cm³), sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos; já T5 mostrou a menor densidade (0,99 g/cm³), sendo a nível de 5% de probabilidade igual a T3. T1 e T4 ainda foram estatisticamente iguais.

Observa-se ainda na Tabela 1, que a porosidade é inversamente proporcional a densidade dos substratos, ou seja, quanto maior a porosidade total menor será sua densidade. Dessa forma, T3 e T5 que apresentaram as maiores porosidades, constataram as menores densidades, e T2 com a menor porosidade, mostrou a maior densidade.

Gonçalves e Stape (2002) afirmam que maiores teores de matéria orgânica resultam em densidades do solo mais baixa, e como observado no presente trabalho T3, T4 e T5 possuem as maiores concentrações de matéria orgânica (Tabela 2) e as menores densidades (Tabela 1). Os autores ainda concluem que a matéria orgânica apresenta elevada absorção de água evitando a formação de películas

espessas em volta de partículas minerais do solo, diminuindo o efeito lubrificante da água entre elas reduzindo a intensidade da compactação. Uma diminuição dos teores de matéria orgânica dos solos pode ter uma importante influência na sua resposta à aplicação de uma força, sendo que teores elevados de argila e reduzidos de matéria orgânica resultam em níveis elevados de compactação do solo.

Brandy e Weil (1989) consideram intervalos ideais de densidade valores compreendidos entre 1,3 a 1,6 g/cm³, sendo densidades superiores a 1,7 g/cm³ restritivas ao crescimento vegetal. Nessas condições, apenas o tratamento 2 proporcionaria densidade suficiente para o desenvolvimento do gramado, já que todos os outros tratamentos apresentam resultados inferiores ao intervalo proposto. Doble (2009) apresenta um intervalo ainda mais restrito para desenvolvimento do gramado, entre 1,4-1,6 g/cm³ e de acordo com este intervalo novamente, apenas os tratamentos 2 estaria hábil para proporcionar o bom desenvolvimento do gramado. Para Gonçalves e Poggiani (1996) valores de densidade de 0,50 g/cm³ são considerados altos para produção de mudas.

Trabalhando com solo cultivado e mata nativa, Araujo, Tormena e Silva (2004) concluíram que os valores de macroporos e de porosidade total do solo foram significativamente menores no solo cultivado em comparação com os do solo sob mata nativa e em relação aos microporos, e este autor não encontrou diferença significativa entre os dois sistemas estudados.

A Tabela 2 apresenta os resultados para as análises granulométricas dos substratos, e nota-se que nos tratamentos, o teor de argila, variou em intervalos de 125 a 333 g kg⁻¹ de substrato, sendo T1 o maior valor, e T5 o menor. Já para silte, T3 apresentou a maior média com 116 g kg⁻¹ de substrato, e novamente T5 constatou o menor valor (22 g kg⁻¹). Já em relação a areia total, T5 obteve o maior valor (853 g kg⁻¹) enquanto T1 o menor (600 g/kg).

Tabela 2. Análise Granulométrica com valores médios do teor de argila, silte e areia dos substratos. Ilha Solteira - SP, 2013.

Substrato	Análise Granulométrica		
	Argila	Silte	Areia
	----- g kg ⁻¹ -----		
T1- S	333	67	600
T2- S+A 2:1	183	39	778
T3- S+MO 1:1	273	116	611
T4- S+MO+A 2:1:1	203	47	750
T5- MO+A 3:1	125	22	853

S = solo; A = areia; MO = matéria orgânica.

Kämpf, (2001) afirma que além da fertilidade e compactação outro aspecto importante do solo ou meio em que as plantas serão cultivadas e que pode afetar a nutrição e adubação é a textura.

Segundo a Embrapa (2003), a textura do solo refere-se à proporção relativa em que se encontram, em determinada massa de solo, especificamente, às proporções relativas das partículas ou frações de areia, silte e argila, não sendo comumente utilizada a determinação dessas frações para substratos. De acordo com Bertoni e Lombardi (1985), estas três frações são de grande importância, dado ao fato das propriedades físicas e químicas dos solos estarem diretamente condicionadas às proporções dessas nos mesmos, fornecendo informações valiosas a respeito da condutividade hidráulica, aeração, retenção de umidade, capacidade de troca catiônica, etc. (GAVANDE, 1976).

