

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU CURSO SUPERIOR DE
TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO**

MARIA JÚLIA CARREIRO LIMA FERREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE MATERIAIS PARA
DETERMINAR SEMELHANÇAS PARA POSSÍVEIS SUBSTITUIÇÕES NA
FORMULAÇÃO DE SUBSTRATOS**

Botucatu-SP
Janeiro - 2012

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU CURSO SUPERIOR DE
TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO**

MARIA JÚLIA CARREIRO LIMA FERREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DE MATERIAIS PARA
DETERMINAR SEMELHANÇAS PARA POSSÍVEIS SUBSTITUIÇÕES NA
FORMULAÇÃO DE SUBSTRATOS**

Orientador: Prof. Esp. Adolfo Alexandre Vernini

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
FATEC - Faculdade de Tecnologia de
Botucatu, para obtenção do título de
Tecnólogo no Curso Superior de Agronegócio.

Botucatu - SP
Janeiro - 2012

A minha mãe M^a Eunice que com luta e principalmente amor, muita dedicação, me deu a educação sem a qual eu não teria chegado a lugar algum, essa conquista também é sua.

OFEREÇO

A minha família, que mais uma vez soube entender as ausências, falta de tempo e a irritação, meus sinceros agradecimentos.

DEDICO

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”.

Francisco Candido Xavier

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fazer acreditar na vida e na concretização dos meus sonhos;

A minha família por todo apoio e dedicação e estímulo dedicado;

Aos meus amigos, Camila Silva, Carla Teixeira, Carla Thainá, Juan Carlos, José Guilherme Cordeiro, Ettore Henrique e Luciano;

Ao meu amigo de todos os momentos Luiz Vitor Crepaldi Sanches, pelo seu carinho, sua amizade e dedicação durante todo tempo;

A Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” em especial ao Departamento de Recursos Naturais/Ciências dos Solos;

A Faculdade de Tecnologia de Botucatu - SP pelos ensinamentos;

Ao meu orientador Prof. Especialista Adolfo Alexandre Vernini, pela atenção e ensinamentos;

E finalmente a todos que de algum modo contribuíam para que mais essa etapa fosse vencida, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Os substratos assumem cada vez maior importância nas áreas de olericultura, floricultura, silvicultura e fruticultura, funcionando principalmente como suporte ao sistema radicular das plantas e mudas em recipientes. As características físicas dos substratos utilizados para a produção de mudas influenciam diretamente no desenvolvimento das plantas por afetar a disponibilidade de ar e água utilizados e, conseqüentemente, interferem no manejo da sua irrigação. Este trabalho caracterizou fisicamente os principais substratos usados pela determinação da porosidade total do espaço de aeração, da água disponível e da água remanescente. Essa caracterização dos substratos permite a análise da disponibilidade de ar e água para as plantas, proporcionando maior critério na recomendação para o manejo da irrigação. O trabalho foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, no laboratório do departamento de ciências do solo. Os materiais utilizados foram areia grossa; casca de arroz carbonizada; casca de arroz carbonizada + areia; casca de pinus grossa; casca de pinus média; chips de coco; fibra de coco; fibra de coco + areia grossa; fibra de coco + casca de arroz carbonizada; fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa; biossólido; biossólido + serragem; Mecplant; Multiplant; serragem; turfa e vermiculita. Com os resultados foi possível agrupar os substratos semelhantes em cada parâmetro avaliado como: porosidade total em faixas de 40 a 60% ; 60 a 70% ; 70 a 80% e > 80%; partículas sólidas em faixas de $\leq 20\%$, 20 a 30%, 30 a 40% e $\geq 40\%$; espaço de aeração em faixas de $\leq 10\%$, 10 a 20%, 20 a 30% e $\geq 30\%$; volume de água disponível em faixas de $\leq 10\%$, 10 a 20%, 20 a 40% e $\geq 40\%$; água tamponante em faixas de $\leq 6\%$, 6 a 20%, 20 a 40% e $\geq 40\%$; e por fim a água remanescente em faixas de $\leq 13\%$, 13 a 20%, 20 a 32% e $\geq 32\%$. O estudo mostrou que há semelhança entre os diferentes tipos de materiais avaliados quanto as suas características físicas como porosidade total, volume de partículas sólidas, espaço de aeração, água disponível, água tamponante e água remanescente.

PALAVRAS – CHAVE: Agronegócio. Capacidade de retenção de água. Porosidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Relação sólidos:ar:água para cada material avaliado, em porcentagem. Botucatu/SP.	42
2 Porosidade total dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	44
3 Volume de partículas sólidas nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	47
4 Volume de ar nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	49
5 Volume de água disponível nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	52
6 Volume de água tamponante nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	54
7 Volume de água remanescente nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
1 Características físicas dos substratos analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	40
2 Porosidade total dos materiais analisados, em porcentagem Botucatu/SP, 2011.....	43
3 Volume de partículas sólidas dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	46
4 Espaço de aeração nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	48
5 Volume de água disponível dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	51
6 Volume de água tamponante dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	53
7 Volume de água remanescente dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

FCA - FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

pH - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO

SABESP - COMPANHIA DE ABASTECIMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

LISTA DE SÍMBOLOS

- 1) °C : grau Celsius.
- 2) cm : centímetros.
- 3) D : densidade
- 4) g : gramas
- 5) kg/m³ : quilograma por metro cúbico
- 6) kg : quilogramas .
- 7) g : gramas
- 8) m³ : metros cúbicos.
- 9) mca : metro de coluna d'água.
- 10) m L : mililitros por litro.
- 11) mm : milímetros.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	13
1.2 Justificativa	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Agronegócio	14
2.2 Produção de resíduos	15
2.2.1 Resíduos sólidos	16
2.3 Substrato	16
2.4 Tipos de substratos	20
2.4.1 Areia	20
2.4.2 Biossólido	21
2.4.3 Casca de arroz carbonizada	24
2.4.2 Casca de pinus	26
2.4.5 Fibra de coco	28
2.4.6 MecPlant	29
2.4.7 Multiplant	30
2.4.8 Serragem	30
2.4.9 Turfa	31
2.4.10 Vermiculita	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Material	35
3.2 Métodos	36
3.3 Estudo de caso	37
3.3.1 Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônomicas – Campus Botucatu/SP	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Relação sólidos:ar:água dos materiais analisados.	39
4.2 Porosidade total dos materiais analisados.	43
4.3 Volume de partículas sólidas dos materiais analisados	45
4.4 Espaço de aeração dos materiais analisados.	47
4.5 Volume de água disponível dos materiais analisados	50
4.6 Volume de água tamponante dos materiais analisados	53
4.7 Volume de água remanescente dos materiais analisados.	55
5 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	60
ANEXO	72

1 INTRODUÇÃO

Substratos são materiais que possibilitam a sustentação e desenvolvimento de plantas, onde deve possuir boa capacidade de retenção de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível e ausência de elementos que possam ser nocivos as plantas.

A diferença entre um bom solo para a produção e um bom substrato é que o solo deve ser composto de 50% sólidos e 50% poros, enquanto que um bom substrato deve ser composto por 15% sólidos e 85% poros.

A utilização de um bom substrato diminui consideravelmente a utilização de defensivos agrícolas, aumenta o espaçamento de irrigação ocasionando assim economia de água, energia e fertilizantes, aumento da produção, maior qualidade dos produtos, menores custos para a produção e conseqüentemente menor impacto para o meio ambiente.

No mercado e na natureza existem diferentes materiais que podem ser utilizados como substratos, como, por exemplo, areia, serragem, solo, casca de arroz carbonizada, terra vegetal, húmus, turfa e vermiculita (CHEN et al., 1988; GABRIELS et al., 1986), contudo existem ainda materiais provenientes de resíduos industriais como a fibra de coco, cerâmica, bagaço de cana-de-açúcar, cascas de pinus, acácia, soja, amendoim, etc.

Para que um substrato seja considerado bom ele deve ter a ausência de patógenos, nutrientes fundamentais, uma boa textura, estrutura e pH apropriados, além de fácil aquisição no mercado e transporte. O substrato também deve ter uma boa relação entre retenção de água e porosidade para que possa ocorrer a difusão de oxigênio necessária para germinação e respiração radicular (SMIDERLE e MINAMI, 2001). A relação desses fatores podem favorecer a germinação das sementes vegetais (ALBUQUERQUE et al., 1998 e NOGUEIRA et al., 2003). Para Martins et al. (1999), uma germinação rápida e adequada das sementes.

Um bom substrato deve manter uma boa proporção entre a disponibilidade de água e aeração, para que ele não necessite ser umedecido em excesso evitando assim que a semente seja envolvida por uma película de água afetando assim a absorção de oxigênio (VILLAGOMEZ et al, 1979). Sendo assim, a escolha do tipo de substrato deve ser feita em função das exigências da semente em relação ao seu tamanho e formato (BRASIL, 1992).

Quando se pensa na planta em si vale citar as seguintes vantagens de um bom substrato, onde o mesmo disponibiliza para a cultura a quantidade satisfatória de água, oxigênio e nutrientes, ou seja, a planta não sofre qualquer tipo de estresse ou injúria, assim a qualidade da planta é inigualável à uma planta cultivada em solo. O ciclo de uma cultura cultivada em substrato é menor, porém com maior qualidade.

Uma das poucas desvantagens em se utilizar substratos é que o produtor agrícola deve possuir um local para processar e/ou estocar o substrato ou matérias primas para mistura, possuir mão-de-obra especializada e tecnologias para aplicação de fertirrigação ou somente irrigação.

A relação sólidos:ar:água é constituída pelos conceitos de volume de sólidos, água disponível, água remanescente, espaço de aeração e porosidade total onde estão alicerçados na curva de retenção de água. O espaço de aeração é caracterizado como volume de macroporos preenchidos com ar, em condições de saturação hídrica e após livre drenagem (entre 0 e 10 cm de coluna de água). Nas mesmas condições, a água disponível refere-se aos macro e microporos preenchidos com água (entre 10 e 50 cm de coluna de água), a água tamponante refere-se aos macro e microporos preenchidos com água (entre 60 e 100 cm de coluna de água), a água remanescente refere-se aos microporos preenchidos com água (100 cm de coluna de água), e a porosidade total é a somatória do espaço de aeração com a água disponível, tamponante e remanescente (FERMINO, 2002).

Porosidade total (volume de água retido nas amostras saturadas), espaço de aeração (volume de água liberado entre 0 e 10 cm de coluna de água de tensão), água disponível (volume de água liberado entre 10 e 100 cm de coluna de água de tensão) e água remanescente (volume de água retido nas amostras depois de aplicada a tensão de 100 cm de coluna de água), segundo a curva de retenção de água (DeBOODT e VERDONCK, 1972).

1.1 Objetivos

O presente estudo teve por objetivo determinar os atributos físicos de diferentes materiais e possibilitar futuras substituições na formulação de substratos comerciais aplicados na cadeia do agronegócio.

1.2 Justificativa

Em 1950 a população mundial era de 2,2 bilhões de habitantes, havia 5 mil m²/ hab. de terras disponíveis para a agricultura e 35 m³ de água por habitante, atualmente a população mundial é de 7 bilhões de habitantes, onde as terras disponível para a agricultura são de 2 mil m²/ hab. e a água disponível é de 10 m³/hab., tal fato demonstra que a cadeia do agronegócio deve buscar uma maior produtividade por área e ao mesmo tempo utilizando-se menos água. A ferramenta que pode proporcionar tal realização é a utilização de substratos, onde sua principal característica em relação ao uso do solo é a menor densidade, maior aeração, umidade, uniformidade, isento de plantas daninhas e patógenos. Entretanto, a maioria dos substratos são formulados a partir de resíduos industriais ou mesmo da cadeia do agronegócio, um exemplo é a casca de arroz carbonizado, casca da soja, ou mesmo o bagaço de cana-de-açúcar, porem muitas indústrias estão optando por realizar a queima destes resíduos em suas caldeiras para geração de energia, deixando assim de abastecer o mercado agrícola. Tal fato faz com que o produtor rural se depare com a flutuação de preço dos substratos ou mesmo a falta dele no mercado e quando optar por outro material é obrigado a alterar todo o manejo da cultura devido as características físicas diferentes entre cada material. Sendo assim o intuito deste estudo foi o de caracterizar fisicamente diversos materiais e assim poder agrupar os semelhantes entre si e fornecer dados técnicos para ajudar o produtor agrícola no momento de escolha de um substrato adequado para a cultura a ser cultivada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agronegócio

O Brasil possui terras férteis disponíveis, clima privilegiado, água em abundância, tecnologia avançada e gente capacitada, podendo dessa forma, expandir significativamente a agropecuária de forma sustentável, com o uso racional dos recursos naturais e conseqüentemente preservação ambiental (BRASIL, 2006).

O país já é o detentor do maior saldo da balança comercial agrícola do mundo, segundo os critérios da OMC - Organização Mundial do Comercio (BRASIL 2006).

Segundo Brasil (2006), o país ocupa varias posições de destaque no agronegócio mundial. Liderando com a produção e a exportação de álcool, açúcar e suco de laranja e somos os maiores exportadores do complexo soja e de tabaco. Um dos setores do agronegócio brasileiro com maiores perspectiva de expansão é o da agroenergia.

Segundo Batalha e Souza Filho (2009) com as rápidas transformações da economia mundial dos últimos anos tem obrigado a empresas e governos a reverem suas estratégias de negócios devido à nova realidade de globalização. Com isso a necessidade mundial de profissionais qualificados ao ramo do agronegócio tem crescido expressivamente.

De acordo com Brandão e Medeiros (1998)

O agronegócio é visto como uma cadeia produtiva que envolve desde a fabricação de insumos, a produção nas fazendas, a sua transformação até o seu consumo. Essa cadeia incorpora todos os serviços de apoio, desde a pesquisa a assistência técnica, processamento transporte, comercialização, crédito, exportação, serviços portuários, *dealers*, bolsas, industrialização, até o consumidor final. O valor agregado do complexo agroindustrial passa, obrigatoriamente, por 5 mercados: o de suprimentos; o de produção propriamente dita; o de processamento; o de distribuição e o do consumidor final.

Segundo Batalha e Souza Filho (2009) o Agronegócio é composto por todas as atividades de produção agrícola propriamente dita (lavoura, pecuária, extração vegetal) mais aquelas que as suprem de insumos e as que dão suporte ao produto até a mesa do consumidor.

Zylbersztajn (2005) relata que no início dos anos 90, o conceito de cadeias de agronegócio foi difundido pelo Brasil, onde a discussão do setor agrícola deixou de ser vista isoladamente e passou a ser tratada com um todo. A difusão do conceito não significa que todos compreenderam as relações que unem os produtores de insumos agrícolas, agricultores, processadores de alimentos, supermercados e consumidores.

2.2 Produção de resíduos

De acordo com Ribeiro e Ziglio (2006) sociedade de consumo e produção são sinônimos de resíduos, tanto em escala mundial, nacional ou municipal.

A urbanização junto com o desenvolvimento econômico é considerada um dos principais fenômenos sociais contemporâneos, essa associação permitiu o surgimento de mudanças ambientais que cada dia mais vem interferindo na saúde pública da população.

Ainda seguindo o mesmo autor no território brasileiro são produzidos 125 mil toneladas de lixo, no qual 68% são destinados a lixões, a quantidade de material orgânico na composição dos resíduos sólidos urbano no Brasil é extremamente elevada chegando a corresponder 55% do peso total.

Segundo Legaspe (2006) o Brasil pouco investe no setor de reaproveitamento de resíduos, onde dos 5.507 municípios só 135 possuem coleta seletiva, ou seja, 2,5% das cidades. A única maneira de comprovar que é viável a utilização da matéria orgânica é na prática, pois hoje em dia o conceito que é utilizado é o de que é mais barato enterrar do que reciclar.

De acordo com Silva et al. (2006), no Brasil não existe uma legislação para o descarte e para o tratamento de resíduos sólidos, o gerenciamento sustentável dos resíduos é uma questão crítica que cada dia preocupa mais as autoridades públicas. Até bem pouco tempo atrás, as propostas para equacionar o destino dos resíduos sólidos estavam voltadas à sua destinação final, mas com o aumento de volume desse lixo e o impacto cada vez maior tende-se a pensar de maneira a se reaproveitar esse lixo orgânico sólido.

Segundo Leripio (1996) somente na safra 1995/1996 de arroz na região de Pelota/RS o beneficiamento dos grãos geraram um resíduo de produção com cerca de 190.000 toneladas de casca in natura.

2.2.1 Resíduos sólidos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), norma n.º 10.004 a definição para resíduos sólidos é a seguinte:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987, p. 2).

Em âmbito mundial a definição segundo a ONU (Organização das Nações Unidas) a definição de lixo é definida como:

Os resíduos sólidos compreendem todos os restos domésticos e resíduos não perigosos, tais como os resíduos comerciais e institucionais, o lixo da rua, os entulhos de construção. Em alguns países, o sistema de gestão dos resíduos sólidos também se ocupa dos resíduos humanos, tais como excrementos, cinzas de incineradores, sedimentos de fossas sépticas e de instalações de tratamento de esgoto. Se manifestarem características perigosas, esses resíduos devem ser tratados como resíduos perigosos. (AGENDA 21, SÃO PAULO, 2003).

2.3 Substrato

De acordo com Medeiros; Strassburger e Antunes (2008) com elevado aumento no nível de contaminação dos solos por patógenos radiculares, um número crescente de produtores têm sido obrigados a adotar técnicas de cultivo sem solo, com a utilização de

substratos como meio de crescimento, já que o substrato exerce a função do solo, fornecendo à planta sustentação, nutrientes, água e oxigênio (BEZERRA e BEZERRA, 2001).

Países desenvolvidos com graves problemas de eliminação de resíduos industriais, sendo principalmente do setor florestal, têm intensificados os estudos para averiguar a possibilidade de uso na agricultura de cascas de árvores, serragem, e outros materiais (Skoupy, 1980; Gunia e Zybura, 1983; Grez et al., 1992; Gerding, et al., 1994; Jara, 1994; Soto, 1994; Grez e Gerding, 1995; Gauland, 1997; Costa et al., 2001; Couto et al., 2003; Carrijo, et al., 2004; e Kist et al., 2007).

