

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS UTILIZANDO
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

FRANCISCO GAUBERTO BARROS DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo da Universidade
Federal Rural de Pernambuco como
parte das exigências para obtenção
do título de Mestre em Ciência do
Solo.

**RECIFE-PE
SETEMBRO – 2006**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS UTILIZANDO
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

FRANCISCO GAUBERTO BARROS DOS SANTOS

ORIENTADOR:

JOSÉ JÚLIO VILAR RODRIGUES, Ph.D

CO-ORIENTADORES:

MARIA BETÂNIA GALVÃO DOS SANTOS FREIRE, Dra.

MARIO DE ANDRADE LIRA JÚNIOR, Dr.

RECIFE-PE, SETEMBRO DE 2006

FRANCISCO GAUBERTO BARROS DOS SANTOS

**SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS UTILIZANDO
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

Dissertação defendida e aprovada em 19 de setembro de 2006, pela
banca examinadora:

Orientador:

Prof^o. José Júlio Vilar Rodrigues - Ph.D
UFRPE

Examinadores:

Prof^o. Ondino Cleante Bataglia – Ph.D
IAC

Prof^o. Tonny José Araújo da Silva - Dr^o
UAG/ UFRPE

Prof^o. Emídio Cantídio de Oliveira Filho – Ph.D
UFRPE

A Deus que nos deu o dom da vida, nos preencheu com a liberdade, nos abençoou com a inteligência, nos deu a graça de lutarmos para a conquistas de realizações, cabe o louvor e a glória. A nós só cabe agradecer.

Rui Barbosa

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

S237s Santos, Francisco Gauberto Barros dos
Substratos para produção de mudas utilizando resíduos
agroindustriais / Francisco Gauberto Barros dos Santos -
2006.
78 f. : il.

Orientador : José Júlio Vilar Rodrigues
Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia.

Inclui anexo e bibliografia

CDD 631. 43

1. Substrato hortícola
2. Alface
3. Tomate
4. Crisântemo
5. Casca de arroz
6. Bagaço
- I.. Rodrigues, José Júlio Vilar
- II. Título

Aos meus pais Dona Lourdinha e José Paulo (in memoriam);
Aos meus irmãos e irmãs: Paulo, Fátima, Miguel, Vilma e Lúcia;
À minha esposa Inara;
Aos meus filhos e filhas: Paulinha, Victor, Lara e José Paulo;
Ao meu neto Bernardo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela constante presença em minha vida sempre iluminando o caminho.

À minha esposa Inara, que é o meu porto-seguro, e aquela que sempre segura a minha mão nos momentos difíceis.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco especialmente ao Programa de Pós Graduação de Ciência do solo, pela capacidade de ousar, acreditar e investir em um Curso Especial de Mestrado para servidores de Escolas Agrotécnicas Federais de Crato e Iguatu do Estado do Ceará e Souza da Paraíba.

À direção da Escola Agrotécnica Federal do Crato, pela visão profissional que adotou, quando estimulou a capacitação de seus servidores, dispensou apoio sempre que necessário e, oportunizou condições de trabalho que não prejudicaram as atividades do curso.

Ao meu orientador Prof. José Júlio Vilar Rodrigues, pelos ensinamentos e os segredos dos passos finais.

Aos co-orientadores Professor Mario Lira de Andrade Júnior e Professora Maria Betânia Galvão dos Santos Freire pela atenção e esclarecimentos prestados.

Ao professor André Callado, pela valiosa ajuda na metodologia da análise econômica deste trabalho.

Aos componentes da banca examinadora: Professores Ondino Cleante Bataglia, Tonny José Araújo da Silva e Emídio Cantídio de Oliveira Filho, pelas valiosas contribuições que vieram enriquecer este trabalho.

Aos colegas de Pós-Graduação. a minha amizade e o meu muito obrigado, pela parceria e pelo companheirismo de todos que persistiram junto comigo nesta caminhada e, pelo constante incentivo que me renovaram as forças.

Aos amigos que colaboraram nas atividades de laboratório e na condução dos experimentos, de modo especial à estagiária Geórgia Allana Nobre, ao MSc Moisés Alves Muniz e ao mestrando em solos da UFRPE Rogério Oliveira.

Aos funcionários da Universidade Federal Rural de Pernambuco, os quais nas pessoas de Maria do Socorro de Santana, Severino dos Ramos Bastos (“Seu Noca”): agradeço a sempre espontânea e afável acolhida, onde me trataram como parte da família.

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

	Pág.
Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Sumário.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
1. Introdução.....	01
2. Revisão da literatura.....	02
2.1 Substratos hortícolas.....	02
2.2 Casca de arroz carbonizada.....	05
2.3 Bagaço de cana de açúcar.....	06
2.4 Engaço de bananeira.....	07
2.5 Compostos orgânicos.....	08
2.6 Produção de mudas hortícolas.....	09
3. Material e Métodos.....	10
3.1 Locais dos experimentos.....	10
3.2 Formulação dos substratos.....	12
3.3 Bioensaios.....	14
3.3.1 Bioensaio 1: Enraizamento de estacas herbáceas de crisântemo (<i>Dendrathera grandiflora</i> Tzvelev) cv. Calábria.....	16
3.3.2 Bioensaio 2, 3 e 4 Produção de mudas de alface e tomate com fertirrigação e alface sem fertirrigação.....	17
3.4 Avaliações físicas dos substratos.....	18
3.4.1 Distribuição do tamanho das partículas (DTP).....	18
3.4.2 Densidade das partículas (DP).....	18
3.4.3 Densidade global (DG), porosidade total efetiva (PTE), capacidade de aeração (CA), e capacidade de recipiente (CR) pelo método Standards Austrália, 2003.....	19
3.4.4 Porosidade total teórica (PTT).....	24

3.4.5 Curva característica de retenção de umidade.....	24
3.5 Avaliação química dos substratos.....	25
3.5.1 Determinação da condutividade elétrica (CE), pH, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio disponíveis.....	25
3.5.2 Determinação de nitrogênio total, carbono orgânico (CO), matéria orgânica (MO) e relação carbono/nitrogênio (C/N).....	25
3.6 Análise econômica dos substratos.....	26
3.6.1 Preço unitário da muda de cada espécie cultivada com substrato referencial.....	27
3.6.2 Custo unitário do substrato referencial por muda	27
3.6.3 Cálculo da participação relativa do custo do substrato referencial no preço unitário de venda da muda.....	28
3.6.4 Custo unitário e participação relativa dos substratos alternativos	28
3.6.5 Diferença entre o custo unitário do substrato referencial e os substratos alternativos.....	28
4. Resultados e Discussão.....	29
4.1 Avaliação física dos substratos.....	29
4.1.1 Distribuição do tamanho das partículas (DTP).....	29
4.1.2 Densidade global e de partícula, capacidade de aeração, capacidade de recipiente, porosidade total efetiva e teórica pelo método Standards Australian, 2003.....	31
4.1.3 Curva característica de retenção de Umidade.....	34
4.2 Caracterização química.....	36
4.3 Bioensaios para produção de mudas.....	41
4.3.1 Enraizamento de estacas de crisântemo Cv Calábria.....	41
4.3.2 Produção de mudas de alface com e sem fertirrigação.....	43
4.3.3 Produção de mudas de tomate com fertirrigação.....	47
4.4 Análise econômica dos substratos.....	49
5. Conclusões.....	57
6. Referências Bibliográficas.....	58
7. Anexos.....	68

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar resíduos agroindustriais disponíveis na região do Cariri Cearense (casca de arroz, bagaço de cana e engaço de bananeira), como opções na composição de substratos para produção de mudas de crisântemo, alface e tomate, bem como avaliar o impacto econômico no custo de produção de mudas dessas espécies. Foram realizadas análises físicas e químicas para caracterizar os substratos, comparando-os com substratos considerados ideais pela literatura internacional. Os tratamentos consistiram de oito formulações de substratos: substrato comercial Plantmax® Hortaliças (Pmax), casca de arroz carbonizada (CAC), composto orgânico (esterco bovino, bagaço de cana e engaço de bananeira) CBC e as misturas volumétricas: Pmax + CAC 1:1; Pmax + CBC 1:1; CBC + CAC 1:1; Pmax + CAC 1:2 e CBC + CAC 1:2. Todos os tratamentos foram avaliados em casa de vegetação, em bioensaios, visando a produção de mudas de tomate com fertirrigação, mudas de alface com e sem fertirrigação e enraizamento de estacas de crisântemo. O efeito dos substratos na produção das mudas foi avaliado estatisticamente por meio das variáveis fitométricas da parte aérea e raízes. Para enraizamento de estacas de crisântemo aos 15 dias, os oito substratos estudados podem ser recomendados, facilitando assim a substituição da CAC em épocas de escassez. O CBC e CAC quando usados em combinação entre si ou com o substrato comercial Plantmax®, apresentaram-se como alternativas eficientes para produção de mudas de alface e tomate em bandejas, pela melhoria das características físicas e químicas. O CBC usado isoladamente afetou negativamente a emergência de plântulas de alface e tomate. Os resultados obtidos apresentaram viabilidade técnica e econômica quanto a substituição parcial ou total do substrato comercial Plantmax®, por substratos alternativos na região do Cariri, implicando em redução considerável do custo deste insumo no seguimento de produção de mudas sem prejuízo de qualidade.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the agroindustrial wastes available in the Cariri region State of Ceara, Brazil, such rice hulls, as sugarcane bagasse and banana stems, as options in the composition of substrates for seeding production of chrysanthemum, lettuce and tomato, as well as to evaluate the economic impact in the production costs of these seedlings. Physical and chemical analysis were performed to characterize the substrates, comparing them with substrates considered ideal in the international literature. The treatments consisted of eight substrate formulations: the commercial substrate Plantmax® Hortaliças (Pmax), carbonized rice hulls (CAC), organic compost (cattle manure, sugarcane bagass and banana stems) CBC and the volumetric mixtures: Pmax + CAC 1:1, Pmax + CBC 1:1, CBC + CAC 1:1, Pmax + CAC 1:2 and CBC + CAC 1:2. All treatments were evaluated through bioassays under greenhouse conditions, in order to produce seedlings of tomatoes with fertigation, lettuce seedlings with and without fertigation and rooting of chrysanthemum cuttings. The influence of the substrates on the seedling production was determined by vegetative biometric parameters of the top and root parts. For the rooting of chrysanthemums at 15 days, the substrates studied can be recommended. They can be used instead of carbonized rice hulls in case of seasonal shortage. The CBC and CAC when used in combination between them or with the commercial substrate Pmax®, were efficient options for the production of lettuce and tomato seedlings in trays by improving the physical and chemical characteristics of the later. The CBC when used by itself had negative effect on seedling emergence for tomato and lettuce. The results obtained showed that it is technically and economically possible to substitute in part or completely the commercial substrate Pmax® for alternative substrates in the Cariri Region, with considerable reduction in costs of this input in the seedling production without quality reduction.

1. INTRODUÇÃO

O substrato é um insumo indicado como parte decisiva no processo de produção de mudas das mais diversas plantas de interesse econômico. Aumento de produtividade e melhoria na performance das mudas formadas, aliada a fatores ambientais tem alavancado um crescimento de consumo nos últimos anos.

A recente utilização por parte dos viveiristas, de “substratos artificiais” vem proporcionando aumento substancial de produtividade no campo da horticultura, pela melhoria de qualidade das mudas. Apesar dos resultados promissores alcançados no campo, o custo de aquisição de substratos comerciais ainda é alto, agravado pelo custo de transporte, elevando o custo final das mudas.

A pesquisa deve buscar respostas através de materiais alternativos, de resíduos orgânicos como fontes e combinações de substratos adequados, a fim de reduzir os custos de produção, sem prejuízo do desempenho agrônômico, além da reciclagem e emprego de subprodutos da agroindústria regional.

No Sul do Ceará, de modo especial na região do Cariri, o cultivo de hortaliças como alface e tomate, vem se tornando bastante expressivo com o aproveitamento das áreas irrigadas com estas culturas, consideradas de maior retorno econômico.

Observa-se também um incremento na área de floricultura, principalmente no cultivo de crisântemo de corte, visando abastecer a demanda do mercado interno.

Atento à necessidade do aproveitamento racional de resíduos orgânicos produzidos na região, como casca de arroz, bagaço de cana e engaço de bananeira, parece oportuno estudar o aproveitamento e a viabilidade do uso destes resíduos no complexo da produção de mudas.

Este trabalho tem como objetivos, obter informações sobre as potencialidades da utilização da casca de arroz carbonizada e do composto orgânico de esterco bovino, bagaço de cana-de-açúcar e engaço de bananeira, como substrato, bem como seu desempenho em relação a um substrato comercial utilizado na região; caracterizar física e quimicamente esses substratos visando testar a sua viabilidade técnica para produção de mudas; elaborar mistura desses materiais, buscando obter substratos mistos adequados; realizar avaliação econômica de cada substrato de modo a determinar o seu custo neste estágio e, determinar a influência desses, na produção de mudas de alface, tomate e crisântemo, procurando assim, opções para substituição total ou parcial do substrato comercial na região do Cariri Cearense.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2. 1. Substratos hortícolas

A formação da muda é uma fase de extrema importância. Uma muda sem qualidade, debilitada, compromete todo o desenvolvimento futuro da cultura retardando o seu ciclo e, em muitos casos, ocasionando perdas na produção (Minami, 1995)

O substrato é um insumo básico, usado em substituição ao solo, sempre que o cultivo a campo for substituído pelo cultivo em recipiente (Kampf, 2002). O substrato difere do solo por ter sido removido do seu lugar de origem e ser produzido artificialmente (Verdonck et al., 1981).

No Brasil, o uso de substratos em olericultura começou a ser desenvolvido no final da década de 1970 (Minami, 1995) e a primeira mistura comercial surgiu a partir de 1983 (Muller, 2000). A existência legal do produto no país só teve início há pouco mais de dois anos, com a assinatura do Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 (Kampf, 2004), todavia, na prática o seu uso é muito mais antigo. Referências sobre o uso de substratos na agricultura, podem ser encontradas na literatura desde o princípio do século XVI (Milner, 2002). Em 2004, a produção mensal de substrato comercial era da ordem de 30 mil toneladas ou 60.000 m³ (Bataglia & Furlani).

Atualmente existe uma ampla variedade de sistemas de cultivo de mudas em recipientes. Tais sistemas utilizam substratos de origem mineral ou orgânica, natural ou sintética, cujas características diferem marcadamente das do solo (Guerrero & Pollo, 1989), não existindo material ou uma mistura de materiais considerada universalmente válida como substrato para todas as espécies (Abad, 1991).

Os substratos assumem cada vez maior importância nas áreas de olericultura, floricultura, silvicultura e fruticultura, funcionando principalmente como suporte físico ao sistema radicular das plantas e mudas em recipientes.

Com este sistema de cultivo, também é possível superar condições desfavoráveis comumente enfrentadas com o cultivo tradicional em solo, como a baixa fertilidade química, impedimentos físicos, além de problemas de salinização, incidência de pragas e doenças, contaminação diversas, entre outros (Costa, 2003).

No conceito atual de cultivo fora de solo *in situ*, segundo Kampf (2004) o substrato continua servindo ao ancoramento da planta, porém a nutrição é de

responsabilidade do produtor. Este manejo permite um controle mais rígido na nutrição mineral e da irrigação de forma a proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das plantas.

Para avaliar a qualidade de um substrato não basta conhecer as propriedades gerais de seus principais componentes. É necessário determiná-las para cada ingrediente ou mistura em particular (Fermino, 2002). A escolha dos materiais utilizados deve considerar a espécie a ser cultivada, as condições de produção (sistema de irrigação, fertilização, tamanho do recipiente, etc.), a disponibilidade e preço do material, além dos aspectos técnicos relacionados ao seu custo. (Backes, 1989; Kampf, 1992).

Como não é fácil encontrar materiais puros que poderiam apresentar as características ideais para um bom substrato, a esses são adicionados outros materiais ou produtos, melhorando-os física e quimicamente, integrando a mistura e funcionando como condicionadores (Santos et al., 2000)

A necessidade de se caracterizar produtos encontrados nas diferentes regiões do país e torná-los disponíveis como substratos agrícolas é fundamental para reduzir os custos da produção (Andriolo *et al.*, 1999). Além disso, a questão ambiental deve ser considerada na escolha dessas matérias primas para produção de substratos.

Na escolha de um substrato, como meio de crescimento de mudas, devem ser consideradas algumas características físicas e químicas relacionadas com a espécie a plantar, além dos aspectos econômicos (Gruszynski, 2002)

As propriedades físicas e químicas dos substratos podem variar muito. Dessa forma, é importante conhecê-las para poder adaptá-las às diferentes circunstâncias de uso. (Verdonck et al., 1981). O substrato pode facilitar, ou impedir o crescimento das plantas conforme as suas propriedades. Isso tem maior relevância quando se cultiva em recipientes, pois o espaço disponível para o sistema radicular é muito limitado (Calvete, 2004).

As propriedades físicas dos substratos são consideradas de grande importância, uma vez que as relações de ar:água não podem ser alteradas durante o cultivo (Verdonck, 1983).

As propriedades físicas ideais de um substrato incluem simultaneamente uma aeração adequada, boa capacidade de retenção de água e drenagem livre, uma vez que o sistema radicular é confinado a um volume restrito a ser explorado (Menezes

Junior et al, 2000).

