



Substratos para Produção de Mudanças e Cultivo de Hortaliças

Ronaldo Setti de Liz
Osmar Alves Carrijo

Embrapa



Ronaldo Setti de Liz
Osmar Alves Carrijo



**Substratos para
Produção de Mudanças e
Cultivo de Hortaliças**

Comitê de Publicações da Embrapa Hortaliças

Presidente: Gilmar P. Henz
Secretária executiva: Fabiana S. Spada
Editora Técnica: Flávia A. de Alcântara
Alice M. Quezado Duval
Milza Moreira Lana

Normalização bibliográfica: Rosane Mendes Parmagnani

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças
BR 060 Rodovia Brasília-Anápolis Km 09
C. Postal 218, 70351-970
Fone: (61) 3385-9115; FAX (61) 3556-5744
E-mail: sac@cnph.embrapa.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP
Embrapa Hortaliças

Liz, Ronaldo Setti de

Substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças
/ Ronaldo Setti de Liz e Osmar Alves Carrijo. -- Brasília:
Embrapa Hortaliças, 2008.

83 p. : il. color.

ISBN 978-85-86413-14-8

1. Hortaliças - Substratos. 2. Resíduos. I. Carrijo, Osmar
Alves. II. Título.

CDD 631.87

Substratos para Produção de Mudanças e Cultivo de Hortaliças

Ronaldo Setti de Liz

Engenheiro Agrônomo

M.Sc. em Gestão de Solo e Água

Osmar Alves Carrijo

Engenheiro Agrônomo

Ph.D. em Solos e Irrigação

Brasília-DF

2008

Agradecimentos

Eu, Ronaldo Setti de Liz, agradeço:

A *Osmar Alves Carrijo*, Ph.D. em Solos e Irrigação, pesquisador da Embrapa Hortaliças, pelos ensinamentos e oportunidade a mim concedida: a de aprender um pouco sobre o cultivo de plantas sem o uso do solo.

A *Adonai Gimenez Calbo*, Ph.D. em Fisiologia de Plantas, pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, pelos ensinamentos associando tensiometria a gás e curva de retenção de água em substratos para plantas.

A *Carlos Alberto da Silva Oliveira*, Ph.D. em Solos e Biometeorologia, professor da Universidade de Brasília - UnB, pelos ensinamentos a mim transmitidos.

A *Henoque Ribeiro da Silva*, Ph.D. em Conservação de Solos e Irrigação, pesquisador da Embrapa Hortaliças, pela atenção durante a realização de algumas análises laboratoriais.

A *Embrapa Hortaliças*, por disponibilizar o espaço físico (área de campo experimental e laboratórios) para a realização de experimentos.

A minha esposa *Rosana* e a meu filho *Ronyan Rodrigo*, pela compreensão e pelo apoio que me deram durante o tempo que me dediquei a este trabalho.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste, em especial, na fase de análise e revisão de textos.

Apresentação

A Embrapa Hortaliças, unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, órgão vinculado ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento, foi criada em 1981 com o objetivo de pesquisar e apoiar o desenvolvimento de tecnologias para o cultivo de hortaliças.

Entre essas tecnologias estão inseridas aquelas que, a partir do aproveitamento de diferentes resíduos, gerados nas mais diversas regiões do país, possibilitam o preparo de substratos para a produção de mudas e cultivo de hortaliças sem o uso do solo.

Com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento sustentável do uso de substratos para plantas, com foco no agronegócio hortaliças e em benefício dos diversos segmentos da sociedade brasileira, as informações contidas neste livro podem ser utilizadas como referencial pelos interessados no assunto, principalmente estudantes de graduação e de pós-graduação.

Contudo, é importante ressaltar que o uso de substratos para a produção de mudas e cultivo de hortaliças está em constante processo de atualização e sujeito a adaptações, face às regulamentações que por certo ainda irão surgir, para profissionalizar ainda mais o emprego de substratos na produção de mudas e no cultivo de hortaliças.

José Amauri Buso
Chefe-Geral da Embrapa Hortaliças

Sumário

Introdução	11
Aproveitamento da casca de coco verde como substrato para a produção de mudas e cultivo de hortaliças	13
Propriedades físicas e químicas em substratos utilizados no cultivo de hortaliças.....	24
1 • Densidade e teor de água em substratos para plantas.....	24
2 • Distribuição de partículas em substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças	28
3 • Curva de retenção de água em substratos para plantas	33
4 • Potencial hidrogeniônico (pH) e Condutividade Elétrica (CE) em substratos para plantas.....	46
Considerações finais	52
Literatura Citada	
Anexo	

Introdução

A população das cidades dos países em desenvolvimento tem crescido rapidamente. Segundo Cordeiro (2007), em 2050 a Terra abrigará nove bilhões de habitantes e, destes, mais de sete bilhões vão residir em cidades.

Com o crescimento populacional das cidades brasileiras aumenta também o problema de deposição de resíduos gerados pelas diferentes atividades urbanas, industriais e rurais. Um exemplo desses resíduos é a casca de coco verde, que chega a representar 70% do lixo gerado no litoral dos grandes centros urbanos brasileiros. No Brasil, o crescente consumo da água-de-coco verde *in natura*, mercado com crescimento estimado em 20% ao ano, tem gerado, anualmente, acima de seis milhões de toneladas de casca de coco verde, resíduo este que ocupa grande volume e é de difícil degradação, principalmente quando abandonado no ambiente (NORDESTE, 2005).

Neste contexto, uma alternativa para minimizar o problema é a possibilidade de aproveitamento de diferentes resíduos como substrato para a produção de mudas e cultivo de hortaliças. No entanto, para o melhor aproveitamento desse tipo de substrato, antes da sua utilização é necessário conhecer as propriedades

físicas e químicas dos seus componentes, determiná-las e adaptá-las para cada mistura em particular.

Neste trabalho são descritas revisões e relatados estudos sobre propriedades físicas e químicas de substratos utilizados na produção de mudas e no cultivo de hortaliças, com ênfase para o aproveitamento e para as propriedades físicas e químicas do substrato, preparado na Embrapa Hortaliças, à base de fibras da casca do coco verde.

Aproveitamento da casca de coco verde como substrato para produção de mudas e cultivo de hortaliças

Em 2004, a área de produção de hortaliças no Brasil ocupava cerca de 800 mil hectares, produzindo 16 milhões de toneladas e representando 6% do PIB agropecuário nacional; possibilitando também a geração de 2,4 milhões de empregos diretos e renda superior a 8 bilhões de reais (FNP, 2004). Nesse mesmo ano, apenas em São Paulo, o valor da produção das hortaliças mais expressivas ficou acima de um bilhão de reais, representando 5% do valor total da produção agropecuária paulista em somente 0,8% da área agrícola do estado, com destaque para batata, tomate e cebola que representaram juntos, mais de 71% da receita bruta obtida com hortaliças cultivadas no estado (HORA e GOTO, 2006).

Dentre as tecnologias para o cultivo de hortaliças em diferentes regiões, recomenda-se o uso de mudas produzidas em substratos de boa qualidade, visando à melhor relação custo/benefício com a utilização de técnicas modernas de cultivo.

Nesse contexto, o substrato a ser utilizado na produção de mudas e no cultivo de hortaliças deve ter pelo menos uma parte gasosa (ar), uma parte aquosa

(H₂O) e uma parte formada por partículas (parte sólida). Basicamente, qualquer componente, inclusive líquido, ou mistura de componentes que possibilite o bom desenvolvimento de hortaliças em recipientes, pode ser considerado um substrato agrícola.

Assim, dentre os possíveis componentes para formação de um substrato para a produção de mudas e cultivo de hortaliças está a casca de coco verde (CARRIJO *et al.*, 2002). Aproveitada a água-de-coco *in natura*, que representa aproximadamente 15% do fruto, a casca do coco verde, sendo aproximadamente 85% do fruto, é resíduo (ROSA *et al.*, 2001; ARAGÃO, 2002).

Booman (2000) relatou que a utilização de cascas de coco como substrato para o cultivo de plantas é limitada pelos níveis tóxicos de sais existentes na fibra. Por outro lado, Carrijo *et al.* (2002) afirmaram que a fibra da casca do coco verde tem boas características físicas para o uso agrícola; que as propriedades físico-químicas desse material variam conforme a origem e o processamento e que os níveis altos de sais encontrados podem ser reduzidos com a lavagem em água corrente e de boa qualidade (Tabela 1).

Conforme Carrijo *et al.* (2002), a utilização do substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças possibilitou colheitas de uma tonelada a mais de frutos comercializáveis de tomate por hectare (Figura 1) em relação à colheita em outros sete tipos de substratos avaliados em três anos consecutivos (Tabela 2).

Embora tenha se conseguido produzir mudas de tomateiro neste substrato (Tabela 3), não se alcançou, ainda, a estabilidade na produção de mudas de hortaliças,

Tabela 1. Propriedades de um lote de substrato preparado na Embrapa Hortaliças com pré-lavagem das fibras do coco verde. Embrapa Hortaliças. 2003.