De acordo com Duarte, Pagila e Fernandes (2006):

As consequências do deterioramento ambiental aliada ao aumento da demanda por substratos para a horticultura em geral, tem produzido um clima crescente de sensibilidade para o esgotamento dos recursos naturais, não renováveis. Este contexto tem favorecido o aproveitamento de materiais bastante diversos, que até pouco tempo eram considerados resíduos descartáveis. Entre estes, encontram-se os resíduos agrícolas e agroindustriais dos mais diversos segmentos, que podem ser considerados excelentes alternativas, tanto na forma de substratos como para a redução da poluição ambiental através da sua reciclagem. A crescente produção de mudas de hortaliças em recipientes com a utilização de substratos, vem exigindo estudos com a finalidade de inventariar os materiais disponíveis nas diferentes regiões e caracterizar o seu potencial de uso como substrato, principalmente, quando se busca identificar materiais primas regionais, de baixo valor econômico, que possam ser empregadas na elaboração de substratos agrícolas na propriedade e, conseqüentemente, se possibilite a redução dos custos na produção de mudas e se, aumente a rentabilidade e a independência do agricultor por este insumo.

De acordo com Stringheta et al., (1999) e Minami e Puchala (2000) um dos principais fatores que afetam a produção de espécies vegetais são as misturas de materiais que compõem um substrato, podendo influenciar nos custos de produção e diretamente no aumento quantitativo e qualitativo da planta cultivada.

Muito pouco ainda se conhece a respeito das características físicas, químicas e microbiológicas dos substratos, devido principalmente, à necessidade de modificações e ajustes dos métodos, basicamente desenvolvidos para análises de solos (MAIORANO, 2003).

Cada cultivo necessita de propriedades químicas e físicas específicas, onde o substrato adequado é composto pela mistura de dois ou mais componentes (FONTENO, 1993). Segundo Milner (2001) e Fonseca (2001) deve-se ter uma maior atenção na escolha das matérias-primas em relação às propriedades físicas do que as químicas do mesmo, já que as características físicas não podem ser fácil e simplesmente modificadas.

Segundo Toledo (1992), Fermino (2002) e Gruszynski (2002), as principais características físicas de um substrato são a porosidade total, as partículas sólidas e os teores

de água que o material pode reter, deve ainda apresentar boa coesão entre as partículas, e ser isento de fungos e nematóides. Deve ainda apresentar custo viável, disponibilidade, uniformidade, aeração, esterilidade biológica, teor de nutrientes e capacidade de troca de cátions (MINAMI, 1995).

Atualmente a grande desuniformidade dos substratos, em função das diferenças na composição e proporções, ocorrem alterações em suas características físico-químicas (MAIORANO, 2003).

De acordo com Lopes et al. (2007), mesmo que o uso dos substratos tenha possibilitado diversas vantagens, como menor mão-de-obra, menor uso de insumos e de fertilizantes, formação de mudas com melhor arquitetura, por outro lado a grande variedade de substratos e preços existentes no mercado brasileiro, associados à desuniformidade química e física entre os lotes fabricados, o que pode comprometer não só o planejamento da atividade como o resultado final.

O uso de recipientes para o cultivo de plantas limita o volume para retenção de água e aeração, podendo limitar o resultado final da produção (RÖBER e SCHALLER, 2000).

De acordo com Maiorano (2003) a caracterização físico-química e biológica de substratos e seus componentes são necessários para a formulação da mistura, recomendações e monitoramento das fertilizações.

De acordo com Kanashiro (1999) os substratos possuem características físicas diferentes das do solo já que podem ser formados por matéria-prima de origem orgânica, mineral ou sintética, podendo ainda ser compostos por um só material ou a mistura de diversos. Segundo Verdonck (1984); Fonteno (1996); Burger et al. (1997); Puchalshi (1999), Schie (1999); Kämpf (2000a); Müller (2000), Röber, 2000, Bezerra e Bezerra (2001), Kämpf (2000b) e Lucas et al. (2002), as matérias-primas orgânicas mais utilizadas como componentes ou mesmo substratos são casca de arroz (*in natura*, carbonizada ou queimada), casca de pinus, fibra de coco, xaxim, bagaço de cana-de-açúcar, turfa, carvão, serragem e maravalha de madeira, compostos de restos de poda, compostos de lixo domiciliar urbano, lodo de esgoto compostado, isopor, vermicomposto, esterco, húmus, de origem mineral são areia, lâ-de-rocha, perlita e vermiculita e artificial são espuma fenólica e isopor.

Segundo Wendling et al. (2002), um substrato agrícola ideal deve apresentar baixa densidade, uniformidade entre lotes, boa aeração e capacidade de absorção e retenção de água. Tais características podem favorecer ou prejudicar a germinação das sementes vegetais (SILVA JÚNIOR e VISCONTI, 1991; ALBUQUERQUE et al., 1998 e NOGUEIRA et al., 2003), pois um bom substrato apresenta uma boa oxigenação e difusão de dióxido de carbono

no sistema radicular (SILVA JÚNIOR e VISCONTI, 1991; LAMAIRE, 1995, MARTINEZ e BARBOSA, 1999; e MARTINEZ, 2002).

Segundo Freitas (2010) o intuito da utilização de um ou mais componentes diferentes na formação de substratos é melhorar as propriedades físico-químicas do meio poroso e à redução do peso para transporte do conjunto recipiente/substrato/muda.

A escolha e manejo correto do substrato é de suma importância para a obtenção de muda de qualidade (BACKES e KÄMPF, 1991).

A granulometria do substrato é um fator importante já que a distribuição do tamanho das partículas influencia diretamente na qualidade física do material e altera o volume de ar e água que o material pode reter (WALLER e WILSON, 1984).

Segundo Kämpf (2001) e Lacerda et al. (2006), para se ter sucesso na produção de mudas utilizando-se substratos é fundamental entender a dinâmica das relações entre sólidos, ar e água, tendo em vista que os poros são preenchidos por ar, água e nutrientes. Entretanto o excesso de umidade no substrato pode prejudicar a germinação devido a dificuldade de absorção de oxigênio pela semente devido a formação de uma película de água entorno de toda a semente (VILLAGOMEZ et al., 1979).

Para o cultivo de mudas florestais segundo Morais et al. (1996), o substrato deve promover crescimento rápido da muda com a expectativa de atender a atual demanda de mudas do mercado e melhorar a tecnologia de produção

Para a CETESB, órgão do Estado de São Paulo que regulamenta através da Norma Técnica N/CETESB/P4. 230 o uso de biossólidos, considera que o lodo que é o material resultante do tratamento biológico do esgoto só poderá ser utilizado se apresentar características específicas que atendam as normas para utilização segura na agricultura (CETESB, 1999).

O Brasil possui grande potencial de produção de biossólidos tendo em vista que a forma mais utilizada de tratamento biológico no País é através de lagoas de estabilização do lodo. Entretanto aproximadamente 90% das lagoas da Região Sudeste do Brasil nunca sofreram extração do lodo e inúmeras lagoas anaeróbias apresentam mais que 50% de seu volume ocupado com lodo (GONÇALVES, 1998).

O lodo de esgoto após sofrer um processo de esterilização é chamado de biossólido que nada mais é que a parte sólida do lodo. Este resíduo possui alto teor de matéria orgânica e nutrientes e melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo ou meio de cultivo (MELO et al., 1994). Os nutrientes contidos no biossólido estão na forma orgânica e são

liberados lentamente suprindo as necessidades nutricionais ao decorrer do ciclo da cultura (CARVALHO e BARRAL, 1981).

Segundo Epstein (2007):

Os processos de tratamento de esgoto visam separar a parte sólida da líquida para que o efluente tratado possa ser liberado em corpos receptores sem causar danos ao meio ambiente. Nesse processo, poluentes, nutrientes e contaminantes são concentrados em uma massa denominada lodo de esgoto, que é subproduto do tratamento. Quanto mais avançado e eficiente for o processo de tratamento de esgoto, maior será a quantidade de lodo produzido, que deve ser gerenciado e disposto adequadamente no meio ambiente. Cidades que aumentaram a coleta e o nível de tratamento de esgotos têm-se defrontado com dificuldades em gerenciar e dispor adequadamente o lodo gerado.

2.4 Tipos de substratos

2.4.1 Areia

Segundo Fachinello et al. (1994), a areia é um material excelente para propagação vegetativa de estacas herbáceas e semi-lenhosas, além de grande disponibilidade na natureza e baixo custo apresenta como principal característica boa drenagem. Entretanto, segundo Abad et al. (2004), no futuro a extração de areia pode ser um problema sério, já que causa danos ambientais, podendo haver desabastecimento do mercado. Contudo, Burés (1997) e Abad et al. (2004), ainda relatam que a areia é um material de fácil manejo já que possui uma baixa capacidade de troca iônica.

Almeida et al. (2005), testando a propagação de estacas de *Ixoria coccínea* ‘Compacta’ em diferentes substratos observaram que em areia ocorreu 68% de enraizamento das estacas, enquanto que em substrato comercial Plantmax apresentou 48% e ainda o comprimento de raízes das estacas propagadas em areia (2,31 cm) foi superior aos cultivados em Plantmax (1,87 cm).

Fernandes, Corá e Braz (2006) avaliaram o desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja, cultivar Sindy, observaram que a utilização da areia pura ou em mistura com bagaço de cana-de-açúcar e amendoim não influenciaram na produtividade da cultura estatisticamente significativa, onde a amplitude de produção ocorreu entre 8,5 e 10,7 kg.m² ainda que os materiais tenham apresentado valores diferentes de densidade (790 a 1.604 kg.m²), espaço de aeração (2 a 21% e água disponível (14 a 25%).

Araújo et al. (2003), avaliaram o desenvolvimento da cultura do pimentão cultivadas em diferentes misturas: Areia + casca de amendoim + dejetos de suínos secos; areia + casca de arroz carbonizada + dejetos de suínos secos; areia + casca de amendoim triturada + casca de arroz carbonizada + dejetos de suínos secos, onde observaram que em ambas as misturas houve predominância de frutos do tipo I, ou seja, de melhor qualidade.

Monteiro et al. (2004), estudando a influência de diferentes substratos e níveis de salinidade sob a germinação de sementes de algobora (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.) observaram que houve diferença significativa na germinação de semente entre os substratos solo, areia + vermiculita e somente areia, enquanto no solo houve germinação de 93,94% das sementes, em areia + vermiculita 97,48% e na areia houve 100% de germinação, demonstrando o potencial da areia como substrato para germinação de sementes. Silva et al. (2004), estudando os mesmos substratos para a cultura do eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) observaram que o solo apresentou menor germinação (74,43%), a areia (94,99%) e a mistura areia + vermiculita (96,92%) apresentaram melhor desempenho sob a germinação de sementes de eucalipto em relação ao uso do solo.

A areia apresenta como desvantagem a alta densidade, dificultando assim o transporte e a manipulação do mesmo ainda mais quando o material apresenta elevada umidade (ANDRIOLO, 1996).

2.4.2 Biossólido

Lodo de esgoto é um resíduo gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), após o processo de compostagem recebe o nome de biossólido, e é rico em matéria orgânica e mineral, entretanto devido ao grande volume gerado muitas ETEs têm dificuldades de dar destino adequado para este resíduo (QUINTANNA, 2006; ASSENHEIMER, 2009; PINTO e OLIVEIRA JUNIOR, 2010), sendo atualmente um problema ambiental preocupante (ALEM SOBRINHO, 2001).

Segundo Quintanna (2006) a reciclagem do biossólido e de qualquer material descartado nos centros urbanos pode ser capaz de agregar valor econômico e gerar renda através dos subprodutos gerados.

Segundo Pinto e Oliveira Junior (2010) grande parte dos biossólidos são incinerados, depositados nos oceanos e em aterros sanitários, e mais recentemente vem sendo depositado também em áreas florestais e agrícolas.

Segundo Quintanna (2006) para as empresas que tratam o esgoto e são geradoras de bio sólido a viabilidade econômica da entrega deste tipo de material em base seca, ocorre em até 1.110 km de distância do local gerador com relação ao depósito em aterros sanitários. Já para os agricultores o custo da aplicação de bio sólido em relação ao uso de fertilizantes químicos, é viável utilizar o bio sólido em base seca, até 2730 km de distância.

Segundo Trannin et al. (2005), a aplicação de bio sólido úmido para a cultura do milho somente é economicamente viável a uma distância de 66 km da fonte geradora. O que comprova o descrito por Raij (1998), Andreoli et al. (1999); Bettiol e Camargo, (2000) e Silva et al. (2002), que devido ao alto teor de umidade do bio sólido, e a necessidade de se aplicar grandes volumes para se equiparar aos teores de nutrientes aplicados via fertilizantes minerais, o custo com transporte e distribuição torna-se um fator limitante economicamente para aplicação agrícola.

Segundo Trigueiro e Guerrini (2003) são diversos os estudos sobre o uso de bio sólido na agricultura que comprovam seus benefícios, sendo o mais importante o fornecimento de matéria orgânica em formulações de substratos.

Paulino et al. (2008a), estudaram a emergência de plântulas da cactácea *Mammillaria prolifera* em diferentes substratos como: Casca de Pinus; Areia; Serragem; Turfa e bio sólido, por fim observaram que o bio sólido foi o que menos proporcionou a emergência das plântulas, tal fato foi relatado pelos autores sendo em função das características químicas do mesmo como pH e condutividade elétrica, já que o material apresenta características físicas adequadas como boa aeração e quantidade de água disponível.

Guerrini e Trigueiro (2004) estudaram os atributos físicos e químicos da mistura de diferentes proporções de bio sólido e casca de arroz carbonizada, onde observaram que quanto maior o volume de bio sólido no substrato, maior será a densidade e a capacidade de retenção de água devido ao incremento de microporos.

Trigueiro (2002) estudando o cultivo de *Pinus caribea* e *Eucalyptus grandis* em substratos formados por diferentes volumes de misturas de casca de arroz carbonizada e bio sólido observou o melhor desenvolvimento de mudas quando adicionado o bio sólido nas proporções de 40 a 50% do volume total do substrato, onde os parâmetros como altura, diâmetro de colo e peso de matéria seca de parte aérea, foram semelhantes aos dados obtidos em cultivo com substrato comercial Macplant formulado a base de casca de pinus. Tal fato foi observado também por Trigueiro e Guerrini (2003) onde recomenda proporção de 40 a 50% de bio sólido em mistura com casca de arroz carbonizada, tendo em vista que doses iguais ou superiores a 70% de bio sólido prejudicaram o desenvolvimento das mudas de eucalipto

Trigueiro e Guerrini (2003) cultivando eucalipto em substratos com diferentes volumes de bio sólidos e casca de arroz carbonizada observaram que as misturas contendo 50% de bio sólido e 50% de casca de arroz carbonizada e 40% de bio sólido e 60% de casca de arroz carbonizada promoveram um melhor desenvolvimento das mudas de eucalipto. Entretanto, o substrato comercial Multiplant (terra do Paraíso) obteve resultados semelhantes estatisticamente aos dois substratos formulados para os parâmetros: altura de planta; diâmetro de colo e massa de matéria seca da parte.

Pinto e Oliveira Junior (2010) cultivando mudas de *Solanum pseudo-quina* em substrato comercial misturado com diferentes proporções de bio sólido (10, 15, 20, 25, 30 e 35%) observaram que os substratos contendo de 10% a 25% de bio sólido na mistura proporcionaram melhor desenvolvimento em altura e diâmetro de colo quando comparado ao cultivo em substrato comercial puro. Entretanto o maior desenvolvimento das mudas de *Solanum pseudo-quina* para os parâmetros avaliados altura, diâmetro de colo, número de folhas e baixa porcentagem de mortalidade foram observados na mistura de 20% de bio sólido e 80% de substrato comercial.

Lemainski e Silva (2006) cultivando soja num Latossolo Vermelho distrófico argiloso aplicaram doses de bio sólido úmido, e observaram a resposta da cultura onde avaliaram os parâmetros técnicos e econômicos da aplicação do bio sólido em comparação ao uso de fertilizante mineral em doses equivalentes de NPK. Os autores concluíram que o bio sólido pode ser utilizado como fertilizante na cultura da soja, pois é viável em termos agrônômicos e econômicos. Contudo, o bio sólido foi em média, 18% mais eficiente do que o fertilizante mineral como fonte de nutrientes na cultura da soja.

Maldonado, (2005) cultivando a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) com diferentes doses de bio sólido calculadas embasadas em recomendações de nitrogênio para o cultivo, e a composição química do lodo da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Bertioga/SP, foram de 0, 38, 76 e 152 toneladas de bio sólido por hectare, o que foi respectivamente equivalentes a aplicação de 0, 100, 200 e 400 kg de Nitrogênio prontamente disponível por hectare. O autor observou que durante os 19 meses de cultivo, todos os parâmetros avaliados sofreram efeitos benéficos em resposta as doses de bio sólido até mesmo a produtividade de palmito. Contudo as plantas atingiram o ponto de colheita do palmito precocemente, sendo de quatro a dois meses antes que o tratamento controle.

2.4.3 Casca de arroz carbonizada

A casca de arroz é um produto residual da indústria de beneficiamento de arroz, onde é realizada a carbonização. A casca de arroz carbonizada têm como vantagem grande resistência a decomposição, alta porosidade, elevado espaço de aeração, baixa densidade, estabilidade físico-química, pH próximo da neutralidade, baixa salinidade, baixa retenção de água (BACKES et al., 1988).

Conforme Tabajara e Colônia (1986), as cascas de arroz correspondem a aproximadamente 20% do peso de arroz beneficiado.

A casca de arroz carbonizada bem como o nome já diz é o material resultante da combustão incompleta da casca de arroz sobre temperatura acima de 1000°C e baixo teor de oxigênio para que não haja a queima das cascas por completo (WENDLING e GATTO, 2002).

O reaproveitamento da casca de arroz carbonizada na agricultura é positivo já que devido à baixa densidade o valor do transporte se torna baixo e de fácil aquisição (MINAMI, 1995; COUTO, WAGNER JUNIOR e QUEZADA, 2003).

Schmitz, Souza e Kämpf (2002) observaram que ao se misturar a casca de arroz carbonizada à turfa ocorreu uma redução na capacidade de retenção de água, amenizando assim um dos maiores problemas da turfa que é o excesso de umidade.