Através da análise textural determina-se a classificação textural do solo. Basicamente, quanto menor o tamanho das partículas, mais próximas da muito argilosa e quanto maior o tamanho, mais próxima da arenosa estará a textura (BASTOS; CARVALHO, 2002). Segundo a Embrapa (1997) solos de textura arenosa, possuem teores de areia superiores a 70% e o de argila inferior a 15%. T5 dessa forma é o único substrato que pode ser considerado de textura arenosa por apresentar 83,5% de areia e 12,5% de argila. Porém segundo o mesmo autor, esses tipos de solos são permeáveis, leves, de baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica.

Solos de textura média (Solos Médios) apresentam certo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila. Normalmente, apresentam boa drenagem e boa capacidade de retenção de água, com teores de argila menores que 35%, e de areia maiores que 15% (EMBRAPA, 1997), podendo, então T1, T2, T3 e T4, serem encaixados nessa classe textural.

Ainda segundo o mesmo autor, solos de textura argilosa, considerados solos pesados, possuem teores de argila superiores a 35%, com baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Esses solos apresentam maior força de coesão entre as partículas, dificultando a penetração, e sendo altamente susceptíveis à compactação. E para Kiehl (1979), densidade entre 1,0 e 1,2g/cm³ é ideal para essa classe textural. Porém, segundo a Tabela 1, nenhum dos tratamentos pode ser considerado de textura argilosa, apesar de T1 apresentar 33,3% de argila, valor próximo do citado.

Byrnes, McFee e Steinnhardt (1982) afirmam que a textura do solo influencia a redução em porosidade provocada pela compactação. Assim, um solo, que contenha mistura uniforme de areia, silte e argila, atingirá porosidades menores e usualmente densidades maiores do que um solo que contenha maior percentagem de partículas de um mesmo tamanho. T2 que apresentou a maior densidade (1,46 g/cm³) e a menor porosidade (44,50%) apresentou resultados desiguais de areia, silte e argila, não corroborando com o citado. T5 que contém os menores teores de argila e silte, e maior teor de areia, foi o substrato que apresentou a menor densidade (0,99 g/cm³) e uma alta porosidade total (57,17%).

Ainda segundo o mesmo autor, um solo com proporção uniforme das frações areia, silte e argila, é denominado solo com bom gradiente textural, podendo ser compactado com menor porosidade e maior densidade global do que um solo que contenha partículas de um mesmo tamanho, em função do melhor ajuste espacial das partículas. Já Silva e Kay (1997) salientam que a microporosidade do solo é fortemente

influenciada pela textura e teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originada do tráfego de máquinas e implementos.

Ohu, Ayotamuno e Folorunso (1987) observaram que os solos argilosos são mais suscetíveis à compactação do que os solos arenosos, enquanto Silva, Libardi e Camargo (1986) verificaram que a umidade ótima de compactação diminui e a densidade máxima correspondente aumenta, à medida que adiciona areia em solos como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, um de textura argilosa e um de textura muito argilosa. Dessa forma, de acordo com Silva, Libardi e Camargo (1986), Ohu, Ayotamuno e Folorunso (1987) e Raghavan, Alvo e Mckyes (1990), espera-se que a suscetibilidade do solo à compactação diminua à medida que o teor de areia dos solos aumenta, isso porque, com teores maiores de areia, um solo fica menor tempo na condição de umidade para a sua compactação, sendo que T2, T4 e T5 contém areia em sua composição, apesar disso, os três substratos se diferem estatisticamente em densidade e porosidade, sendo T2 e T5 valores extremos.

Teores elevados de argila e reduzidos de matéria orgânica resultam em níveis elevados de compactação do solo (GONÇALVES; STAPE, 2002). T1 que apresentou o maior teor de argila entre os tratamentos (33,3%) e não foi adicionado matéria orgânica em sua composição, constatou uma elevada densidade (1,28 g cm⁻³), e baixa porosidade (49,17%). Já T2 que mostrou-se o substrato mais compactado em relação aos demais tratamentos com 1,46 g cm⁻³ de densidade e 44,5% de porosidade, apresentou apenas 18,3% de argila em sua composição.