A disponibilidade de ar e água ao sistema radicular durante o cultivo não depende apenas dos substratos e seus componentes. A altura do recipiente limita a altura do substrato e, assim sua capacidade do recipiente, além de determinar o volume de macro poros ou espaço de aeração (Drzal et al., 1999). As práticas de irrigação utilizadas são da mesma forma, essenciais na definição da disponibilidade de ar e água, assim como, a forma com que o material é manejado antes da colocação da planta ou da semente, tais como a compactação, umidade inicial e a técnica de enchimento (Fonteno,1996).

As propriedades químicas dos substratos referem-se principalmente ao valor do pH, à capacidade de troca catiônica (CTC) e à salinidade (CE) (Gruszynski, 2002).

O uso de substratos excessivamente ricos em nutrientes não é recomendado, uma vez que os sais solúveis podem prejudicar o crescimento das plantas (Graziano et al., 1995), enquanto os valores inadequados de pH, além de influenciar a disponibilidade de nutrientes (Carneiro, 1995) estão relacionados a muitos desequilíbrios fisiológicos (Waller & Wilson, 1983).

Com o fim de evitar perdas na produção, é importante conhecer o nível de salinidade do substrato especialmente quando se utiliza materiais alternativos em misturas não industrializadas (Kampf, 2000).

O solo mineral foi, historicamente, o primeiro material utilizado no cultivo em recipientes. Hoje, a maior parte dos substratos é constituída de uma combinação de dois ou mais componentes de modo a alcançar propriedades químicas e físicas adequadas às necessidades específicas de cada cultivo (Gruszynski, 2002).

A turfa é o material mais utilizado para compor substratos nos Estados Unidos, Canadá e na maior parte dos países da União Européia (Fonteno, 1996), todavia, a sua exploração em todo o mundo, vem sendo alvo de campanhas de defesa ambiental (Gruszynski, 2002).

Ao contrário do que aconteceu na Europa, onde os substratos artificiais sem atividade de troca são largamente usados, no Brasil, por tradição ou mesmo por questão de disponibilidade, os substratos de origem orgânica são predominantes (Bataglia & Furlani, 2004).

A literatura cita um grande número de matérias primas puras ou em misturas como componentes de substratos para plantas, tais como: casca de arroz (in natura,

carbonizada ou queimada), poliestireno expandido (isopor), espuma fenólica, areia, subprodutos de madeira como serragem e maravalha, fibra de madeira, vários tipos de compostos de lixo domiciliar ou urbano, solo mineral, xaxim, vermicomposto, esterco curtido de bovinos, cama de aviário, cascas de abacaxi, cascas de árvores, sementes de algodão (resíduos da indústria têxtil), bagaço de cana, vermiculita, perlita, lã de rocha, pó de coco entre outros componentes orgânicos e minerais (Fermino, 1996; Kampf, 2000; Schie, 1999; Pragana, 1999).

As características de um componente de substrato ideal, segundo Fonteno (1996), Minami, (1995), Pragana, (1999), são: ser econômico – competitivo com outros produtos do mercado; proporcionar um crescimento consistente de qualidade lote a lote; ter disponibilidade assegurada o ano inteiro; apresentar uniformidade; suprir de maneira adequada o requerimento de nutrientes; boa capacidade de retenção de água e ar simultaneamente; não degradar ou encolher significativamente com o uso; baixa densidade global para baratear os custos de transporte; não possuir elementos fitotóxicos; não possuir contaminantes, sementes de ervas daninhas, pragas, doenças e materiais indesejáveis.

2.2. Casca de arroz carbonizada

No processamento industrial do arroz, as cascas correspondem a aproximadamente 20 % do peso bruto da produção. Elas apresentam baixa densidade, além de uma lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longo período de tempo. Esse material apresenta um alto poder energético, já que contém quase 80 % de seu peso em carbono (Souza, 1993).

A casca de arroz carbonizada é utilizada como substrato para enraizamento de estacas de rosas e crisântemos. Esse resíduo da agroindústria arroseira apresenta um alto potencial para ser utilizado puro ou em misturas como substrato, tendo a função de condicionador (Kampf & Jung, 1991).

A casca de arroz quando queimada totalmente transforma-se em cinzas e tem seu volume reduzido em cerca de 20 vezes. Já na carbonização, o rendimento é muito superior e, quando bem efetuada, chega-se a apenas 50% de redução do volume (Souza, 1993). O processo de carbonização da casca de arroz é descrito por Backes (1989).

A casca de arroz carbonizada é considerada como um bom substrato para germinação de sementes e enraizamento de estacas por apresentar as seguintes características: permite a penetração e a troca de ar na base das raízes, é suficientemente firme e densa para fixar a semente ou estaca; tem coloração escura e forma sombria na base da estaca; é leve e apresenta altos valores de macro porosidade permitindo boa aeração e drenagem; tem volume constante seja seca ou úmida; é livre de plantas daninhas, nematóides e patógenos e não necessita de tratamento químico para esterilização, em razão de ter sido previamente esterilizada no processo de carbonização (Souza, 1993).

A casca de arroz carbonizada pode ser usada pura ou em mistura com outros substratos para formação de mudas de diversas espécies de plantas florestais, frutíferas, hortícolas e ornamentais (Souza, 1993) e segundo Minami (1995), possui uma forma floculada, é leve, de fácil manuseio, com grande capacidade de drenagem, pH levemente alcalino, baixa capacidade de retenção de umidade, rica em cálcio e potássio.

O uso da casca de arroz é de grande utilidade, pois o aproveitamento de resíduos da agroindústria em práticas agrícolas representa uma saída para problemas econômicos, sociais e ambientais (Kampf, 2000; Silveira et al., 2002).

2.3. Bagaço de cana de açúcar

O bagaço de cana é um subproduto fibroso da agroindústria de cana de açúcar.

De acordo com a literatura, pouco trabalho tem sido realizado com a utilização do bagaço de cana na produção de mudas florestais. Contudo restos vegetais como esse, podem ser utilizados na produção de composto orgânico, trazendo vantagens no processo de produção de mudas (Gomes et al., 1985).

O uso de bagaço de cana decomposto e carbonizado na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* promoveu resultados negativos quanto ao crescimento das mudas, quando comparado com outros substratos. O bagaço de cana decomposto não proporcionou boa agregação do sistema radicular e conduziu a uma elevada porcentagem de falhas, mas a combinação de turfa com o bagaço de cana carbonizado resultou num substrato eficiente (Aguiar, 1989)

Segundo Biasi et al., (1995) a mistura de turfa e bagaço-de-cana em proporções volumétricas iguais constitui um bom substrato para a produção de mudas de tomate e maracujá-amarelo, contudo a turfa e o bagaço-de-cana sozinhos não são recomendados como substrato para a produção de mudas para estas mesmas culturas.

2.4. Engaço de bananeira

O eixo que sustenta o cacho de bananas é conhecido no Brasil como engaço ou ráquis, e na língua inglesa ele é denominado de “penduncle”, “rachis”, “stalk”, ou “stem” (Simmonds, 1966).

A cultura da bananeira gera grande quantidade de resíduos após a colheita da fruta, sendo consideradas os mais importante em termos do grande volume gerado e de potencial fibroso, o pseudo-caule, as folhas e o engaço. O pseudo-caule e as folhas normalmente são utilizados no solo como cobertura morta. O engaço não tem sido aproveitado, sendo descartado no processo de separação das pencas na casa de embalagem (packing house) e disposto sobre o solo, geralmente em área urbana, ou descartado no lixo doméstico (Soffner, 2003).

O peso médio do engaço, segundo Kluge et al., (1999) é de 2,26 kg representando 8 % do cacho.

De acordo com Blanco Rojas (1996), o engaço possui rápida decomposição, devido a sua alta umidade, cerca de 90%, e a sua composição química favorece a proliferação de insetos e microrganismos biodegradadores. O acúmulo do engaço gera sérios problemas ambientais e fitossanitários.

Os resíduos advindos do engaço da bananeira podem ser usados como componente de compostos orgânicos juntamente com outros materiais a fim de serem usados como substratos. Segundo Nina (1961) e Jorge (1983), diversos resíduos de culturas e quaisquer detritos vegetais ou animais, podem ser usados no processo de compostagem.

2.5. Compostos orgânicos

A compostagem pode ser definida como a decomposição biológica dos constituintes orgânicos dos resíduos sob condições controladas (Hoitink & Poole, 1980). Dessa maneira o composto orgânico é o produto resultante dessa decomposição biológica controlada de materiais orgânicos, e que foi sanitizado através da geração de calor. Esse processo resulta na redução de patógenos e, o produto é estabilizado até o ponto em que se torna benéfico ao crescimento das plantas. O composto tem pouca semelhança física aos materiais crus do qual se originou (US Composting Council, 2001).

Nos compostos ocorre uma alta taxa de atividade microbiana e estes possuem agente de controle biológico e substâncias alelopáticas que o qualificam para composição de substrato, porém são necessários certos cuidados, pois a eficiência do composto depende da origem dos resíduos orgânicos e das condições de produção (Soglio, 2000).

Os resíduos utilizados no processo de compostagem são os mais diversos, tais como: esterco bovino, ovino, suíno, dentre outros, palha de arroz, folhagem, casca de café, serragem, diversos resíduos de cultura e quaisquer detritos vegetal ou animal (Nina, 1961; Deichmann, 1967; Jorge, 1983).

Em termos práticos, o teor de nitrogênio determina a velocidade de decomposição e quando o resíduo tem menos de 1% de N, a decomposição é extremamente lenta, por ser um material pobre como no caso das gramíneas. Por outro lado, com mais de 2% de N, a decomposição é rápida, mas sujeita a perda de N para a atmosfera (Loures, 1983), A decomposição poderá ser lenta ou rápida, dependendo de a relação C/N ser maior ou menor que 24.

2.6. Produção de mudas hortícolas

Na olericultura, são observadas mudanças rápidas, em função do cultivo intensivo que as hortaliças imprimem no setor, exigindo cada vez mais o aprimoramento de técnicas, para obtenção de produtos de melhor qualidade. Modificações importantes nos sistemas de produção de hortaliças, nos últimos anos, vêm sendo feitas na produção de mudas. Estas são produzidas de formas diversas e

a tendência é uma tecnificação cada vez maior, sempre procurando aprimorar a qualidade do produto.

A produção comercial de mudas de hortaliças utiliza basicamente ambiente protegido, irrigação, substrato, bandeja, entre outros, os quais, associados, podem determinar o prazo e aumentar a economia na produção (Reghin et al., 2004).

Segundo Minami (1995), uma muda para ser considerada de alta qualidade, deve atingir os seguintes atributos: a constituição genética deve ser aquela exigida pelo produtor; deve ser bem formada com todas as características desejáveis; ser sadia, livre de pragas, doenças ou danos mecânicos ou físicos; deve ser de custo compatível com a necessidade do produtor, além de ser de fácil transporte e manuseio.

A semeadura indireta para produção de mudas posterior transplante para a lavoura definitiva é o método de propagação mais empregado para a maioria das espécies de hortaliças. Entre as principais razões que fundamentam essa prática pode-se citar: i) a otimização das condições ambientais e de manejo das mudas; ii) a seleção e descarte daquelas atípicas ou de baixo vigor, a fim de obter maior uniformidade na lavoura, e iii) menor gasto de sementes por unidade de área de lavoura (FAO, 1990; Filgueira, 2000)

Observa-se que estão disponíveis no mercado nacional, diferentes substratos comerciais, recomendados indistintamente para diferentes espécies, cujas formulações e propriedades são praticamente desconhecidas e cujos desempenhos como meio de cultivo não estão bem estabelecidos (Menezes Júnior, et al., 2000). Por outro lado, são necessários estudos sobre matérias-primas abundantes e baratas disponíveis na região, mas sempre devemos ter em mente que, para a produção de mudas em recipientes, devemos ajustar os substratos de forma que possam assegurar o crescimento da biomassa aérea e das raízes de maneira equilibrada (Calvete, 2004)

A avaliação biológica dos substratos permite, portanto, um melhor entendimento do efeito das características físicas e químicas das misturas sobre a produção vegetal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3. 1. Locais dos experimentos

Os experimentos foram instalados na área da Coordenação Geral de Produção e Pesquisa da Escola Agrotécnica Federal de Crato-CE, situada na região do Cariri, Sul do Ceará, cujas coordenadas geográficas são: latitude 7° 14" S, longitude 39° 25" W e altitude de 442 m. O clima nesta região é tropical úmido correspondente a classificação Aw de Koppen, com regime pluviométrico de 700 a 1.000 mm ano⁻¹. A temperatura média anual é de cerca de 27 °C (Viana & Neumann, 2004).

O experimento com crisântemo foi conduzido em viveiro de produção de mudas, com cobertura de tela tipo sombrite (50 %) com altura de 2,0 m, sustentado por estacas de concreto armado distanciadas entre si de 3,0 m. A área total do viveiro era de 625 m² (25 m x 25 m) (Figura 1A e 1B)



Figura 1A: Viveiro com cobertura de sombrite e bancada para bandejas



Figura 1B: Experimento de crisântemo cv Calábria em viveiro com cobertura plástica contra chuvas.

Para condução dos experimentos com mudas de alface e tomateiro, foi construída uma estufa tipo capela, com as seguintes dimensões: 20 m de comprimento, 8 m de largura e 3,0 m de pé direito. A estufa foi construída com estrutura de sustentação em madeira, e cobertura com filme de polietileno transparente de baixa densidade, espessura de 150 micras e, fechamento lateral com tela tipo clarite com malha de 2 mm (Figura 2). Uma tela de sombrite (50 %) foi posicionada internamente a 2,2 m do solo sobre as bancadas (Figura 2 e 3).



Figura 02. Estufa utilizada para condução dos experimentos de alface e tomate.



Figura. 03. Detalhes da estrutura de sustentação das bandejas e da tela de sombrite.

As bancadas de sustentação das bandejas dentro da estufa foram confeccionadas com madeira e fio de arame nº 14, a uma altura de 1,0m de em relação à superfície do solo. Essas bancadas permitiram o perfeito nivelamento das bandejas, (Figura 3).

No interior do viveiro, as bancadas de sustentação das bandejas com mudas de crisântemo ficaram instaladas a 0,4m da superfície do solo.

Durante a condução dos experimentos foram registrados valores de temperatura e umidade relativa do ar em termohigrômetro de marca Oregon Scientific, instalado a 1,0m de altura no interior da estufa.

3.2. Formulação dos substratos

Os tratamentos utilizados constaram de oito substratos formulados a partir de misturas volumétricas de três resíduos agroindustriais produzidos na região do Cariri: casca de arroz, composto de bagaço de cana de açúcar, engaço de bananeira com esterco bovino. Além dos resíduos agroindustriais o substrato comercial Plantmax® foi utilizado como testemunha, conforme Quadro 1.

Quadro 1. Formulação dos tratamentos estudados:

TRAT.	ABREVIATURA	DESCRIÇÃO
T1	CBC	Composto orgânico (bagaço de cana, engaço de bananeira e esterco bovino)
T2	CAC	Casca de arroz carbonizada
T3	Pmax	Substrato comercial Plantmax®, da Eucatex
T4	Pmax+CAC (1:1)	Plantmax® + casca de arroz carbonizada
T5	Pmax + CBC (1:1)	Plantmax® + composto orgânico.
T6	CBC + CAC (1:1)	Composto orgânico + casca de arroz carbonizada.
T7	Pmax + CAC (1:2)	Plantmax® + casca de arroz carbonizada
T8	CBC + CAC (1:2)	Composto orgânico + casca de arroz carbonizada

(1:1) e (1:2) representam a mistura em volume: volume.

O substrato comercial, Plantmax®, foi escolhido como testemunha por ser um dos substratos mais utilizados na produção de mudas e ser facilmente obtido no mercado da região. Segundo informações do fabricante o substrato possui em sua

composição: turfa, vermiculita expandida e material compostado de casca de pinus.

O composto orgânico denominado de CBC (composto de bagaço de cana e engaço de bananeira) foi produzido na Fazenda Barreiras, produtora de banana (160 ha), localizada na cidade de Missão Velha, região do Cariri cearense. O processo de produção foi em leiras de secção trapezoidal com 3,0 m de base inferior, 1,5 m de base superior, 1,5 m de altura e 10m de comprimento, com a mistura de volumoso mais esterco bovino na proporção de 2:1:1(bagaço de cana+engaço de bananeira+esterco), feita inicialmente em galpão e depois transportados para local no campo a céu aberto onde recebeu reviragens periódicas a cada 7 a 10 dias. O tempo necessário até o final do processo foi de cerca de 90 dias.

O bagaço de cana de açúcar para o preparo do composto orgânico foi obtido na fábrica de cachaça Brigadeiro da cidade do Crato; o engaço de bananeira na própria fazenda Barreiras em Missão Velha-CE, aproveitando os resíduos diários produzidos no packing house da empresa e a casca de arroz nas máquinas de beneficiamento nos distritos de Ponta da Serra e Dom Quintino, em Crato-CE.

A casca de arroz foi carbonizada segundo processo descrito por Backes (1989).

Todos os substratos, com exceção da casca de arroz carbonizada, foram passados em peneira de 6 mm para retirada de materiais mais grosseiros como pedras, paus e outras impurezas, e depois homogeneizados de acordo com os tratamentos descritos anteriormente. A casca de arroz carbonizada não foi peneirada devido à sua fragilidade, o que provocaria uma diminuição excessiva no tamanho das partículas.