Saidelles et al. (2009), estudando a mistura de diferentes proporções de casca de arroz carbonizada com solo na cultura de *Enterolobium contortisiliquum* e *Apuleia leiocarpa* observaram que as diferentes misturas influenciaram diretamente o desenvolvimento das culturas e conseqüentemente na qualidade das mudas, onde com o aumento de casca de arroz na mistura há diminuição do desenvolvimento de *Apuleia leiocarpa*, já para *Enterolobium contortisiliquum* observou-se mudas de qualidade na mistura de 50% de solo com 50% de casca de arroz carbonizada.

De acordo com Couto et al. (2003), a casca de arroz tem grande importância em misturas de diferentes matérias primas para formulação de substratos devido promoverem melhorias nas características físicas do substrato como maior drenagem e aeração. Contudo a casca ainda permite a penetração e a troca de ar em todo o sistema radicular (SOUZA, 1993).

Segundo Mello (2006) a casca de arroz carbonizada apresenta grande porosidade, onde esta é formada por baixa capacidade de retenção de água e alta aeração, desta forma proporciona maior drenagem e oxigenação do sistema radicular.

Segundo Bailey et al. (2000), quando for utilizada casca de arroz carbonizada na mistura entre materiais para fabricação de substratos deve-se ter atenção quando o intuito é o cultivo de mudas em bandejas, pois podem ocorrer perdas de substrato pelos alvéolos das bandejas devido à densidade da casca de arroz e outros atributos físicos. O autor descreve que para melhor homogeneização da mistura e evitar tais perdas se faz necessário no momento do enchimento das bandejas umedecer o substrato de tal forma que ira reduzir o espaço de aeração do substrato, já que água irá hidratar os componentes da mistura ocorrendo expansão das partículas e formando agregados que impediram a perda dos materiais.

Segundo Tabajara e Colônia (1986), Melo, Bortolozzo e Vargas (2006) e Mello (2006) as cascas de arroz carbonizado são de difícil biodegradação, permanecendo estáveis por longos períodos de tempo. A casca de arroz após o processo de carbonização o material apresenta pH levemente alcalino e livre de plantas daninhas, patógenos e nematóides, e ainda apresenta teores essenciais de macronutrientes para o desenvolvimento de plantas.

Por ser um material com grande capacidade de drenagem e baixa retenção de água a casca de arroz carbonizada quando utilizada sozinha pode necessitar de irrigações frequentes, podendo-se tornar inviável dependendo da cultura a ser cultivada (ANDRIOLO et al., 1999; MELLO, 2006).

Stringuetha et al. (1999), estudando a influência da mistura entre composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada sob o cultivo de crisântemo observaram que o aumento da concentração da casca de arroz carbonizada e conseqüentemente redução de composto de lixo urbano ocasionou de forma linear um aumento no tamanho das inflorescências e no peso da matéria fresca das raízes.

Freitas (2010) estudando o cultivo da alface em diversos substratos comerciais e a mistura deles em inúmeras proporções de casca de arroz observou que os incrementos crescentes da casca de arroz em mistura aos substratos comerciais promovem redução significativa na qualidade das mudas, além de reduzir a capacidade de retenção de água no substrato.

Rodrigues (2003), utilizando germinação *in vitro* para a cultura da bromeliácea *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms, observou que o melhor pegamento e desenvolvimento das mudas foram em substrato formado por 50% de solo e 50% de casca de arroz carbonizada.

Steffen (2008) estudando a influência de diferentes misturas entre casca de arroz carbonizada e húmus de minhoca sob o cultivo de boca-de-leão observou que quando

utilizado tanto o húmus como a casca de arroz carbonizada na forma pura não foram favoráveis ao crescimento de mudas.

2.4.4 Casca de pinus

A casca de pinus é um produto residual da cadeia produtiva de madeira, moveleira, construção civil, papel e celulose. Grande parte da casca de pinus utilizada atualmente são oriundas de indústrias dos Estados do sul do Brasil, onde estão estocadas a vários anos por falta de destino adequado e hoje são utilizadas na agricultura (FOELKEL e FOELKEL, 2011). Entretanto, segundo Martinez (2002) e Foelkel e Foelkel (2011) os novos resíduos gerados estão sendo utilizados para geração de energia através de biomassa, demonstrando que em médio prazo haverá desabastecimento do mercado nacional com este produto.

Segundo Martinez (2002) para evitar a toxidade de alguns elementos e prejudicar o desenvolvimento das plantas se faz necessário para utilização como substrato submeter às cascas de pinus ao processo de compostagem para estabilização do material. Contudo Martinez (2002) e Foelkel e Foelkel (2011) salientam a importância da compostagem das cascas do pinus, pois além de eliminar os compostos tóxicos aos vegetais eliminam ainda patogênicos, pragas e plantas daninhas. Contudo a compostagem da casca de pinus é demorada, podendo ocorrer entre três a sete meses dependendo das condições climáticas da região.

Airhart et al. (1978), salientaram o potencial da casca de pinus como substrato após analisarem a estrutura da casca de pinus compostada e moída observaram a existência de inúmeras aberturas externas, conexões internas das células através de paredes celulares rompidas o que permitem a entrada da água comprovando a sua capacidade de retenção de água.

Segundo Machado Neto et al. (2005), a granulometria das cascas de pinus utilizadas em substratos interferem diretamente na capacidade de retenção de água e na disponibilidade de ar do produto final. Assim, é possível através do tamanho da partícula de casca de pinus, obter substratos com porosidade adequada para atender as necessidades específicas das culturas.

Paulino et al., (2008b) estudaram o enraizamento de estacas de *Allamanda cathartica* em diferentes substratos como: Areia, Casca de Arroz Carbonizada, Fibra de Coco, Areia (50%) + Casca de arroz carbonizada (50%), Areia (50%) + Fibra de coco (50%), Casca de arroz carbonizada (50%) + Fibra de coco (50%) e Areia (33%) + Casca de arroz carbonizada (33%) + Fibra de coco (33%) e observaram que houve maior enraizamento de estacas ocorreu

no cultivo em areia, resultado semelhante foi notado no substrato areia 50% + casca de arroz carbonizada 50%, tal fato segundo os autores ocorreu devido às características físicas dos substratos como: maior porosidade total, boa aeração, alta quantidade de sólidos e pouca água remanescente. Os demais substratos como: Casca de arroz carbonizada, Fibra de coco, Areia (50%) e Fibra de Coco (50%) e Areia (33%) + Casca de arroz carbonizada (33%) + Fibra de coco (33%) apresentaram resultados satisfatórios, entretanto a mistura Casca de arroz carbonizada (50%) + Fibra de coco (50%) foi a que menos propiciou o enraizamento das estacas de *Allamanda c.*

Paulino et al. (2008a), estudaram a emergência de plântulas da cactácea *Mammillaria prolifera* em diferentes substratos como: casca de pinus, areia, serragem, turfa e composto de lodo de esgoto e observaram que a casca de pinus e a turfa possuem características físicas semelhantes, entretanto a casca de pinus apresenta maior granulometria devido às partículas de pinus, tal fato ocasionou uma maior emergência de plântulas na turfa comparado com a casca de pinus podendo ter ocorrido devido às cascas de pinus formarem uma menor superfície de contato entre as partículas e a semente reduzindo assim a absorção de água pelas sementes.

Kuehny e Morales (1998), cultivando plântulas de amor-perfeito (*Viola wetrockiana*) e maria-sem-vergonha (*Impatiens walleriana*) em estufa e em três tipos de substrato (turfa, turfa mais casca de pinus e casca de pinus), observaram que em casca de pinus ocorreu uma redução do crescimento das plantas, clorose e necrose nas folhas, e redução no número de flores, tal fato segundo os autores pode ter ocorrido devido à salinidade do material acima de 3 dSm^{-1} , entretanto as plantas cultivadas em turfa pura e na mistura meio a meio também apresentaram clorose e necrose das folhas, porém com menos severidade.

Segundo Ludwig et al. (2008), avaliando características físicas de misturas de diferentes granulometrias de casca de pinus com terra vermelha observaram que a mistura de cascas de pinus com característica granulométrica fina causam um brusco decréscimo na porosidade total e um aumento na retenção de água. Entretanto o aumento na retenção de água é negativo, pois ocorre aumento na retenção de água remanescente, onde a planta não consegue absorver e ocorre menos espaço de aeração podendo faltar oxigenação da área radicular.

Segundo Kanashiro (1999) avaliando o cultivo de *Aechmea fasciata* (Lindley) Baker em diferentes substratos como casca de pinus, casca de eucalipto, fibra de coco, turfa e perlita, observou que as plantas melhor se desenvolveram em substratos formulados com casca de pinus. Sanches (2009) também cultivando a bromeliácea *Aechmea fasciata* em casca de pinus

observou que mesmo o substrato apresentando uma grande granulometria e porosidade a planta conseguiu se fixar e formar um sistema radicular satisfatório.

Segundo Machado Neto et al. (2005), as casca de pinus com granulometria menores que 5 e 7 mm apresentam maior retenção de água do que particular maiores como 12 e 24 mm, onde ainda observaram que em ambas granulometrias estudadas não apresentaram efeito fitotóxico sobre as sementes testadas.

2.4.5 Fibra de coco

O coco é o um material residual da indústria de água de coco e coco fruta, seja ele natural, ralado ou desidratado. A fibra origina-se após o desfibramento industrial das cascas de coco, gerando um material com baixa densidade, com partículas granulares e uniformes (NOGUERA et al., 2000).

Os substratos a base de fibras de coco ganharam importância no cenário brasileiro após a proibição do uso de fibra de xaxim no país, assim é utilizada para substituir o xaxim e às vezes até a turfa, na formulação de substratos (PETRY, 2000). Contudo, para salientar a importância ambiental do uso da fibra de coco Noguera et al. (2000), e Rosa et al. (2002), caracterizam as fibras de forma simples, dizendo que além de ser de origem natural, abundante no território nacional, é sobre tudo renovável.

Segundo Taveira (2002) a fibra de coco apresenta características físicas ímpares, tais como: elevada porosidade, grande capacidade de retenção de água e estabilidade física.

Pragana (1998) observou que mudas de tomate e rabanete se desenvolveram melhor após acrescentar pó de coco ao substrato comercial Plantmax, onde ocorreu um incremento na capacidade de retenção de água do material. Tal fato foi descrito por Petry (2000) onde a fibra de coco fresca ou compostada melhora a retenção de água e a aeração dos substratos.

Carrijo et al. (2004), avaliando a produtividade do tomateiro cultivados em diferentes substratos como: casca de arroz, casca de arroz carbonizada, fibra de coco verde, lã de rocha, maravalha, serragem e a mistura de terra de subsolo (150 litros) + casca de arroz (50 litros) + esterco de galinha (17 litros), observaram que não houve diferença estatística quanto à produtividade (frutos comerciais) nos substratos fibra de coco verde ($10,4 \text{ kg m}^{-2}$), serragem ($9,3 \text{ kg m}^{-2}$), casca de arroz carbonizada ($9,3 \text{ kg m}^{-2}$) e maravalha ($9,0 \text{ kg m}^{-2}$), entretanto o substrato lã de rocha apresentou a menor produtividade ($6,4 \text{ kg m}^{-2}$). Contudo, o maior peso médio de frutos foi observado em plantas cultivadas em substrato de fibra de coco verde (128 g m^{-2}) e casca de arroz carbonizada (123 g m^{-2}).

2.4.6 MecPlant

O substrato Mecplant é produzido pela empresa Mecprec, onde a matéria prima base da mistura é a casca de pinus bio-estabilizada. A casca é adquirida da fábrica Wolf Klabin da empresa Klabin situada na região central do Paraná que é o maior centro de pinus da América Latina (MECPREC, 2011).

A Mecprec possui uma área de 400.000 m², onde 108.000 m² correspondem ao pátio de compostagem das cascas de pinus (MECPREC, 2011).

A umidade média dos substratos da Mecprec situa-se entre 54 e 58% e a densidade entre 360 e 400 g/litro, com média igual a 375 g/litro (MECPREC, 2011).

Spelling et al. (2004), cultivando as cultivares de alface Lucy Brown e Sandy, nos substratos comerciais Mecplant + adubo, Mecplant, Multiplant + adubo e Multiplant observaram que as plantas cultivadas no substrato Multiplant sem adubo e que recebeu fertirrigação apresentaram os melhores resultados. Entretanto, já o substrato Multiplant + adubo não formaram mudas aptas para o transplante. O substrato comercial Mecplant proporcionou mudas com desenvolvimento mediano.

Segundo Siqueira et al. (2010), o uso do substrato Mecplant puro, ou em mistura com 50% de terra de subsolo propiciaram um desenvolvimento satisfatório de mudas de *Solanum granulatum-leprosulum* (capoeira-branca).

Moraes et al. (2010), produzindo mudas de pimentão em substratos como o comercial Mecplant; esterco de bovino vermicompostado (25%) + casca de arroz carbonizada (75%); esterco de bovino vermicompostado (75%) + casca de arroz carbonizada (25%); esterco de bovino vermicompostado (50%) + casca de arroz carbonizada (50%); esterco de bovino vermicompostado puro observaram que o substrato comercial Mecplant pode ser substituído pelas misturas esterco de bovino vermicompostado (75%) + casca de arroz carbonizada (25%) e esterco de bovino vermicompostado (50%) + casca de arroz carbonizada (50%) onde ambos apresentaram mudas com desenvolvimento semelhantes ao substrato comercial.

Pacheco (2007) cultivando estacas de *Luehea divaricata* em diferentes tipos de substrato (vermiculita, Mecplant®, Plantmax®, turfa) observou que as estacas cultivadas em turfa e Plantmax® apresentaram maiores valores para os parâmetros comprimento do sistema radicular, massa seca foliar e massa seca radicular. As estacas cultivadas em Plantmax® apresentaram maior massa seca foliar (49,7 mg) em relação à vermiculita (11,8 mg) e Mecplant (13,7 mg), entretanto, não houve diferença estatística comprando-se com as estacas cultivadas em turfa (36,0 mg).

2.4.7 *Multiplant*

A empresa terra do paraíso fabrica substratos comerciais desde 1989 e a principal matéria-prima das formulações é a casca de pinus, proveniente das empresas madeireiras e promovendo a reciclagem deste resíduo (TERRA DO PARAISO, 2011). Segundo Mello (2006) e Terra do Paraíso (2011) além da casca de pinus, utilizaram vermiculita, areia, fibra de coco, carvão, entre outras.

A casca de pinus é desinfetada com solução bactericida, para garantir a isenção de patógenos e passa por processo de compostagem por um período de no mínimo de 12 semanas até sua estabilização (TERRA DO PARAISO, 2011).

2.4.8 *Serragem*

A serragem é um material gerado em volumes incalculáveis em todo o Brasil, sendo um material residual da indústria moveleira, serrarias, indústrias de celulose, e etc. Entretanto, é um material de rara aplicação na agricultura por falta de maiores informações técnicas (BORTOLOZZO, 2007)

A serragem é um material formado por pó ou fragmentos de inúmeras espécies de árvores não apresentando uniformidade em suas características físico-químicas (BORTOLOZZO, 2007). Tal fato pode ser um dos fatores que não se aplica com frequência este material na agricultura brasileira.

A serragem necessita ser compostada como diversos materiais vegetais para uso como substrato e ainda apresenta a mesma desvantagem das cascas em geral devido ao lento processo de compostagem (BORTOLOZZO, 2007).

Carrijo et al. (2003), analisando fisicamente os substratos fibra de coco verde, casca de arroz, maravalha ou raspa de madeira, casca de arroz parcialmente carbonizada, serragem, Plantmax, solo de barranco + casca de arroz carbonizada + esterco gado (3:1:1), e a lã de rocha, onde observou que somente a serragem apresentou valores dentro dos intervalos recomendáveis como um bom substrato descritos por Berjón e Murray (2000).

Paulino et al. (2008a), estudaram a emergência de plântulas da cactácea *Mammillaria prolifera* em diferentes substratos e observaram que a serragem demonstrou resultados medianos devido à serragem apresentar uma grande quantidade de água disponível e remanescente, o que acabou restringindo um melhor desempenho das plântulas.

Sodré (2007) avaliando diferentes substratos (serragem, composto do tegumento da amêndoa do cacau, serragem + composto do tegumento da amêndoa do cacau (1:1), serragem + areia (8:1)) no enraizamento de vários clones de cacau observaram que para os parâmetros de massa seca de raízes principais e totais da miniestacas de cacau clone TSA-792 foram observados quando cultivadas em serragem e para o Cepec 2006 quando cultivada na mistura de serragem e composto do tegumento da amêndoa do cacau.

2.4.9 Turfa

Segundo Bortolozzo (2007) a turfa é um material de origem vegetal e ocorre no Brasil com abundância nos Estados do Sul e Sudeste do país. A turfa é formada devido à decomposição de materiais orgânicos após um longo períodos de tempo.

Muitos substratos comerciais levam como componente principal a turfa, porém mesmo a turfa sendo um material natural ela não é renovável, e por questões ambientais de preservação se faz necessário a substituição deste por outros materiais (BAUMGARTEN, 2002).

A turfa apresenta além da grande capacidade de retenção de água uma baixa densidade (BORTOLOZZO, 2007).

Paulino et al. (2008a), estudaram a emergência de plântulas da cactácea *Mammillaria prolifera* em diferentes substratos, tais como: casca de pinus, areia, serragem, turfa e biossólido e observaram que na turfa houve melhor taxa de emergência comparando-se com os demais substratos estudados. As cactáceas gostam de pouca água disponível e aeração e a turfa além de apresentar tais características físicas possui elevada capacidade de retenção de água remanescente o que fez com que o meio de cultivo não ficasse ressecado e proporcionando uma condição ideal para o desenvolvimento das cactáceas.

Poletto et al. (2007), avaliaram o potencial de diferentes tipos de turfa (turfa F10, turfa de pinus, turfa de eucalipto e turfa de floresta) como substrato para o cultivo de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (bentham) brenan), onde observaram que em todos os tipos de turfa testados houve resultados satisfatórios quanto ao desenvolvimento de mudas de angico-vermelho, entretanto a turfa com origem em florestas foi a que melhor se destacou em todos os parâmetros avaliados.

Silva et al. (2010), cultivando o limoeiro cravo em diferentes substratos como: turfa + Casca de arroz carbonizada (75/25%); turfa + Casca de arroz carbonizada (50/50%); turfa + Casca de arroz carbonizada (25/75%); Casca de arroz carbonizada (100%) e substrato

comercial Plantmax®, onde os autores observaram primeiramente que o substrato comercial foi o que menos propiciou o desenvolvimento das mudas, ainda relatam que as plantas cultivadas no substrato turfa + casca de arroz carbonizada na proporção 25/75% apresentaram dificuldades em seu desenvolvimento, onde tal fato foi descrito devido o alto teor da casca de arroz carbonizada na mistura reduziu a capacidade de retenção de água do substrato e aumentou a drenagem do mesmo, podendo ter acarretado baixa disponibilidade hídrica.