Teor	Macronutrientes (g kg ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Cu	Mn	Na	B	
	5,6	1,0	2,8	0,6	0,6	0,3	8,4	75,3	0,8	4,0	2,2	21,6	
Tamanho da fibra triturada													
MP ^{1/} (mm)	4		2		1		0,59		0,25		0,15		>0,15
DTP ^{2/} (%)	28,9		6,0		10,6		18,1		28,6		6,2		1,6
Outras propriedades													
Químicas	Matéria Seca ^{3/}		Cinzas ^{3/}		Lignina ^{3/}		Celulose ^{3/}		Relação C/N		pH		CE (mS cm ⁻¹)
	93,5 (%)		3,8 (%)		29,9 (%)		56,8 (%)		74:1		6,4		2,5
Físicas	Densidade		DP ^{4/}		Porosidade Total		AFD ^{5/}		CapAer ^{6/}				
	(g cm ⁻³)						(%)						
0,11		1,22		0,91		14,9		16,5					

Fonte: Adaptado de Carrijo *et al.* (2003).

^{1/}MP = Malha da Peneira; ^{2/}DTP = Distribuição do Tamanho de Partículas; ^{3/}Fonte: Oliveira *et al.* (2003); ^{4/}DP = Densidade de Partícula; ^{5/}AFD = Água Facilmente Disponível (1 a 5 kPa de tensão); ^{6/}CapAer = Capacidade de Aeração.



Foto: Carlos Solano

Fig 1. Cultivo de tomateiro em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças.

Tabela 2. Cultivo de tomateiro em diferentes substratos. Embrapa Hortaliças, 2002.

Substratos	Produção comercial de tomate (kg m ⁻²)					
	Colheita 2000		Colheita 2001		Colheita 2002	
Fibra de coco verde	12,4	a	8,1	ab	18,9	a
Pó de serra	11,1	b	8,6	a	17,2	ab
Casca de arroz carbonizada	11,6	ab	7,0	bc	15,2	ab
Maravalha	10,8	b	7,4	ab	15,9	ab
Plantmax®	---	---	7,6	ab	14,7	b
CNPH ^{1/}	10,5	bc	7,6	ab	16,3	aa
Casca de arroz	9,9	c	6,0	c	11,1	c
Lã de rocha	8,2	d	4,6	d	11,2	c

Fonte: Adaptado de Carrijo *et al.* (2002).

Médias nas colunas seguidas da mesma letra não diferem entre si. Tukey a 5% de probabilidade.

^{1/} CNPH: substrato preparado na Embrapa Hortaliças, a partir da mistura de três carrinhos de mão cheios de terra de subsolo ou barranco, com um carrinho cheio de casca de arroz parcialmente carbonizada e um terço de carrinho contendo esterco de galinha. Para cada carrinho da mistura são adicionados 100g da fórmula 4-30-16, 100g de calcário e 40g de termofosfato com boro e zinco.

com a qualidade desejada e obtida com outros substratos (Figura 2).

Conforme Liz *et al.* (2006), os valores de pH entre 5.0 e 6.2, determinados no substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas, estão dentro da faixa de pH recomendada para o cultivo de plantas em substratos. Porém, os valores de condutividade elétrica, chegando a $8,5 \text{ dS m}^{-1}$, são desfavoráveis para este tipo de produção, evidenciando a necessidade da realização de mais estudos envolvendo o equilíbrio entre o pH e a condutividade elétrica neste substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas. Ainda segundo esses autores, há também necessidade de estudos envolvendo a distribuição do tamanho de partículas deste substrato, visando reduzir o espaço de aeração sem reduzir a capacidade de o substrato reter água.

Avaliando a germinação de sementes de alface em diferentes substratos, Nascimento (2004) concluiu

Foto: Ronaldo S. de Liz



Foto: Ronaldo S. de Liz

Fig 2. Mudanças de tomateiro em substrato de coco verde (Embrapa Hortaliças, 2006).

Tabela 3. Emergência de plântulas e medidas biométricas de mudas de tomateiro produzidas em substrato de coco verde e em substrato comercial®.

Parâmetros e substratos avaliados		Tempo de compostagem do substrato de coco verde			
		0 dias	30 dias	60 dias	90 dias
% média de plântulas emergidas aos 7 dias após o semeio	Coco verde	32,3 b	75,4 a	89,0 a	83,8 a
	Comercial®	58,0 ns	58,0 ns	58,0 *	58,0 ns
% média de plântulas emergidas aos 14 dias após o semeio	Coco verde	73,3 b	92,4 a	93,6 a	94,6 a
	Comercial®	91,5 *	91,5 ns	91,5 ns	91,5 ns
Número médio de folhas definitivas aos 29 dias pós o semeio	Coco verde	0,5 c	1,5 ns	1,5 ba	1,8 ns
	Comercial®	1,5 *	1,5 ns	1,5 ns	1,5 ns
Número de mudas prontas para o transplante, aos 29 dias após o semeio	Coco verde	33,0 b	36,6 a	37,0 a	37,4 a
	Comercial®	37,0 *	37,0 ns	37,0 ns	37,0 ns
Médias do peso, em gramas, da parte aérea seca, das mudas	Coco verde	0,17 c	0,55 b	0,44 cb	0,99 a
	Comercial®	0,42 ns	0,42 ns	0,42 ns	0,42 *
Médias, em gramas, do peso total da muda, sem o substrato	Coco verde	6,3 b	10,3 b	9,2 b	15,8 a
	Comercial®	11,0 ns	11,0 ns	11,0 ns	11,0 ns

Fonte: Adaptado de Liz *et al.* (2004).

Médias com letras minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ns = não significativo; * = significativo a 5% pelo teste de Dunnet.

que o substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças, para a produção de mudas, não favoreceu a germinação desse tipo de semente. De acordo com Júnior e Ribeiro (2004), o substrato de pó de coco *Amafibra*[®] apresentou características que proporcionaram leveza e boa retenção de água, favorecendo o desenvolvimento de plântulas de berinjela em todas as características avaliadas.

Devido, principalmente, ao grande volume que ocupa, a casca de coco verde é um resíduo que vem causando transtornos e encarecendo o serviço de limpeza pública de várias cidades brasileiras (CARRIJO *et al.*, 2002). No Estado do Rio de Janeiro são descartadas, em média, 600 mil unidades de casca de coco verde diariamente, ou seja, aproximadamente 3.000 m³, custando cerca de R\$ 100,00 para o serviço de limpeza pública recolher cada mil unidades, ou, aproximadamente, 5 m³ dessa casca (COCOVERDERJ, 2002).

Em Fortaleza, no Estado do Ceará, o consumo de água-de-coco *in natura* gera um volume maior que 3.500 m³ de cascas de coco verde, variando entre 700 mil a 1 milhão de unidades mensais (GAZETA MERCANTIL, 2002). Nessa cidade, só na Avenida Beira-Mar e na Praia do Futuro, são geradas, por dia, 40 toneladas do resíduo casca de coco verde (NORDESTE, 2005).

Em Brasília, no Distrito Federal, um único quiosque, localizado às margens da Avenida Estrada Parque Taguatinga Guará (EPTG) descarta entre 200 e 400 cascas de coco verde por dia, um volume de cerca de 2 m³, resultante do comércio de água-de-coco *in natura* (Figura 3).

Em praticamente todas as regiões do Brasil é possível encontrar quiosques onde é comercializado o coco verde. Na quase totalidade das vezes, o comprador bebe a água-de-coco *in natura* e joga a casca do coco no lixo do quiosque, gerando um volume estimado em milhões de metros cúbicos de cascas de coco verde amontoadas em lixões, aterros sanitários ou em algum outro lugar no ambiente (Figura 4).

Abandonados no ambiente, alguns resíduos demoram a iniciar o processo de decomposição. A casca do coco verde demora em torno de oito anos para iniciar esse processo (CARRIJO *et al.*, 2002).

Aragão (2002) relata que, em média, 17% da composição de um fruto de coqueiro anão verde é

Foto: Ronaldo S. de Liz



Fig 3. Quiosque localizado a margem da Avenida EPTG, entre Brasília e Taguatinga-DF, 2006.

água-de-coco (albúmen líquido), 60,1% são casca e fibra (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), 9,3% é cálice ou coque (parte cortada para possibilitar a extração da água) e 14% representam a quantidade de polpa que fica aderida à casca (albúmen gelatinoso). Ou seja, em média, 83% da massa de um coco verde é resíduo (Tabela 4).

A crescente preferência da população pela água-de-coco *in natura*, que concorre com o mercado de refrigerantes e isotônicos, possibilita encontrar a casca de coco verde também em *shopping centers*, boates, supermercados e nos mais diversos locais. A casca do coco verde ainda é resíduo sem valor comercial, entretanto, segundo Aragão (2002), a demanda por fibra e pó de coco está aumentando significativamente e a tendência mundial é transformá-los de subprodutos em produtos principais do coco.