No processo de homogeneização, feita com pá, os substratos foram ligeiramente umedecidos de modo que os mesmos não chegassem a formar grumos e facilitasse o enchimento dos recipientes.

Após a mistura dos substratos, procedeu-se o enchimento manual das bandejas, e logo depois o plantio das sementes ou estacas, e colocação das bandejas nas bancadas de sustentação para posterior irrigação/nebulização.

3.3. Bioensaios

As espécies utilizadas nos bioensaios foram: crisântemo (*Dendrathera grandiflora* Tzvelev), tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e alface (*Lactuca sativa* L.), escolhidas por necessitarem de uma fase de produção de mudas para o seu perfeito desenvolvimento, aceitação comercial e adaptação às condições edafoclimáticas da região.

Foram mensurados variáveis específicas de acordo com as características das culturas analisadas (Quadro 2).

Quadro 2. Parâmetros de análise dos bioensaios:

VARIÁVEIS	CULTURAS		
	CRISÂNTEMO	ALFACE	TOMATE
Germinação (%)	-	X	X
Velocidade de emergência (índice)	-	X	X
Altura da planta (mm)	X	X	X
Número de folhas (n ^o)	-	X	X
Diâmetro do caule (mm)	X	-	X
Massa fresca da parte aérea (g)	-	X	X
Massa fresca do sist. radicular (g)	-	X	X
Massa seca parte aérea (mg)	X	X	X
Massa seca raízes (mg)	X	X	X
Número de raízes (n ^o)	X	-	-
Comprimento da maior raiz (mm)	X	-	-

A porcentagem de germinação (%G) foi obtida utilizando a equação 1:

$$\%G = (N_i \times 100) / NS \quad (1)$$

Onde:

%G - Porcentagem de Germinação

N_i - número de sementes germinadas

NS - número de sementes semeadas.

Para a velocidade de emergência foi utilizada a equação de Maguirre (1962)

$$VE = NI / DI \quad (2)$$

Onde:

VE - Velocidade de Emergência

NI - número de plantas germinadas no dia da observação

DI - número de dias equivalente ao dia da observação.

As avaliações das mudas foram realizadas quando estas apresentaram porte suficiente para o processo de transplântio segundo Silveira et al. (2002) para o tomate e Marques et al. (2003) para a alface. No crisântemo, o parâmetro principal foi o índice de enraizamento, avaliado aos quinze dias após o plantio das estacas, juntamente com outros indicadores.

As avaliações seguiram critérios descritos a seguir:

- Altura das mudas: partindo-se do colo (na altura do substrato) até o ápice da folha mais alta, exceto a altura da muda de alface que foi determinada do colo até a inflexão da folha mais alta.
- Número de folhas: pela contagem das folhas verdadeiras
- Diâmetro do caule: medido com paquímetro na altura do colo da planta;
- Massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, após limpeza e separação ao nível do colo da planta, com pesagem em balança eletrônica digital.
- Massa seca da parte aérea e da raiz: pelo acondicionamento das partes em sacos de papel e postas para secar em estufa a 65 °C até atingir massa seca constante (72 horas), e pesada em balança eletrônica digital, com precisão de 0,001g.
- Número de raízes: adotado no bioensaio de crisântemo, pela contagem manual, uma a uma, após a limpeza do sistema radicular em água.
- Comprimento da maior raiz: medição com paquímetro da maior raiz.

3.3.1. Bioensaio 1: Enraizamento de estacas herbáceas de crisântemo (*Dendrathera grandiflora* Tzvelev) cultivar Calábria .

Foram testados os oito substratos descritos anteriormente, sendo neste bioensaio adotado como controle a casca de arroz carbonizada, em razão de ser o substrato utilizado pelos produtores de mudas de crisântemo na região do Cariri Cearense.

O bioensaio foi conduzido no período de 18 de abril de 2005 a 02 de maio de 2005. Os recipientes utilizados neste experimento foram bandejas de poliestireno expandido (isopor) de 200 células e volume de 12,39 cm³.

Cada parcela foi composta de 25 células (5 x 5) adotado o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. No 15º dia foram retiradas (ao acaso) de cada parcela, três mudas para as avaliações biométricas, ou seja: altura da planta, diâmetro do caule, número de raízes, massa seca da parte aérea e do sistema radicular e comprimento da maior raiz.

As estacas de crisântemo foram adquiridas da Empresa Rica Flor na cidade de São Paulo, as quais vieram pré-tratadas com auxina em talco (AIB a 200 mg L⁻¹) na base, como é recomendado pela pesquisa para essa espécie.

O enraizamento foi conduzido em sistema de nebulização, com acionamento manual, por um período de 60 segundos, de 4 a 6 vezes durante o dia (de 8:00 às 16:00 horas), dependendo das condições do tempo. Foram instalados dez nebulizadores a 1,80m de altura espaçados 1,0m x 1,5m, cada um com vazão de 0,5 L min⁻¹

Foi adotada a condição de dia longo, exigido pela espécie no seu estágio inicial. Optou-se pela iluminação artificial, com sistema intermitente controlado por timer, com início às 22 horas e finalizando às 2 horas, sendo cada ciclo de iluminação de 8 minutos de luz por 24 minutos de escuro. Foram utilizadas lâmpadas de 100W, distanciadas entre si de 1,60m e a 1,20m de altura em relação às mudas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3.2. Bioensaios 2, 3 e 4: Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.), e tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) com fertirrigação e alface (*Lactuca sativa* L.)

sem fertirrigação.

Os experimentos tiveram duração de 23 dias desde o semeio (22/06/2005) até a coleta (14/07/2005);

A produção de mudas de alface e tomate foi conduzida com base no protocolo descrito em Pragna (1999).

Os oito substratos formulados, depois de homogêneos foram manualmente acondicionados em bandejas de 128 células. As sementes foram semeadas na profundidade de 5 mm, colocando-se 2 sementes no centro de cada compartimento da bandeja. O desbaste foi realizado no 10º dia após o semeio (DAS), deixando uma plântula por célula.

A porcentagem de germinação foi obtida aos 10 DAS e a velocidade de emergência foi observada do 5º ao 10º DAS.

As irrigações e fertirrigações foram feitas uma ou duas vezes ao dia, de acordo com a necessidade hídrica e estágio de desenvolvimento de cada espécie, assim como as condições de tempo (temperatura e umidade relativa do ar). Essas foram fornecidas até que as bandejas iniciassem a drenagem, ou seja, atingissem a capacidade de recipiente. A água utilizada nas irrigações era oriunda de poço artesiano da própria Escola Agrotécnica Federal de Crato-CE, cuja análise química está detalhada no ANEXO 1. Os experimentos que receberam fertirrigação, como alface (bioensaio 2) e tomate (bioensaio 3), foram fertirrigados com os adubos comerciais: Multi NPK® (43 % de K₂O; 13 % de N e 2% de P₂O₅), MAP e Sulfato de Amônio nas seguintes concentrações: do 5º ao 10º DAS : 100 mg dm⁻³; e do 11º dia ao 24º DAS : 200 mg dm⁻³. A cada quarto dia de fertirrigação, as mudas eram irrigadas apenas com água pura, a fim de assegurar a lixiviação do excesso de sais.

Cada bioensaio foi composto de oito tratamentos, sendo cada parcela composta de 32 células (8 x 4), sendo coletadas no 23º DAS, ao caso, 4 mudas de cada parcela para avaliação. Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. 4. Avaliações físicas dos substratos

Após a preparação dos substratos que constituíram os oito tratamentos, retirou-se ao acaso, amostras representativas de cada um dos substratos, que foram analisadas quanto as suas características físicas.

3. 4. 1. Distribuição do tamanho das partículas (DTP)

A distribuição do tamanho de partículas dos substratos avaliados foi determinada com base no método descrito por Pragana (1999), passando o material previamente peneirado em peneira de 6 mm, numa série de peneiras de malhas de 4,0; 2,0; 1,0 ; 0,5 e 0,25 mm .

3. 4. 2. Densidade das partículas (DP)

A densidade das partículas (DP) foi determinada pela equação 3.

$$DP = \frac{MS}{Vs} \quad (3)$$

Onde:

DP - densidade de partícula (kg m^{-3})

MS - massa seca (kg)

Vs - volume das partículas sólidas (m^3)

Para determinação da massa seca (MS), inicialmente os substratos foram levados à estufa (105 °C) até atingir massa constante (72 horas). Logo após, as amostras foram maceradas em cadinho de porcelana, peneiradas em peneira de malha 0,6 mm, e passados mais 24 horas de secagem em estufa. Dessa amostra, pesou-se 8g para o substrato CAC 100%; 10g para os substratos Pmax 100%, Pmax + CAC (1:1) e Pmax + CAC (1:2); 12g para Pmax + CBC (1:1), 14g para CBC + CAC (1:1) e CBC + CAC (1:2) e para o substrato CBC 100% pesou-se 17 g.

Os pesos dos respectivos tratamentos variaram em função do volume que os mesmos ocupavam no balão volumétrico de 50 ml, de forma que todos os materiais estivessem ajustados a aproximadamente a mesma altura no balão. As amostras

foram colocadas nos balões e adicionou-se álcool etílico PA, através de uma bureta de 50 mL, até pouco mais da metade do mesmo. Em seguida, as amostras foram agitadas manualmente de maneira a eliminar as bolhas de ar que se formavam e completado volume até a marca de 50 mL no balão volumétrico. Neste primeiro instante foi definido o volume de álcool gasto inicialmente.

Depois de aferidos, os balões foram fechados e após 24 horas, depois de realizadas outras agitações nos balões objetivando expulsar o ar remanescente, completou-se novamente com álcool até o nível aferido e foi determinado o volume total de álcool gasto (VTAG).

Foi calculado o volume das partículas sólidas pela equação 4.

$$V_s = V_B - V_{TAG} \quad (4)$$

Onde:

V_s - volume das partículas sólidas (cm³)

V_B - volume do balão (cm³)

V_{TAG} - volume total de álcool gasto (cm³)

3. 4. 3. Densidade global (DG), porosidade total efetiva (PTE), capacidade de aeração (CA) e de recipiente (CR) pelo Método Standards Australian, 2003

Para este método, foi utilizado um aparato (Figura 4) composto de uma base de PVC com 7,5 cm de diâmetro e 12 cm de altura contendo um caps com quatro furos de 9 mm para drenagem (base) e uma extensão de PVC com mesma altura e diâmetro (parte superior) .

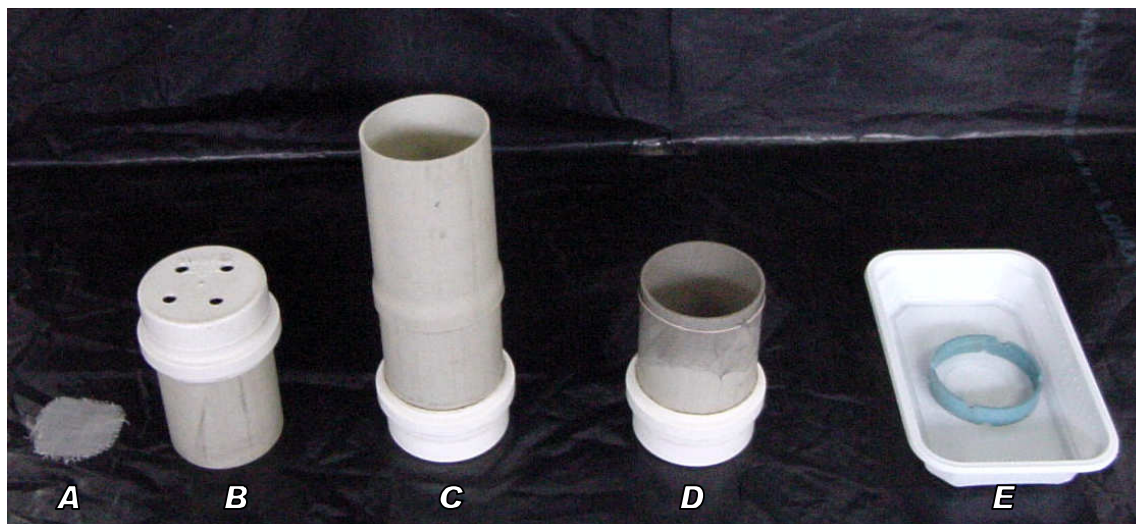


Figura 4: Materiais utilizados para determinação da densidade global, porosidade total efetiva, capacidade de aeração e de recipiente.

A – Tela plástica com malha de 1,0 mm; **B** – Base do aparato (cano de PVC com 7,5 cm de diâmetro e 12 cm de altura contendo um caps com quatro furos de 9 mm); **C** – Base do aparato mais extensão - cano de PVC com mesma altura e diâmetro da base; **D** – Base do aparato com gaze e liga de borracha; **E** – Prato plástico e suporte com aberturas (cano de PVC de 7,5 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura com quatro aberturas alternadas de cada lado). Recife, 2006.

Inicialmente os substratos foram umedecidos 24 horas antes do teste, de maneira progressiva até o ponto em que não liberassem água quando espremidos manualmente. Em seguida, uma tela plástica (Figura 4A) foi acondicionada dentro da base de maneira a impedir que os substratos saíssem pelos furos de drenagem (Figura 4B). Os substratos foram então preenchidos até o topo de cada aparato (Figura 4C) e compactados através de queda livre do conjunto sobre uma manta de borracha a uma altura de 5 cm por cinco vezes. Posteriormente, o mesmo foi colocado num recipiente com água de forma que o nível desta permanecesse na mesma altura da mistura dentro do aparato.

O aparato ficou assentado, dentro do recipiente (bacia plástica), sobre um suporte que continha aberturas (cano de PVC de 7,5 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura com quatro aberturas alternadas de cada lado) de maneira a facilitar o movimento de água (Figura 4E). Um cilindro metálico foi colocado sobre o aparato para evitar que o mesmo flutuasse (Figura 5A). Decorridos 30 minutos de saturação, o conjunto foi removido e deixado drenar por 5 minutos (Primeiro ciclo de drenagem). O ciclo de drenagem e saturação foi repetido mais duas vezes, no entanto, o intervalo de saturação foi reduzido para 10 minutos (Figura 5A). Ao final

do terceiro ciclo, a parte superior do conjunto foi removida, assim como, o excesso da mistura. Com ajuda de uma gaze e uma liga de borracha (Figura 4D), cobriu-se o topo da base, e esta então foi colocada novamente no recipiente por mais 10 minutos. Porém, desta vez o nível d'água foi mantido acima da base, conforme mostra a Figura 5B.

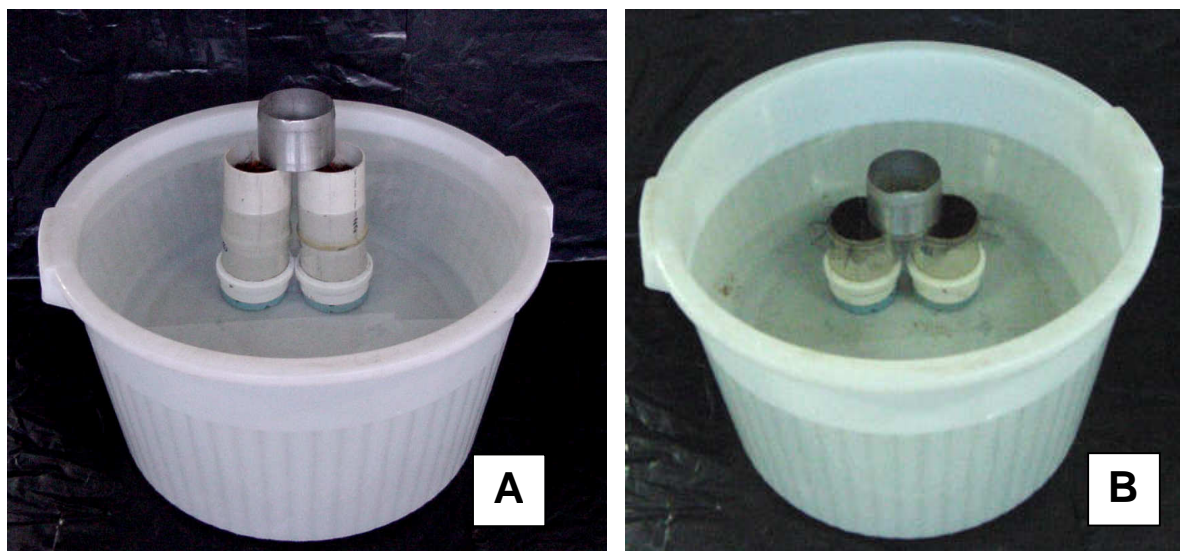


Figura 5: Materiais utilizados na determinação da densidade global, porosidade total efetiva, capacidade de aeração e de recipiente dos substratos avaliados. (1^o e 2^o ciclos de saturação)

A – Primeiro ciclo de saturação. Recipiente com água contendo a base e a extensão do aparato com substrato, sobre o suporte com aberturas, e cilindro metálico; **B** – Segundo ciclo de saturação. Recipiente com água contendo a base do aparato com substrato preso com uma gaze e liga de borracha, sobre o suporte com aberturas, e cilindro metálico. Recife, 2006.