Aguiar et al. (2009), observaram o efeito dos substratos xaxim moído; plantmax café; vermiculita grossa; casca de arroz carbonizada; casca de pinus; turfa e terra vegetal sob o desenvolvimento de mudas de *Vriesea fosteriana* L.B. Smith (Bromeliaceae), onde houve um maior desenvolvimento das plantas quando cultivadas em turfa.

2.4.10 Vermiculita

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de vermiculita, sendo responsável por 15% da produção mundial além de possuir 10% das reservas mundiais (BRASIL, 2009). No ano de 2006 o Brasil produziu 127.000 toneladas de vermiculita expandida onde, 66% foram destinados a agricultura, 16% para uso como isolante térmico, 12% no ramo da construção civil e 6% em outras atividades (BRASIL, 2009).

Segundo Gonçalves e Poggiani (1996); Wendling e Gatto (2002) e Bortolozzo (2007) a vermiculita é uma forma de mica expandida em fornos com temperaturas superiores a 1000°C. O resultado da expansão é um material mineral com baixa densidade, estéril e boa disponibilidade de Mg e K. O mineral pode apresentar estruturas variáveis, já que é constituído de camadas justapostas de sílica e octaedros de ferro e magnésio. A vermiculita possui alta capacidade de troca catiônicas, apresenta densidade extremamente leve e ainda possui alta retenção de água, elevada porosidade.

Segundo Brasil (2009), as principais aplicações da vermiculita expandida na agricultura são como:

- substrato para cultivo de mudas em estufas, pois propicia um desenvolvimento rápido e arejado das raízes, possui boa retenção de água reduzindo assim a irrigação e conseqüentemente água e fertilizantes e devido à baixa densidade facilita o transporte das mudas até o local de plantio;
- parte integrante da mistura de materiais para formulação de substratos orgânicos.
- componente para a fabricação de fertilizantes organominerais;

- condicionador de solos argilosos para aumentar a permeabilidade de água através do perfil no solo;
- condicionador de solos arenosos para aumentar a capacidade de retenção de água no solo;
- grande absorvente de macro e micronutrientes devido à alta capacidade de trocas catiônicas além de sua propriedade de liberação lenta dos nutrientes o que evita/reduz a lixiviação natural dos mesmos pela chuva ou mesmo irrigação;
- base para o cultivo de frutas e hortaliças hidropônicas.

Devido ao alto custo Neves, Gomes e Novais (1990) não indicam o uso puro da vermiculita, além de observar que o mineral necessita de adubações frequentes, e não permite a formação de torrões pelo sistema radicular, dificultando o desenvolvimento das mudas, transporte e pegamento das plantas no campo.

A vermiculita é muito utilizada nas regiões Sule Sudeste do país como um bom condicionador das características físicas de substratos comerciais (TÚLLIO JÚNNIOR et al., 1986).

Segundo Wendling e Gatto (2002), uma das formas de se utilizar a vermiculita em tubetes é na parte superior, onde possui função de isolante térmico e barreira física para evitar perdas de umidade através da evaporação.

Setubal et al. (2003), avaliando a germinação de sementes e o desenvolvimentos das mudas da alface cv. Brisa em diferentes substratos como: esterco bovino + vermiculita + terriço (40:40:20), esterco de caprino + vermiculita + terriço (40:40:20), vermiculita + terriço (50:50), esterco bovino + terriço (50:50), esterco de caprino + terriço (50:50), esterco bovino + vermiculita (50:50), esterco de caprino + vermiculita (50:50), e terriço, observaram que os melhores parâmetros como comprimento de raízes e altura das plantas foram verificados nos substratos esterco bovino + vermiculita e esterco bovino + terriço.

Correia et al. (2005), semeando em tubetes a goiabeira ‘Ogawa’ contendo diferentes substratos (1:1; v/v): vermiculita + vermicomposto; casca de arroz carbonizada + vermicomposto; vermicomposto + tegumento de amêndoa de caju (*Anacardium occidentale* L.) decomposto; casca de arroz carbonizada + esterco bovino curtido; casca de arroz carbonizada + vermiculita, e pó da casca de coco maduro + folha de carnaubeira triturada e decomposta, observaram que as sementes germinadas em vermiculita + vermicomposto apresentaram plantas com melhor potencial para a formação de porta-enxerto de goiabeira ‘Ogawa’. Tanto os estudos de Correia et al. (2005), como de Setubal et al. (2003), demonstram a importância de se utilizar compostos orgânicos em mistura com a vermiculita,

proporcionando melhores resultados de desenvolvimento de plantas. Entretanto, Cerqueira et al. (2009), avaliando o enraizamento e desenvolvimento inicial de porta-enxerto de videira SO4 (*Vitis riparia* L.) em diferentes substratos como: Terra de subsolo; Casca de arroz carbonizada; Vermiculita; Plantmax e diferentes concentrações de humos de minhocas (0%; 5%; 10%; e 20%) observaram que a vermiculita, terra de subsolo, e a casca de arroz carbonizada apresentaram maior número de estacas enraizadas, contrariando Setubal et al. (2003), e Correia et al. (2005), já que o melhor desenvolvimento das plantas ocorreu em substratos sem húmus (matéria orgânica).

Campinhos et al. (1984), avaliando a propagação por sementes e estacas de eucalipto e pinus em tubetes e em substratos como turfa, vermiculita, serragem e suas combinações, observaram que para a semeadura o substrato turfa + vermiculita (2:1) foi o que melhor propiciou mudas de qualidade, enquanto que para a propagação por estacas de eucalipto houve melhor desenvolvimento das plantas em vermiculita pura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Como materiais utilizados para análises foram selecionados os seguintes substratos: areia grossa; casca de arroz carbonizada; casca de arroz carbonizada + areia (1:1); casca de pinus grossa; casca de pinus média; chips de coco; fibra de coco; fibra de coco + areia grossa (1:1); fibra de coco + casca de arroz carbonizada (1:1); fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa (1:1:1); bio sólido; bio sólido + serragem (1:1); mecplant; Multiplant; serragem; turfa e vermiculita.

Os materiais foram obtidos através de doações. O bio sólido foi doado pela estação de tratamento da cidade de Jundiaí – SP.

Foram necessárias para as análises 45 anéis volumétricos de aço inox com volume de 98,5 cm³, três metros de tecido absorvente, 45 elásticos, água destilada, piceta, espátula, uma proveta plástica transparente e graduada de 500 mL (270 mm de altura x 50 mm diâmetro), suporte com barra de ferro com dois anéis de 70 mm de diâmetro. Como equipamentos foram utilizados uma mesa de tensão, balança analítica para 5.000 g (intervalo de escala de 1g), estufa de circulação de ar forçado.

3.2 Métodos

As análises realizadas seguem a metodologia oficial de acordo com a instrução normativa nº 17 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicada no Diário Oficial da União em 24 de maio de 2007, seção 1 páginas 8 e 9.

Primeiramente foi determinada a umidade atual de cada material, onde uma alíquota de 100 gramas de cada material foi levada para secagem em estufa (65°C) até atingir massa constante (cerca de 48h.).

Depois foi determinada a densidade de cada material através do procedimento descrito a seguir:

A proveta plástica foi preenchida aproximadamente até a marca de 300 mL com substrato na umidade atual. Em seguida a proveta foi deixada a cair, sob a ação de sua própria massa de uma altura de 10 cm, por 10 vezes consecutivas. Com o auxílio de uma espátula foi nivelada a superfície levemente e assim obteve-se o volume. Em seguida o material foi pesado descontando-se a massa da proveta. O procedimento foi repedido por 3 vezes com subamostras diferentes. Após a tomada do volume e peso do substrato foi calculada a densidade úmida de acordo com a fórmula específica ($D. \text{ úmida (Kg/m}^3) = [\text{massa úmida(g)} / \text{volume (mL)}] \times 1000$).

Por fim foi determinado a porosidade total, espaço de aeração e relação sólidos:ar:água de cada material, através da densidade úmida multiplicada pelo volume do anel determinou-se a quantidade (g) de substrato a ser colocada por anel.

Cada anel volumétrico recebeu em sua base um pedaço de papel absorvente com 7 cm de diâmetro fixado com elástico.

Cada amostra foi saturada em água por 24 horas em uma bandeja mantendo-se o nível de água a 1 cm da borda do anel volumétrico. Após a saturação os materiais foram colocados na mesa de tensão e foram submetidos a uma tensão de 10 m.c.a. (metros de coluna d'água) por 24 horas, onde após esse período foi realizada a pesagem do anel em balança analítica. Novamente foi levado a mesa de tensão sob pressões de 50 e 100 m.c.a., realizando-se a pesagem dos anéis em cada tensão após 24 horas. Por fim os anéis foram levados a estufa com circulação de ar forçado (65°C) por 48 horas onde após esse período foi realizada a pesagem do anel.

3.3 Estudo de caso

3.3.1 *Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrônomicas – Campus Botucatu/SP*

A UNESP foi criada em 1976, resultante da reunião de Institutos Isolados de Ensino Superior do Estado de São Paulo. Sendo assim, ela abrange diversas áreas de conhecimento, cujas unidades haviam sido criadas, em sua maior parte, no fim dos anos 50 e início dos anos 60.

Entre essas escolas que vieram compor a UNESP, pode-se observar de um lado certa identidade. Um grupo bastante expressivo, formado por sete unidades universitárias.

Essas escolas, pela própria formação e por uma qualificação precisa adotada, foram marcadas por uma identidade entre a docência e a pesquisa na compreensão da necessidade da busca de um aprimoramento acadêmico. Associada à essa característica, essas escolas estiveram fundamentadas no tripé que identifica a instituição acadêmica - a docência, a pesquisa e a extensão de serviços à comunidade. Essas escolas, que foram pioneiras na implantação do ensino superior público de qualidade no interior do Estado de São Paulo, estiveram, desde sua criação, sob a administração da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Essa universidade é uma das maiores e mais importantes do Brasil, com destaque para a atuação no ensino, na pesquisa e na extensão de serviços à comunidade. Mantida pelo Governo do Estado de São Paulo, é uma das três Universidades Públicas de ensino gratuito, ao lado da USP (Universidade de São Paulo) e da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas). Há, no entanto, uma peculiaridade que a distingue das demais: é a única universidade presente em praticamente todo o território paulista. Sua estrutura multicampi está presente em 23 cidades do Estado de São Paulo, sendo 21 no Interior; um na Capital do Estado, São Paulo, e um em São Vicente - o primeiro de uma universidade pública no Litoral Paulista.

A UNESP tem 33 Faculdades e Institutos que oferecem 117 cursos de graduação em 63 profissões de nível superior, formam, por ano, 4,8 mil novos profissionais e é responsável por 105 programas de pós-graduação.

O trabalho foi realizado no Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônomicas – Campus de Botucatu-SP, pertencente à Universidade

Estadual Paulista – UNESP. As análises foram realizadas no laboratório de pesquisa do departamento.

O laboratório de física do solo possui uma funcionária e como coordenadora a Prof. Dra. Maria Helena Moraes. O laboratório é equipado com mesa de tensão, mesa agitadora, estufa de ar forçado, conjunto de painéis de Richard, balança analítica, geladeira e vidrarias.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Para melhor entendimento e clareza os resultados serão apresentados por meio de tabela seguida de figura para cada parâmetro avaliado.

4.1 Relação sólidos:ar:água dos materiais analisados.

Na Tabela 1 pode-se observar os resultados dos parâmetros avaliados. Nota-se claramente que houve uma ampla variação entre os materiais para todos os itens avaliados.

Um bom substrato deve apresentar como valores ideais para espaço de aeração (ABAD e NOGUERA, 2000) de 20 a 30%, água disponível (De BOODT e VERDONCK, 1972) de 24 a 40% e água remanescente (VERDONCK e GABRIELS, 1988) de 25 a 30%.

Nota-se que para o parâmetro partículas sólidas ocorreu uma amplitude de 50,85% entre os resultados obtidos, onde o menor valor encontrado foi para a casca de pinus grossa (6,4%) e a maior para areia (57,25%) podendo influenciar diretamente a densidade do substrato.

Para o espaço de aeração observa-se que o menor volume de ar foi identificado para o substrato comercial Multiplant (8,66%) e o maior para a casca de arroz carbonizada (41,7%) ocorrendo uma diferença de 33,04% entre os mesmos.

A água disponível é uma das características mais importantes de um substrato, já que como o nome diz a água esta disponível para a planta, porém sem que haja gastos energéticos para a absorção da mesma. Entretanto, pode-se observar na Tabela 1 que os materiais

Tabela 1- Características físicas dos substratos analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.

Substratos	Partículas Sólidas	Espaço de Aeração	Água Disponível	Água Tamponante	Água Remanescente
Areia	57,25	9,18	2,47	26,32	4,78
Biossólido	27,32	15,10	7,57	20,01	30,00
Biossólido + Serragem	20,16	21,36	10,70	20,51	27,28
Casca de arroz	20,48	41,27	14,36	6,38	17,51
Casca de arroz carbonizada + areia	43,52	9,91	2,13	35,27	9,17
Casca de Pinus grossa	6,40	13,12	16,01	50,84	13,63
Casca de Pinus média	29,58	21,70	14,92	4,07	29,73
Chips de coco	26,69	22,23	13,24	18,55	19,29
Fibra de coco	7,31	9,11	40,34	9,03	34,22
Fibra de coco + areia	34,74	11,61	5,55	31,05	17,05
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada	19,61	12,38	9,53	43,08	15,40
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada + Areia	32,34	12,07	4,12	36,09	15,38
Mecplant	23,52	28,63	6,37	12,75	28,72
Multipiant	34,64	8,66	16,83	6,01	33,86
Serragem	15,09	14,49	33,01	5,10	32,32
Turfa	25,18	11,24	13,64	7,13	42,82
Vermiculita	17,92	24,32	16,40	3,56	37,79

apresentaram uma expressiva diferença em suas características físicas, onde nota-se que a areia consegue reter apenas 2,47% de água disponível de um total de 42,75% de espaço poroso e a fibra de coco pode reter 40,34% de água disponível de um total de poros de 92,69%.

Na Figura 1 pode-se observar mais claramente a relação entre sólidos:ar:água, podendo-se verificar diretamente o volume de cada parâmetro avaliado.

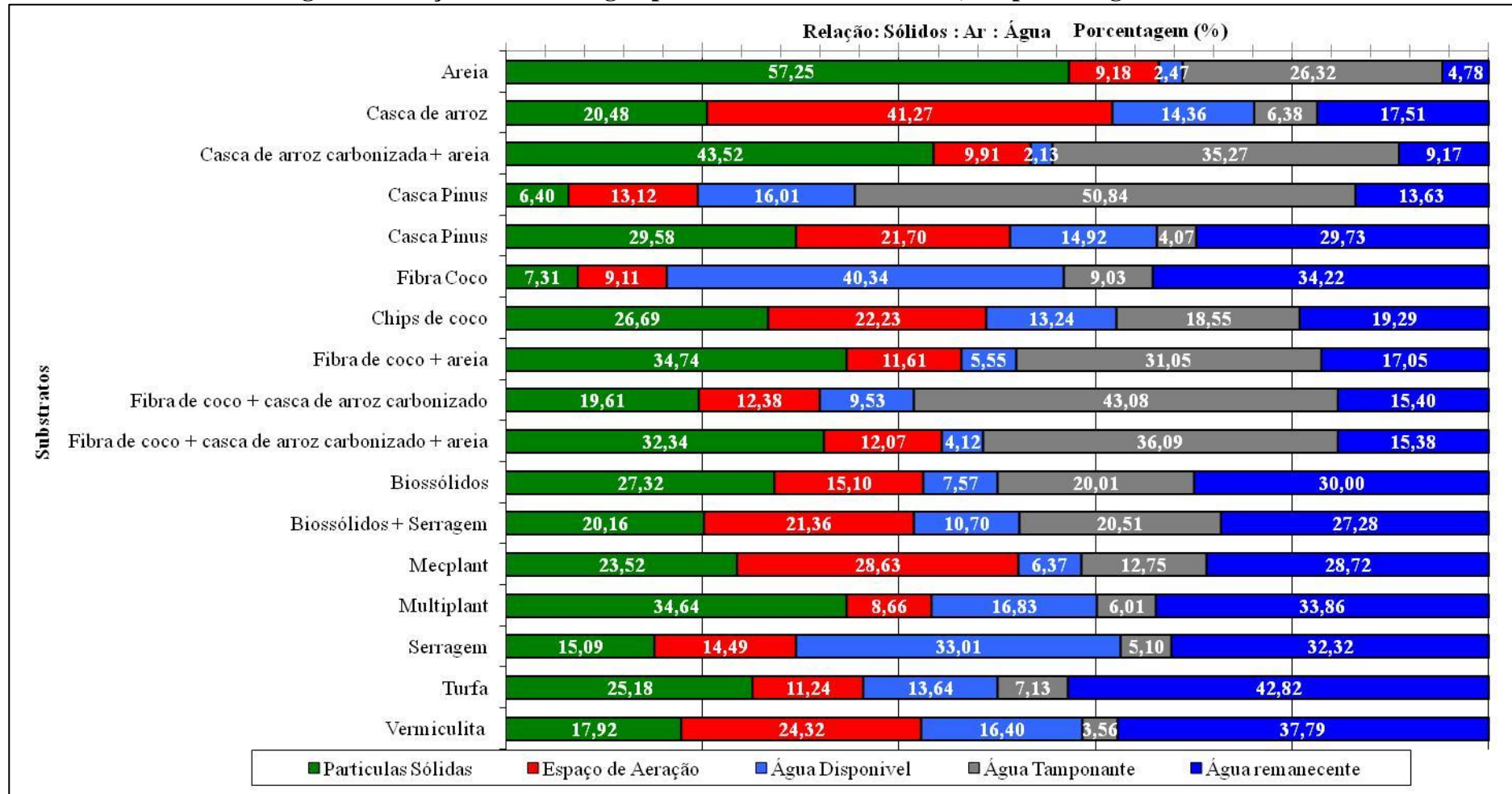
Nota-se que cada material avaliado possui uma particularidade, seja ela em volume de partículas sólidas, espaço de aeração ou teores de água, demonstrando a importância de se determinar a semelhança entre os mesmos e separá-los por classes de acordo com cada parâmetro.