O coqueiro, depois da laranjeira e da bananeira, é a terceira frutífera mais cultivada no Brasil (RIPARDO,

Foto: Ronaldo S. de Liz

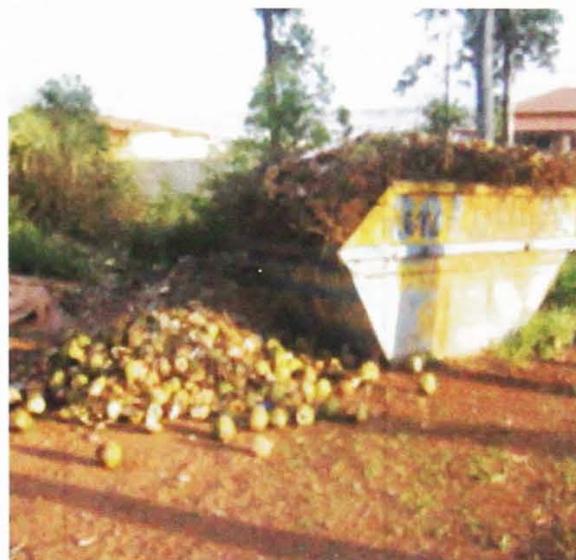


Foto: Ronaldo S. de Liz

Fig 4. Comércio e abandono de cascas de coco verde no Distrito Federal, 2006.

2000), sendo fonte de renda para mais de 220 mil produtores da região nordestina (CUENCA *et al.*, 2002). Há estimativas de que o comércio da água-de-coco verde *in natura* consome cerca de 70% da produção brasileira de coco (ARAGÃO, 2002) gerando, portanto, um grande volume de cascas de coco verde.

O esclarecimento da população com relação à saúde vem incrementando o consumo da água-de-coco *in natura*, por ser um isotônico natural e de baixa caloria. Conseqüentemente, aumenta também o volume de cascas abandonadas no ambiente. A Associação Brasileira dos Produtores de Coco (ASBRACOCO) pretende alcançar 500 milhões de litros de água-de-coco por ano (CARRIJO *et al.*, 2002), o que, vai gerar um volume anual, perto de 2.000.000 m³ de cascas.

Tabela 4. Peso (g) e composição média (%) dos componentes dos frutos de coqueiros, colhidos e avaliados em diferentes idades.

Coqueiro	Idade de avaliação	Peso do fruto	Constituição do fruto em (%)			
			Casca + fibra	Coque	Albúmen	
	(meses)	(gramas)			sólido	líquido
Anão Verde	6	1616	65	6	5	24
	7	1760	66	9	8	16
	12	830	49	12	28	11
Anão Vermelho	6	1413	59	7	8	26
	7	1574	64	7	9	19
	12	866	44	12	28	16
Anão Amarelo	6	1305	67	9	5	19
	7	1510	68	6	8	18
	12	703	43	12	29	15

Fonte: Adaptado de Aragão (2002).

Segundo Carrijo *et al.*, (2003), em 1998, o consumo de água-de-coco *in natura* formou um volume estimado em 560 milhões de metros cúbicos de cascas de coco verde. O aproveitamento desse resíduo como substrato para a produção de mudas e cultivo de hortaliças, além de possibilitar a redução dos efeitos ambientais negativos (alterações impostas à paisagem, formação de chorume, proliferação de insetos vetores de doenças, abrigo para animais peçonhentos e roedores, impedimento da passagem das águas pelas galerias pluviais, causando inundações e prejuízos públicos), pode ainda favorecer a competitividade do segmento hortícola, possibilitar maior remuneração para o horticultor e, conseqüentemente, induzir à melhoria na qualidade de vida dos envolvidos.

A utilização de diferentes componentes na formação de substratos para a produção de mudas e para o cultivo de hortaliças visa, principalmente, a redução de peso, para o transporte do conjunto recipiente/substrato/planta e a melhoria das propriedades físicas e químicas do meio poroso em que se pretende que raízes de hortaliças se desenvolvam.

Propriedades físicas e químicas em substratos para o cultivo de hortaliças

A determinação de variáveis físicas e químicas em substratos para a produção de mudas e cultivo de hortaliças auxilia no manejo correto da irrigação; na definição da mistura de componentes de substratos e na recomendação de adubações e/ou fertirrigações.

1. Densidade e teor de água em substratos para plantas

A densidade de um substrato é a relação entre a massa de certa quantidade de substrato e o volume que essa massa ocupa: $d = m / v$. Em substratos agrícolas expansivos, ou seja, que se retraem com a diminuição do teor de água e expandem com o aumento deste teor, o volume passa a ser um fator que pode variar em função do teor de água contido no material no momento de análises.

Segundo Fermino (2002), para substratos agrícolas, fala-se em "densidade úmida" ao referir-se ao material com o teor de água com o qual se encontra no momento da análise e, em "densidade seca", ao referir-se ao material seco em estufa.

No entanto, é conveniente considerar que não é a densidade e sim o substrato a ser analisado que pode ser considerado úmido ou seco no momento de análises. Portanto, pode-se considerar a possibilidade de se determinar a densidade do substrato seco ao ar (D_{sa}), com teor de água determinado previamente e, a densidade do substrato seco em estufa (D_{se}).

A D_{sa} indica o quociente entre a massa de água mais a massa de substrato e o volume do substrato a ser analisado e, a D_{se} , a relação entre a massa de substrato e o volume de substrato seco em estufa a uma determinada temperatura, normalmente inferior a 105°C para materiais formados por partes vegetais, como é o caso do substrato de coco verde. A densidade (d) pode ser expressa em g cm^{-3} ou kg m^{-3} ; a massa (m) em g ou em kg, e o volume (v) em cm^3 ou em m^3 .

Existem diferentes valores de densidade considerados ideais para substratos utilizados no cultivo de plantas. Para o preenchimento das células de uma bandeja usada para a produção de mudas de hortaliças recomenda-se o uso de substratos com densidade entre 0,10 e 0,30 g cm^{-3} no cultivo em vasos com até 15 cm de altura, a densidade do substrato deve estar entre 0,25 e 0,40 g cm^{-3} ; para vasos de 20 a 30 cm de altura, entre 0,30 e 0,50 g cm^{-3} e, para vasos maiores que os de 30 cm de altura, a densidade do substrato deve variar entre 0,50 e 0,80 g cm^{-3} (KÄMPF, 2000a; FERMINO, 2002). De acordo com Schmitz *et al.* (2002), a densidade entre 0,40 e 0,50 g cm^{-3} é ideal para um substrato hortícola. Martínez (2002) recomenda usar substratos com densidade entre 0,50 e 0,75 g cm^{-3} no cultivo em recipientes a céu aberto e com até 0,15 g

cm^{-3} de densidade quando o cultivo for realizado em recipientes sob estruturas de proteção. Ou seja, os valores ideais para a densidade de substratos utilizados na produção de mudas e no cultivo de hortaliças podem variar desde 0,10 até 1 g cm^{-3} .

A característica de baixa densidade em um substrato utilizado para o cultivo de hortaliças pode facilitar que o conjunto recipiente/planta vire, se o cultivo for conduzido em recipientes altos, causando, conseqüentemente, problemas na fixação das plantas (SCHMITZ *et al.*, 2002). No entanto, na produção em bandejas para mudas de hortaliças, é possível o uso de substratos leves cuja baixa densidade não compromete o equilíbrio desse tipo de recipiente. Em recipientes de menor altura, como no caso de bandejas para a produção de mudas de hortaliças, a drenagem pode ser desfavorecida, exigindo que o substrato utilizado tenha cerca de 80% de porosidade e densidade baixa, próxima de $0,20 \text{ g cm}^{-3}$ (KÄMPF, 2000a).

Nascimento *et al.* (2004) relataram que as propriedades físicas, como a densidade de um substrato, podem influenciar não só o desenvolvimento de mudas, mas também a germinação e o estabelecimento de várias hortaliças.

Quando a densidade do substrato é aumentada pela compactação exercida no momento do preenchimento das células da bandeja, aumenta-se também o percentual de sólidos por unidade de volume, modificando-se, assim, as propriedades físicas do substrato utilizado. Esse aumento da densidade do substrato no momento do preenchimento de recipientes reduz a porosidade total e, conseqüentemente, o espaço de aera-

ção (GRUSZYNSKI, 2002). Esta redução influencia na capacidade de recipiente (valor equivalente ao espaço de aeração, determinado a 1 kPa) e no aumento da água de reserva e/ou tamponante, que é o teor de água retido entre 5 e 10 kPa (FERNANDES *et al.*, 2004). No entanto, é pouca a variação na porosidade total; média a modificação na capacidade de recipiente e grande a mudança na quantidade de água facilmente disponível (FERMINO, 2003).

O manejo da densidade de um substrato, principalmente no momento do enchimento de bandejas e/ou vasos, é uma das variáveis que pode influenciar nos resultados a serem obtidos na produção de mudas e no cultivo de hortaliças. Por esta razão, na escolha do substrato para esse tipo de produção, deve ser levado em consideração a facilidade que o substrato irá oferecer para a emissão de radículas, para a emergência das plântulas e para o crescimento e desenvolvimento de raízes de hortaliças. Ou seja, é importante relacionar a densidade do substrato escolhido com o tamanho da semente que será semeada, com a exigência dessa semente por água, com a sensibilidade dessa semente à luz e, ainda, com o tamanho e altura da célula da bandeja e/ou do vaso a serem utilizados.

Há, também, diferentes recomendações quanto ao teor de água adequado para a determinação da densidade de substratos secos ao ar. Um dos métodos para a determinação de densidade de substratos secos ao ar, relatado por Fermino (2003), o método "UFRGS", propõe que as amostras a serem analisadas estejam com um teor de água em torno de 50% do volume ou próximo de 70 a 80% da capacidade de recipiente.