Godoy e Villas Bôas (2003) afirmam que a textura também influencia na drenagem de solo e, conseqüentemente, na perda de nutrientes ao longo o perfil a uma profundidade na qual não poderá mais ser absorvido pelas plantas. Logo, solos arenosos, além de reter poucos nutrientes devido à baixa CTC são mais suscetíveis a perda de nutrientes pela lixiviação.

Segundo Fox (2000), solos arenosos são mais suscetíveis a perdas de matéria orgânica e diminuição de nutrientes, mas são menos propensos à diminuição de produtividade devido à compactação. Assim, somente T5 poderia propiciar essas condições, pois é considerando de textura arenosa segundo a classificação da Embrapa (2003). Já os solos de textura argilosa são mais propensos a diminuir a produtividade devido à compactação, não sendo nenhum dos substratos encaixados nessa classe textural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os substratos que apresentaram matéria orgânica em sua composição, apresentaram os melhores resultados nos atributos físicos dos substratos, com destaque para o tratamentos 3 e 5, sendo esses os recomendados para futuros desenvolvimento de espécies vegetais.

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, p. 17-28. 2002.
- ARAUJO, A. M.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 28, p. 337-345, 2004.
- BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G. de. **Manejo do solo e adubação para plantas ornamentais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 147p.
- BAVER, L.D. **Soil physics**. California: J. Wiley & Sons, 1956.
- BERTONI, J.; LOMBARDI, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livrocere, 1985. 392p.
- BRANDY, N. C.; WEIL, R. R. **Natureza e propriedade dos solos**. 7º edição, Rio de Janeiro, 1989. 898 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução Normativa n.º 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 dez. 2004. Seção 1, p.24.
- _____. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 maio 2007. Seção 1, p.8.
- _____. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 31, de 23 de outubro de 2008. Altera os subitens 3.1.2, 4.1 e 4.1.2, do Anexo à Instrução Normativa SDA n.º 17, de 21 de maio de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 out. 2008. Seção 1, p.20.
- BYRNES, W. R.; McFEE, W.W.; STEINNHARDT, G. C. **Soil compaction related to agricultural construction operations**. West Lafayette: Purdue University, 1982. 107p.
- CAMILOTTI, F. et al. Atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v. 26, n. 3, Jaboticabal Sept./Dec. 2006.
- CAMPINHOS JÚNIOR, E.; IKEMORI, Y. K. Novas técnicas para produção de mudas de essências florestais. **IPEF**, v. 23, p. 47-52, 1983.
- CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 1389-1397, 2008.
- CARDOSO, A.F.; CHARLO, H.C.O.; ITO, L.A.; CORÁ, J.E.; BRAZ, L.T. Caracterização física do substrato reutilizado da fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 385-392, 2010.
- CORDELL, C.E.; FILER Jr, T.H. Integrated nursery pest management. In: SOUTHERN PINE NURSERY HANDBOOK: Atlanta, USDA. **Forest Service**, Southern Region, 1984. p.1-17.

- COSCIONE, A.R.; de ANDRADE, J.C.; MAY, G.M. O modelamento estatístico de misturas: experimento tutorial usando voltametria de redissolução anódica, **Química Nova**, n. 28, p. 1116-1122, 2005.
- COSTA, A. S. V. da; RUFINI, J. C. M.; SILVA, M. B. da; GALVÃO, E. R.; RIBEIRO, J. M. O. Efeito de resíduo de celulose e esterco no solo sobre desenvolvimento de milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). **Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, p. 339-344, 2007.
- DAMIANI, C. R.; SCHUCH, M. W. Enraizamento in vitro de mirtilo em condições fotoautotróficas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1012-1017, 2009.
- DAUDT, R.H.S.; GRUSZYNSKI, C.; KÄMPF, A.N. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. **Ciência Rural**, v.37, p.91-96, 2007.
- DUBLE, R. L. **Water management on turfgrasses**. 2009. Disponível em: <<http://aggie-horticulture.tamu.edu/archives/parsons/turf/publications/water.html>>. Acesso em: 11 nov. 2012.
- DUBLE, R. **Turfgrass rootzones**. 2011. Disponível em: <<http://www.turfdiag.com/turfgrassrootzones.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2012.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro/RJ: Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.
- _____. **Cultivo do algodão irrigado**. 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado/solos.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- FERMINO, M. H. **Métodos de análises para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. 104f. Tese (Doutorado), Pós-Graduação em Fitotecnia, UFRGS, Porto Alegre, 2003.
- FERMINO, M.H.; GONÇALVES, R.S.; BATTISTIN, A.; SILVEIRA, J.R.P.; BUSNELLO, A.C.; TREVISAN, M. Aproveitamento dos resíduos da produção de conserva de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 282-286, 2010.
- FERMINO, M.H.; KÄMPF, A.N. Impedância mecânica de substratos para plantas submetidos a diferentes tensões hídricas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 12, p. 25-30, 2006.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J.E.; BRAZ, L.T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 42-46, 2006.
- FERRAZ, M.V.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Sci. Agron**. Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-214, Apr./Jun., 2005.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000.
- FOX, T. R. Sustained productivity in intensively managed forest plantations. **Forest Ecology & Management**, v. 138, n. 1-3, p. 187-202, 2000.
- GAVANDE, S. A. **Física del suelos**: principio e aplicaciones. México: linusa. 1976. 269p.

- GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; ALBUQUERQUE, J.A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, v. 39, p. 65-73, 2009.
- GODOY, L.J.G.; VILAS BÔAS, R. L. Nutrição de gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS – SIGRA, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, 2003. (1 CD-ROM).
- GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia, **Resumos...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-Rom.
- GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V., eds. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.
- GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. 2002.
- KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000.
- KÄMPF, N. A. **Análise física de substratos para plantas**. Viçosa: SBCS, 2001. v. 26
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relação solo-água-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.
- LOPES, J.L.W.; GUERRINO, I.A.; SAAD, J.C.C.; SILVA, M.R. Atributos químicos e físicos de dois substratos para produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 358-367, out./dez. 2008.
- MARCHINI, D. C. et al. **Porosidade de um latossolo vermelho degradado por construção de usina hidroelétrica**. 2012. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_33093430810.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2013.
- OHU, J.O.; AYOTAMUNO, M.B. & FOLORUNSO, O.A. Compaction characteristics of prominent agricultural soil in Borno State of Nigeria. **Am. Soc. Agric. Eng.**, n. 30, p. 1575- 1577, 1987
- PAGLIARINI, M.K.; CASTILHO, R.M.M.; ALVES, M.C. Caracterização físico-química de misturas de componentes de substrato com resíduo de celulose para fins de produção de mudas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, p. 160-169, 2012.
- RAGHAVAN, G. S. V.; ALVO, P.; MCKYES, E. Soil compaction in agriculture: a review toward managing the problem. **Advance Soil Science**, v. 11, p. 1-36, 1990.
- REINERT, D. J.; REICHERT, R. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, UFSM, 2006. 18 p.
- ROSA JUNIOR, E.J.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; SANTOS FILHO, V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **R. Ci. Agr.**, n. 1, p. 18-22, 1998.

- SANTOS, F. G. B. dos. **Substratos para produção de mudas utilizando resíduos agroindustriais**. 2006. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), UFRP, Recife, 2006.
- SILVA, A.P.; KAY, B.D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 3, p. 877-883. 1997. Disponível em: <[http:// dx.doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100030023x](http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100030023x)>. Acesso em: 15 fev. 2013.
- SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L.; CAMARGO, O. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 1, p. 91-95, 1986.
- SOUZA JÚNIOR, J.O.; CARMELLO, Q.A.C.; SODRÉ, G.A. Substrato e adubação fosfatada para a produção de mudas clonais de cacau. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 151-159, 2011.
- VALERO, R.M.M.; MATSURA, E.E.; SOUZA, A.L. Caracterização física de dois substratos orgânicos para plantas e a estimativa da umidade por meio da reflectometria no domínio do tempo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 571-574, 2009.
- VENCE, L.B. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. **Ciencia del Suelo**, v. 26, p. 105-114, 2008.
- VIEIRA, M.A.; PAULETTO, E.A. Avaliação de atributos físicos do substrato de casca de arroz (*oryza sativa* L.) carbonizada e tratada com polímeros hidrofílicos sintéticos. **Bioscience Journal**, v. 25, p. 1-6, 2009.
- ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F.; FERNANDES JUNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 300-311, 2014.