Com o auxílio dos dedos, os furos da base foram obstruídos, e lentamente a mesma foi retirada do recipiente e posta para drenar durante 30 minutos sobre o suporte dentro de uma bandeja com peso conhecido (Figura 6) para determinação da água drenada (MAD).

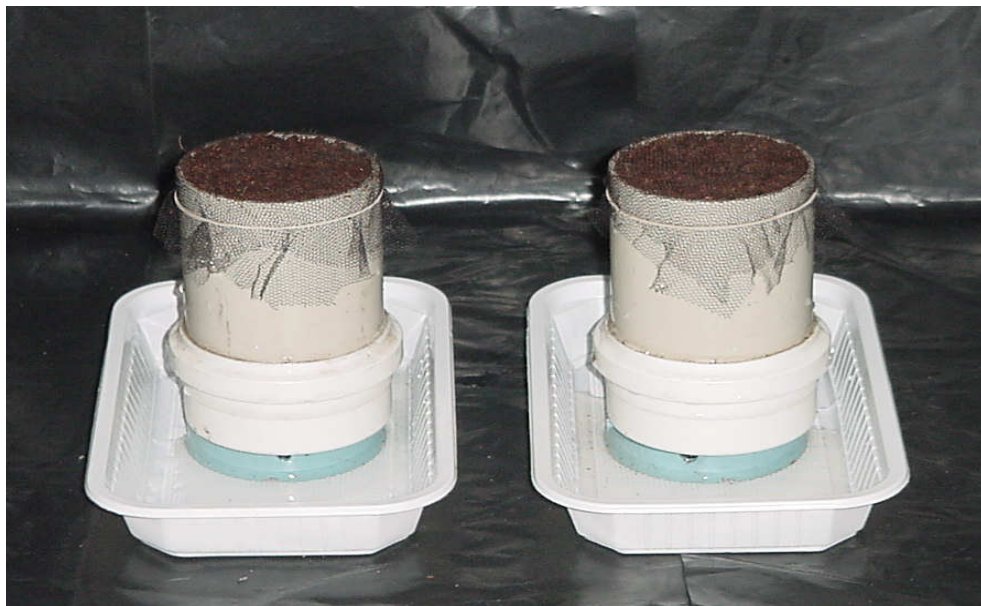


Figura 6: Base do aparato no processo de drenagem utilizado nas determinações da densidade global, porosidade total efetiva, capacidade de aeração e de recipiente, sugeridos pelo manual Standards Australian (2003). Recife, 2006.

Após este intervalo, a mistura contida na base foi transferida para uma bandeja de alumínio, também de peso conhecido, e então pesado (massa úmida referente à capacidade de recipiente - MUCR). Finalmente, a bandeja foi encaminhada à estufa a 70°C permanecendo até obtenção do peso constante (massa seca - MS). A massa da água drenada (MAD), correspondeu ao volume da capacidade de aeração (VCA).

A capacidade de aeração (CA) foi determinada pela equação 5.

$$CA = \frac{VCA}{VTB} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

CA - capacidade de aeração (%):

VCA - volume da capacidade de aeração (cm³);

VTB - volume total da base do aparato (cm³).

A densidade global (DG) foi obtida através da equação 6. :

$$DG = \frac{MS}{VTB} \quad (6)$$

Onde:

DG - densidade de global (kg m^{-3});

MS - massa seca (kg);

VTB - volume total da base do aparato (m^3)

A capacidade de recipiente (CR) foi obtida pela equação 7.

$$CR = \frac{(MUCR - MS)}{VTB} \times 100 \quad (7)$$

Onde:

CR - capacidade de recipiente (%);

MUCR - massa úmida da capacidade de recipiente (g);

MS - massa seca (g);

VTB - volume total da base do aparato (cm^3).

A porosidade total efetiva (PTE) foi obtida pela equação 8.

$$PTE = CA + CR \quad (8)$$

Onde:

PTE - porosidade total efetiva (%);

CA - capacidade de aeração (%);

CR - capacidade de recipiente (%).

Para análise estatística foram realizadas quatro repetições e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e comparados posteriormente, com os valores considerados ideais pela literatura.

3. 4. 4. Porosidade total teórica (PTT)

A porosidade total teórica (PTT) foi calculada segundo método descrito em EMBRAPA (1997) utilizando a equação 9.

$$PTT = 1 - \frac{DG}{DP} \quad (9)$$

Onde: PTT - porosidade total teórica

DG - densidade global

DP - densidade das partículas

3. 4. 5. Curva característica de retenção de umidade.

Esta determinação fundamenta-se nos procedimentos propostos por De Boodt & Verdonck (1972), seguindo o método descrito por Pragana (1999) .

Os parâmetros porosidade total efetiva (PTE), espaço de aeração (EA), capacidade de retenção de água (CRA), água facilmente disponível (AFD) e a água de reserva (AR) foram obtidos de acordo com as definições propostas por De Boodt & Verdonck (1972) e De Boodt et al. (1972), e são obtidos a partir da curva característica pelas seguintes equações:

$$PTE = \theta_{v0cm} \quad (10)$$

$$EA = PTE - \theta_{v10cm} \quad (11)$$

$$CRA = \theta_{v10cm} \quad (12)$$

$$AFD = \theta_{v10cm} - \theta_{v50} \quad (13)$$

$$AR = \theta_{v50 \text{ cm.}} - \theta_{v100cm} \quad (14)$$

Onde: PTE – Porosidade total efetiva;

EA – Espaço de aeração;

CRA-Capacidade de retenção de água;

AFD-Água facilmente disponível;

AR – Água de reserva;

$\theta_v0\text{cm}$ - Umidade volumétrica a 0 cm de sucção (saturação) (%);

$\theta_v10\text{cm}$ - Umidade Volumétrica a 10 cm de sucção (%);

$\theta_v50\text{cm}$ - Umidade volumétrica a 50 cm de sucção (%)

$\theta_v100\text{cm}$ - Umidade Volumétrica a 100 cm de sucção (%).

3.5 Avaliação química dos substratos

3.5.1 Determinação de condutividade elétrica (CE), pH, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio disponíveis.

Para determinação de pH, CE, os macronutrientes P, K, Ca, Mg além do Na, nas suas formas disponíveis às plantas, foi utilizado o método do extrato aquoso 1:2 (v/v) (Sonneveld et al., 1990; Ingram et al., 1993; Abreu e Abreu, 2001; Abreu et al., 2002).

Para o preparo do extrato aquoso 1:2 diluiu-se 50 cm³ de substrato em 100 cm³ de água destilada. Em seguida procedeu-se agitação do extrato e deixando-o em repouso por 30 minutos. Após este tempo, utilizou-se o filtro de papel para obtenção do extrato aquoso sem presença de partículas de substrato, procedendo-se a partir deste ponto as determinações dos elementos solúveis (P, K, Ca, Mg e Na), além do pH em água e CE.

As determinações químicas de fósforo foram feitas pelo método de fotocolorimetria; potássio e sódio pelo método de fotometria de chama; cálcio e magnésio pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

3.5.2 Determinação de nitrogênio total, carbono orgânico (CO), matéria orgânica (MO) e relação carbono/nitrogênio (C/N).

A determinação de Nitrogênio Total foi feita pelo método Kjeldahl (Bezerra Neto & Barreto, 2004).

A matéria orgânica (MO) do substrato foi determinada pelo método de ignição ou perda por combustão. Considerando-se que o húmus contem aproximadamente

58% de carbono, segundo Schmitz, 2002, o carbono orgânico (C.O.) foi calculado pela equação:

$$\text{C.O.} = \text{MO} / 1,724 \quad (15)$$

Onde: CO – carbono orgânico (%);

MO – matéria orgânica (%).

A relação Carbono/Nitrogênio foi calculada pela divisão do teor de carbono orgânico pelo nitrogênio total.

Para análise estatística das avaliações químicas foram realizadas quatro repetições e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e comparados posteriormente, com os valores considerados ideais pela literatura.

3.6 Análise econômica dos substratos

A análise econômica dos substratos estudados foi realizada a partir de dados coletados em três viveiros de produção de mudas, uma agroindústria e também em estabelecimentos de produtos agrícolas localizados nas cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Missão Velha-na região do Cariri Cearense.

Inicialmente realizou-se pesquisa local, visando estabelecer o preço de aquisição de 1 m³ de componentes e substratos isolados e, logo depois foi calculado o custo de aquisição para os substratos mistos, levando-se em conta a sua proporção volumétrica.

De posse desses dados, foi estabelecido o custo de cada substrato necessário para produzir lotes de 1000 (mil) mudas, que é prática usual no comércio de mudas na região do Cariri.

Determinou-se como referência, 35,5 dm³ como sendo o volume de substrato necessário para produção de 1.000 mudas em bandejas de isopor de 128 células e 27,3 dm³ para bandejas de 200 células. Cada m³ de substrato é suficiente, portanto, para produzir 28.160 mudas em bandejas de isopor de 128 células e 36.630 mudas em bandejas de 200 células.

Foram coletadas também, informações sobre o preço de aquisição de lotes de mil mudas, para cada espécie estudada.

A partir destas informações foram determinados os seguintes parâmetros:

3.6.1 Preço unitário da muda de cada espécie cultivada com substrato referencial.

Os substratos considerados de referência foram: Substrato comercial Plantmax® (Pmax) para as espécies tomate e alface e, o substrato casca de arroz carbonizada (CAC) para a espécie crisântemo.

Para o cálculo do preço unitário da muda com substrato referencial foi utilizada a seguinte equação:

$$P_{mu} = X / 1000 \quad (16)$$

Onde:

P_{mu} - Preço unitário da muda (R\$);

X - Preço de 1 (um) lote de 1.000 mudas (R\$)

3.6.2 Custo unitário do substrato referencial por muda.

A comercialização de mudas na região do Cariri Cearense é feita por lotes de 1.000 mudas, de modo que para calcular a participação monetária do substrato referencial (P_{max} para tomate e alface e CAC para crisântemo) no custo unitário das mudas, utilizou-se a seguinte equação:

$$C_{us} = Y / 1000 \quad (17)$$

Onde:

C_{us} - Custo unitário por muda do substrato referencial (R\$);

Y - Custo do substrato referencial por lote de 1.000 mudas (R\$).

3.6.3 Cálculo da participação relativa do custo do substrato referencial no preço unitário de venda da muda.

No custo total da muda, é importante o conhecimento da participação de cada insumo ou serviço, a fim de diagnosticar possíveis gargalos nesta fase de produção servindo de base para procura de soluções que venham reduzir o custo total. Em relação substrato, a participação percentual deste insumo no custo unitário de venda da muda foi calculada pela seguinte equação:

$$PRS = 100 \times Cus / Pmu \quad (18)$$

Onde:

PRS - Participação relativa do custo do substrato referencial no preço unitário de venda da muda (%)

Cus - Custo unitário por muda do substrato referencial (R\$)

Pmu - Preço unitário da muda (R\$)

3.6.4 Custo unitário e participação relativa dos substratos alternativos.

Com exceção dos substratos considerados como referenciais (Pmax para as espécies tomate e alface e CAC para crisântemo), todos os demais substratos utilizados neste trabalho foram denominados de alternativos.

Para o cálculo do custo unitário e participação relativa dos substratos alternativos, foram usadas as equações 17 e 18 descritas nos itens 3.6.2 e 3.6.3 respectivamente.

3.6.5 Diferença entre o custo do substrato referencial e os substratos alternativos.

A partir dos valores dos itens anteriores, procedeu-se então, o cálculo para se conhecer o valor real, quando da substituição do substrato referencial por um alternativo nas espécies estudadas.

Do valor constante do substrato referencial, foi efetuada a subtração dos valores dos substratos alternativos, multiplicando o resultado por 1.000, a fim de se

conhecer o resultado para lotes de mudas usualmente comercializadas na região, pela equação:

$$RL = (SR - AS) 1000 \quad (19)$$

Onde:

RL - Resultado líquido por lote de 1000 mudas pela substituição do substrato referencial pelo alternativo (R\$);

SR - Custo unitário do substrato referencial (R\$);

AS - Custo unitário do substrato alternativo (R\$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1 Avaliação física dos substratos.

4.1.1 Distribuição de tamanho das partículas dos substratos.

O substrato obtido a partir do composto de bagaço de cana e engaço de bananeira (CBC) e Plantmax® (Pmax) apresentaram partículas com distribuição mais uniforme para todos os tamanhos avaliados excetuando-se as partículas maiores que 4,0 mm, que em todos os substratos apresentaram tamanho de partículas semelhante, devido ao pré-tratamento em peneira de 6 mm (Figura 7).

Dos componentes isolados o Pmax foi o que apresentou maior percentual de partículas menores que 0,25 mm, diferindo de CAC que nesta faixa teve menor participação (Quadro 3).

O substrato CAC apresentou predominância nos tamanhos intermediários (2,0 –1,0 mm e 1,0 –0,5 mm).

Essas características de distribuição de partículas do Pmax e da CAC tiveram influência nos substratos mistos que receberam esses componentes na mistura.

Como não é fácil encontrar materiais puros que poderiam apresentar características ideais para um bom substrato, torna-se necessário a adição de outros componentes, de modo a se conseguir uma mistura adequada, devendo-se levar em consideração a distribuição do tamanho de partículas dos substratos, pela melhoria

da relação ar:água, que é influenciada por um equilíbrio entre de macro e microporosidade.

Quadro 3. Médias das percentagens da distribuição do tamanho das partículas dos oito substratos avaliados (%).

.TRAT.	Abertura em mm					
	> 4,0	4,00-2,00	2,00-1,00	1,00-0,50	0,50-0,25	< 0,25
	%					
CBC 100%	1,63 bc	15,93 abc	22,12 abc	22,63 fg	22,74 ab	14,9 bc
CAC 100%	1,08 c	12,62 bc	25,84 a	33,58 a	17,57 b	6,81 d
Pmax 100%	2,48 bc	16,02 abc	16,48 de	20,98 fg	19,85 ab	24,09 a
Pmax+CAC1:1	3,07 abc	15,77 abc	20,15 cd	26,78 cde	17,22 b	17,00 b
Pmax+CBC1:1	3,03 abc	12,21 c	13,55 e	19,77 g	24,81 a	26,64 a
CBC+CAC 1:1	5,0 a	20,32 a	23,56 abc	23,48 ef	18,05 b	9,60 cd
Pmax+CAC1:2	1,43 bc	17,28 abc	23,74 abc	28,93 bc	17,81 b	10,8 cd
CBC+CAC 1:2	3,73 ab	13,49 bc	20,38 bcd	27,82 cd	20,58 ab	14,0 bc
CV(%)	37	16,14	8,74	5,65	11,77	17,75

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

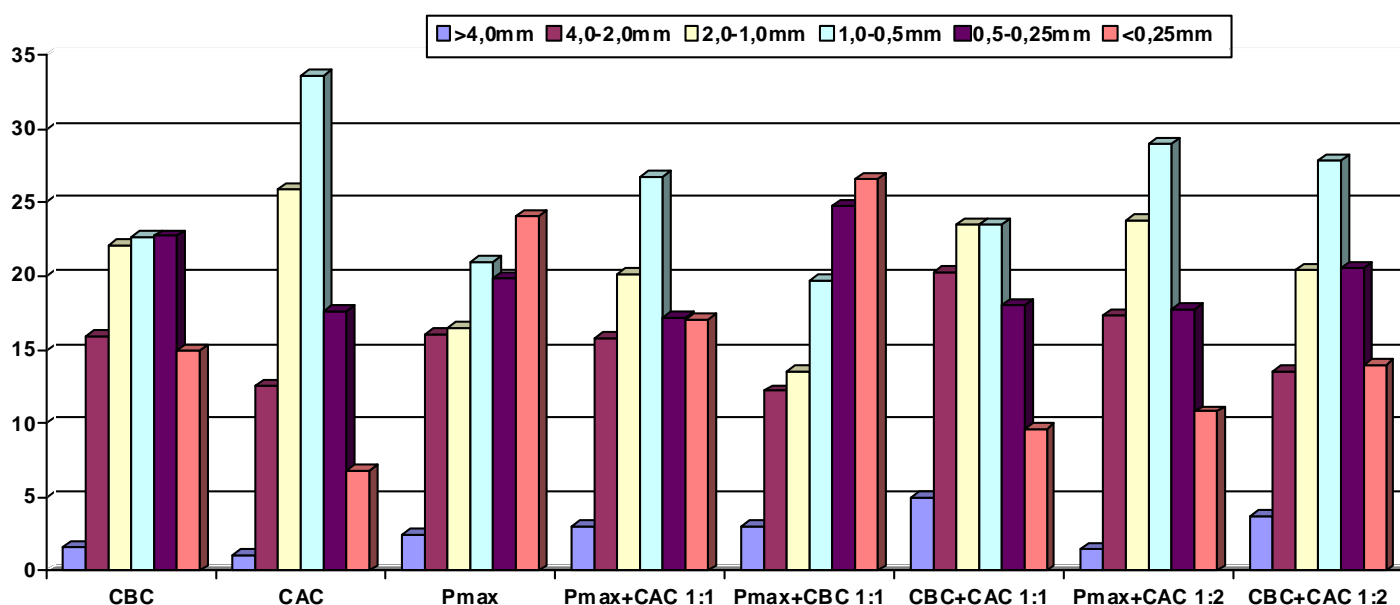


Figura 7. Distribuição do tamanho de partículas dos oito substratos estudados.