Pire e Pereira (2003), usando porômetros conforme metodologia sugerida pela Universidade da Flórida, determinaram a densidade de um substrato de coco com teor de água inicial de 21,5%, base massa de substrato seco ao ar.

Segundo Fermino (2003), com menor teor de água, as densidades "úmida e seca" dos substratos para plantas são maiores devido ao efeito que a massa de uma partícula exerce sobre as demais. Essa mesma autora relata que, na determinação da densidade de solos, o teor de água na amostra não tem efeito sobre a "densidade seca", a não ser depois de vários ciclos de secagem e umedecimento. No entanto, em substrato de coco verde a determinação da densidade é diferente, pois a estrutura, arranjo e tamanho de partículas desse substrato resultam de uma série de procedimentos mecânicos e manuais, tais como trituração do epicarpo, mesocarpo, endocarpo e do albúmen gelatinoso do coco, peneiramento das partículas e, ainda, da mistura das frações de partes do coco verde no momento do enchimento de recipientes, procedimentos influenciados pelo teor de água inicial do material. Quando o substrato de coco verde é preparado na propriedade rural, utilizando-se um picador de forragens, quanto maior o teor de água na fibra de coco, maior é a frequência de entupimento nos acessórios do equipamento de trituração, principalmente peneiras, acarretando o esmagamento e a não trituração da casca do coco verde, com conseqüente aumento do tamanho final das partículas do substrato.

Não existe um padrão indicando qual o teor de água deve estar contido na amostra de substratos no

momento de análises. No entanto, é importante que esse teor seja determinado e indicado junto aos resultados obtidos em análises laboratoriais. Isto torna possível a comparação de resultados obtidos em diferentes laboratórios para um mesmo material (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de densidades e do teor de água no substrato de coco verde (Scv), compostado por 0; 45; 90; 135 e 180 dias antes das análises laboratoriais. Embrapa Hortaliças, 2006.

Substrato	Densidade do substrato				Teor de água (massa seca a 70 °C)	
	seco ao ar		seco a 70 °C		g cm ⁻³	
	g cm ⁻³		g cm ⁻³			
Scv 0	0,24	b	0,22	c	7,6	ab
Scv 45	0,18	a	0,16	a	9,3	b
Scv 90	0,18	a	0,16	a	9,8	b
Scv 135	0,24	b	0,21	bc	9,4	b
Scv 180	0,19	a	0,17	ab	8,8	b
CV (%)	5,48		7,21		14,70	

Fonte: Adaptado de Liz (2006).

Letras iguais, minúsculas nas colunas, não diferem entre si. Tukey a 5 % de probabilidade.

2. Distribuição de partículas em substratos para produção de mudas e cultivo de hortaliças

Na fase de produção de mudas e/ou no cultivo de hortaliças, entre outros fatores, o tamanho das partículas do substrato utilizado deve facilitar o enchimento de recipientes.

O tamanho das partículas do substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas, por exemplo, varia de acordo com

a origem e o sistema de coleta da matéria prima; tipo de equipamento e estado das lâminas de corte usadas para a trituração do material; teor de água da matéria prima a ser triturada e com o tamanho da abertura da malha utilizada para peneirar a matéria prima (Tabela 6).

Tabela 6. Percentual médio da distribuição do tamanho de partículas do substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças, sem compostagem e compostado durante 90 e 180 dias antes das análises laboratoriais. Embrapa Hortaliças, 2006.

Malha da peneira (mm)	Distribuição do tamanho das partículas (%)					
	Sem compostagem		Compostado durante 90 dias		Compostado durante 180 dias	
2,00 a 4,00	15,8	Abc	7,0	Bc	6,4	Bc
1,00 a 2,00	8,8	Bd	16,5	Ab	20,6	Ab
0,59 a 1,00	14,1	Bcd	32,3	Aa	34,5	Aa
0,25 a 0,59	41,3	Aa	33,6	Ba	30,3	Ba
< 0,25	20,0	Bb	10,6	Cc	8,2	Cc
CV (%)	12,29					

Fonte: Adaptado de Liz (2006).

Médias com letras iguais, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

De acordo com estes resultados (Tabela 6), é conveniente equilibrar a distribuição do tamanho de partículas no substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas. Uma sugestão é a redução do percentual de partículas de tamanho 0,25 mm, para menos de 20% do total da composição de partículas desse substrato.

De acordo com Zanetti *et al.* (2001), as partículas grossas (2,0 a 0,2 mm) são responsáveis pela for-

mação de macroporos, os quais são ocupados por ar, e, as partículas finas (0,20 a 0,05 mm), responsáveis pela formação de microporos, ocupados por água. Fermino (2003) relata que a maior proporção de partículas grossas em relação a partículas finas favorece maior espaço de aeração, enquanto que a menor proporção favorece a retenção de água, podendo acarretar falta de oxigenação para as plantas. Waller e Wilson (1984) concordam que a granulometria determina o volume de ar e a quantidade de água retida por um substrato agrícola. Assim, a determinação do tamanho das partículas de um substrato utilizado no cultivo de hortaliças auxilia na adequação do mesmo a cada espécie vegetal.

Conhecendo-se a densidade do substrato que será utilizado na produção de mudas ou no cultivo de hortaliças e a distribuição do tamanho de suas partículas, pode-se presumir se o substrato irá oferecer condições favoráveis de oxigenação para as raízes das plantas, principalmente quando existe possibilidade de erro na quantidade de água aplicada na irrigação.

A distribuição do tamanho das partículas de diferentes substratos, incluindo o de fibra de coco maduro, série Gold Mix, foi avaliada por Zanetti *et al.* (2001) utilizando peneiras com malhas de 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,125 mm de abertura. Schmitz *et al.* (2002) determinaram a distribuição do tamanho das partículas de cinco materiais (solo, areia, turfa, casca carbonizada de arroz e resíduo decomposto de casca de acácia) utilizando peneiras com malha de 4,76; 2,0; 1,0; 0,5 e 0,25 mm, conforme metodologia descrita por Bilderback *et al.* (1982). Entretanto, Fermino (2003) cita trabalhos em que a distribuição do tamanho de

partículas de substratos foi determinada com malhas de diferentes aberturas, variando desde 30 mm até 0,05 mm (Tabela 7).

Tabela 7. Malhas de diferentes aberturas utilizadas por diferentes autores na determinação da distribuição de partículas de substratos para plantas.

Autor	Malha da peneira (mm)
Heiskanen (1995)	20; 10; 5; 1; 0,06
Gauland (1997)	4,75; 2,00; 1,4; 0,71; 0,42; 0,25 e 0,106
Burés (1997) – ASTM*	4,7; 2,38; 2,00; 1,00; 0,84; 0,60; 0,42; 0,297; 0,149; 0,074
Burés (1997)	16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125
Handreck e Black (1999)	5,0; 0,5; 0,25; 0,1; 0,05
Aendekerk <i>et al.</i> (2000)	64; 31,5; 16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25 ; 0,125; 0,064
Oliveira (2000)	2,0; 1,4; 0,7; 0,5; 0,1
Martínez (2002)	16; 8; 4; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125
Gruszynski (2002)	30; 16; 9,5; 4,75
Liz <i>et al.</i> (2006)	2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e < 0,25

Fonte: Adaptado de Fermino (2003).

*ASTM - Sociedade Americana para Testes de Materiais.

Conforme relatado por Júnior (2004), a aderência de um substrato à raiz de uma planta é dependente da distribuição do tamanho das partículas do substrato utilizado. Essa aderência é fundamental para manter a integridade do conjunto substrato/raiz, melhorando a qualidade e facilitando a retirada de mudas de bandejas ou outro recipiente, na ocasião do transplante.

3. Curva de retenção de água em substratos para plantas

A determinação da curva de retenção de água é um método que fornece informações relacionadas às variáveis: porosidade total, espaço de aeração, teor de água facilmente disponível, de água disponível, de água tamponante e/ou de reserva e de água remanescente em substratos (DE BOODT; VERDONCK, 1972).

A porosidade total em substratos é equivalente ao teor de água, com base em volume, no ponto de saturação hídrica do material, a 0 kPa (FERMINO, 2002). O espaço de aeração é obtido a uma tensão de 1 kPa; o teor de água facilmente disponível, entre tensões de 1 e 5 kPa; o teor de água disponível, entre tensões de 1 e 10 kPa; o teor de água tamponante e/ou de reserva, entre 5 e 10 kPa (GRUSZYNSKI, 2002) e o teor de água remanescente é obtido a tensões maiores que 10 kPa (GROLI, 1991).

O percentual de 85% de porosidade total é referência para o bom desempenho de substratos utilizados na produção de plantas em recipientes (DE BOODT; VERDONCK, 1972; GRASSI FILHO; SANTOS, 2004). Para Carrijo *et al.* (2002) um substrato utilizado no cultivo de hortaliças pode apresentar porosidade total acima de 85% do volume.