A mistura de matérias é benéfica, pois observando na Figura 1 os parâmetros do biossólido comparado à mistura biossólido + serragem nota-se que a adição de serragem ao biossólido propiciou uma redução no volume de partículas sólidas aumentando assim positivamente a porosidade total. A mistura ainda propiciou mais benefícios com o aumento dos parâmetros físicos: espaço de aeração em 6,26% (Biossólido, 15,10% e biossólido + serragem, 21,36%), de 3,13% para a água disponível (Biossólido, 7,57% e biossólido + serragem, 10,70%), ainda manteve estável a água tamponante (Biossólido, 20,01% e biossólido + serragem, 20,51%) e reduziu a água remanescente em 2,72% (Biossólido, 30,00% e biossólido + serragem, 27,28%).

Outra mistura de materiais que houve acréscimos significativos nos parâmetros físicos foi a dos materiais areia e fibra de coco, onde a fibra propiciou uma redução de 22,51% no volume de partículas sólidas (areia, 57,25% e areia + fibra de coco, 34,74%) aumentando assim a porosidade total da mistura, houve ainda aumento no volume de espaço de aeração em 2,43% (areia, 9,18% e areia + fibra de coco, 11,61%), de 3,08% para água disponível (areia, 2,47% e areia + fibra de coco, 5,55%), de 4,73% para água tamponante (areia, 26,32% e areia + fibra de coco, 31,05%), e de 12,27% para água remanescente (areia, 4,78% e areia + fibra de coco, 17,05%).

Assim a fibra de coco adicionou maior capacidade de retenção de água à mistura, pois a capacidade total da areia é de 33,57%, enquanto que a fibra de coco pode reter até 51,08% proporcionando a mistura final uma retenção de 53,65%, sendo 20,08% superior ao volume observado na areia pura. Pode-se observar que em todas as misturas houve interação entre os parâmetros físicos, ocorrendo uma mesclagem harmoniosa entre os mesmos e proporcionando um equilíbrio entre os parâmetros e substratos com melhor qualidade física.

Figura 1-Relação sólidos:ar:água para cada material avaliado, em porcentagem. Botucatu/SP.



4.2 Porosidade total dos materiais analisados.

Na Tabela 2 estão dispostos os resultados dos volumes de porosidade total determinados para cada tipo de material.

Segundo Bettiol e Camargo (2000) a determinação da porosidade total de um substrato é de grande importância, pois a quantidade de poros influencia diretamente o volume de ar e a capacidade de retenção de água.

De acordo com Hiller (1998), a capacidade de retenção de água e nutrientes é diretamente influenciada pelo volume de microporos, enquanto que o espaço de aeração, capacidade de infiltração e aeração do meio poroso é influenciada pelos macroporos.

Um bom substrato deve apresentar como valor ideal para porosidade total em torno de 85% (DE BOODT e VERDONCK, 1972; VERDONCK e GABRIELS, 1988; CARRIJO et al., 2002).

Nota-se na Tabela 2 e Figura 2 que os substratos casca de pinus grossa, chips de coco, fibra de coco + casca de arroz carbonizada, serragem e vermiculita apresentaram valores de porosidade total em torno dos 85% descritos por De Boodt e Verdonck (1972), Verdonck e Gabriels (1988) e Carrijo et al. (2002), como ideal para um substrato.

Tabela 2 - Porosidade total dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.

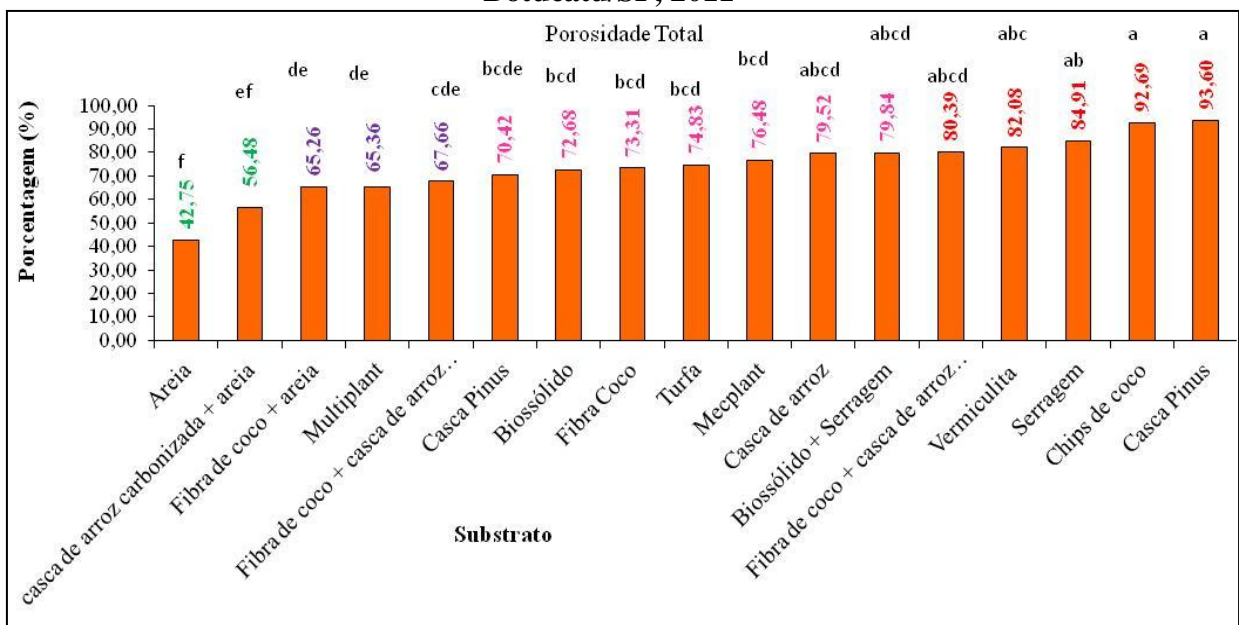
Substrato	Porosidade Total
Areia grossa	42,75 f
Biossólido	72,68 bcd
Biossólido + Serragem	79,84 abcd
Casca de arroz carbonizada	79,52 abcd
Casca de arroz carbonizada + areia	56,48 ef
Casca de pinus grossa	93,60 a
Casca de pinus média	70,42 bcde
Chips de coco	92,69 a
Fibra de coco	73,31 bcd
Fibra de coco + areia grossa	65,26 de
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada	80,39 abcd
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa	67,66 cde
Mecplant	76,48 bcd
Multiplant	65,36 de
Serragem	84,91 ab
Turfa	74,83 bcd
Vermiculita	82,08 abc

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que a menor porosidade total determinada foi de 42,75% para a areia, enquanto que o maior volume de poros encontrado foi de 93,60%, apresentando uma variação de 50,85%.

Observa-se na Figura 2 que a casca de arroz carbonizada apresenta porosidade total de 79,52%, cujo valor se encontra semelhante ao descrito por Kratz (2011) que observou a porosidade total de 72%, Steffen (2008) observou 80,1% e Schmitz et al. (2002), a porosidade de 85%, entretanto Stringuetha et al. (1999), descreve que a porosidade total da casca de arroz utilizada por ele apresentava 65,18% de volume de poros e Mello (2006) cerca de 90%, demonstrando uma variação de 24,82%, tal fato possivelmente pode ter ocorrido pela diferença granulométrica das cascas de arroz cultivadas em regiões diferentes do País, diferentes cultivares de arroz e consequentemente diferentes tamanhos de grãos ou ainda diferentes sistemas de cultivos seja elas em sequeiro ou de forma inundada.

Figura 2 - Porosidade total dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011



O biossólido apresentou porosidade total de 72,68% enquanto que Paulino et al. (2008a), observou porosidade de 59,3%, uma diferença de 13,38%.

Segundo Paulino et al. (2008a), a turfa apresenta porosidade de 74,8%, valor semelhante ao observado na Figura 2.

Pode-se observar que a areia apresenta volume de poros de 42,75%, valor este que está de acordo com o descrito por Schmitz et al. (2002), e Paulino et al. (2008a), que observaram o valor de 42%.

O valor observado para a casca de pinus média de 70,42% esta semelhante ao relatado por Paulino et al. (2008a), que é de 70%.

Segundo Mello (2006) o substrato Multiplant apresentou porosidade de 75%, enquanto que o observado neste estudo foi de 65,36%, cerca de 9,64% de diferença.

Mello (2006) observou para a fibra de coco o volume de poros de 94% e Noguera et al. (2000), 95,9%, entretanto o valor determinado neste estudo foi de 73,31%, variando a porosidade em cerca de 20,69%.

A serragem apresentou o valor de 84,91%, que é semelhante ao relatado por Paulino et al. (2008a), de 84%.

A mistura de fibra de coco + casca de arroz carbonizada apresentou porosidade total de 80,39%, entretanto Kratz (2011) observou o valor de 90% de porosidade, variando cerca de 9,61%.

Pode-se verificar semelhança entre os diversos materiais estudados, analisando estatisticamente os materiais (Tabela 2) notou-se que se pode separar os materiais por volumes de porosidades em 4 faixas, sendo elas: de 40 a 60% ; 60 a 70% ; 70 a 80% e maiores que 80%. Os substratos que preenchem o requisito de cada faixa de porosidade são : para a faixa de 40 a 60% de porosidade total os substratos que se enquadram são a areia grossa e Multiplant; para a faixa de 60 a 70% são a fibra de coco + areia grossa e fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa, de 70 a 80% são os materiais casca de pinus média, turfa, meclant, fibra de coco, bio sólido, fibra de coco + casca de arroz carbonizada, casca de arroz carbonizada e bio sólido + serragem, enfim os substratos com maior que 80% de porosidade são vermiculita, serragem, chips de coco e casca de pinus grossa. Todos os materiais de cada faixa não diferem entre si, sendo assim semelhantes fisicamente quanto ao parâmetro porosidade total.

4.3 Volume de partículas sólidas dos materiais analisados.

Na Tabela 3 estão dispostos os resultados dos volumes de partículas sólidas de cada material analisado.

Observa-se na Tabela 3 que o menor volume de partículas sólidas encontrado foi para o material chips de coco com apenas 7,31% do volume total, enquanto que o material com maior concentração de sólidos foi a areia grossa com 57,25%, havendo uma variação de 49,94%. Quanto menor o volume de partículas sólidas, maior será a porosidade total e diretamente menor será a densidade do material.

Segundo Paulino et al. (2008a), a turfa utilizada em seu estudo apresentou o volume de partículas sólidas de 25,2%, muito semelhante ao caracterizado neste estudo que foi de 25,18%.

Tabela 3 - Volume de partículas sólidas dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.

Substrato	Partículas Sólidas
Casca de pinus grossa	6,40 f
Chips de coco	7,31 f
Serragem	15,09 ef
Vermiculita	17,92 def
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada	19,61 cdef
Biossólido + Serragem	20,16 cdef
Casca de arroz carbonizada	20,48 cdef
Mecplant	23,52 cde
Turfa	25,18 cde
Fibra de coco	26,69 cde
Biossólido	27,32 cde
Casca de pinus média	29,58 bcde
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa	32,34 bcd
Multiplant	34,64 bc
Fibra de coco + areia grossa	34,74 bc
Casca de arroz carbonizada + areia	43,52 ab
Areia grossa	57,25 a

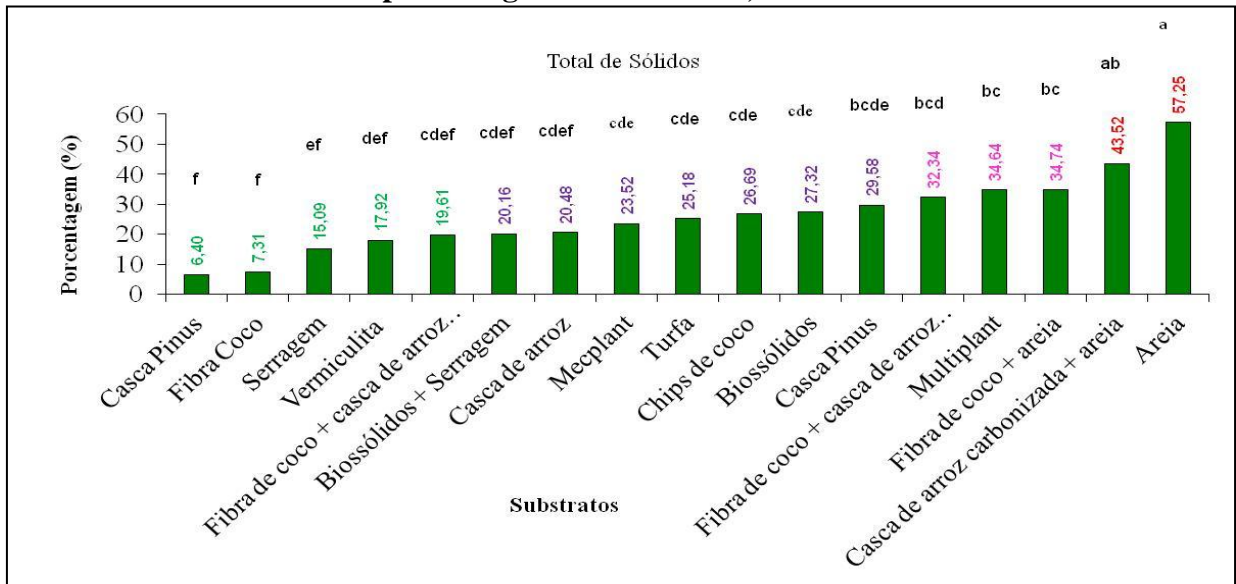
*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O biossólido apresentou 27,32% do volume constituído por partículas sólidas, entretanto Paulino et al. (2008a), caracterizou o biossólido e observou o volume de 40,7% de sólidos, havendo uma variação de 13,38%.

A casca de pinus com granulometria média apresentou 29,58% de partículas sólidas, valor este semelhante ao descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 29,6%, entretanto Sanches (2009) observou o valor de 61,5% de partículas, havendo uma diferença de 31,92%. Tal fato pode ter ocorrido devido à granulometria média não descrever numericamente o tamanho de partículas, podendo ocorrer misturas de cascas de diferentes tamanhos e espessuras.

Para serragem os valores obtidos no estudo foram semelhantes ao de Paulino et al. (2008a), que foi de 15,0%. Tal fato também foi observado para areia grossa, já que as análises demonstraram um volume de partículas de 57,25% e Paulino et al. (2008a), relataram que a areia caracterizada por eles apresentou 58,0% de sólidos.

Figura 3 - Volume de partículas sólidas nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.



A análise estatística (Tabela 3) do volume de partículas sólidas dos materiais demonstra que pode-se separá-los em 4 faixas, sendo elas: $\leq 20\%$, 20 a 30%, 30 a 40% e $\geq 40\%$. Os materiais semelhantes que se adequam a cada faixa são: $\leq 20\%$ - casca de pinus grossa, chips de coco, serragem, vermiculita, fibra de coco + casca de arroz carbonizada, biossólido + serragem e casca de arroz carbonizada; de 20 a 30% - fibra de coco + casca de arroz carbonizada, biossólido + serragem, casca de arroz carbonizada, mecplant, turfa, fibra de coco, biossólido e casca de pinus média; de 30 a 40% - fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa, Multiplant, e fibra de coco + areia grossa; e para $\geq 40\%$ - casca de arroz carbonizada + areia e areia grossa.

4.4 Espaço de aeração dos materiais analisados.

Na Tabela 4 podem-se observar os resultados das análises físicas dos materiais quanto ao parâmetro espaço de aeração.

Nota-se que o menor espaço de aeração observado foi para o substrato Multiplant com volume de 8,66%, enquanto que o maior analisado foi de 41,27% para a casca de arroz carbonizada, ocorrendo um diferença de 32,61% entre ambas.

Segundo Penningsfeld (1983) e Berjón e Murray (2000) um bom substrato deve apresentar cerca de 20 a 30% de aeração. Desta maneira nota-se entre os materiais analisados que o biossólido, biossólido + serragem, casca de pinus média, fibra de coco, vermiculita e o

substrato comercial mecplant se enquadram nesta faixa considerada como ideal. Segundo Schmitz et al. (2002), valores elevados de espaço de aeração podem causar deficiência hídricas para as plantas, tal fato pode ocorrer neste estudo para o material casca de arroz carbonizada que possui 41,27% de espaço de aeração, estando 11,27% acima do valor máximo como sendo ideal que é de 30% segundo Penningsfeld (1983) e Berjón e Murray (2000).

Tabela 4 - Espaço de aeração nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.

Substrato	Espaço de Aeração
Multiplant	8,66 g
Chips de coco	9,11 g
Areia grossa	9,18 g
Casca de arroz carbonizada + areia	9,91 g
Turfa	11,24 fg
Fibra de coco + areia grossa	11,61 efg
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa	12,07 defg
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada	12,38 defg
Casca de pinus grossa	13,12 defg
Serragem	14,49 cdefg
Biossólido	15,10 cdefg
Biossólido + Serragem	21,36 bcdef
Casca de pinus média	21,70 bcde
Fibra de coco	22,23 bcd
Vermiculita	24,32 bc
Mecplant	28,63 b
Casca de arroz carbonizada	41,27 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Figura 4 pode-se notar visivelmente a variabilidade dos volumes dos materiais analisados.

A fibra de coco possui 22,23% de espaço de ar, valor este semelhante ao volume descrito por Mello (2006) que foi de 29%, entretanto Noguera et al. (2000), a fibra de coco possui espaço de aeração de 45,3%, havendo uma diferença de 23,07% com relação ao valor observado no estudo.

Steffen (2008) caracterizando a casca de arroz carbonizada observou o volume de espaço de aeração em 67,9%, valor este semelhante ao encontrado por Schmitz et al. (2002), e Mello (2006) que foi de 67%, entretanto Carrijo et al., (2003), Carrijo et al. (2004), e Kratz, (2011) relatam que a casca utilizada por eles apresentou cerca de 42% de capacidade de aeração, entretanto neste estudo a casca de arroz carbonizada apresentou um volume de

espaço de aeração de 41,27%, havendo uma diferença de 26,63% em relação ao maior valor descrito por Steffen (2008).