4.1.2. Densidade global (DG) densidade de partícula (DP), capacidade de aeração (CA), capacidade de recipiente (CR), porosidade total efetiva (PTE), porosidade total teórica (PTT) dos substratos pelo método Standards Australian, 2003.

A casca de arroz carbonizada (CAC) apresentou a menor densidade global (DG) (220 kg m^{-3}) (Quadro 4). A DG ideal para substratos hortícolas está entre 400 e 500 kg m^{-3} , segundo Bunt (1973) enquanto De Boodt e Verdonck (1972) sugerem valores entre 200 a 300 kg m^{-3} .

Materiais com baixa densidade global, podem acarretar problemas na fixação das plantas e tombamento, se o cultivo é feito em recipientes altos (Jansen et al., 1989). No entanto, quando o cultivo é feito em bandejas, necessita-se de substratos leves, pois as baixas densidades não comprometem a estabilidade do recipiente. Além disto, as baixas densidades permitem a utilização desses materiais como condicionadores, em misturas com outros materiais de alta densidade.

O tratamento representado pelo composto de bagaço de cana e engaço de bananeira (CBC) apresentou densidade de 500 kg m^{-3} e juntamente com a mistura Plantmax® + CBC (Pmax + CBC 1:1), se encontram no limite superior da faixa considerada ideal para substratos de acordo com Bunt (1973). Todos os demais tratamentos apresentaram densidade entre 330 e 380 kg m^{-3} valor abaixo da sugestão de Bunt (1973), todavia, superando os valores preconizados por De Boodt e Verdonck (1972). Considerando esta última recomendação, apenas a CAC 100% está dentro da faixa ideal (220 kg m^{-3}). O substrato comercial Plantmax, obteve densidade global de 350 kg m^{-3} . Resultados semelhantes para este substrato foram obtidos por Klein et al (2002), Arruda Júnior et al (2004) com densidades globais entre 310 e 377 kg m^{-3} .

Os maiores valores de Densidade de Partículas (DP) (Quadro 4) foram encontrados para os tratamentos CBC + CAC 1:1 (2.240 kg m^{-3}) e CBC (2.170 kg m^{-3}), que não diferiram estatisticamente entre si. O substrato Comercial Pmax com uma DP de 1.980 kg m^{-3} se aproximam de valores obtidos por Pragana (1999) e Klein et al (2002) cujos valores foram 1.918 e 1.860 kg m^{-3} respectivamente. A menor densidade da partícula foi observada para o substrato CAC com uma DP de 1720 kg m^{-3} .

Os valores ideais para capacidade de aeração (CA) variam grandemente entre pesquisadores (Pragana, 1999). Bunt (1973) preconiza valores acima de 10%, enquanto Poole & Warters (1972) aceitam valores entre 5 a 30 %. Verdonck et al. (1983) declaram que o crescimento ótimo se dá a valores de 20 %. Penningsfeld (1978) concluiu que plantas cultivadas em recipientes requerem uma CA mínima de 15 %. Em resumo, a maioria recomenda uma CA entre 5 a 30 %, dependendo do tipo de planta, o ambiente, o substrato e o tamanho do recipiente.

Os valores de CA mostram que todos os substratos analisados estão dentro da faixa recomendada, valendo ressaltar que o Pmax , o CBC e o Pmax + CBC 1:1 com uma CA de 5,41 %, 6,74 % e 7,09 % respectivamente, atendem somente a recomendação de Poole e Warters (1972), não se enquadrando na faixa de CA preconizada por Bunt (1973) Verdonck et al, (1983) e Penningsfeld (1978). Este fato pode ser explicado pela predominância de partículas pequenas o que já foi especificado no estudo da granulometria (partículas retidas até a peneira de 1,0 mm) e que irá refletir no aumento da capacidade de retenção de água destes substratos.

Como era de se esperar o tratamento que obteve a maior CA foi a casca de arroz carbonizada (CAC), alcançando 31,49 % de CA, fato reforçado pela predominância de macroporosidade quando da análise granulométrica.

Segundo Verdonck et al (1983) deve-se fazer misturas com materiais que apresentem baixos valores de CA com aqueles que apresentem altos valores. Desta forma, quando a CAC foi adicionada ao CBC e ao Pmax houve melhora considerável da CA, possibilitando maior oxigenação e melhor drenagem ao substrato.

O tratamento que alcançou maior CR (Quadro 4) foi o substrato comercial Pmax que diferiu estatisticamente dos demais substratos apresentando CR de 63,95 %. No método utilizado em Pragana (1999) a CR deste substrato foi de 73,9 %.

A menor CR foi obtida no substrato CAC (45,05 %) o que é explicado pelo seu alto valor de CA, que facilita a drenagem livre. Os demais substratos obtiveram CR entre 55,55 % a 61,75 %.

A porosidade total efetiva (PTE) refere-se ao volume de poros efetivamente preenchidos de água após a saturação do substrato em condições de uso na prática.

Para De Boodt e Verdonck (1972), o substrato ideal deve ter de 75 a 85 % de seu volume em poros. Considerando esta faixa, somente a CAC, ficou dentro do percentual recomendado.

Os demais tratamentos apesar de estarem fora da faixa acima recomendada para PTE, alcançaram valores não muito distantes desta faixa (67,99 a 73,83 %).

Mais uma vez observou-se que quando se adicionou CAC aos demais materiais, houve melhoria na porosidade do substrato misto.

A Porosidade total efetiva (PTE), de acordo com Quadro 4, em todos os substratos diminuiu entre 8,97 e 13,49 % em relação à porosidade total teórica (PTT). Este fato está relacionado à presença de poros oclusos, que na prática podem não serem preenchidos com água no processo de saturação. Como a PTT é determinada através da DG e DP e, como no procedimento de determinação da DP praticamente todo o ar é eliminado, inclusive os poros oclusos, justificam-se os valores superiores encontrados.

Quadro 4. Médias da densidade global (DG), densidade da partícula (DP), capacidade de aeração (CA), capacidade de recipiente (CR), porosidade total efetiva (PTE), e da porosidade total teórica (PTT) pelo método Standards Australian, 2003, dos oito substratos avaliados.

Tratamento	DG kg.m ⁻³	DP	CA	CR	PTE	PTT
	_____			_____ % _____		
CBC	500 a	2170 ab	6,74 d	61,25 b	67,99 d	76,96
CAC	220,f	1720 e	31,49 a	45,05 e	76,55 a	87,20
PMAX	350 d	1980 d	5,41 d	63,95 a	69,36 cd	82,32
Pmax+CAC1:1	330 e	2000 cd	16,66 c	55,55 d	70,22 c	83,50
Pmax+CBC1:1	440 b	2100 bc	7,09 d	61,75 b	68,84 cd	79,04
CBC+CAC 1:1	380 c	2240 a	15,99 c	56,91 c	72,9 b	83,03
Pmax+CAC1:2	330 e	2090 bc	15,03 c	55,68 d	70,72 c	84,21
CBC+CAC 1:2	380 c	2110 b	18,36 b	55,46 d	73,83 b	81,99
CV(%)	1,77	2,07	9,16	1,21	1,41	-

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

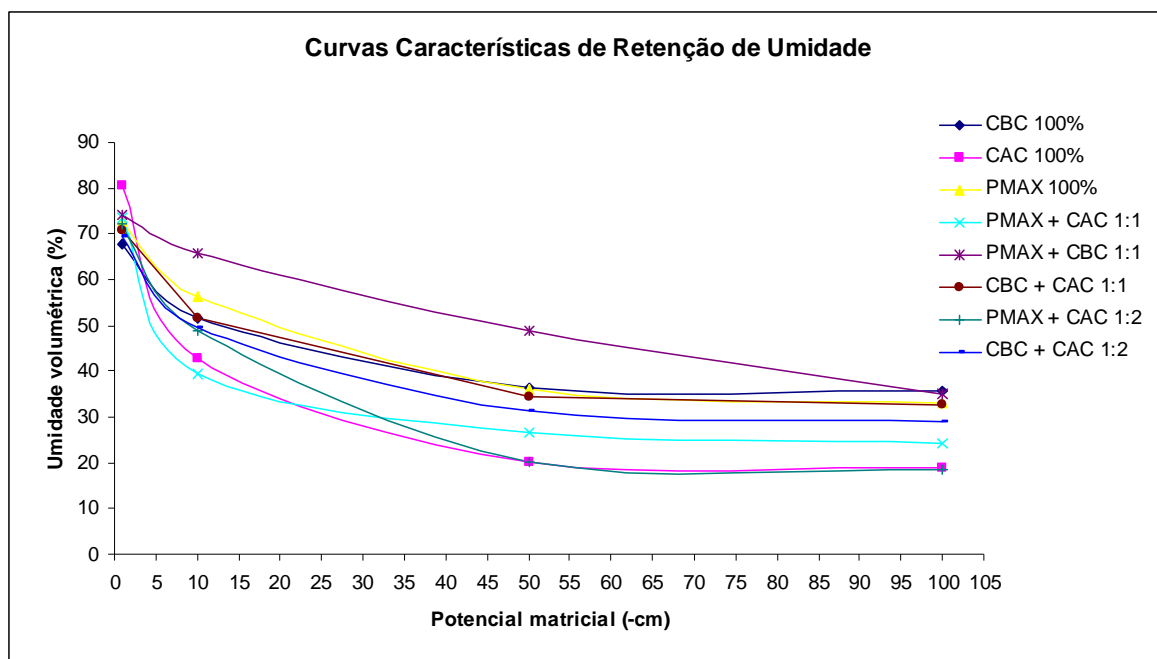
4.1.3 Curva característica de retenção de umidade.

Os valores obtidos para a porosidade total efetiva – PtE (0 cm); espaço de aeração – EA (0 a 10 cm); capacidade de retenção de água – CRA (10 cm); água facilmente disponível – AFD (10 a 50 cm) e água de reserva – AR (50 a 100 cm), obtidos pela curva característica de retenção de umidade dos diversos substratos a partir método proposto por De Boodt & Verdonck (1972), encontram-se no Quadro 5. As curvas características dos oito tratamentos estão representadas na Figura 8.

Quadro 5. Umidades volumétricas obtidas a partir da curva característica de retenção de umidade para porosidade total efetiva – PTE (0 cm); espaço de aeração – EA (0 a 10 cm); capacidade de retenção de água – CRA (10 cm) ; água facilmente disponível – AFD (10 a 50 cm); água de reserva – AR (50 a 100 cm); referentes as amostras analisadas.

Tratamento.	PTE	EA	CRA	AFD	AR
%					
CBC	67,72	16,20	51,52	15,08	0,75
CAC	80,51	37,69	42,82	22,48	1,50
Pmax	72,64	16,48	56,16	20,03	2,94
Pmax+CAC1: 1	73,47	34,11	39,36	12,62	2,45
Pmax+CBC1: 1	74,19	8,48	65,71	16,96	13,57
CBC+CAC 1:1	70,89	19,30	51,59	17,05	1,79
Pmax+CAC1: 2	72,28	23,56	48,72	28,47	1,64
CBC+CAC 1:2	69,51	20,02	49,49	18,14	2,36

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume)



tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume)

Figura 8. Curvas características de retenção de umidade dos oito substratos

Os valores obtidos para porosidade total teórica (PTE) pela curva característica foram diferentes dos obtidos no método Standards Australian, 2003 (Quadro 5). entre 0,22 a 5,3 %, devido a diferenças no tamanho das amostras e no procedimento de saturação das mesmas.

Segundo Milner (2002), um substrato agrícola deve possuir uma PTE de 70 a 80 % do volume. Com base neste intervalo, somente o CBC (67,72 %) e o CBC + CAC 1:2 (69,51 %) ficaram abaixo dos valores recomendados.

O valor considerado ideal para o EA de substratos hortícolas é de 20 a 30 % (Verdonck et al., 1983). Este valor se aplica, no entanto, apenas a substratos utilizados em sistemas de produção de mudas em recipientes com irrigação pouco freqüente. O substrato CAC (37,69 %) apresentou EA superior ao valor considerado ideal, indicando seu uso como condicionador de substratos como uma boa opção na melhoria do EA destes. As formulações Pmax + CAC 1:1 e CAC atingiram também

um valor alto de EA (34,11%), superando o valor considerado ideal. Elevados valores de EA podem trazer deficiências hídricas às plantas, especialmente no caso de irrigações pouco frequentes.

Segundo Klein et al., (2002), a CAC apresenta-se como alternativa barata para ser misturada a outros materiais ou substratos comerciais, visando a diminuição do custo do substrato, para melhorar principalmente a porosidade e a aeração, principalmente pela elevação no percentual de macroporos, que por sua vez, promoveu a redução na capacidade de retenção de água no substrato (Trigueiro & Guerrini, 2004).

O intervalo entre 20 a 30 % é aquele considerado ideal para o volume de AFD de substratos utilizados no cultivo em recipientes (Verdonck et al. 1983; Milner, 2002). O substrato CAC, Pmax e Pmax + CAC 1:2 apresentaram valores de AFD considerados ideais, o que pressupõe que estes materiais podem garantir elevada disponibilidade de água às plantas. Os materiais Pmax + CAC 1:1 e CBC apresentaram reduzido volume de AFD, ficando abaixo do limite mínimo, o que indica que a disponibilidade de água é um fator de restrição de uso isolado destes materiais, dentro das condições acima descritas.

O substrato CAC apresenta água de reserva (AR) muito baixa, característica que demonstra uma deficiência da mesma para o cultivo de plantas em recipientes com substratos únicos, em função de sua baixa capacidade de armazenamento de água, condicionando-os a sistemas de irrigação de alta frequência. AR considerada ideal por Verdonck et al. (1983), situa-se na faixa de 4 a 10 %. Milner (2002) recomenda intervalo de 5 a 10 % de AR para um substrato agrícola ideal. Todos os substratos analisados ficaram abaixo da faixa de valores considerados ótimos. Esta característica é desfavorável para o cultivo de plantas em recipientes com substratos únicos, em função de sua baixa capacidade de armazenamento de água, condicionando-os a sistemas de irrigação com alta frequência.

4.2 Caracterização química.

Os substratos CAC e CBC+CAC 1:2 foram os substratos que apresentaram os mais altos teores de P (47,25 mg L⁻¹ e 43,50 mg L⁻¹), não diferindo estatisticamente entre si. O Quadro 6, por outro lado, mostra que o substrato mais

pobre nesse elemento foi o Pmax com apenas 15,50 mg L⁻¹, portanto, menos de um terço em relação à CAC. Não obstante, todos os substratos avaliados apresentaram concentrações na faixa considerada ótima, tanto por Ingram et al., (1990) que recomendam 8-12 mg L⁻¹, como Warncke (1988) com 10-18 mg L⁻¹. Em relação ao substrato comercial Pmax, os valores encontrados diferem dos valores obtidos por Pragna (1999) onde o valor de P para este substrato foi de 268,82 mg kg⁻¹. Provavelmente essa divergência de valores deve-se à diferença no método de extração adotado, bem como os valores constantes no presente trabalho dizem respeito ao P disponível e não total.

Quanto ao N, os substratos CBC (7,9 g L⁻¹) foi o que apresentou o maior teor, seguido pelo Pmax + CBC 1:1 (7,0 g L⁻¹). Como o CBC possui em sua constituição esterco bovino, além do engaço de bananeira, materiais ricos em N, justificam-se os valores encontrados.

As menores concentrações de N, foram encontrados nos substratos Pmax + CAC 1:2 (3,1 g L⁻¹), Pmax + CAC 1:1 (3,2 g L⁻¹), CAC (3,4 g L⁻¹) evidenciando que o material CAC é pobre em relação a este elemento, fornecendo aproximadamente a metade do N do Tratamento CBC.

Como pode ser observado na Quadro 6 os substratos que levam em sua composição o CBC, foram inquestionavelmente os que se destacaram como fonte de K, o que pode ser constatado ao se verificar que no CBC foi registrado 76,0 mmol L⁻¹, enquanto que o Pmax apresentou 4,7 mmol L⁻¹ e a CAC com 5,7 mmol L⁻¹. Os demais tratamentos mantiveram seu valores na faixa intermediária.

Em se tratando do Ca e Mg, maiores valores foram registrado para o Pmax (8,3 mmol L⁻¹ de Ca e 0,60 mmol L⁻¹ de Mg), com Relação Ca:Mg de 1,39:1. Apesar da CAC apresentar as menores concentrações destes elementos (0,6 mmol L⁻¹ de Ca e 0,1 mmol L⁻¹ de Mg), a relação Ca:Mg foi de 4,75:1: bem mais larga que para o substrato anterior .

Quadro 6. Valores de Fósforo (P), Nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) dos oito substratos avaliados.

Tratamento	P mg L ⁻¹	N g L ⁻¹	K	Ca mmol L ⁻¹	Mg
CBC	30,50 b	7,9 a	76,0 a	2,1 cd	1,3 d
CAC	47,25 a	3,4 f	5,7 d	0,6 e	0,1 f
Pmax	15,50 d	4,1 e	4,7 d	8,3 a	6,0 a
Pmax+CAC1: 1	21,25 cd	3,2 f	8,0 d	5,5 b	3,5 b
Pmax+CBC1: 1	32,00 b	7,0 b	43,4 b	2,6 c	1,7cd
CBC+CAC 1:1	36,25 b	5,6 c	41,4 b	1,4de	0,8 e
Pmax+CAC1: 2	24,00 c	3,1 f	7,1 d	2,8 c	2,0 c
CBC+CAC 1:2	43,50 a	4,5 d	32,2 c	1,3 de	0,7 e
CV (%)	8,22	3,11	10,26	12,27	7,74

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume). Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Devido a elevada concentração de sódio (Na) registrada no substrato CBC que foi de 8,6 mmol L⁻¹, em relação aos demais materiais isolados, conforme Quadro 6, todas as misturas que contiveram o componente CBC em sua composição, tiveram o sódio variando de 3,2 mmol L⁻¹ para CBC + CAC 1:2, até 6,3 mmol L⁻¹ para o Pmax + CBC 1:1. As menores concentrações desse elemento foram encontradas para CAC, Pmax + CAC 1:1 e Pmax + CAC 1:2, todos com 0,7 mmol L⁻¹.