Os valores referenciais para o percentual de espaço de aeração indicativos de um bom substrato para o cultivo de plantas situam-se entre 20 e 40% (DE BOODT; VERDONCK, 1972; PENNINGSFELD, 1983; FERMINO, 2003). Ainda, Grassi Filho e Santos (2004) consideram que 20 a 30% são percentuais aceitos para

o espaço de aeração em substratos utilizados no cultivo de plantas. Carrijo *et al.* (2002) relatam que um bom substrato deve possuir, entre outras características, um espaço de aeração entre 10 e 30% e concordam com Filho e Santos (2004) e com Fermino (2003) que o percentual de água facilmente disponível em substratos deva ser, também, de 20 a 30%. Para o teor de água disponível, de Boodt *et al.* (1974) sugerem um percentual de 50%. Com relação ao percentual de água tamponante e/ou de reserva, Fermino (2003) relata que o mesmo deve estar entre 4 e 10%.

Souza e Reichardt (1996) relatam que para cada intensidade de umedecimento, em função da distribuição do teor de água no perfil da amostra antes do umedecimento, haverá diferentes interações entre o potencial da água e o teor de água em relação ao fluxo de água descendente.

Determinar o ponto de equilíbrio entre a pressão aplicada e a água retida na amostra é um dos maiores problemas na obtenção da curva de retenção de água, quando em laboratório, para este tipo de determinação se utilizam equipamentos de alta pressão (VIEIRA; CASTRO, 1987). Na determinação da curva de retenção de água em substratos agrícolas, entre outros, têm sido utilizados métodos que envolvem equipamentos de pressão e placas porosas. Também se utilizam funis de "Buchener", equipados com placas porosas ou outros materiais, por exemplo, gesso. Uma das limitações desses métodos, tema de discussões, é o problema do contato da amostra com a placa porosa e com outros tipos de materiais.

Vieira e Castro (1987) afirmam que em relação a outros métodos o uso de cápsulas porosas para

determinação de curvas de retenção de água em componentes é bastante vantajoso, tanto em termos de equipamentos necessários, tempo para obtenção de pontos, número de pontos possíveis e, principalmente, quanto à proximidade de curvas determinadas por outros métodos. Esses mesmos autores determinaram curvas de retenção de água em componentes bastante contrastantes em granulometria, usando cápsulas porosas de 10 mm de diâmetro. Os resultados que obtiveram foram bons e comparáveis a métodos tradicionais, como o da câmara de Richards.

Ainda segundo Vieira e Castro (1987), com a utilização do método da cápsula porosa foram necessários cerca de 40 dias para cada curva de retenção enquanto que a determinação em câmara de Richards se estendeu por 150 dias. Vieira e Castro (1987) relataram que quando usaram cápsula porosa de 10 mm na determinação da curva de retenção de água em Latossolo Roxo Distrófico, Podzólico Vermelho-Amarelo de textura média argilosa e de textura arenosa média também não tiveram problemas com o contato entre as amostras de solo e os meios de tensão.

Por outro lado, Vieira e Castro (1987) citam Topp e Zebchuck (1979), os quais encontraram dificuldades no estabelecimento de contato entre as amostras analisadas com a cápsula porosa em formato de disco. Assim, presume-se que, além da pressão aplicada, o formato e o tamanho de cápsulas porosas influenciam no perfeito contato entre o meio de tensão e as amostras de substratos em que se pretende determinar a curva de retenção de água.

Freire e Scardua (1978), Vieira e Castro (1987), Medina e Oliveira Júnior (1987), Pauletto *et al.* (1988), Reichardt (1988), Souza e Reichardt (1996), Centurion *et al.* (1997) e Tormena e Silva (2002) concordam que a determinação da curva de retenção de água é necessária em estudos envolvendo: o balanço e a disponibilidade de água para plantas; a dinâmica e a modelagem da água e solutos no meio; a hidrologia; a infiltração e o manejo da água de irrigação; a drenagem e o escoamento superficial da água em sistemas de produção agrícola. É, também, de importância fundamental para aqueles estudos que envolvem a água no complexo do ainda emergente e promissor sistema recipiente/substrato/hortaliça/atmosfera.

No entanto, em relação à curva de retenção de água, percebe-se que existe variabilidade nos resultados encontrados por diferentes autores. Possivelmente porque vários são os fatores que influenciam na determinação dessa variável física em substratos agrícolas, como por exemplo o equipamento utilizado nas determinações.

Já existem tentativas de se padronizar as determinações físicas em substratos para o cultivo de plantas por meio de normas, como a publicação do protocolo europeu de análises "EN 12579", de 1999. No entanto, no Brasil, ainda não existe consenso quanto aos métodos e equipamentos utilizados na determinação da curva de retenção de água em substratos para plantas.

Em laboratório é difícil estabelecer um método de avaliação física de substratos que inclua a determinação da curva de retenção de água e que possa ser um exato replicador de resultados na condição real de produção

de mudas e no cultivo de hortaliças em recipientes preenchidos com substratos. Essa dificuldade decorre da complexidade de interações existentes neste tipo de produção, cuja realidade, entre outros fatores, associa a forma e o tamanho de recipientes; a compactação diferenciada no momento de enchimento de recipientes; a grande diferença de condições iniciais do teor de água em substratos, e ainda, por ser este tipo de produção um sistema aberto para a atmosfera através da superfície do substrato e do orifício de drenagem de recipientes.

Sabe-se que, entre outras variáveis físicas e químicas, a divisão arbitrária e indicativa de quanta água, em cada faixa de tensão, é retida por um substrato utilizado na produção de mudas e/ou no cultivo de hortaliças auxilia na adequação do mesmo. Baseando-se em conceitos empregados a partir de trabalhos de diferentes autores, entre eles de Boodt e Verdonck (1972); Grolli (1991); Drzal *et al.* (1999); Gruszynsk (2002) e Fermino (2002), a determinação da curva de retenção de água é um método que fornece informações relacionadas a essa divisão arbitrária, ou seja, a curva de retenção de água pode fornecer informações indicativas sobre o teor volumétrico e/ou gravimétrico de água e sobre a força com que a água em diferentes tensões é retida pela matriz de um substrato utilizado no cultivo de hortaliças.

Neste contexto, deve-se considerar que para componentes porosos, como é o caso de substratos para hortaliças, a variável porosidade total (*PT*) não deve ser associada à curva de retenção de água e nem considerada como equivalente ao teor volumétrico ou gravimétrico de água na tensão de zero kPa porque,

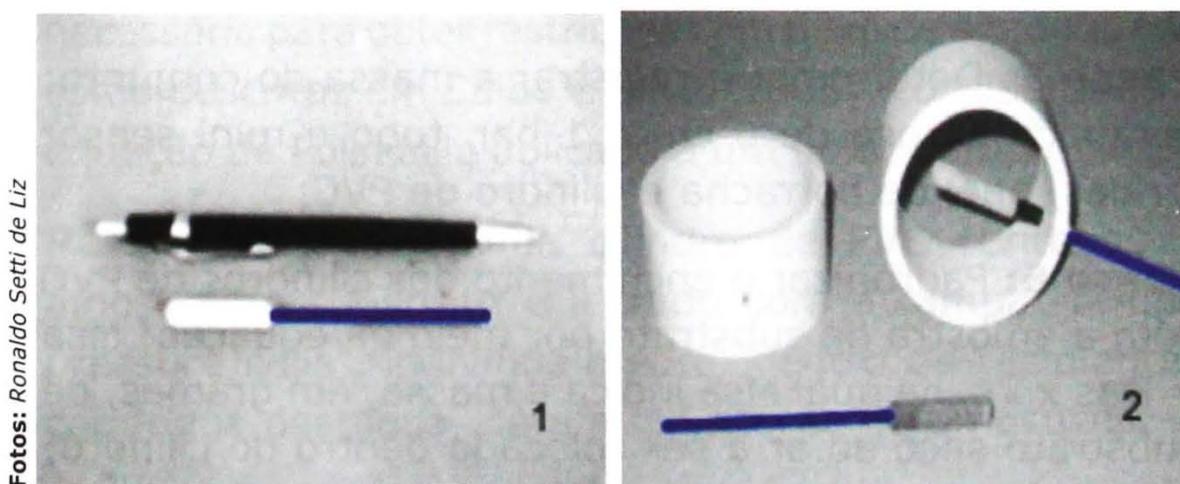
mesmo considerando-se que o substrato, nesta tensão, esteja "saturado", sabe-se que considerável quantidade de ar permanece retido nos poros, juntamente com a água contida na amostra do substrato. Ou seja, em análise física de substratos, o que em alguns casos, vem sendo definido como "saturação" é apenas a hidratação do substrato. Segundo Klute (1986), quando se trabalha com embebição de amostras, o que se obtém é um valor de $\theta_o < \theta_s$, o que indica presença de bolhas de ar na amostra. Conforme Moraes e Libardi (1993), a presença de bolhas de ar é prevista quando se trabalha com embebição de amostras. Por isso, a correta determinação da porosidade total deve ser feita com base na densidade de partículas do substrato a ser analisado, isto é, baseando-se na densidade do substrato desgaseificado, sem ar entre as partículas, a qual pode ser obtida por meio do método picnométrico (KLUTE, 1986).