A mistura fibra de coco com casca de arroz carbonizada apresentou o volume de espaço de aeração de 12,38%, o que difere do relatado por Kratz (2011) que foi de 57%, havendo uma diferença de aproximadamente 45%.

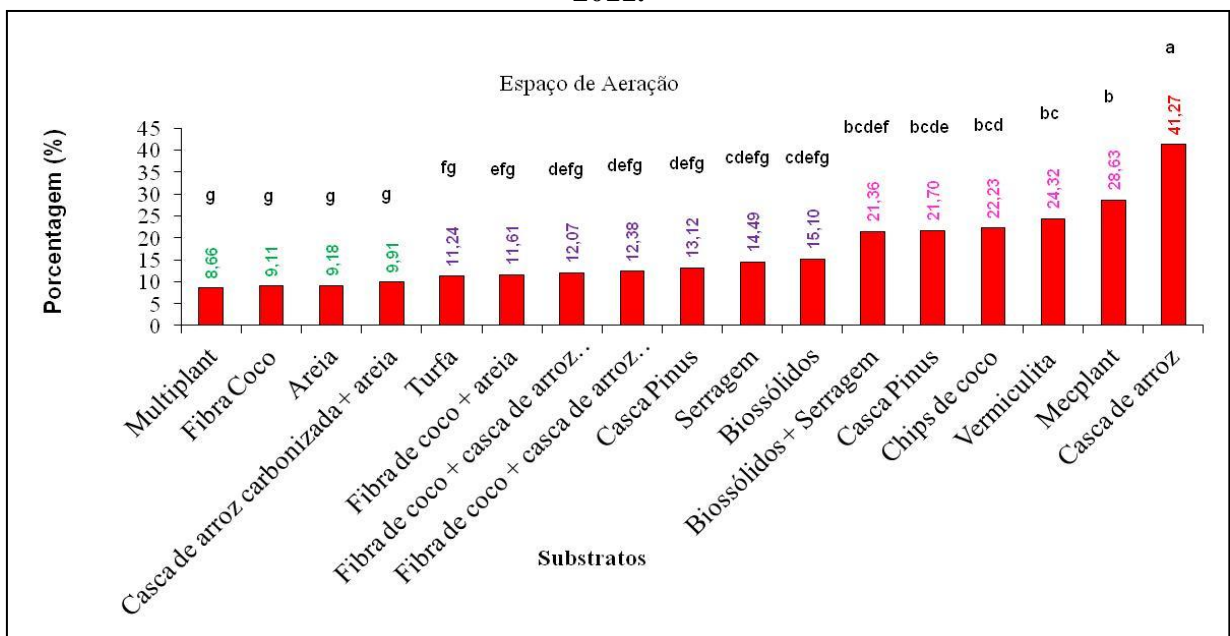
O valor de espaço de aeração obtido para a casca de pinus média foi o mesmo descrito por Paulino et al. (2008a), que foi 21,7%, entretanto Sanches (2009) caracterizou a casca de pinus e observou um volume de aeração de apenas 14%, ocorrendo uma diferença de 7,7%.

O bio sólido analisado possui 15,10% de espaço de aeração, enquanto que Paulino et al. (2008a), relata que o mesmo material apresentou 21,30%, nota-se uma variação de 6,2%.

O volume de aeração da turfa (11,24%) foi semelhante ao descrito por Paulino et al. (2008a), que é de 11,2%.

A areia grossa apresenta um espaço de aeração de 9,18%, valores semelhantes foram descritos por Schmitz et al. (2002), e Paulino et al. (2008a), que foram de 12%, ocorrendo uma pequena variação de 2,82%.

Figura 4- Volume de ar nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.



Segundo Mello (2006) o volume de ar do substrato comercial Multiplant é de 19%, entretanto observou-se neste estudo um volume de 8,66%, ocorrendo uma variação de 10,34%, onde tal fato pode caracterizar diferença entre lotes do produto comercial.

O espaço de aeração determinado para a serragem (14,49%) foi semelhante ao descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 14,5%, entretanto Carrijo et al. (2003), e Carrijo et al. (2004), observaram um volume de 23,6%, havendo uma diferença de 9,11%. Tal diferença pode ocorrer devido à serragem ser um material formado por pó ou fragmentos de inúmeras espécies de árvores não apresentando uniformidade (BORTOLOZZO, 2007), onde pode ser um dos fatores que não se aplica com frequência este material na agricultura brasileira.

A análise estatística da Tabela 4 para o espaço de aeração dos materiais analisados demonstra que podem-se separá-los em 4 faixas, sendo elas: $\leq 10\%$, 10 a 20%, 20 a 30% e $\geq 30\%$. Os materiais semelhantes que se adequam a cada faixa são: $\leq 10\%$ - Multiplant, chips de coco, areia grossa e casca de arroz carbonizada + areia; de 10 a 20% - turfa, fibra de coco + areia grossa, fibra de coco + casca de arroz carbonizada, areia grossa, fibra de coco + casca de arroz carbonizada, casca de pinus grossa, serragem e biossólido, de 20 a 30% - biossólido + serragem, casca de pinus média, fibra de coco, vermiculita e Mecplant e por fim $\geq 30\%$ - casca de arroz carbonizada.

4.5 Volume de água disponível dos materiais analisados.

Na Tabela 5 podem-se observar os valores encontrados para o parâmetro avaliado água disponível dos diferentes materiais.

Nota-se que o menor volume de água disponível avaliado foi de 2,13% para a casca de arroz carbonizada + areia, enquanto que o maior caracterizado foi de 40,34% para o chips de coco, ocorrendo uma elevada variação de 38,21%.

Segundo Berjón e Murray (2000) um bom substrato deve apresentar o volume de 20 a 30% de água disponível, entretanto De Boodt e Verdonck (1972) relatam que a faixa ideal seria de 24 a 40% de água disponível. Os únicos materiais que se enquadram na faixa como ideal descrita por De Boodt e Verdonck (1972) e Berjón e Murray (2000) são a serragem (33,01%) e o chips de coco (40,34%), onde todos os demais materiais analisados apresentaram volumes inferiores a 20%.

Nota-se tanto na Tabela 5 quanto na Figura 5 que boa parte dos materiais avaliados apresentaram valores da capacidade de retenção de água disponível entre a faixa de 2 a 16%.

O volume de água disponível observado na turfa (13,64%) foi semelhante ao descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 13,6%.

A mistura de fibra de coco com casca de arroz carbonizada apresentou um volume de água disponível de 9,53%, entretanto Kratz (2011) descreve a mesma mistura de materiais com volume de 33%, havendo diferença entre ambos de 23,47%.

Tabela 5- Volume de água disponível dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.

Substrato	Água Disponível
Casca de arroz carbonizada + areia	2,13 i
Areia grossa	2,47 hi
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa	4,12 ghi
Fibra de coco + areia grossa	5,55 ghi
Mecplant	6,37 fghi
Biossólido	7,57 efghi
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada	9,53 defgh
Biossólido + Serragem	10,70 cdefg
Fibra de coco	13,24 cdef
Turfa	13,64 cde
Casca de arroz carbonizada	14,36 cde
Casca de pinus média	14,92 cd
Casca de pinus grossa	16,01 cd
Vermiculita	16,40 cd
Multiplant	16,83 c
Serragem	33,01 b
Chips de coco	40,34 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A casca de pinus média apresentou o volume de 14,92%, cujo valor semelhante foi descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 14,5%, entretanto Sanches (2009) relata que a casca de pinus possui 3,7% de água disponível, ocorrendo uma variação de 11,22%.

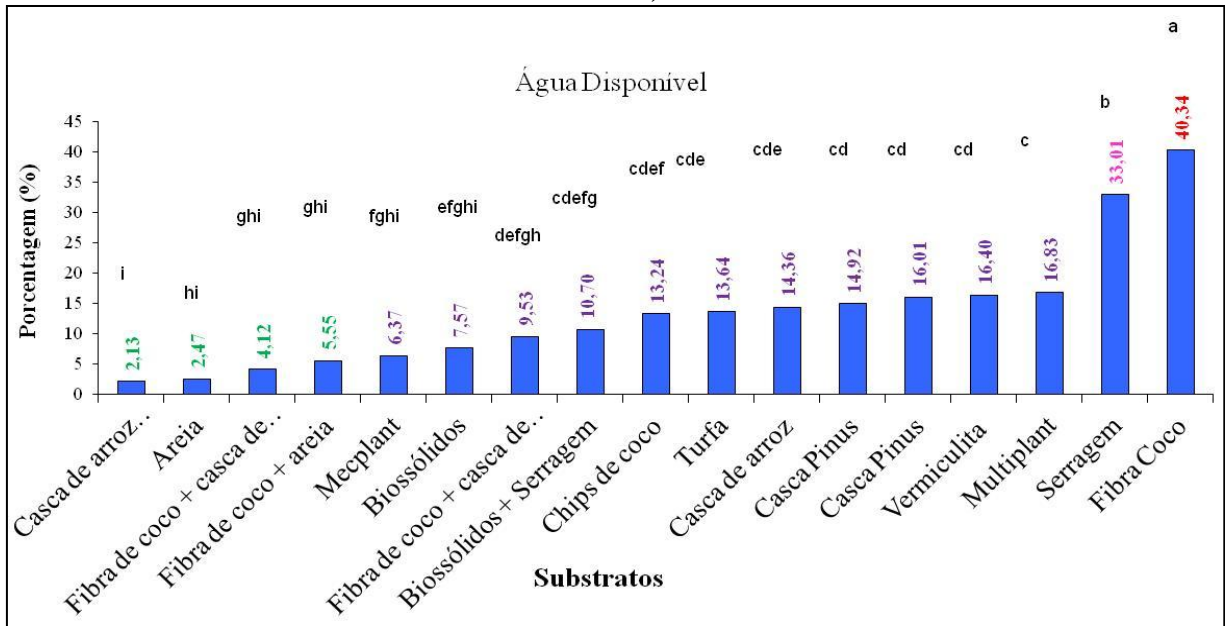
Segundo Paulino et al. (2008a), o biossólido possui cerca de 15,4% de água disponível, entretanto neste estudo foi determinado o volume de 7,57%, cerca de 7,83% de variação.

A fibra de coco apresenta 13,24% de água disponível para a planta, valor este semelhante ao encontrado por Nogueira et al. (2000), que foi de 18,6%, entretanto Mello (2006) caracterizou a fibra de coco contendo 39%, havendo variação de 25,76%.

Segundo Mello (2006) o substrato comercial Multiplant possui 30% de água disponível, porém neste estudo foi observado o volume de 16,83%, cerca de 13,17% de variação.

A serragem apresentou o volume de 33,01% de água disponível, valor este semelhante aos descritos por Paulino et al. (2008a), que foi de 31,9%, e Carrijo et al. (2003), e Carrijo et al. (2004), que foram de 29,9%, havendo uma pequena variação de 3,11% em relação ao volume determinado neste estudo.

Figura 5- Volume de água disponível nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.



A areia grossa apresentou um volume de 2,47% que difere totalmente do descrito por Paulino et al. (2008a), que é 20,0% e Schmitz et al. (2002), com 26% de água disponível.

A casca de arroz carbonizada apresentou 14,36% de água disponível, valor este semelhante ao descrito por Mello (2006) que foi de 14% e Carrijo et al. (2003), e Carrijo et al. (2004), com volume de 13,2%, entretanto Schmitz et al. (2002), observou o volume de 9%, Steffen (2008) de 6,9%, e Kratz (2011) de 6%, ocorrendo assim variação de 8,36% entre o maior e menor volume descrito.

De acordo com a análise estatística na Tabela 5 do volume de água disponível dos materiais analisados demonstram que podem-se separá-los em 4 faixas, sendo elas: $\leq 10\%$, 10 a 20%, 20 a 40% e $\geq 40\%$. Os materiais semelhantes que se adequam a cada faixa são: $\leq 10\%$ - casca de arroz carbonizada + areia, areia grossa, fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa, fibra de coco + areia grossa, Mecplant, biossólido e fibra de coco + casca de arroz carbonizada; de 10 a 20% - biossólido + serragem, fibra de coco, turfa, casca de arroz

carbonizada, caca de pinus média, casca de pinus grossa e vermiculita; de 20 a 40% - serragem e por fim \geq a 40% - chips de coco.

4.6 Volume de água tamponante dos materiais analisados.

Na Tabela 6 estão descritos os volumes de água tamponante para cada material analisado.

Pode-se notar que o menor volume observado foi de 3,56% para a vermiculita, enquanto que o maior foi de 50,84% para a casca de pinus grossa, havendo uma variação de 47,28%.

Tabela 6- Volume de água tamponante dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.

Substrato	Água Tamponante
Vermiculita	3,56 g
Casca de pinus média	4,07 g
Serragem	5,10 g
Multiplant	7,13 fg
Casca de arroz carbonizada	6,01 fg
Turfa	6,38 fg
Chips de coco	9,03 efg
Mecplant	12,75 efg
Fibra de coco	18,55 def
Biossólido	20,01 de
Biossólido + Serragem	20,51 de
Areia grossa	26,32 cd
Fibra de coco + areia grossa	31,05 bcd
Casca de arroz carbonizada + areia	35,27 bc
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa	36,09 bc
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada	43,08 ab
Casca de pinus grossa	50,84 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

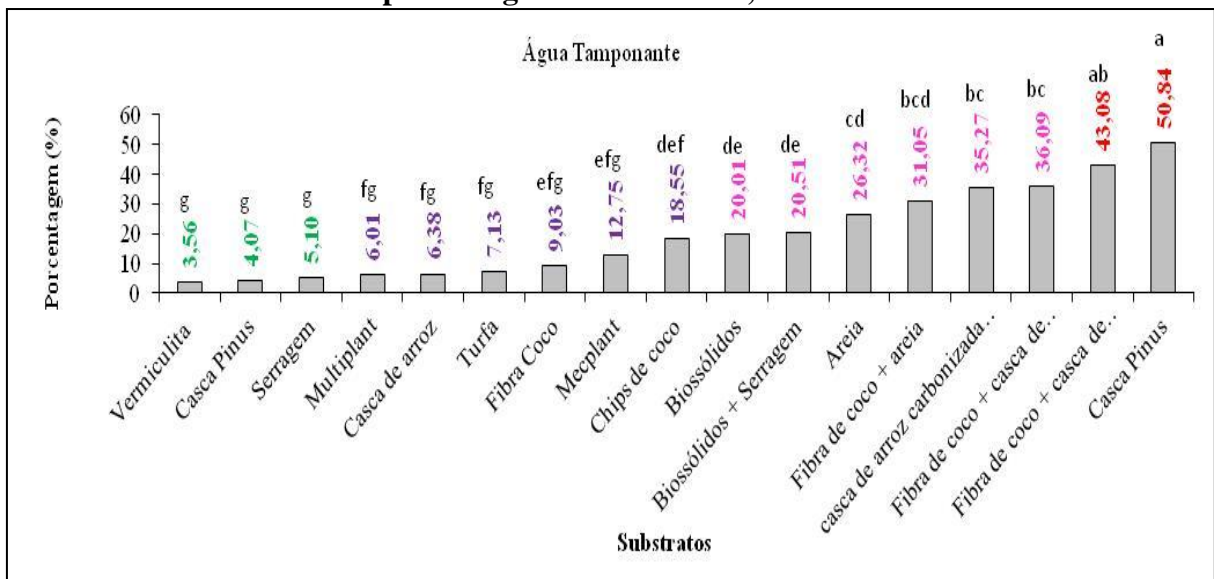
Na Figura 6 pode-se observar com clareza a variação entre os materiais analisados.

A mistura fibra de coco com casca de arroz carbonizada apresentou um volume de 43,08% de água tamponante, enquanto que Kratz (2011) relata que a mesma formulação proporcionou apenas 13% do volume total, ocorrendo assim uma variação de 30,08%.

Para a casca de arroz carbonizada foi observado o volume de 6,01% de água tamponante, entretanto Kratz (2011) relatou um fato distinto quando disse que observou quantidades ínfimas de água tamponante na casca de arroz carbonizada.

A casca de pinus apresentou um volume de água tamponante de 4,07%, onde este valor é semelhante ao descrito por Sanches (2009) que foi de 3,5% e Paulino et al. (2008a), que foi de 4,5%, ocorrendo um pequena variação de 1% entre o menor e maior volume descrito.

Figura 6- Volume de água tamponante nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.



Paulino et al. (2008a), avaliando o biossólido observaram o volume de 4,72% de água tamponante, entretanto neste estudo o mesmo material apresentou 20,01%, ocorrendo uma variação de 15,29%.

A turfa apresentou volume de 6,38%, cujo é semelhante ao valor descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 7,1%.

A mesma semelhança foi observada para a serragem, pois no estudo o volume determinado de água tamponante foi de 5,10% e Paulino et al. (2008a), foi de 6,2%.

Para a areia Paulino et al. (2008a), observaram o volume de 6,0% de água tamponante, entretanto distintamente neste estudo a areia grossa demonstrou um volume de 26,32%, cerca de 20,32% de variação.

De acordo com a análise estatística na Tabela 6 do volume de água tamponante dos materiais analisados demonstram que podem-se separá-los em 4 faixas, sendo elas: $\leq 6\%$, 6 a 20%, 20 a 40% e $\geq 40\%$. Os materiais semelhantes que se adéquam a cada faixa são: $\leq 6\%$ - vermiculita, casca de pinus média, serragem, Multiplant, casca de arroz carbonizada; de 6 a

20% - casca de arroz carbonizada, turfa, chips de coco, Mecplant, fibra de coco, biossólido e biossólido + serragem; de 20 a 40% - biossólido, biossólido + serragem, areia grossa, fibra de coco + areia grossa, caca de arroz carbonizada + areia grossa e fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa; e por fim \geq a 40% - fibra de coco + casca de arroz carbonizada, e casca de pinus.

4.7 Volume de água remanescente dos materiais analisados.

Na Tabela 7 estão descritos os volumes de água remanescente dos materiais avaliados.

Pode-se observar que o menor volume encontrado foi o de 4,78% para a areia grossa, enquanto que o maior foi de 42,82% para a turfa, havendo 39,04% de variação entre os materiais analisados.

Tabela 7- Volume de água remanescente dos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011.