Considerando o valor mínimo de matéria orgânica (MO) de 50 % estabelecido por Verdonck et al. (1981) e Penningsfeld (1978), para substratos utilizados na produção de mudas em recipientes, com fornecimento de água e nutrientes esporádico e, assumindo que 50 a 60 % da MO é constituída de carbono orgânico (CO), pode-se estabelecer, segundo Schmitz et al.(2002), que os teores ideais de carbono Orgânico (CO) devem ficar acima de 25 %. Segundo este parâmetro todos os substratos analisados neste trabalho, atenderam a esta recomendação, com destaque para o Pmax que apresentou 79,75 % de MO e

46,26 % de CO (Quadro 7). A matéria orgânica presente nos substratos estudados é recomendável, já que sua fração húmica é importante fonte de cargas para o substrato, contribuindo assim para o aumento da CTC (Allison, 1965)

Roe et al. (1997), afirmam que valores de C/N abaixo de 20 são considerados suficientes para impedir a mobilização do N em compostos orgânicos. O CBC apresentou um valor de C/N igual a 40, portanto, acima do recomendado, o que pode indicar que o composto não estava ainda com maturação completa. A maior relação C/N foi encontrada no substrato Pmax + CAC 1: 2 com um valor de 126. A solução para esta questão segundo Vavrina et al.,(1996) é aumentar a fertilização com nitrogênio.

Quadro 7. Valores de sódio (Na), carbono orgânico (CO), matéria orgânica (MO), relação carbono: nitrogênio (C/N), pH em água (pH) e condutividade elétrica (CE) dos oito substratos avaliados.

Tratamento.	Na mmol L ⁻¹	CO _____ % _____	MO	C/N	pH	CE dS m ⁻¹
CBC	8,6 a	31,47 d	54,25 d	40	7,87 a	10,22 a
CAC	0,7 d	38,43 bc	66,25 bc	113	7,25 bc	0,85 g
Pmax	1,3 d	46,26 a	79,75 a	113	5,22 e	3,05 e
Pmax+CAC1:1	0,7 d	39,88 b	68,75 b	124	6,00 d	2,37 f
Pmax+CBC1: 1	6,3 b	35,24 cd	60,75 cd	50	7,75 ab	6,82 b
CBC+CAC 1:1	5,0 b	34,95 cd	60,25 cd	62	8,02 a	5,82 c
Pmax+CAC1: 2	0,7 d	39,01 b	67,25 b	126	6,95 c	1,85 f
CBC+CAC 1:2	3,2 c	37,27 bc	64,25 bc	83	7,67 ab	4,52 d
CV(%)	13,43	4,72	4,72	-	3,41	5,04

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em pH inferior a 4,0, a elevada concentração hidrogeniônica afeta a integridade e a permeabilidade das membranas das plantas, podendo haver perda de nutrientes já absorvidos. O crescimento é retardado, aumentando a exigência em Ca para um crescimento satisfatório. Em pH superior a 6,5, podem ocorrer precipitações dos nutrientes como Ca, P, Fe, e Mn, que deixam de estar disponíveis às plantas (Martinez, 2004).

Segundo Kampf (2000), o intervalo de pH onde há maior disponibilidade de nutrientes está entre 5,2 e 5,5 para substratos formulados com materiais e misturas de base orgânica. Para os oito substratos analisados, apenas o Plantmax ficou dentro desta faixa, com pH de 5,22 (Quadro 7). Todos os demais substratos apresentaram pH de 6,0 a 8,0, portanto, acima da faixa recomendada, necessitando de um manejo criterioso quando da aplicação da fertirrigação, uma vez que o pH dos substratos pode interagir com o pH da solução de fertilizantes aplicada, determinando assim o pH a que as raízes estarão submetidas (Martinez, 2004)

Os substratos orgânicos resistem mais a alterações de pH, enquanto os substratos inorgânicos com baixa atividade química e as soluções nutritivas podem sofrer alterações bruscas, podendo passar de fortemente ácidos a fortemente alcalinos e vice-versa. (Martinez, 2004).

Analisando o Quadro 7 em relação a condutividade elétrica (CE), os substratos que apresentaram menores concentrações de sais foram o CAC (0,85 dS m⁻¹), Pmax + CAC 1: 2 (1,85 dS m⁻¹), Pmax + CAC 1:1 (2,37 dS m⁻¹) e Pmax com 3,05 dS m⁻¹. Adams (1994), cultivando tomateiros submetidos a diferentes CEs, verificou que houve uma melhor absorção de água e nutrientes para CE de 4,8 dS m⁻¹ que 3,2 dS m⁻¹. Martinez (2004) obteve melhores resultados para o acúmulo de matéria fresca da parte aérea em alface Lucy Brown (2,41 dS m⁻¹) e Brasil (4,0 dS m⁻¹)

O substrato CBC com 10,22 dS m⁻¹ e todas as misturas que levaram este componente na composição, tiveram valores de CE acima da faixa considerada normal que é até 3,0 dS m⁻¹ segundo Ingram et al. (1993). A grande concentração de sais no substrato CBC faz com que a sua CE seja elevada, necessitando promover lixiviação controlada para redução de condutividade a níveis mais aceitáveis.

O substrato comercial ficou dentro da faixa recomendada quanto a CE e quando da mistura deste substrato com CAC, a CE ficou ainda mais baixa.

Na mistura CBC + CAC 1:1, a CE foi de 4,52 dS m⁻¹, muito abaixo do valor registrado para CBC que apresentou CE de 10,22 dS m⁻¹

4.3 Bioensaios par produção de mudas.

4.3.1 Enraizamento de estacas de crisântemo Cv. Calábria.

Na colheita do experimento, realizada aos 15 dias após o estaqueamento, avaliou-se a altura da planta, o diâmetro do caule, o número de raízes, o comprimento da maior raiz, percentual de estacas enraizadas, a massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular, conforme valores apresentados no Quadro 8.

O percentual de estacas com emissão de raízes e com condições de transplante foi de 100%, indicando que todos os substratos estudados se prestam ao enraizamento de estacas de crisântemo.

Em se tratando de número de raízes, houve diferenças significativas entre os tratamentos, discordando de Takeyoshi et al. (1983) que utilizando diferentes substratos à base de casca de arroz, solo, areia, esterco e palha de arroz, não observaram diferenças significativas quanto ao enraizamento de estacas de crisântemo Polares.

Para cultivar Calábria maior número de raízes foi conseguido com o substrato Pmax + CAC 1:2, com uma média de 39,86 raízes, diferindo estatisticamente apenas de CBC + CAC 1:2 (média de 23,62) e da testemunha CAC (média de 27,56) que apresentaram menor número de raízes dentre os substratos estudados.

Para esta cultivar, não houve diferença significativa para a variável altura da planta e diâmetro do caule.

Na variável comprimento da maior raiz, não foi observada diferença estatística.

Quando se analisou a variável massa seca da parte aérea para o cultivar Calábria observou-se que o substrato CBC + CAC 1:2 apresentou menor massa

(150 mg) em relação aos demais tratamentos, inferior estatisticamente a CBC + CAC 1:1 com uma massa da parte aérea de 250 mg.

Segundo Cuquel et al. (1992), considerando o processo de propagação de plantas por estaquia, observa-se que nas primeiras fases do estaqueamento, o desenvolvimento ocorre às expensas das reservas, reduzindo a matéria seca total, até que o sistema radicular em estabelecimento permita a redução gradual destas perdas levando ao acúmulo de matéria seca. Como o Substrato CBC+CAC apresentou menor número de raízes, por analogia pode-se explicar a menor massa seca da parte aérea.

De modo geral, os valores de pH, condutividade elétrica, densidade global, porosidade total, espaço de aeração e água retida nos microporos não foram suficientes para explicar, por sua ação isolada, as diferenças encontradas no desenvolvimento das estacas de crisântemo, no bioensaio, concordando com Gruszynski et al. (2003)

Quadro 8. Média de altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de raízes (NR), comprimento da raiz de maior tamanho (CR); massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), de mudas de crisântemo variedade Calábria, produzidas em bandejas de isopor de 200 células aos 15 dias.

Tratamento.	AP (mm)	DC (mm)	NR (nº)	CR (mm)	MSPA (mg)	MSSR (mg)
CBC	79,11 a	3,79 a	31,36 ab	39,34 a	200 ab	45 a
CAC	77,36 a	4,05 a	27,56 b	30,76 a	210 ab	51 a
Pmax	77,30 a	3,69 a	33,98 ab	37,06 a	200 ab	50 a
Pmax+CAC 1:1	85,96 a	4,08 a	34,92 ab	34,50 a	210 ab	58 a
Pmax+CBC 1:1	85,90 a	3,85 a	32,92 ab	38,00 a	220 ab	74 a
CBC+CAC 1:1	88,52 a	4,06 a	32,56 ab	39,78 a	250 a	58 a
Pmax+CAC 1:2	80,53 a	3,63 a	39,86 a	39,10 a	200 ab	55 a
CBC+CAC 1:2	80,30 a	3,67 a	23,62 b	31,46 a	150 b	39 a
CV(%)	8,94	10,87	18,63	12,56	16,62	34,11

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

4.3.2. Produção de mudas de alface com e sem fertirrigação.

A emergência das plântulas de alface nos dois experimentos (com e sem fertirrigação) ocorreu entre 6 e 11 dias, conforme os diferentes tratamentos (Quadro 9). Para o substrato CBC, foi verificado maior tempo de emergência seguido do Pmax enquanto que nos tratamentos CAC, bem como nas misturas que continham este componente, essa emergência ocorreu de forma mais rápida.

A alta condutividade elétrica (CE) do CBC, aliado a uma baixa relação entre esta e os teores de água facilmente disponível, podem ter determinado o atraso e/ou não emergência das plântulas, fato já observado por Menezes Junior et al., 2000.

Segundo Backes (1989) um alto teor de sais solúveis pode provocar a queima ou necrose das raízes sendo resultante de condições inerentes do próprio substrato ou excesso de adubação.

A baixa CE da CAC, boa disponibilidade de água facilmente disponível (AFD) e espaço de aeração dentro da faixa recomendada, contribuíram de forma significativa para o bom desempenho deste substrato em se tratando de velocidade de germinação de sementes de alface.

Nas misturas preparadas com CBC e CAC, houve um efeito de diluição, o qual se traduziu em redução da CE e maior rapidez na emergência das mudas.

O que se constata nestes bioensaios é que a CE do CBC de $10,22 \text{ dS m}^{-1}$, além de suas características físicas de CA e CRA, prejudicaram de forma significativa a velocidade de emergência e o percentual de germinação (56,4%) das mudas de alface.

Santos et al (1994) afirmam que as sementes de alface toleram o efeito stresse salino até a concentração de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, sendo que a partir dessa concentração, verificou-se o efeito prejudicial da salinidade. Menezes (informação pessoal, 2005), conseguiu para o substrato Pó de coco não tratado + 2% de N, um percentual considerado alto de emergência de plântulas de alface (93,33%), apesar de uma CE de $6,34 \text{ dS m}^{-1}$

Para fins de produção comercial de mudas de alface, Andriolo et al. (2003) sugerem que a comercialização de mudas de alface pode ser iniciada com aproximadamente 5 folhas/muda. Isso permitiria obter um maior número de ciclos de produção de mudas ao longo do ano. Durante o processo de comercialização, as

mudas poderiam permanecer ainda por um determinado tempo, até atingirem 6 folhas/muda.

Em se tratando de número de folhas definitivas como é observado no Quadro 9, todos os substratos analisados no bioensaio que receberam fertirrigação, ficaram dentro da faixa recomendada por Andriolo et al (2003) a exceção apenas para o CBC com média de 4,9 folhas. No experimento sem fertirrigação, o substrato CAC resultou em mudas com uma média de folhas de apenas 3,4, seguido de CBC + CAC 1:2 com 4,4 e Pmax + CAC 1:2 com 4,7. Os demais tratamentos ficaram dentro da faixa, inclusive o CBC.

Isso reflete a deficiência do componente CAC em nitrogênio (0,34%), o que irá influenciar também na altura da muda, quando o substrato CAC apresentou o pior resultado tanto em fertirrigação (34 mm) como sem fertirrigação quando a muda apresentou somente 7,9 mm, portanto, um valor 9,8 vezes abaixo do tratamento que apresentou maior altura, que foi o Pmax + CAC 1:1 com fertirrigação (77,5 mm).

Constatou-se que tanto no CBC, como no Pmax os resultados obtidos em número de folhas, altura da muda e massa seca da parte aérea, foram superiores quando sem fertirrigação, o que sugere que houve interação do substrato com a fertirrigação. Soma-se a isto que o pH do Pmax, é o único que se enquadra dentro da faixa recomendada por Kampf (2000) com pH de 5,2 tornando os nutrientes mais disponíveis à planta.

O bom resultado do Pmax sem fertirrigação em relação à altura é corroborado também com as informações de Smiderle et al. (2001), que aos 21 dias apresentou melhor desempenho de mudas de alface com este substrato.

Todos os tratamentos tiveram incremento muito significativos na massa fresca da parte aérea (MFPA), em regime de fertirrigação, quando comparamos com o bioensaio conduzido sem fertirrigação. O melhor resultado nesta variável foi observado para o Pmax + CAC 1:1, que apresentou 18,7 g de MFPA com fertirrigação, contra 0,29 g de MFPA sem fertirrigação, o que corresponde a um acréscimo de 64, 48 vezes.

O pior resultado de MFPA foi observado no CAC sem fertirrigação com 0,04 g. Contudo, quando este mesmo tratamento é conduzido com fertirrigação a sua MFPA apresenta um valor de 4,76 g, ou seja, incremento de 119 vezes.

Quadro 9. Médias do número de folhas (NF), altura da planta (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca do sistema radicular (MFSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), percentual de emergência (PE), e velocidade de emergência (VE), de mudas de alface com e sem fertirrigação, variedade Grand Rapids, produzida em bandejas de isopor de 128 células aos 23 dias.

tratamento.	Resultados alcançados com fertirrigação							PE %	VE -
	NF N ^o	AP mm	MFPA g	MFSR g	MSPA mg	MSSR mg			
CBC	4,9 b	14,9 e	1,99 f	0,18 d	10 c	3 d	56,4	5,08	
CAC	5,0 ab	34,0 d	4,76 ef	0,26 cd	28 b	10 c	82,66	10,06	
PMAX	5,6 ab	55,6 bc	10,18 c	0,52 b	50 ab	18 ab	87,54	8,75	
Pmax+CAC1: 1	5,5 ab	77,5 a	18,17 a	0,81 a	86 a	28 a	81,27	9,78	
Pmax+CBC1: 1	5,9 a	64,5 ab	13,73 b	0,50 b	69 a	22 ab	79,06	9,36	
CBC+CAC 1:1	5,4 ab	41,9 cd	6,48 de	0,44 bc	28 b	17 bc	86,55	9,67	
Pmax+CAC1: 2	5,5 ab	55,8 bc	9,33 c	0,42 bc	44 ab	16 bc	80,17	10,0	
CBC+CAC 1:2	5,6 ab	51,9 bc	9,08 cd	0,44 bc	46 ab	19 ab	86,35	10,28	
CV(%)	8	16	14,86	21,17	11	16	21,3	17	

TRAT.	Resultados alcançados sem fertirrigação							PE %	VE -
	NF n ^o	AP mm	MFPA g	MFSR g	MSPA mg	MSSR mg			
CBC	5,0 abc	27,9 bcd	0,40 b	0,31 f	16 cd	8 d	62,38	6,22	
CAC	3,4 d	7,9 e	0,04 d	0,13 g	2 f	10 e	85,31	10,44	
PMAX	5,8 a	71,4 a	1,54 a	0,96 a	85 a	35 a	89,84	8,23	
Pmax+CAC1: 1	5,0 abc	27,4 bcd	0,29 bc	0,56 cd	20 bcd	38 a	84,21	9,82	
Pmax+CBC1: 1	5,2 abc	32,0 bc	0,39 b	0,74 b	33 b	41 a	81,40	9,85	
CBC+CAC 1:1	5,6 ab	33,2 b	0,45 b	0,67 bc	25 bc	25 bcd	89,37	9,73	
Pmax+CAC1: 2	4,7 bc	23,0 cd	0,20 cd	0,48 de	13 de	32 ab	82,34	9,77	
CBC+CAC 1:2	4,4 c	18,2 d	0,17 cd	0,37 ef	8 ef	17 cd	87,65	10,43	
CV(%)	9	16	20,21	12,83	8	30	19,6	23,1	

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

Incontestavelmente a fertirrigação, contribuiu para um melhor desenvolvimento da área foliar, o que permite que a muda seja transplantada num menor espaço de tempo.