Na determinação da curva de retenção de água em substratos, o teor obtido na tensão de zero kPa é menor que a porosidade total e a quantidade de ar retido entre a água e as partículas do substrato, nas tensões entre 0 e 1 kPa, deve garantir suficiente aeração, para que raízes de hortaliças tenham adequada provisão de oxigênio, sem diminuir a capacidade de o substrato reter água.

Segundo Tormena *et al.* (2002), os métodos mais utilizados na determinação de curvas de retenção de água em solo ou em outros componentes demandam muito tempo, são tediosos e necessitam de equipamentos caros. Estes fatores vêm dificultando a padronização da determinação da curva de retenção de água em substratos utilizados no cultivo e na produção de mudas

de hortaliças. Assim, além da determinação para obtenção e quantificação de variáveis alicerçadas na curva de retenção de água com rapidez e precisão, é importante a busca por métodos confiáveis e atraentes para a utilização profissional na análise física em substratos empregados na produção de mudas e no cultivo de hortaliças. Neste sentido, o Irrigas® (CALBO; SILVA, 2005; 2006), associado ao procedimento de tensiometria a gás talvez possa ser uma forma conveniente de determinar curvas de retenção de água, ao menos para amostras “deformadas” de solo, podendo, então, também servir para análise física de substratos utilizados no cultivo de hortaliças.

O equipamento Irrigas®, sugerido para ser utilizado na determinação de curvas de retenção de água em substratos para o cultivo de hortaliças é constituído por uma mini cerâmica porosa, cilíndrica, de 0,8 cm³, com 3 cm de altura, 0,6 cm de diâmetro e tensão crítica de sorção de aproximadamente 14 kPa, colada na ponta de um tubo de 6,5 cm de comprimento, 1,5 mm de diâmetro interno e 3 mm de diâmetro externo (Figura 5).



Fotos: Ronaldo Setti de Liz

Fig 5. Sensor Irrigas® constituído por uma mini cerâmica porosa, ao lado de uma lapiseira (1) e, sensor Irrigas® encaixado em um cilindro de PVC, utilizado para conter a amostra de substrato (2).

Uma sugestão para a utilização do mini Sensor Irrigas® (LIZ, 2006), na determinação de curvas de retenção de água em substratos de coco verde, consiste basicamente em:

Passo 1: Determinar a densidade do substrato seco ao ar (D_{as}), a densidade do substrato seco em estufa (D_{se}) e o teor de água (T_a) base massa da amostra de substrato seco em estufa a 70°C;

Passo 2: Construir cilindros volumétricos de 3 cm de altura por 5 cm de diâmetro interno, a partir de um tubo de PVC com espessura de parede de 0,5 cm;

Passo 3: Perfurar, no centro da parede de cada cilindro de PVC, um orifício de 3 mm de diâmetro, pelo qual, de dentro para fora, será passado o tubo do mini sensor Irrigas®;

Passo 4: Utilizar um anel de borracha de 1 cm de largura por 5,5 cm de diâmetro interno e uma cerâmica porosa, série 600, circular de 6 cm de diâmetro, 8 mm de espessura e 1 bar de tensão (SOILMOISTURE, 2006a), para possibilitar a contenção e a hidratação da amostra de substrato dentro do cilindro de PVC;

Passo 5: Determinar e registrar a massa do conjunto: cerâmica porosa de 6 cm e 1 bar, tubo e mini sensor Irrigas, anel de borracha e cilindro de PVC;

Passo 6: Padronizar o enchimento dos cilindros de PVC com a amostra de substrato por meio da equação: $M_{sa} = D_{sa} \times V_c$, na qual M_{sa} indica a massa, em gramas, de substrato seco ao ar a ser colocado dentro do cilindro; D_{sa} , a densidade do substrato seco ao ar, em $g\ cm^{-3}$ e, V_c , o volume do cilindro em cm^3 ;

Passo 7: Lacrar, na parte superior, os cilindros de PVC preenchidos com substrato, com uma tampa do tipo “Tempe pressure cells”, série 1400 (SOILMOISTURE, 2006b), para evitar a possibilidade da saída do substrato de dentro dos cilindros durante a hidratação realizada no sentido ascendente. Para fixar essas tampas ao conjunto podem ser utilizadas ligas de borracha. Após a hidratação da amostra de substrato, as tampas devem ser retiradas, para facilitar a evaporação da água contida na amostra;

Passo 8: Conectar o mini sensor Irrigas® a um compressor de ar, modelo A 240, normalmente utilizado para oxigenar aquários, e a um manômetro de mercúrio construído em forma de “U” com mangueiras transparentes conectadas a uma restrição de fluxo de ar, utilizada para introduzir em cada sensor Irrigas um fluxo de aproximadamente 0,5 ml / min de ar. Essa restrição capilar pode ser um segmento de fio flexível (multifilamento) de 1 mm de diâmetro externo e 14 cm c de comprimento. Detalhes técnicos referentes às propriedades desta fonte de ar e sobre a aferição necessária para obter restrições com fluxo de ar adequado estão descritas em Calbo e Silva (2005), considerando a equação de Poiseuille aplicado a um fluido compressível;

Passo 9: Colocar cada cilindro de PVC contendo a amostra de substrato e lacrado com a tampa “tempe pressure cells”, individualmente, dentro de recipientes com água destilada, para a hidratação da amostra;

Passo 10: Conectar, após a máxima hidratação da amostra (superfície brilhosa), o tubo do mini sensor

Irrigas ao compressor de ar e ao manômetro de mercúrio, utilizando mangueiras de 1 mm de diâmetro interno e distribuidores de gás (conexões) de duas e três saídas;

Passo 11: Considerar, quando o movimento da coluna de mercúrio estabilizar, que o substrato atingiu o ponto de máxima hidratação, algo próximo da saturação, ou seja, próximo da tensão de zero kPa. A altura de coluna de mercúrio assim estabelecida será a tensão crítica de umedecimento (T_s) da cápsula porosa (CALBO; SILVA, 2006);

Passo 12: Determinar, juntamente, sem desconectar as mangueiras e depois de atingida a tensão crítica de umedecimento da cápsula porosa do sensor Irrigas, a massa do conjunto (M_c) e a massa da amostra supostamente saturada (M_{as}), ou seja: ($M_c + M_{as}$). Esse procedimento deve ser repetido ao se alcançar cada tensão desejada, por exemplo: 1; 3; 5; 7; 9 e 10 kPa. A partir da tensão de 1 kPa, a massa da amostra passará a ser considerada massa do substrato úmido (M_{su}), obtida por meio da equação: $M_{su} = (M_c + M_{su}) - (M_c)$;

A tensão (T), da água na amostra, pode ser calculada com a equação $T = (T_s - P)$, onde, P , representa a pressão lida no manômetro (CALBO; SILVA, 2006).

Os valores de T , multiplicados por 13,6, razão entre as densidades do mercúrio e da água, representarão, aproximadamente, a tensão em centímetros de coluna de água e, os valores de tensão em centímetros de coluna de água, divididos por dez, indicarão os valores de tensão em kPa;

Passo 13: Calcular as variáveis que possibilitam determinar a curva de retenção de água em substrato para plantas:

Porosidade total (PT)

$$PT = 100 \times ((Vc) - (Mse / Dsd)) / (Vc)$$

Equação na qual Vc é o volume, em cm³, do cilindro utilizado para conter a amostra; Mse, a massa, em gramas, da amostra de substrato seco em estufa a 70°C e Dsd, a densidade, em g cm⁻³, do substrato desgaseificado (densidade de partículas), determinada a partir de resultados obtidos com o uso do picnômetro.

A equação que pode ser utilizada para determinar a densidade do substrato desgaseificado é:

$$Dsd = Da \times (Mps - Mp) / (Mps - Mp) - (Mpsa - Mpa)$$

Significando: Dsd, a densidade do substrato desgaseificado; Da, a densidade da água; Mps, a massa do picnômetro contendo o substrato; Mp, a massa do picnômetro vazio; Mpsa, a massa do picnômetro contendo substrato e água e Mpa, a massa do picnômetro contendo água.

Espaço de aeração (EA)

Equivalente ao teor volumétrico de água nas tensões entre 0 e 1 kPa.

$$EA = 100 \times [(Vc) - (Mse / Dsd) - (Ma_{1kPa} / Da)] / (Vc)$$

Na qual: Ma_{1kPa} será a massa de água na tensão de 1 kPa e Da será a densidade da água, considerada como sendo igual a 1 g cm⁻³.

Água facilmente disponível (AFD)

Equivalente ao teor volumétrico de água nas tensões entre 1 e 5 kPa.

$$AFD = 100 \times (Ma_{1kPa} - Ma_{5kPa}) / (Vc \times Da).$$

Água disponível (AD)

Equivalente ao teor volumétrico de água nas tensões entre 1 e 10 kPa.

$$AD = 100 \times (Ma_{1kPa} - Ma_{10kPa}) / (Vc \times Da).$$

Água tamponante (AT)

Equivalente ao teor volumétrico de água nas tensões entre 5 e 10 kPa.

$$AT = 100 \times (Ma_{5kPa} - Ma_{10kPa}) / (Vc \times Da)$$

Água remanescente (AR)

Equivalente ao teor volumétrico de água nas tensões de 10 kPa.

$$AR = 100 \times (Ma_{10kPa}) / (Vc \times Da).$$

Este método, empregado para determinar a curva de retenção de água em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças (Figura 6), possibilitou um coeficiente de variação próximo a 5% (LIZ, 2005), o que, segundo Ferreira (1996), indica uma boa precisão experimental.