- Substrato	Água Remanescente
Areia grossa	4,78 g
Casca de arroz carbonizada + areia	9,17 fg
Casca de pinus grossa	13,63 efg
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa	15,38 ef
Fibra de coco + casca de arroz carbonizada	15,40 ef
Fibra de coco + areia grossa	17,05 ef
Casca de arroz carbonizada	17,51 ef
Fibra de coco	19,29 de
Biossólido + Serragem	27,28 cd
Mecplant	28,72 bcd
Casca de pinus média	29,73 bc
Biossólido	30,00 bc
Serragem	32,32 bc
Multiplant	33,86 abc
Chips de coco	34,22 abc
Vermiculita	37,79 ab
Turfa	42,82 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Berjón e Murray (2000) um bom substrato deve ter a capacidade de reter cerca de 4 a 10% de água remanescente, entretanto segundo Verdonck e Gabriels (1988) o volume ideal seria na faixa de 25 a 30%, porém volumes maiores que isso podem causar excesso de umidade para as raízes de algumas plantas. Seguindo a faixa ideal descrita por Berjón e Murray (2000) os únicos materiais dentro do ideal seriam a areia grossa e a casca de

arroz carbonizada + areia, entretanto para a faixa descrita por Verdonck e Gabriels (1988) seriam idéias os materiais bio sólido + serragem, Mecplant, casca de pinus média e bio sólido. Os materiais serragem, Multiplant, chips de coco, vermiculita e turfa seriam inadequados seguindo a faixa ideal de Verdonck e Gabriels (1988), pois os volumes avaliados são superiores a 30% podendo causar o excesso de umidade.

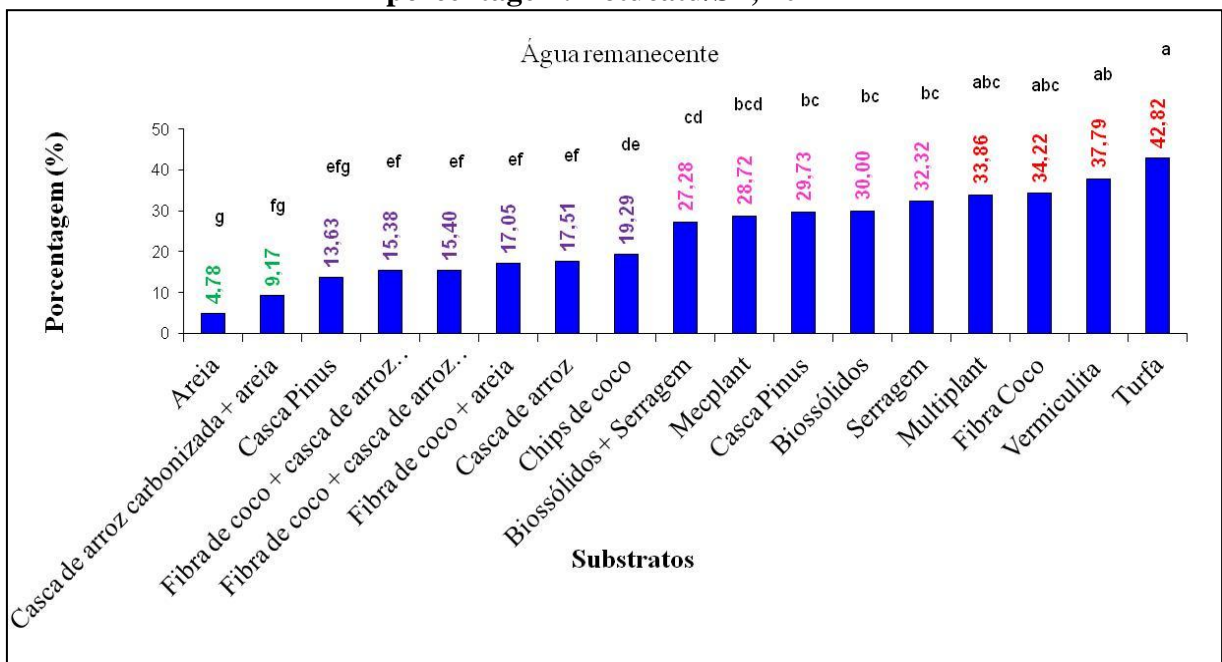
Na Figura 7 podem-se observar os volumes de água remanescente para cada material.

O bio sólido apresentou 30% de água remanescente, entretanto Paulino et al. (2008a), relataram que um volume de 17,8%, cerca de 12,2% de variação.

Para a casca de arroz carbonizada o volume determinado de água remanescente foi de 17,51%, entretanto este volume difere dos demais encontrados em literatura, já que Schmitz et al. (2002), descreve para casca o volume de 9%, Kratz (2011) de 7%, Steffen (2008) de 5,3% e Carrijo et al. (2003), e Carrijo et al. (2004), um volume de 2,2%, havendo assim uma variação de 15,31% entre o maior e menor valor descrito.

Segundo Kratz (2011) a mistura fibra de coco com casca de arroz carbonizada apresenta um volume de água remanescente de 2%, entretanto foi observado neste estudo um volume de 15,40%, cerca de 13% superior.

Figura 7- Volume de água remanescente nos materiais analisados, em porcentagem. Botucatu/SP, 2011



O volume determinado neste estudo para a casca de pinus média foi de 29,73%, valor este que é semelhante ao descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 29,7%, porém Sanches

(2009) observou um volume de água remanescente de 17,2%, havendo uma variação de 12,53%.

A turfa apresentou volume (42,82%) semelhante ao descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 42,8%.

A serragem também apresentou volume (32,32%) semelhante ao descrito por Paulino et al. (2008a), que foi de 32,3, entretanto Carrijo et al. (2003), e Carrijo et al. (2004), observaram um volume de 7,5% de água tamponante, cerca de 24,82% de variação.

A areia apresenta volume de água remanescente de 4,78%, valor este semelhante aos descritos por Schmitz et al. (2002), e Paulino et al. (2008a), que foi de 4%.

A análise estatística (Tabela 3) do volume de água remanescente dos materiais demonstra que pode-se separá-los em 4 faixas, sendo elas: $\leq 13\%$, 13 a 20%, 20 a 32% e $\geq 32\%$. Os materiais semelhantes que se adequam a cada faixa são: $\leq 13\%$ - areia grossa, casca de arroz carbonizada + areia e casca de pinus grossa; de 13 a 20% - casca de pinus grossa, fibra de coco + casca de arroz carbonizada + areia grossa, fibra de coco + casca de areia carbonizada, fibra de coco + areia grossa, casca de arroz carbonizada e fibra de coco; de 20 a 32% - bio sólido, e serragem; e para $\geq 32\%$ - serragem, Multiplant, chips de coco, vermiculita e turfa.

5 CONCLUSÃO

Experimentalmente, as misturas de materiais favoreceram para melhorar os parâmetros físicos do produto final.

A relação sólidos:ar:água se mostra eficiente para a determinação dos parâmetros volume de partículas sólidas, espaço de aeração, água disponível, água tamponante e água remanescente, sendo ainda de fácil compreensão através das cores distintas.

Sugere-se que em próximos estudos realize experimentos agronômicos com materiais semelhantes para observar os efeitos, já que ocorrem interferências biológicas, morfológicas e meteorológicas sob o cultivo das plantas, sendo a característica física do substrato é apenas um dos fatores, que afeta diretamente o desenvolvimento vegetativo e conseqüentemente a produtividade da cultura.

As faixas determinadas neste estudo para cada parâmetro avaliado pode servir como ferramenta para a formulação de substratos comerciais, entretanto faz-se necessário realizar estudos para confecção de modelos matemáticos que auxiliem ao fabricante a realizar formulas com determinadas características físicas e depois realizar testes em laboratório para comprova-lás.

O estudo mostrou que há semelhança entre os diferentes tipos de materiais avaliados quanto as suas características físicas como porosidade total, volume de partículas sólidas, espaço de aeração, água disponível, água tamponante e água remanescente.

Preços dos substratos

- Areia R\$ 42,00m³

- Biossólido R\$ 55,00 tonelada atualmente o lodo é gratuito, pagando-se somente o frete, porem não pode ser utilizado em uma serie de culturas. Só foi utilizado como grande potencial para o futuro já que é uma fonte inesgotável.

- Casca de arroz R\$ 75,00 m³

- Casca de pinus R\$ 50,00 m³

- Fibra de coco R\$150,00 m³

- MecPlant R\$ 186,7 m³

- Serragem R\$ 33,00 m³

- Terra do Paraíso R\$ 197,80 m³

- Turfa R\$ R\$ 42,90 m³

- Vermiculita R\$ 239,90 m³

REFERÊNCIAS

- ABAD M.B.; NOGUERA P.M.; CARRIÓN C.B. *Los sustratos en los cultivos sin suelo*. In: URRESTARAZU M.G. (Ed.). **Tratado de cultivo sin suelo**. Madrid: Mundi-Prensa, p. 113-158, 2004.
- ABAD, M.B.; NOGUERA, P.M. *Los sustratos em los cultivos sin suelo*. In: GAVILÁN, M. U. (ed.) **Manual de cultivo sin suelo**. Almeria: Universidade de Almeria/Mundi-Prensa, p.137-183, 2000.
- Agenda 21 Global:** Capítulo 21 - Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos.
- AGUIAR, F.F.A. ; CHIEA, S.A.C. ; TAVARES, A.R. ; RODRIGUES, D.S. ; YOUNG, J.L.M. Avaliação de diferentes substratos na formação de mudas de *Vriesea fosteriana* L.B. Smith (Bromeliaceae). In: XII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 2009, Fortaleza. **Anais do XII Congersso Brasileiro de Fisiologia Vegetal**, 2009.
- AIRHART, D.L.; MATARELLA, N.J.; POKORNY, F.A. *Structure of processed pine bark*. **Journal of the American Society Horticultural Science** Alexandria, v.103, p.3, p.404, 1978.
- ALBUQUERQUE, M. C. F.; RODRIGUES, T. J. D.; MINOHARA, L.; TEBALDI, N. D. e SILVA, L. M. M. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Colubrina glandulosa* Perk. – Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.2, p.346-349, 1998.
- ALEM SOBRINHO, P. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. de C. T. de; MELFI, A. J.; MELO, W. J. de; MARQUES, M.O. (Ed.). **Biossólidos na Agricultura**. São Paulo: SABESP, p.7-40, 2001.
- ALMEIDA, E.F.A.; LUZ, P.B. da; LESSA, M.A.; PAIVA, P.D. de O. ALBUQUERQUE, C.J.B.; OLIVEIRA, M.V.C. de Diferentes substratos e ambientes para enraizamento de mini-ixoria (*ixoria coccínea* COMPACTA). **Ciência Agrogenica.**, Lavras/MG, v.32, n.5, p.1449-1453, 2005.
- ANDREOLI, C.V.; LARA, A.I.; FERNANDES, F. **Reciclagem de biossólidos: transformando problemas em soluções**. Curitiba: Sanepar; Finep, 288p, 1999.
- ANDRIOLO J.L. **O cultivo de plantas com fertirrigação**. Santa Maria: UFSM, 47 p., 1996.
- ANDRIOLO, J. L. et al. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 215-219, 1999.
- ARAÚJO, J. A. C. de; FACTOR, T. L.; VILLELA JÚNIOR, L. V. E.; ARAÚJO, J. P. C. de. Qualidade de frutos de pimentão cultivado em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, jul. 2003.

ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de biossólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Revista Ambiente**, Irati, v.5, n.2., 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Resíduos Sólidos: Classificação - NBR 10004**. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

BACKES, M. A.; KÄMPF, A. N.; BORDAS, J. M. C. Substratos para produção de plantas em viveiros. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 6., 1988, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, v.1, p.665-676, 1988.

BACKES, M.A.; KÄMPF, A.N. Substratos à base de composto de lixo urbano para a produção de plantas ornamentais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.26, n.5. p. 753-758. 1991.

BAILEY, D.A.; NELSON, P.V.; FONTENO, W.C. **Substrates pH and water quality**. Raleigh: North Carolina State University, 2000. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ph.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2011.

BATALHA, M.O.; SOUZA FILHO, H.M. de **Agronegócio no mercosul**: uma agenda para o desenvolvimento. São Paulo: Atlas, 377 p., 2009.

BAUMGARTEN, A. *Methods of chemical and physical evaluation of substrate for plants*. In: FURLANI AMC. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, p.7-15. 2002. (IAC. Documentos 70).

BERJÓN, M.A.; MURRAY, P.N. *Los substratos en los cultivos sin suelo*. In: GAVILÁN, M.U. ed. **Manual de cultivo sin suelo**. Almeria:Universidade de Almeria/Mundi-Prensa, p.137-183, 2000.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Brasília, EMBRAPA, 312 p., 2000.

BEZERRA, F.C.; BEZERRA, G.S.S. Diferentes substratos para a formação de mudas de meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, suplemento CD-ROM, julho. 2001.

BORTOLOZZO, A.R. et al. Produção de morangos no sistema semi-hidropônico. EMBRAPA Uva e vinho, **Circular técnica n. 62**, 2ed. (on line), Bento Gonçalves/RS, 2007. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/circular/cir062.pdf> Acessado em 19 de novembro de 2011.

BRANDAO, G.E.; MEDEIROS, J.X. **Programa de C e T para o desenvolvimento do agronegócio** – CNPq. In Agronegócio Brasileiro; Ciência, Tecnologia e Competitividade. (Ed.) CALDAS et al. Brasília: CNPq p.11-25, 1998.

BRASIL. **Agronegócio brasileiro**: Desempenho do comércio exterior- Brazilian agribusiness: foreign trade performance /Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília : Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 116 p. : il. (color.), 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: LAVARV/ SNAD, 365p.1992.

BRASIL. Perfil da vermiculita. Ministério de minas e energia – Secretaria de geologia, mineração e transformação mineral. **Relatório técnico n.48**. 2009 http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P28_RT48_Perfil_da_Vermiculita.pdf Acessado em 26 de novembro de 2011.

BURÉS S. **Sustratos**. Madrid: Agrotécnicas, 342 p., 1997.

BURGER, D. W.; HARTZ, T. K.; FORISTER, G. W. *Composted green waste a container medium amendment for the production of ornamental plants*. **HortScience**, v. 32, n. 1, p. 57-60, 1997.

CAMPINHOS, E. et al. Determinação do meio de crescimento mais adequado à formação de mudas de *Eucalyptus spp.* (estaca e semente) e *Pinus spp.* (sementes) em recipientes plásticos rígidos. In: Simpósio Internacional: Métodos de Produção e Controle de Qualidade De Sementes e Mudanças Florestais, Curitiba/PR, 1984. **Anais...** Curitiba, FUPEF, p.350-65, 1984.

CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 533-535, dez. 2002.

CARRIJO, O.A.; SOUZA, R.B.; MAROUELLI, W.A.; REIS, N.V.B. Plantio sucessivo de tomateiro em substratos sob cultivo protegido, 43. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 43, 2003, Recife. **Horticultura Brasileira**. Brasília : SOB, v. 21, 2003.

CARRIJO, O.A.; VIDAL, M.C.; REIS, N.V.B.; SOUZA, R.B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.05-09, jan.-mar., 2004.

CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, Piracicaba, v. 3, n.2, p.1-4, 1981.

CERQUEIRA, R.C.; OLIVEIRA, N.G. de; SANTOS, C.M.G.; FERNADES, L.M. de S.; AMARO, A.C., MACÊDO, A.C.; VIEIRA, M.R. da S.; RODRIGUES, J.D. Efeito de diferentes composições de substrato no enraizamento de porta-enxerto de videira. In: XII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal – Desafios para produção de alimentos e bioenergia. **Anais**. Fortaleza/CE. 2009.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação**. São Paulo: CETESB, 32 p., 1999 (Manual técnico).

CORREIA, D.; RIBEIRO, E.M.; LOPES, L.S.; ROSSETTI, A.G.; MARCO, C.L. Efeito de substratos na formação de porta-enxertos de *psidium guajava* L. cv. ogawa em tubetes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal/SP, v. 27, n. 1, p. 88-91, Abril 2005.

COSTA, C. A. et al. Teor de metais pesados e produção de alface adubada com composto de lixo urbano. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19 n. 1, p. 10-16, 2001.

COUTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; QUEZADA, A.C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29C

(*Prunus cerasifera* EHRH.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 125-128, 2003.

CHEN, Y.; INBAR, Y.; HADAR, Y. *Composted agricultural waste as potting media for ornamental plants*. **Soil Science**, Maryland, v. 145, n. 4, p. 298–303, 1988.

DE BOODT M; VERDONCK O. *The physical properties of the substrate in horticulture*. **Acta Horticultura** v.26; p.37-44. 1972.

DUARTE, T. da S.; PAGILA, A.G.; FERNANDES, H.S. Formulação de substratos orgânicos para produção de mudas de tomateiro. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.1, n.1, Nov. 2006.

EPSTEIN, E. *Land application of sewage sludge and biosolids*. In: CORRÊA, R.S.; FONSECA, Y.M.F.; CORRÊA, A.S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.11, n.4, p.420–426, 2007.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPel, 179 p., 1994.

FERMINO, M.H. Uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes de substratos. In: **Encontro Nacional de Substrato - ENSub** v.3, Campinas, 2002.

FERNANDES, C.; CORÁ, J.E.; BRAZ, L.T. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, 24: 42-46, 2006.

FOELKEL, E.; FOELKEL C. **Produção e uso do composto de casca de pinus**. Disponível em: http://www.celso-foelkel.com.br/pinus_11.html#cinco acessado em 19 de novembro de 2011.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

FONTENO, W. C. *Substrates in horticulture*. **Acta Horticulture**, v.342, p.93-122, 1993.

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

FREITAS, G.A. de **Avaliação de substratos e proporção de casca de arroz carbonizada para produção de mudas de alface**. Dissertação de mestrado em Agronomia, Produção Vegetal. Universidade Federal do Tocantis, Gurupi/TO, 68p., 2010.

GABRIELS, R.; VERDONCK, O.; MEKERS, O. *Substrate requirements for pot plants in recirculating water culture*. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 178, p. 93–99, 1986.