Quando conduzidas com fertirrigação a massa fresca do sistema radicular não apresentou incremento proporcional ao verificado com a MFPA. Observou-se que as raízes sofreram maiores prejuízos com o aumento de sais. Fato semelhante foi constatado por Viana et al. (2001) com alface Cv Elba.

Em se tratando da biomassa seca da parte aérea (Quadro 9), as mudas de alface cultivadas sem fertirrigação no substrato CAC apresentou o pior resultado dentre os tratamentos (2 mg). Quando comparamos com o bioensaio de alface com fertirrigação, esse resultado sofre acréscimo considerável chegando a 28 mg, todavia, ainda baixo para uma muda a ser transplantada segundo Andriolo et al. (2003).

Esse resultado sugere que este substrato é inadequado para produção de mudas de alface, provavelmente pelas suas características químicas, não sendo capaz de suprir as necessidades nutricionais da muda durante o período de formação na estufa, necessitando de uma reformulação no cálculo da fertirrigação para melhoria da biomassa seca da parte aérea.

A exceção do Pmax e CBC, todos os tratamentos responderam positivamente à aplicação de nutrientes, via água de irrigação.

Os substratos que alcançaram melhores resultados na variável massa seca da parte aérea foram Pmax+CAC 1:1 (86 mg) com fertirrigação e Pmax sem fertirrigação (85 mg) .

Quando se analisa a massa seca do sistema radicular (MSSR) radicular (Quadro 9), com exceção de CAC e CBC+CAC 1:2, todos os substratos apresentaram melhores resultados, quando conduzidos sem fertirrigação. Isto sugere que a provável elevação da CE pela fertirrigação, não permitiu um melhor desenvolvimento do sistema radicular.

4.3.1 Produção de mudas de tomate com fertirrigação.

A emergência das plântulas de tomateiro ocorreu, de uma maneira geral, no 5º dia após a semeadura (DAS), encontrando-se a maior porcentagem de emergência (PE) no substrato CAC (92,18%), que foi muito superior ao CBC onde PE foi de apenas 45,78%. Isto evidencia maior exigência do tomateiro em aeração do que em umidade para germinar, pois na CAC o EA é de aproximadamente $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ enquanto no CBC apresenta apenas $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Quadro 4). Contribuiu também para a baixa germinação a alta CE do CBC que é de $10,22 \text{ dS m}^{-1}$ enquanto que CAC é de apenas $0,85 \text{ dS m}^{-1}$ (Quadro 10).

Os tratamentos que refletiram um melhor desempenho das mudas de tomate foram os substratos mistos à base de Pmax + CAC 1:1 e Pmax + CAC 1:2, considerando a obtenção dos maiores valores de altura (108,0 mm e 106,0 mm), número de folhas definitivas (5,0 e 4,8) e diâmetro do caule (32 mm e 33 mm).

Em relação à massa fresca da parte aérea (MFPA), os tratamentos que mais se destacaram foram Pmax + CAC 1:2 (1,42 g) e Pmax + CAC 1:1 (1,12 g), não apresentando diferença estatística entre os dois substratos. CBC apresentou o pior resultado (0,2 g), com uma MFPA sete vezes menor que o Pmax+CAC 1:2.

Quanto à massa fresca do sistema radicular (MFSR), CBC apresentou mais uma vez o pior resultado, provavelmente devido a alta CE do substrato aliado às condições físicas impróprias como baixa capacidade de aeração (CA) e alta capacidade de retenção de água (CRA). Pmax + CAC 1:2 e Pmax + CAC 1:1, foram os tratamentos que apresentaram melhores resultados de MFSR (0,69 g e 0,6 g)

A massa da matéria seca é utilizada preferencialmente à massa do material fresco, por que o teor de água é bastante variável a partir da colheita da planta. Quando avaliamos estas variáveis, mais uma vez os dois tratamentos descritos acima apresentaram melhor desempenho: massa seca da parte aérea (91mg e 98 mg) e massa seca do sistema radicular (38 mg e 49 mg) (Quadro 10).

Este comportamento deve-se à combinação de materiais de características físicas e químicas diferentes, que após a mistura resulta num substrato de melhor qualidade em termos de melhor aporte de nutrientes, aumento do espaço de aeração, água disponível e baixa condutividade elétrica.

Observa-se também, que quando misturamos o CBC com materiais mais porosos e com menor condutividade elétrica, como CAC e Pmax, houve incremento

na capacidade de aeração, redução no potencial osmótico, diminuição na densidade global, resultando em mudas de tomate com melhor qualidade.

Isto indica que para ser eficiente como substrato na produção de mudas de tomate, o CBC deverá ser empregado em mistura com outros materiais com um baixo teor de sais e maior espaço de aeração, o que corrobora informações de Campanharo et al., 2004.

Quadro 10. Média do diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca do sistema radicular (MFSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSSR), percentual de emergência (PE) e velocidade de emergência (VE) de mudas de tomate variedade “Caline IPA-6”, produzida em bandejas de isopor de 128 células aos 23 dias.

tratamento	DC mm	AP mm	MFPA g	MFSR g	MSP A mg	MSSR mg	PE %	VE -
CBC	16 bcd	43,7 b	0,20 d	0,03 e	14 b	10 c	45,78	3,08
CAC	31 ab	107,2 a	0,84 bc	0,3 bcd	71 a	34 abc	92,18	8,29
Pmax	31 ab	97,6 a	0,95 b	0,36 bc	77 a	27 abc	87,5	7,25
Pmax+CAC1:1	32 a	108,6 a	1,12 ab	0,6 a	91 a	38 ab	90,62	7,91
Pmax+CBC1:1	28 abc	94,9 a	0,88 bc	0,28 cd	57 a	15 abc	77,34	5,94
CBC+CAC 1:1	24 abcd	86,2 a	0,58 c	0,2 d	41 a	13 bc	77,65	6,23
Pmax+CAC1:2	33 a	106,9 a	1,42 a	0,69 a	98 a	49 a	83,90	6,83
CBC+CAC 1:2	28 abc	94,0 a	0,87 bc	0,42 b	58 a	24 abc	89,06	7,68
CV(%)	18,00	24,49	21,42	17,29	41,82	53,00	25,43	27,2

: tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.2. Análise econômica dos substratos.

Na região do Cariri, os preços pesquisados para aquisição de lotes de 1.000 mudas das espécies estudadas produzidas com substrato de referência, ou seja, Plantmax® (Pmax) para tomate e alface e casca de arroz carbonizada (CAC) para crisântemo foram:

Tomate Caline IPA – 6: R\$ 50,00 / 1.000 mudas

Alface Grand rapids: R\$ 25,00 / 1.000 mudas

Crisântemo Calábria : R\$ 50,00 /1.000 mudas

Considerando que os diversos componentes, substratos isolados e mistos possuem diferentes densidades, foi estabelecido como medida padrão para aquisição do referido insumo, a unidade volumétrica em m³.

Considerou-se na elaboração do preço dos substratos, aquisição de materiais, insumos, beneficiamento, mão-de-obra e transporte, a partir de informações coletadas na região do Cariri Cearense.

Os valores referentes à aquisição de 1m³ dos oito substratos estudados, encontram-se no Quadro 11.

Observa-se que o produto comercial Pmax, utilizado como referência para as espécies tomate e alface, apresenta custo (R\$ 400,00) bem maior em relação aos outros substratos, chegando superar em mais de seis vezes o custo do substrato constituído por composto de bagaço de cana e engaço de bananeira (CBC), CAC e suas misturas volumétricas. Este fato deve-se ao custo adicional de transporte, visto que os fabricantes do produto comercial estão instalados, em sua maioria, na região Sudeste do país aliado também à falta de concorrência. Na região do Cariri, apenas um viveirista comercializa o substrato Plantmax®.

Quadro 11. Preço de aquisição de 1 m³ dos oito substratos estudados:

Substrato	Custo m ³ (R\$)
CBC	65,00
CAC	55,00
Pmax	400,00
Pmax+CAC 1:1	227,50
Pmax+CBC 1:1	232,50
CBC + CAC 1:1	60,00
Pmax + CAC 1:2	170,00
CBC + CAC 1:2	58,32

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume).

Considerando os volumes de 35,5 dm³ e 27,3 dm³ necessários para produção de 1.000 mudas em bandejas de 128 e 200 células, respectivamente, o Quadro 11 apresenta o custo dos oito substratos para lotes de 1000 mudas de tomate, alface e crisântemo.

Observa-se no referido Quadro 12, a grande diferença de custos, principalmente entre os substratos alternativos e o substrato Pmax (referencial para as espécies tomate e alface).

Para produção de mudas de crisântemo, CAC considerado como referencial, apresenta o custo mais baixo dentre os substratos estudados.

Vale salientar, que no presente trabalho, os substratos alternativos, apresentaram melhor enraizamento das estacas de crisântemo em comparação com CAC, tornando-se alternativas eficientes para substituição total ou parcial do substrato de referência, quando da época de escassez do produto (casca de arroz), face as secas periódicas que assolam a região Nordeste.

Quadro 12. Custo dos oito substratos avaliados por lote de 1.000 mudas de tomate, alface e crisântemo

Substrato	Custo por lote de 1.000 mudas de tomate (R\$)	Custo por lote de 1.000 mudas de alface (R\$)	Custo por lote de 1.000 mudas de crisântemo (R\$)
CBC	2,31	2,31	1,77
CAC	1,95	1,95	1,50 (*)
Pmax	14,20 (*)	14,20 (*)	10,92
Pmax+CAC 1:1	9,85	9,85	6,21
Pmax+CBC 1:1	10,03	10,03	6,34
CBC + CAC 1:1	2,13	2,13	1,64
Pmax + CAC 1:2	7,21	7,21	4,64
CBC + CAC 1:2	2,07	2,07	1,59

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume. (*) substratos de referência.

No quadro 13, observa-se o custo dos substratos para produção unitária das mudas de tomate e alface, bem como a participação porcentual deste insumo no custo final da muda.

Pelo fato de que o preço de aquisição da muda de alface é 50 % menor que a muda de tomate, a participação relativa do substrato no custo da muda daquela espécie é inversamente proporcional, representando o dobro (100 %) em relação a muda de tomate.

O substrato Pmax, referencial na produção de mudas de alface representa 56,80% do preço de aquisição das mudas, sinalizando a necessidade de se buscar substratos alternativos que venham a reduzir o custo relativo deste insumo.

Substratos alternativos que tiveram bom desempenho agrônômico no cultivo de mudas de tomate e alface, como Pmax + CAC 1:1 e Pmax + CAC 1:2 já mostram redução significativa no custo, sem comprometimento da qualidade técnica.

Quadro 13. Custo Unitário (R\$) e Participação Relativa (%) do custo dos substratos alternativos no preço de venda da muda de alface tomate (bandejas de isopor de 128 células)

SUBSTRATO	Custo unitário do substrato (R\$)	Custo unitário da muda de tomate (R\$)	Part. relativa no custo da muda de tomate (%)	Custo unitário da muda de alface (R)	Part. relativa no custo da muda de alface (%)
Pmax (*)	0,0142 (*)	0,05	28,40 (*)	0,025	56,80 (*)
CBC	0,00231	0,05	4,62	0,025	9,24
CAC	0,00195	0,05	3,90	0,025	7,8
Pmax+CAC 1:1	0,00808	0,05	19,70	0,025	39,4
Pmax+CBC 1:1	0,00826	0,05	20,06	0,025	40,12
CBC + CAC 1:1	0,00213	0,05	4,26	0,025	8,52
Pmax + CAC 1:2	0,00603	0,05	14,42	0,025	28,84
CBC+ CAC 1:2	0,00207	0,05	4,14	0,025	8,28

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume. (*) substratos de referência.

No quadro 14 observa-se o custo dos substratos para produção unitária de mudas de crisântemo, bem como a participação em porcentual, deste insumo no custo final da muda.

O substrato CAC usado pelos produtores da região do Cariri como substrato isolado para enraizamento de estacas herbáceas de crisântemo, apresenta o menor custo e conseqüentemente a menor participação relativa (3 %) no custo da muda.

Excetuando o substrato comercial Pmax, cuja participação relativa no custo da muda é de 21,84%, os demais substratos alternativos apresentaram custos bem mais baixos, a exemplo do CBC + CAC 1:1 (3,29 %), CBC + CAC 1:2 (3,18 %), CBC (3,54 %), com enraizamento, inclusive, superior ao substrato de referência.

Quadro 14 Custo Unitário (R\$) e participação Relativa (%) do custo dos substratos alternativos no preço de venda da muda crisântemo (bandejas de isopor de 200 células).

SUBSTRATO	Custo unitário do substrato (R\$)	Custo unitário da muda de crisântemo (R\$)	Participação relativa no custo da muda de crisântemo (%)
CAC (*)	0,0015 (*)	0,05	3,00
CBC	0,00177	0,05	3,54
Pmax	0,01092	0,05	21,84
Pmax+CAC 1:1	0,00621	0,05	12,42
Pmax+CBC 1:1	0,00634	0,05	12,68
CBC + CAC 1:1	0,00164	0,05	3,28
Pmax + CAC 1:2	0,00464	0,05	9,28
CBC+ CAC 1:2	0,00159	0,05	3,18

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume) (*) substrato de referência.

Considerando a necessidade de substituição do substrato referencial por um dos substratos alternativos, o Quadro 15 apresenta o deságio porcentual a ser obtido pelo produtor em relação a este insumo na produção de mudas de tomate e alface.

Incontestavelmente, os valores indicam a viabilidade econômica da substituição parcial ou total do Pmax pelos substratos alternativos resultando em economia neste insumo de até 49 %.

Entretanto, há que considerar a interação do aspecto econômico com o técnico, de modo que a qualidade da muda não seja prejudicada.

No caso da utilização do CBC e de CAC, este trabalho indicou que estes substratos proporcionaram perda de qualidade da muda em relação aos demais

tratamentos, fato pelo qual, sempre que possível, o fator econômico não deve sobrepor ao técnico.

Os demais substratos alternativos mistos, além de apresentarem bom desempenho técnico apresentam-se como alternativas viáveis na substituição do Pmax, como é o caso do Pmax + CAC 1:1 que possibilita economia de 17,40 %

Quadro 15. Diferença entre a participação dos substratos de referência e os substratos alternativos na produção de mudas de tomate, alface.

Substratos	Participação relativa		Participação relativa		SR – SA	
	substrato de		dos substratos		%	
	referência (SR) (%)		alternativos (SA) %			
	Tomate	Alface	Tomate	Alface	Tomate	Alface
Pmax (*)	28,40	56,80				
CBC	-	-	4,62	9,24	23,78	47,56
CAC	-	-	3,90	7,8	24,50	49,00
Pmax+CAC 1:1	-	-	19,70	39,4	8,70	17,40
Pmax+CBC 1:1	-	-	20,06	40,12	8,34	16,68
CBC + CAC 1:1	-	-	4,26	8,52	24,14	48,28
Pmax + CAC 1:2	-	-	14,42	28,84	13,98	27,96
CBC+ CAC 1:2	-	-	4,14	8,28	24,26	48,52

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume. (*) substrato de referência.

Analisando o Quadro 16, observa-se que a substituição do substrato de referência CAC pelos substratos considerados neste trabalho como alternativos, resulta em ágio para o produtor que variam de 0,18 % (CBC + CAC 1:2) a 18,84 % (Pmax).

Todos os substratos estudados neste trabalho mostraram-se eficientes no enraizamento de estacas de crisântemo, superando inclusive o substrato referencial.

Por outro lado, observa-se que alguns tratamentos alternativos (CBC, CBC + CAC 1:1 e CBC + CAC 1:2), apresentaram ágios insignificantes comparados com CAC, o que os habilita economicamente a serem substitutos potenciais para este insumo em época de escassez eventual, resultando ainda em ganho de qualidade da muda.

Quadro 16. Diferença entre a participação dos substratos de referência e os substratos alternativos na produção de mudas de crisântemo.

Substratos	Part. relativa substrato de referência (SR) (%)	Part. relativa substratos alternativos (SA) (%)	SR – SA (%)
CAC (*)	3,00	-	-
CBC	-	3,54	-0,54
Pmax	-	21,84	-18,84
Pmax + CAC 1:1	-	12,42	-9,42
Pmax + CBC 1:1	-	12,68	-9,68
CBC + CAC 1:1	-	3,28	-0,28
Pmax + CAC 1:2	-	9,28	-6,28
CBC + CAC 1;2	-	3,18	-0,18

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume. (*) substrato de referência.

A partir dos percentuais de ágio ou deságio, resultante da substituição parcial ou total dos substratos referenciais, o Quadro 17 apresenta o preço de venda de 1.000 mudas de tomate, alface e crisântemo, cultivados com os oito substratos estudados.

Pode-se perceber que no caso de tomate e alface, há economia para o produtor e, embora pareça irrisório em termos absolutos, relativamente quando se analisa o universo de consumo de mudas na região, os valores tornam-se expressivos.

A título de ilustração, apenas um viveirista da Região do Cariri, chega a produzir 3.000.000 (três milhões) de mudas de tomate.ano⁻¹. Com a substituição do Pmax pelo substrato alternativo Pmax + CAC 1: 1, por exemplo, resultaria em um deságio de R\$ 13.050,00 (treze mil e cinquenta reais), inclusive com ganho de qualidade, e que poderia ser repassado aos agricultores da região.