Durante as pesagens o sistema Irrigas® não precisa ser desligado, possibilitando obter todos os pontos em uma mesma amostra de substrato. Na câmara de Richard, por exemplo, é necessário desligar o sistema de pressão para a pesagem de amostras. Segundo Vieira e Castro (1987), determinar o ponto de equilíbrio entre a pressão aplicada e a água retida é um dos maiores problemas na obtenção de curva de retenção de água, quando, em laboratório, para este tipo de determinação se utilizam equipamentos de alta pressão. No método que utiliza funil para a determinação da curva de retenção de água em substratos agrícolas, a possibilidade de rompimento da coluna de água dentro das mangueiras também pode interferir no equilíbrio entre a pressão aplicada e a água retida na amostra. Assim, este fator é outra vantagem

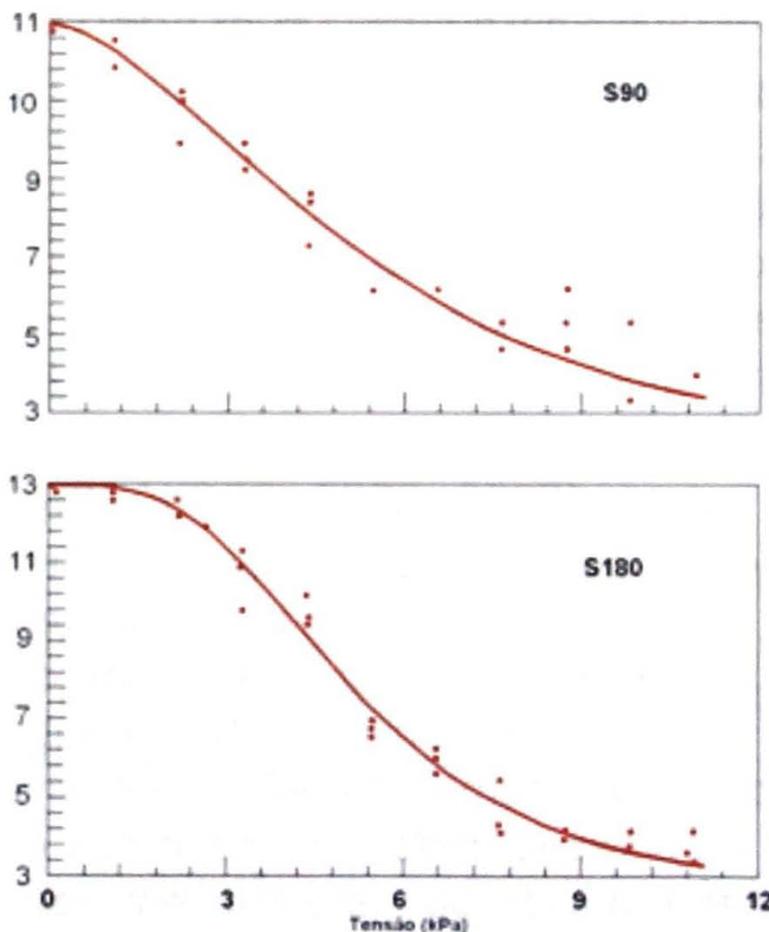


Fig 6. Curvas de retenção de água em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças com 90 e 180 dias de repouso antes do uso, determinadas com o uso de um mini sensor Irrigas®.

Fonte: Liz (2006).

do método sugerido, pois, quando o movimento da coluna de mercúrio se estabiliza no manômetro, isso é um indicativo direto de equilíbrio de tensão de água entre a cápsula porosa do sensor Irrigas® e a amostra de substrato, representando, segundo Calbo e Silva (2006) a tensão crítica de umedecimento do sensor Irrigas®.

4. Potencial Hidrogeniônico (pH) e Condutividade Elétrica (CE) em substratos para plantas

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma variável que indica a atividade do íon H^+ presente na solução de um substrato. Segundo Quaggio *et al.* (2001), o pH corresponde ao hidrogênio dissociado existente em solução, em equilíbrio com a acidez da fase sólida. A condutividade elétrica (CE) é uma estimativa do teor total de sais presentes em uma solução (RAIJ *et al.*, 2001).

Booman (2000) relata que a maior vantagem em triturar cascas de coco verde para usá-las como substrato no cultivo de plantas é a sua estrutura física, enquanto o aspecto negativo é que a fibra dessa casca é extremamente variável quanto aos valores do pH e da condutividade elétrica.

Carrijo *et al.* (2003) reconhecem que além da variação no pH e na CE, o teor de tanino, o cloreto de potássio e o cloreto de sódio, presentes em altas concentrações na casca de coco verde, podem ser prejudiciais ao desenvolvimento de plantas, principalmente, ao de mudas de hortaliças. No entanto, estes mesmos autores acreditam que o efeito negativo do excesso destes compostos, presentes na casca de coco verde, pode ser reduzido por lavagem em água corrente limpa e isenta de substâncias químicas e

patógenos, e, talvez, por meio de compostagem das fibras antes da utilização.

Com o pH na faixa de 5,0 a 6,0, a maioria dos nutrientes são facilmente assimiláveis pelas plantas. Estando o pH abaixo de 5,0, plântulas de hortaliças podem manifestar sintomas de deficiências de alguns nutrientes, entre eles: N, K, Ca, Mg e B. Acima de 6,5 é possível que a assimilação de P, Fe, Mn, B, Zn e Cu seja menor (ABAD; NOGUERA, 2004). Ainda segundo esses mesmos autores, os óxidos metálicos de Fe, Mn, Cu, Zn e outros, se mantêm solúveis quando o pH é menor que 5,0, podendo, em função da concentração, tornarem-se fitotóxicos.

Gruszynski (2002) cita trabalhos com valores de pH recomendados para cultivos em substratos sem solo na composição: para cultivos em geral, pH entre 4,4 e 6,4; para o cultivo de azaléias e hortênsias, pH < 5,4; para lírios, pH entre 6,5 e 6,8; para *Lisianthus*, pH 6,4; para gerânios, sálvia e áster, entre 5,8 e 6,3; e, para samambaias, bromélias, azaléias e coníferas, pH entre 4,5 e 5,0.

Os métodos usados na determinação de pH de substratos apresentam variações, principalmente devido às diferenças na relação de diluição água/substrato (FERNANDES; CORA, 2002).

De acordo com Quaggio e Raij (2001), para solos, o pH determinado em solução de 0,01 mol L⁻¹ de CaCl₂ é, em média, 0,6 unidade menor do que o pH medido em solução aquosa.

Bataglia e Abreu (2001) afirmam que a determinação de pH pelo método de extrato de pasta de substrato hidratado é padrão de referência

obrigatório quando se avaliam outros métodos de extração. Contudo, Abreu *et al.* (2002) e Kirven (1986) relatam que o método do extrato de saturação é bastante trabalhoso, demorado e apresenta dificuldades para se identificar e reproduzir o ponto ideal de hidratação de substratos.

Uma das justificativas para o uso do método do extrato de saturação é a dificuldade encontrada para obter, em substratos à base de fibras, um volume de solução suficiente para a leitura de pH e CE com eletrodos. Não é constante a obtenção da quantidade suficiente de solução para leitura com eletrodos usando as proporções de 1:1,5; 1:2; 1:5 e 1:10 (v/v) normalmente utilizadas para medição de pH e condutividade elétrica em amostras de solos, sem desestruturar a amostra de substrato à base de fibras longas e/ou curtas. Por exemplo, devido à densidade, cerca de $0,20 \text{ g cm}^{-3}$, o substrato de coco verde, preparado na Embrapa Hortaliças, pode ocupar considerável volume e reter acima de 50% da água utilizada para diluições.

Para a determinação da condutividade elétrica em substratos ainda não existe um consenso entre pesquisadores. Cavins *et al.* (2000) relatam que a condutividade elétrica, determinada pelo método do extrato de saturação, estando entre $2,0$ e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$, representa um teor total de sais (salinidade) adequado para a produção, em substratos, da maioria das espécies vegetais. Gruszynski (2002) apresenta interpretação de valores de condutividade elétrica (dS m^{-1} a 25°C) determinada por eletrodos mergulhados em extrato de pasta de substrato hidratado: CE entre 0 e $0,75 \text{ dS m}^{-1}$

é considerada muito baixa, podendo não ser suficiente para sustentar um rápido crescimento de mudas de hortaliças; entre 0,76 e 2,0 dS m⁻¹ a CE é baixa, sendo adequada para a produção de mudas de hortaliças; entre 2,0 e 3,5 dS m⁻¹ é normal, considerada faixa padrão para a maioria das hortaliças em crescimento e limite superior para as sensíveis à salinidade; entre 3,5 e 5,0 dS m⁻¹ é considerada alta e prejudicial, especialmente em épocas quentes; entre 5,0 e 6,0 dS m⁻¹ a CE é muito alta, dificultando a absorção de água; e quando a CE for >6,0 dS m⁻¹ é considerada extremamente alta, exigindo alta capacidade de drenagem do conjunto substrato/recipiente e imediata lixiviação da solução nutritiva aplicada.