- GAULAND, D. C. S. P. **Relações hídricas em substratos à base de turfas sob uso dos condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 107 f., 1997.
- GERDING, V.; GREZ, R.; RONDANELLI, G.; *Fermentación de corteza de árboles nativos para la formación de sustratos en la producción de plantas.* **Bosque** v.15, n.2, p.1.118, 1994.
- GONÇALVES, L.M.; POGGINAI, F. Substratos para produção de mudas florestais. 13º Congresso latino Americano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, 1996. **Resumos.** Piracicaba, Sociedade latino Americana de Ciência do Solo, CD-ROM, 1996.
- GONÇALVES, R.F. **Caracterização, técnica de remoção e reciclagem agrícola do lodo de lagoas de estabilização.** Curitiba: PROSAB/FINEP, 1998. (Edital 01/96).
- GREZ, R.,V.; GERDING, F.U. *Cenizas de calderas dendroenergéticas. I Acción como enmienda alcalina en suelos ácidos de la zona sur de Chile,* **Bosque** v.13, n.2, p.33-38, 1992.
- GREZ, R.; GERDING, V. *Aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo,* **Bosque**, v.16, n.1, p.115-119, 1995.
- GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial “Casca de Tungue” como componente de substrato para plantas.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 99pp., 2002.
- GUERRINI, I.A.; TRIGUEIRO, R.M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bio-sólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p. 1069-1076, 2004.
- GUNIA, S.; ZYBURA, H. *Production of conifer seedlings in polythene tunnels on organic substrates supplied with water and nutrients by infiltration.* **Sylwan**, Warsaw, v.127, n.5, p.23-34, 1983.
- JARA, R. **Ensayos de incubación para estudiar los efectos de distintos tratamientos sobre la dinámica del nitrógeno en sustratos de roble, tepa, pino insigne y aserrín.** Tesis. Fac. Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, 75p., 1994.
- KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais.** Guaíba: Agropecuária, 254p., 2000a.
- KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In KÄMPF, A. N., FERMINO, M. H., **Substratos para Plantas: a base da produção vegetal em recipientes.** 1 ed., Porto Alegre: Gênese, p.139-146, 2000b.
- KÄMPF, A. N. Substratos para plantas: um desafio para a ciência do solo. **Revista Opinião**, v. 26, n.1, p. 5-16, 2001.
- KANASHIRO, S. **Efeitos de diferentes substratos na produção da espécie *Aechmea fasciata* (Lindley) Baker em vasos.** 1999. 79p.. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo - ESALQ, Piracicaba, SP, 1999.

KIST, G. P. et al. Tratamento físico-químico de casca de arroz para seu aproveitamento na minhocultura. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31, Gramado, RS. **Anais...** Gramado: Relação de trabalhos, 2007. 1 CD-ROM.

KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa Scabrella* Benth.** Dissertação de Mestrado em Agronomia – Dept. Eng. Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 121 p., 2011

KUEHNY, J.S.; MORALES, B. *Effects of salinity and alkalinity on pansy and Impatiens in three different growing media.* **Journal of Plant Nutrition**, v.5, n.21, p.1011-1023, 1998.

LACERDA, M.R.B.; PASSOS, M.A.A.; RODRIGUES, J.J.V. e BARRETO, L.P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduos de sisal para produção de mudas de sabiá. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.163-170, 2006.

LEGASPE, R.L. Resíduo orgânico urbano e seu (re) aproveitamento como fonte de alimentação humana, animal, compostagem e energia térmica. In: SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria.** Botucatu/SP, FEPAF, 319p., 2006.

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

LEMAINSKI, J.; SILVA, J.E. da Avaliação agrônômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.10, p.1477-1484, out. 2006.

LERIPIO, A.A. **Caracterização química e eficiência agrônômica de resíduos sólidos agroindustriais.** Pelotas/RS. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Área de Solos. Faculdade de Agronomia Eliseu Macil, UFPel, 105f., 1996.

LOPES, J.L.W.; BOARO, C.S.F.; PERES, M.R.; GUIMARÃES, V.F. Crescimento de mudas de alface em diferentes substratos. **Revista Biotemas** v.20 n.4, dezembro, 2007.

LUCAS, M.A.K.; SAMPAIO, N.V.; KOHN, E.T.; SOARES, P.F.; SAMPAIO, T.G. Avaliação de diferentes composições de substratos para a aclimação de mudas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Revista Ciência Rural**, v.8, n.1, p. 16-23, 2002.

LUDWIG, F.; FERNANDES, D.M.; SANCHES, L.V.C.; VILLAS BÔAS, R.L. Caracterização física de substratos formulados a partir de casca de pinus e terra vermelha. IV Encontro Nacional sobre Substratos para plantas – ENSUB: materiais regionais como substratos. EMBRAPA Agroindústria Tropical. **Anais...** Fortaleza/CE, 2008.

MACHADO NETO, N.B.; CUSTODIO, C.C; CARVALHO, P.R. de; YAMAMOTO, N.L.; CACCIOLARI, C. Casca de pinus: avaliação da capacidade de retenção de água e da fitotoxicidade. **Colloquium Agrariae**, v.1, n.1, p.19-24, 2005.

MAIORANO, J.A. **Utilização de substratos orgânicos comerciais na obtenção de mudas micorrizadas de limoeiro ‘cravo’ em ambiente protegido.** Dissertação de mestrado em Agricultura Tropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2003.

MALDONADO, C.A.B., **Biossólido na implantação da cultura da pupunheira: efeitos na precocidade, na produção e nos teores de nutrientes e metais pesados do palmito.** Dissertação de mestrado em agronomia – tecnologia de produção agrícola, Campinas: Instituto Agronômico, 89 fls., 2005.

MARTINEZ, H.E.P.; BARBOSA, J.G. Substratos para hidroponia. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário.** v.20, n.200/201, p.81-89, 1999.

MARTINEZ, P.F. **Manejo de substratos para horticultura.** In. Encontro Nacional de Substratos para Plantas – ENSUB: Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: IAC, p.53-76, 2002.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. ; BOVI, M. L. Efeito da posição da semente no substrato e no crescimento inicial das plântulas de palmito-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernades – Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.164-173, 1999.

MECPREC <http://www.mecprec.com.br/substratosbr.htm> Acessado em 28 de novembro de 2011.

MEDEIROS C.A.B.; STRASSBURGER A.S.; ANTUNES L.E.C. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2 (Suplemento - CD Rom), jul-ago. 2008.

MELLO, R. P. **Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 74 f., 2006.

MELO, G.H.B.; BORTOLOZZO, A.R.; VARGAS, L. Substratos. In: **Produção de morangos no sistema semi-hidropônico.** Sistemas de produção. 15. versão eletrônica. Ago./2006. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/substratos.htm> Acessado em 20 de novembro de 2011.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G.; CHELI, R.A.; LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, p. 449-455, 1994.

MILNER, L. *Water and Fertilizers management in substrates.* In: INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN, 6., Ribeirão Preto, 2001. **Proceedings...** Ribeirão Preto: ISCN, p.108-111, 2001.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura.** São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 128p., 1995.

MINAMI, K; PUCHALA, B. Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 162-163, 2000.

MONTEIRO, S.P.; SILVA, I.V.T.; OLIVEIRA, M.G.; ARAUJO, C.A. de S.; LIMA, P.C.F. Influência do substrato e da salinidade na germinação de sementes de algobora (*Prosopis juliflora* (SW.) DC.). **Reunião Nordestina de Botânica**, 27, Petrolina/PE. Anais. Petrolina SBB, Embrapa Semi-árido, UNEB, 2004. 1 CD-ROM. Resumo.

MORAES, J.R.; SCHWENGBER, J.E.; SILVA, D.R. da; STRASSBURGER, A.S. Produção de mudas de pimentão em diferentes formulações de substratos orgânicos no sistema de bandejas flutuantes. **Horticultura Brasileira**, n.28, 2010.

MORAIS, S.M.J.; ATAIDES, P.R.V.; GARCIA, D.C.; KURTZ, F.C.; OLIVEIRA, O.S.; WATZLAWICK, L.F. Uso do lodo de esgoto da Corsan – Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. **Sanare** (SANEPAR), Curitiba, v.6, n.6, p.44-49, 1996.

MÜLLER, J.J. Utilização de substratos na olericultura In: KAMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Eds). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, p.159-162, 2000.

NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. de. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, p.99-126, 1990.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. e SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do substrato na emergência, crescimento e comportamento estomático em plântulas de mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.15-18, 2003.

NOGUERA, P.A. et al. *Coconut coir waste, a new viable ecogilly – Friendly peat substitute*. **Acta Horticultural**, Wageningen, v.517, p. 279-286, 2000.

PACHECO, J.P. Estaquia de *luehea divaricata* mart. (açoita-cavalo). Dissertação de mestrado em agronomia – Sivilcutura. Universidade Estadual de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais, Santa Maria/RS, 84p., 2007.

PAULINO, M.A.; COPOLA, T.F.; SANCHES, L.V.C.; FONSECA, A.S.; VILLAS BÔAS, R.L. Avaliação da emergência de plântulas da cactácea *Mammillaria prolifera* em diferentes substratos. IV Encontro Nacional sobre Substratos para plantas – ENSUB: materiais regionais como substratos. EMBRAPA Agroindústria Tropical. **Anais...** Fortaleza/CE, 2008a.

PAULINO, M.A.; SALVADOR, H.M.; RIBEIRO, C.L.; VENDEMIATTI, R.; SANCHES, L.V.C.; LASCHI, D. Avaliação do enraizamento de *Allamanda cathartica* em diferentes substratos. IV Encontro Nacional sobre Substratos para plantas – ENSUB: materiais regionais como substratos. EMBRAPA Agroindústria Tropical. **Anais...** Fortaleza/CE, 2008b.

PENNINGSFELD, F. *Kultursubstrate fur den gartenbau, besonders in Deutschland: ein Kritischer Überblick*. **Plant and Soil**, The Hague, v.75, p. 269-281, 1983.

PETRY, C. (Org.) **Plantas ornamentais, aspectos para a produção**. Passo Fundo, Editora Universidade de Passo Fundo, 160p., 2000.

PINTO, L.V.A.; OLIVEIRA JUNIOR, J.C. Avaliação de níveis de biossólido no substrato para produção de mudas de *Solanum pseudo-quina*. In: I Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Bauru/SP. **Anais...** IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2010.

POLETTO, I.; CECONI, D.E.; SANTIN, D.; HOPPE, J.M.; MARTINS, F.B.; SCHUMACHER, M.V. Influência de diferentes tipos de turfa como substrato para produção de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rígida* (Bentham) brenan). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, v.1, fev., 2007.

PRAGANA, R. B. **Potencial do resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural do Recife, Recife, 84f., 1998.

PUCHALSHI, L. E. **Sistema de produção de mudas em plug**: propagação vegetativa de hibisco, Hibisco rosa-sinensis, L. 1999. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

QUINTANNA, N.R.G. **Análise econômica da aplicação de biossólido na agricultura**. Dissertação de mestrado em agronomia – Energia na agricultura. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu/SP, 111p., 2006.

RAIJ, B. van. Uso agrícola de biossólidos. In: I Seminário sobre Gerenciamento de Biossólidos no Mercosul, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SANEPAR; ABES, p.147-151, 1998.

RIBEIRO, C.W.; ZIGLIO, L. Produção de resíduos e sociedade de consumo. In: SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu/SP, FEPAF, 319p., 2006.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites em sua composição e uso; Exemplo da pesquisa, da indústria e do consumo. In: KAMPF, A.N.; FERMINO, M.H. Ed. **Substrato para plantas**: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Gênese, p.159-162, 2000.

RODRIGUES, T. M. **Substratos e adubação na aclimação e desenvolvimento inicial de mudas de bromélias imperial**. 2003. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia UFLA - Universidade Federal de Lavras) Lavras/MG, 2003.

ROSA, M.F. et al. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical. **Documentos**, n.52, 24 p., 2002.

SAIDELLES, F.L.F.; CALDEIRA, M.V.W.; SCHIRMER, W.N.; SPERANDIO, H.V. Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril-da-mata e garapeira. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1173-1186, 2009.

SANCHES, L.V.C. **Desenvolvimento de *Aechmea fasciata* (Bromeliaceae) em função de diferentes saturações por bases no substrato e modos de aplicação da fertirrigação.**

Dissertação de mestrado em Agronomia – Irrigação e drenagem, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. Botucatu/SP, 125 f., 2009.

SCHIE, W. van. *Standardization of substrates*. **Acta Horticulturae**, v.1, n. 481, p. 71-77, 1999.

SCHMITZ, J.A.; SOUZA, P.D.V.; KÄMPF, A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.937-944, 2002.

SETUBAL, J.W.; BEOFORT, C.C.; ASSUNÇÃO, M. da C.; NER, E.B.; PARENTE, M.B. Avaliação de substratos alternativos na produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, jul. 2003

SILVA JÚNIOR, A.A.; VISCONTI, A. Recipientes e substratos para a produção de mudas de tomate. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v. 4, n. 4, p. 20-23, 1991.

SILVA, F.C. et al. Uso agrícola de composto orgânico: controle da qualidade ambiental e informatização. In: SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu/SP, FEPAF, 319p., 2006.

SILVA, I.V.T.; OLIVEIRA, M.G.; MONTEIRO, S.P.; ARAUJO, C.A. de S.; LIMA, P.C.F. Influência do substrato e da salinidade na germinação de sementes de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) **Reunião Nordestina de Botânica**, 27, Petrolina/PE. Anais. Petrolina SBB, Embrapa Semi-árido, UNEB, 2004. 1 CD-ROM. Resumo.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. ; SHARMA, R.D. Alternativa agronômica para o bio-sólido produzido no distrito federal. II – Aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.497-503, 2002.

SILVA, K.N.; SILVA, E.A. da; SILVA, B.M.; TORQUETI, S.T. dos S.; GARCIA, F.H.S.; SILVA, E. da Crescimento do limoeiro cravo cultivado em diferentes substratos agrícolas a base de turfa e casca de arroz carbonizada. In: XIX congresso de pós-graduação da UFLA. **Anais**. Lavras/MG. 2010.

SIQUEIRA, F.F. de; BRANDAO, M.L.; PINTO, L.V.A.; SILVA, B.V.N. Efeito de diferentes adubações de cobertura na produção de mudas de *solanum granulosun-leprosun* (capoeira branca). In: **XXIII CIUFLA** – Reunião Regional da Sociedade brasileira para o progresso da ciência. Lavras/MG, 2010. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/lavras/listatodos_ciufla.htm Acessado em 27 de Novembro de 2011.

SKOUPY, J. *Utilization of waste materials in substrates for growing seedlings*. **Sbornik Vedeckeho Ustavu Vysoke Skoly Zemedelske v Praze**, n.23, p.1337, 1980.

SODRÉ, G.A. **Substratos e estaquia na produção de mudas de cacauzeiro**. Tese de doutorado em agronomia – produção vegetal, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, SP, 93p., 2007.

SOTO, N. **Efecto de la adición de nitrógeno, fósforo y ceniza en la fermentación de una mezcla de corteza de especies nativas**. Tesis. Fac. Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, 61p., 1994.

SOUZA, F.X. de. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas. CNPAI/EMBRAPA. Revista **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.46, n.406, p.11, 1993.

SMIDERLE, O. S.; MINAMI, K. Emergência e vigor de plântulas de goiabeira em diferentes substratos. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 6, n. 1, p. 38–45, 2001

SPELLING, A.C.; ARAÚJO, J.A.C. de; SANCHES, C.E.J.; VILLELA JUNIOR, L.V.E.; PINTO, S.M.E. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, jul. 2004.

STEFFEN, G.P.K. **Substratos à base de casca de arroz e esterco bovino para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de alface, tomateiro e boca-de-leão**. Dissertação de mestrado em ciência do solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 97 p., 2008

STRINGHETA, A.C.O.; CARDOSO, A.A.; LOPES, L.C.; FONTES, L.E.F. Crescimento de crisântemo em substrato contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada – II. Revista **Ceres**, v.46, n.264, 175-188p., 1999.

TABAJARA, S. M.; COLÔNIA, E. J. Casca de arroz e meio ambiente. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 39, n. 369, p. 10-12, 1986.

TAVEIRA, J.A., Fibra de coco: uma nova alternativa para formação de mudas cítricas. **Ciência Prática**, v.2, n.6, 2002.

TERRA DO PARAISO <http://www.terradoparaiso.com.br/empresa/> Acessado em 29 de novembro de 2011.

TOLEDO, A.R.M. **Efeito dos substratos na formação de mudas de laranjeiras (*Citrus sinenses* (L.) Osbeck cv *Pêra Rio*) em vasos**. 1992. 88p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

TRANNIN, I.C. de B.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M de S. Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.3, p.261-269, 2005.

TRIGUEIRO, R. de M. **Uso de biossólidos como substrato para produção de mudas de pinus e eucalipto**. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, SP. 94 f., 2002.

TRIGUEIRO, R. de M.; GUERRINI, I.A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Florestalis**, n.64, p.150-162. 2003.

TÚLLIO JUNIOR, A.A.; NOGUEIRA, R.R.; MINAMI, K. Uso de diferentes substratos na germinação e formação de mudas de pimentão (*Capsicum annum* L.). **O Solo**, n. 78, p. 15-18, 1986.

VERDONCK, O. *Reviewing and evaluation of new materiales used as susbstrates*. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 155-160, 1984.

VERDONCK, O.; GABRIELS, R. *Substrate requirements for plants*. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 221, p.19-23, 1988.

VILLAGOMEZ, A.Y.; VILLASENOR, R. R.; SALINAS, M. J. R. **Lineamento para el funcionamiento de um laboratorio de semillas**. Mexico : INIA, 128p., 1979.

WALLER, P.L ; WILSON, F.N. *Evaluation of growing media for consumer use*. **Acta Horticulturae**, v.150, p.51-58, 1984

WENDLING, I. GATTO, A. **Substratos, Adubação e Irrigação na produção de mudas** Viçosa, MG Aprenda Fácil, 166 p., 2002.

ZYLBERSZTAJN, D. Firmas, cadeias e redes de Agronegócios. In: NEVES, F.M.; ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M.E. **Agronegócio do Brasil**. São Paulo/SP, Saraiva, 152p. , 2005.

ANEXO

Anexo 1- Instrução normativa nº 17 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicada no Diário Oficial da União em 24 de maio de 2007, seção 1 página 8.

Anexo 2- Instrução normativa nº 17 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicada no Diário Oficial da União em 24 de maio de 2007, seção 1 página 9.

Botucatu, 06 de Janeiro de 2012.

Maria Júlia Carreiro Lima Ferreira

De Acordo:

Prof. Esp. Adolfo Alexandre Vernini

Prof. Dr. Osmar Delmanto Junior
Coordenador do Curso de Agronegócio