Em relação ao crisântemo, pelos valores constantes no Quadro 17, verifica-se que os substratos alternativos mistos, a partir de CAC e CBC, possibilitam a substituição de CAC, em caso de necessidade, sem prejuízo para o produtor em termos econômico e técnico.

Quadro 17. Preço de venda das mudas cultivadas com os oito substratos avaliados (por lote de 1.000 mudas), considerando a substituição dos substratos de referência.

Substrato	Preço de venda 1.000 mudas tomate (R\$)	Preço de venda de 1.000 mudas alface (R\$)	Preço de venda de 1.000 mudas crisântemo (R\$)
CBC	38,11	10,49	50,27
CAC	37,75	10,20	50,00(*)
Pmax	50,00 (*)	25,00 (*)	59,42
Pmax+CAC 1:1	45,65	16,52	54,71
Pmax+CBC 1:1	45,83	16,67	54,84
CBC + CAC 1:1	37,93	10,35	50,14
Pmax + CAC 1:2	43,01	14,41	53,14
CBC + CAC 1:2	37,87	10,30	50,09

tratamentos: CBC (composto orgânico de bagaço de cana e engaço de bananeira); CAC (casca de arroz carbonizada); Pmax (Substrato comercial Plantmax® da Eucatex); Pmax+CAC 1:1 (Plantmax® + casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CBC (Plantmax® + composto orgânico 1:1 volume/volume); CBC+CAC (composto orgânico e casca de arroz carbonizada 1:1 volume/volume); Pmax+CAC 1:2 (Plantmax®+casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume); CBC+CAC 1:2 (composto orgânico + casca de arroz carbonizada 1:2 volume/volume. (*) substrato de referência.

5. CONCLUSÕES

O composto orgânico (CBC) e a casca de arroz carbonizada (CAC), quando usados em combinação entre si ou com o substrato comercial Plantmax® (Pmax) apresentaram-se como alternativas eficientes para produção de mudas de alface e tomate em bandejas de poliestireno, em consequência da melhoria das características físicas e químicas das misturas.

O Composto orgânico usado isoladamente afetou negativamente a emergência das plântulas e o desenvolvimento das mudas de alface e tomate.

Todos os tratamentos responderam positivamente à fertirrigação na produção de mudas de alface, a exceção do Pmax e do CBC.

O substrato alternativo que proporcionou melhores resultados nos bioensaios de crisântemo, alface e tomate foi o Pmax + CAC 1:1.

Todos os substratos estudados mostraram-se eficientes no enraizamento das estacas herbáceas de crisântemo, sendo observado um maior número de raízes nos substratos alternativos em relação ao substrato considerado como referencial (CAC).

Os substratos alternativos utilizados para produção de mudas de tomate e alface proporcionaram uma redução no custo de aquisição de substratos na ordem de 24,26 a 48,52%

Os resultados obtidos mostram viabilidade técnica e econômica da produção de mudas utilizando substratos a partir do aproveitamento dos resíduos: casca de arroz, bagaço de cana e engaço de bananeira oriundos das agroindústrias da região do Cariri Cearense.

É possível a substituição parcial ou total do uso de substrato comercial Plantmax, implicando em redução considerável do custo deste insumo no seguimento de produção de mudas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M. Los substratos hortícolas y técnicas de cultivo sin suelo. In: RALO, L.; NUEZ, F. (Eds.). **La Horticultura Española em la C.E.** Réus: Horticultura S. L. 1991. p.271-280.

ABREU, C. A.; ABREU, M. F. Comparação de métodos químicos para análise de substratos usados na produção de plantas. **Relatório Técnico Parcial do Projeto FAPESP 00/01635-0**, 2001, 34P.

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; BATAGLIA, O, C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In. FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção e plantas.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 16-28. (Documentos IAC, 70).

ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic systems. **Acta Horticulturae**, 361: 245-257, 1994.

AGUIAR, L. B. Seleção de componentes de substratos para produção de mudas de eucalipto em tubetes. **IPEF**, 41: 36-43, 1989.

ALLISON, L. E. Organic Carbon. In: BLACK, C. A. **Methods of soil analysis.** Madison.: American Society of Agronomy. 1965. Pt. 2. Chemical and microbiological properties. P. 1367-1368.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. da. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 15, n. 1, p. 29-32, 2003.

ANDRIOLO, J.L.; DUARTE, T.S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E.C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p.215- 219, 1999.

ARRUDA JUNIOR, S. J. MENEZES, J. C.; MELO, E. V. C.; SILVA, M. O.; SILVA, M. D. R.; RODRIGUES, J. J. V. Caracterização física de diferentes substratos para produção de mudas olerícolas. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M.A. N. (Eds.) Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos. **IV Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas**. Viçosa-MG **RESUMOS**. p. 410, 2004.

BACKES, M. A. **Composto de lixo urbano como substrato para plantas ornamentais**, 1989, 78 P. Dissertação (Mestrado em agronomia – Fitotecnica) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade federal do Rio grande do Sul.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M.A. N. (Eds.) Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos. **IV Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas**. Viçosa-MG. 2004. p. 107-125.

BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos de análises químicas em plantas**. Recife. Universidade federal Rural de Pernambuco. 165 p. 2004.

BIASI, L. A.; BILIA, D. A. C.; SÃO JOSÉ A. R.; FURNASIERI, J. L.; MINAMI, K. Efeito de misturas de turfa e bagaço de cana sobre a produção de mudas de maracujá e tomate **Sci. Agric.**, Piracicaba, 52 (2): 239-243, mai-ago, 1995.

BLANCO ROJAS, M. L. Beneficiamento e polpação da ráquis da bananeira “nanição” (Musa Grupo AAA, “Giant Cavendishii) Piracicaba, 1996. 150 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.

BUNT, C. A. factors contributing to the delay in the flowering of pot chrysanthemums grown in peat-sand substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 31, p. 163-174, 1973.

CALVETE, E. O. Sistema de produção de mudas de hortaliças. In. BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M.A. N. (Eds.) Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos. **IV Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas**. Viçosa-MG p. 236-262, 2004.

CAMPANHARO, M.; MENEZES, J. C.; LIMA, P. A.; BARROS F. M.; da COSTA, J. V. T.; RODRIGUES, J. J. V. Efeitos de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. In. BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M.A. N. (Eds.) Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos. **IV Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas**. Viçosa-MG **RESUMOS** p. 345, 2004.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995, 451 p.

COSTA, P. C. **Produção de tomateiro em diferentes substratos**. Botucatu, 2003. 119 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Área de concentração em Produção Vegetal – Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual paulista.

CUQUEL, F. L.; GRANJA, N. do P.; MINAMI, K. Avaliação do enraizamento de estacas de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* L.) Cv. White Reagan 606 tratadas com ácido indolbutírico (IBA). **Scientia Agrícola**, Piracicaba-SP. 49(1). p. 15-22. 1992.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p.37-44, 1972.

DEICHMANN, U. V. **Noções sobre sementes e viveiros florestais**. Curitiba, 1967. 196p.

DRZAL, M. S.; CASSEL, D. K.; FONTENO, W. C. Pore fraction analyses: a new tool for substrate testing. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 481, p. 43-53, 1999.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de Solo**. 2^a ed. CNPS, Rio de Janeiro. 1997, 212 p.

FAO. **Protected cultivation in the mediterranean climate**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990. 313 p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 90).

FERMINO, M. A. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas Instituto Agrônomo, 2002. p.29-37 (Documentos IAC, 70).

FERMINO, M. H. **Aproveitamento de resíduos industriais e agrícolas como alternativas de substratos hortícolas**. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em agronomia. Faculdade de agronomia, Universidade federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000 402 p.

FONTENO, W. C. Growing media: types and physical/chemical properties. In: REED, D. W. (Eds.) **A Growers Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops**. Batavia: Ball, p. 93-122, 1996.

GOMES J. M.; COUTO, L.; PEREIRA, A. R. Uso de diferentes substratos e suas misturas na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* por meio de semeadura direta em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista árvore**, Viçosa, 9 (1): 8-86, 1985.

GONÇALVES, J. L. M. & POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindóia, 1996. **RESUMOS**. Piracicaba. Sociedade Latina Americana de Ciência do Solo. 1996. CD.ROM.

GRAZIANO, T. T.; DEMATTÊ, J. B. I.; VOLPE, C. A.; PERERCIN, D. Interação entre substratos e fertirrigação na germinação e na produção de mudas *Tagetes patula* L.(Compositae). **Revista Brasileira de Horticultura ornamental**, Campinas-SP, v. 1, n.2, p. 78-85, 1995.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial “casca de tungue” como componente de substrato para plantas**. 2002. 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GRUSZYNSKI, C. ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; KAMPF, A. N. Mistura de casca de tungue e casca de arroz carbonizada no enraizamento de crisântemo “Golden Polares” sob método de transpiração. **Rev.. Bras. Hort. Ornam.** Campinas, v. 9, n. 1, p. 63-70, 2003.

GUERRERO, F.; POLLO, A. Control de lãs propiedades hidrofisicas de lãs turbas para su utilizacion agrícola. **Agr. Méd.**, v.119, p.453-459, 1989.

HOITINK, H. A. J. & POOLE, H. A. **Mass production of composted tree barks for container media**. Ohio Florists Assn. Bul. 599: 3-4. 1979.

HOITINK, H. A. J. & POOLE, H. A. Bark compost use in container media. **Compost Sci/ Lan Utilization** 21: 38-41, 1980.

INGRAM, D. L.; HENLEY, R. W.; YEAGER, T. H. **Growth Media for Container Grown Ornamental Plants**. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. Flórida: University of Florida, 1993, 16p. (bulletin 241, may 1993).

JANSEN, H.; BACHTALER, E.; FOLSTER, E. et al. **Gartnerischer pflanzenban**. 2 ed. Stuttgart: Ulmer, 1989, 467 p.

JORGE, J. A. **Manejo e Adubação. Compêndio de Edafologia**. 2. ed. São Paulo. Ed. Nobel, 1983, 309p.

KAMPF, A. N. Evolução e perspectivas do crescimento do uso de substratos no Brasil. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M.A. N. (Eds.) Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos. **IV Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas**. Viçosa-MG p. 3-10, 2004.

KAMPF, A. N. Substratos. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 1º**, 1992. Anais. Maringá, 1992, p.36-52

KÄMPF, A. N. O uso de substrato em cultivo protegido no agronegócio brasileiro. In: FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 1-6. (Documentos IAC, 70).

KAMPF, A. N.; Substrato. In: Kampf, A. N. (Coord.) **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 254 p. 2000.

KAMPF, A. N.; JUNG, M. The use of carbonized rice hulls as a horticultural substrate. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v.294, p. 271-283, 1991.

KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K.; SIMON, M. A.; DIAS, S. T. Casca de arroz carbonizada como condicionador de substrato. In: FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 95. (Documentos IAC, 70).

KLUGE, R. A.; SCARPARE FILHO, J. A.; VICTORIA FILHO, R. Densidade e sistema de espaçamento de bananeiras “nanicão” (Musa AAA Sub-grupo Cavendish) produção de ráquis e relação ráquis/cacho. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 811-818, 1999.

LOURES, E. G. Produção de composto no meio rural. Viçosa, U.F.V., 1983. 12p. (Informe Técnico, 17).

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARQUES, P.A. A.; BALDOTTO, P. V.; SANTOS, A. C. P.; OLIVEIRAS, L. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 21, n.4, p. 649-651, out-dez 2003.

MARTINEZ, H. E. P. Distúrbios nutricionais em hortaliças cultivadas em substratos com baixa atividade química. In. BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M.A. N. (Eds.) Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos. **IV Encontro Nacional sobre Substratos para Plantas**. Viçosa-MG p. 129-157, 2004.

MENEZES JUNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J. B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p. 164-170, Novembro 2000.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In. FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. p. 45-51. (Documentos IAC, 70).

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

MULLER, J. J. V. Utilização de substrato na Olericultura. In: KAMPF A. N.; FERMINO, M. H. (EDs). Substrato para plantas. A base da produção vegetal em recipientes. Ed, Gênese. Anais do **1º ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS** (ENSub). Porto Alegre. Ed, Gênese. 2000. p. 159-162

NINA, A. P. **Viveiros florestais: Instalação e técnica** . Lisboa. Secretaria de estado da agricultura, 1961, 274 p.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate fur den gartenbau, besonders in Deutschland: ein Kritischer. Uberblick. **Plant and Soil**, The Hague, v. 75, p. 269-281, 1978.

POOLE, R. T.; WATERS, W. E. Evaluation of various potting media for growth of foliage plants. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**. Miami, v. 50, p. 395-398, 1972.

PRAGANA, R. B. **Potencial do resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**. 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife-PE. 1999.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. VAN DER. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo de rúcula **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 289-297, mar./abr., 2004.

ROE, N. E.; STOFELLA, P. J.; GRAETZ, D. Composts from various municipal solid waste feedstocks affect vegetable crops. I. Emergence and seedling growth. **Hort. Sci. Soc. Amer.** J. Florida, v. 122, n. 3, p. 427-432, 1997.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don. **Ciência florestal**, Santa Maria 10(2): 1-15. 2000.

SANTOS, R. H. S. ; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R.; MIRANDA, L.C. G. Qualidade de alface cultivada em composto orgânico. **Horticultura Brasileira**. BraSÍLIA, V. 12, N. 1, P. 29-32, 1994.

SCHIE, W. van. Standardization of substrates. **Acta horticulturae**. Wageningen. N. 481, v. 1, p. 71-77, 1999.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KAMPF, 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.

SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, U. J. L.; GOMES, A. M. A.; MARIANO, R. L. R.; MESQUITA, J. C. P.. Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 2, p. 211-216, junho 2002.

SIMMONDS, N. W. Bananas. 2. Ed. London: **Tropical Agriculture**, Séries, 1966. 512 p.

SMIDERLE, O. J.; SALIBE, A. B.; HAYASHI, A. H. et al. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substrato combinando areia, solo e plantmax. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 386-390, 2001.

SOFFNER, M. L. A. P. **Produção de polpa celulósica a partir de engaço de bananeira**. 70 p. Dissertação. (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo – SP. Julho – 2003.

SOGLIO, F. K. dal. Potencialização de utilização de microorganismos benéficos em cultivos com substratos. RESUMOS. In: **ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS**, 2, 2000. Florianópolis. UFSC – CCA, 2000, p. 16-17

SONNEVELD, C. J.; van den ENDE, J.; BES, S. S. Estimating the chemical composition of soil solutions by obtaining saturation extracts or especific 1:2 volume extracts. **Plant and Soil** 122: p.169-175, 1990.

SOUZA, F. X. Casca de arroz carbonizada. Um substrato para propagação de plantas. **Revista Lavoura Arrozeira** V. 46 nº. 406 jan./fev. 1993 - p. 11

STANDARDS AUSTRALIAN. **Potting Soils**. AS 3743-2003. Sidney, Australia. 2003.

TAKEYOSHI, N. I.; ANRAKI, R. N.; MINAMI, K. & LIMA, A. M. L. P. Efeito de diversos substratos no enraizamento de estacas de *Chrysanthemum morifolium* cv. Polares. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS; 1.**, Rio de Janeiro, 1983. p. 137-142. ANAIS.

TRIGUEIRO , R. M.; GUERRINI, I, A. Caracterização física e química de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.**, 28; 1069-1076, 2004.

UNITED STATES COMPOSTING COUNCIL. **Test Methods for the Examination of Composting and Compost.** Versão Preliminar. 20 p. Fev. 2001.

VAVRINA, C. S. ARMBRESTER, K.; ARENAS, M.; PENA, M. Coconut coir as an alternative to peat media for vegetable transplant production. **SWFREC Station Rpt.-VEG** 1996.

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

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

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; DEBOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, v.126, p. 251-258, 1981.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. **Membro Crato da Formação Santana, Chapada Araripe.** <http://www.unb.br/iq/siqep/sitio005/sitio005.pdf>. Acesso em 10 jan 2005.

VIANA, S. B. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R. Germinação e formação de mudas de alface em diferentes níveis de salinidade da água. **Revista Brasileira Engenharia. Agrícola e Ambiental.**v. 5, n. 2, p. 259-264, 2001.

WALLER, P. L. ; WILSON, F. N. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta horticulturae**. V. 150, p. 51-57, 1983.

WARNCKE, D. recommended tes procedure for greenhouse growth media, p. 34-37 In: C DAHNKE (Ed.) **Recommended chemical soil tes procedure for the North Central-Region.** North Dakota, Agr, Exp. Sta. 1988 (Bulletin, 499)

7. ANEXOS

Anexo 1. Avaliação química da água utilizada na irrigação das mudas (poço tubular localizado na Escola Agrotécnica Federal de Crato-CE)

pH H ₂ O	CE dS.m ⁻¹	Dureza mg.L ⁻¹	Alcalinidade	Cloretos Cmol _c .dm ⁻³	Cálcio Cmol _c .dm ⁻³	Magnésio Cmol _c .dm ⁻³
6,4	0,80	113	69,75	1,04	1,38	1,33

Sódio Cmol _c .dm ⁻³	Potásio mg.dm ⁻³	Fósforo mg.dm ⁻³	Amônia mg.L ⁻¹	Nitrato mg.L ⁻¹	RAS Cmol _c .dm ⁻³
0,58	3,62	1,70	1,33	2,43	0,83