Na determinação de condutividade elétrica CE, o extrato de saturação também tem sido considerado a melhor opção (RAIJ *et al.*, 2001). Estes mesmos autores concordam que a obtenção do extrato de saturação é demorada e que isso limita bastante o número de amostras que podem ser analisadas.

Para o preparo da pasta saturada é recomendado o uso de recipientes plásticos, pois, além da pressão exercida para segurar o recipiente, a espátula usada para revolver o material, necessariamente, bate no fundo do recipiente, o que pode resultar em quebra, se o recipiente usado for de vidro.

Quando necessário, a transformação dos valores da condutividade elétrica obtida à temperatura ambiente local para a temperatura de 25°C pode ser obtida seguindo-se recomendações de Raij *et al.* (2001).

Métodos de dosagem nos extratos aquosos 1:1,5; 1:2; 1:5; 1:10 v/v e por extrato de saturação para

determinar o pH e a CE em substrato de casca de *Pinnus* compostada foram avaliados por Bataglia *et al.* (2002) que verificaram não haver diferença entre os valores determinados.

Comparando métodos aquosos utilizando as proporções 1:1,5; 1:2; 1:5; 1:10 com o método do extrato de saturação, Abreu *et al.* (2007) concluíram que todas as soluções aquosas foram comparáveis ao método do extrato de saturação nas avaliações de pH e CE.

Na Tabela 8 estão alguns resultados de pH e de Condutividade Elétrica determinados em substrato de coco verde preparado na Embrapa Hortaliças para a produção de mudas. O substrato foi preparado com base nas recomendações de Carrijo *et al.* (2002) e, para determinar o pH e a condutividade elétrica foi adaptada a metodologia descrita por Yeager (2003): a massa de 40 g de substrato seco ao ar, foi acondicionada em recipiente plástico, com volume de 1 litro, sendo a água destilada (pH 6,5 e CE 0,28 dS m⁻¹) adicionada aos poucos. Os componentes foram misturados com uma espátula, sem deixar acumular água no fundo do recipiente e até formar uma pasta homogênea de superfície brilhosa. Foram utilizados 150 mL de água destilada para formar a pasta de substrato de coco verde e, 40 mL de água destilada para a do substrato comercial Plantmax[®]. Cada recipiente contendo a pasta foi coberto com um filme plástico, para minimizar a evaporação e, deixado em repouso durante 4 horas. A pasta assim obtida foi transferida para um "Funil Buchener", equipado com papel filtro e acoplado em "Kitasato" de 500 mL, o qual foi conectado a uma bomba de vácuo para a extração

de 25 mL de extrato da solução. Para as medições de pH foi utilizado um medidor modelo pH Meter HM-14P. Para avaliar a CE foi utilizado um condutivímetro EC-Meter, modelo CM 53 DEMETRO. Ambos portáteis e com precisão de 0,05 unidades à temperatura de 25 °C. Os dados coletados foram analisados utilizando o delineamento em blocos ao acaso com 6 tratamentos, três repetições e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (LIZ *et al.*, 2006).

Tabela 8. Médias de pH e de condutividade elétrica (CE) no extrato de saturação do substrato de coco verde com 0; 45; 90; 135 e 180 dias de compostagem e, do substrato Plantmax[®]. Embrapa Hortaliças, 2006.

Substrato	pH		CE (dS m⁻¹)	
S0	5,0	a	8,5	b
S45	5,9	c	5,0	a
S90	6,2	d	5,7	ab
S135	6,1	cd	5,7	ab
S180	6,2	cd	5,5	ab
Plantmax [®]	5,6	b	5,0	b
Faixa ideal	5,0 a 6,5^{/1}		0,7 a 2,0^{/2}	
CV (%)	1,19		12,35	

Fonte: Adaptado de Liz *et al.* (2006).

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, 5%. ^{/1} = nível médio de referência de pH de substratos comerciais usados no cultivo de plantas em geral, segundo Martinez (2002). ^{/2} = Faixa de condutividade elétrica considerada favorável para a germinação de sementes e para o crescimento de plântulas, segundo Martinez (2002).

Considerações Finais

É grande e crescente a necessidade de se aproveitar os resíduos gerados pelas diferentes atividades urbanas e rurais, incentivada por estudos exploratórios do potencial aproveitável existente nas principais fontes poluidoras, que são os resíduos gerados nas mais diversas atividades humanas.

Contudo, é fundamental, além de levar em consideração os aspectos sanitários da matéria prima aproveitada ou reaproveitada, avaliar física e quimicamente os componentes de resíduos utilizados como substratos para hortaliças, caso contrário, o círculo de impactos ambientais negativos pode aumentar e gerar externalidades indesejáveis, relacionadas à produtividade e sustentabilidade do agronegócio hortaliças.

O aproveitamento de resíduos, na forma de insumo para o segmento de produção de mudas e cultivo de hortaliças, deve ser visto profissionalmente, com a consciência de que a retirada de resíduos das ruas e o aproveitamento dos mesmos na agricultura não elimina todos os impactos negativos, sociais e ambientais. O processo de preparo de um resíduo para aproveitamento na agricultura, a formação de chorume, a presença de materiais tóxicos nos componentes aproveitados e a sua dinâmica no solo agrícola, podendo atingir o lençol freático, são exemplos de externalidades que precisam ser monitoradas no processo de aproveitamento de resíduos para a produção de mudas e cultivo de hortaliças.

Com relação a isso, análise física e química em substratos para plantas, no Brasil, a Instrução Normativa Nº. 46, de 12 de setembro de 2006, publicada no Diário Oficial da União de 14/09/2006, seção 1, página 2, que "Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos" foi revogada pela instrução vigente, a Instrução Normativa nº. 17 de 21/05/2007 (ver Anexo).

Por fim, cabe comentar que, infelizmente, as normas para análises em substratos para plantas não abrangem a grande diversidade de tipos de resíduos com potencial para este fim, ou seja, nem sempre o que está nas normas é aplicável na prática, dentro de diferentes laboratórios, para diferentes materiais.

Literatura citada

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; SARZI, I.; PÁDUA JUNIOR, A. L. Extratos aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25. n. 2, p. 184-187, 2007.

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; BATAGLIA, O. C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. P. 20-21. (Documentos IAC, 70).

ABAD, M.; NOGUERA, P. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CANAHÍA, C. (Coord.). **Fertirrigación: cultivos**

hortícolas y ornamentales. Madrid: Mundi-Prensa, 1998.

ARAGÃO, W. M. **Coco**: pós - colheita. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. (Frutas do Brasil, 29).

ARAGÃO, W. M. (Ed.). **Coco**: pós-colheita. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 76 p. (Frutas do Brasil, 29).

ASBEN. **Lixo no Brasil**. Disponível em: < <http://www.ufv.br/Pcd/Reciclar/>>. Acesso em: 13 maio 2006.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; ABREU, C. A.; ABREU, M. F.; FURLANI, A. M. C. Métodos de extração para determinação do pH, condutividade elétrica, sódio e cloreto em casca de pinus compostada e adubada. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., Campinas. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. P. 20-21. (Documentos IAC, 70).

BATAGLIA, O. C.; ABREU, C. A. Análise química de substratos para crescimento de plantas: um novo desafio para cientistas do solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p.8- 9, 2001.

BILDERBACK, T. E.; FONTENO, W. C.; JOHSON, D. R. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark and peat moss and their effects on azalea growth. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 3, p. 522-525, 1982.

BOOMAN, J. L. Evolução dos substratos usados em horticultura ornamental na Califórnia. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 1., 2000. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**.

Porto Alegre: Genesis, 2000. 312 p.

BOSA, N.; CALVETE, E. O.; KLEIN, V. A. Development of young plants of gypsophila in different substrates. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 514-519, jul./set. 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Brasília, DF. **Diário Oficial da União [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 2 set. 2006.

CALBO A.G.; SILVA WLC. **Sistema Irrigas para manejo de irrigação**: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos. Brasília: Embrapa Hortaliças, p 174, 2005.

CALBO A.G.; SILVA W.L.C. Gaseous irrigation control system: description and physical tests for performance assessment. **Bragantia** v. 65, p. 501-511, 2006.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; LIZ, R. S.; OLIVEIRA, V. R. **Uso da fibra da casca de coco verde para o preparo de substrato agrícola**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2003. 4 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 19).

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

CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. **Monitoring and managing pH and EC using the pourThru extraction method**. Raleigh: Horticulture Information Leaflet / NCSU, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>.

CEMPRE. **O que o Brasil recicla**. Disponível em: <http://www.ufv.br/Pcd/Reciclar/brasil_recicla.htm>. Acesso em: 13 maio 2006.

COMO a poluição aquece a terra. **Revista VEJA**, Rio de Janeiro, ano 38, n. 41, 2005. Edição 1926, 12 out. 2005. Reportagem especial.

COCO VERDE RJ. **Projeto coco verde**. Disponível em: <<http://www.cocoverderj.com.br/3.projcv.htm>>. Acesso em: 13 mar. 2002.

CORDEIRO, T. A roça tá lá no arto! : prédios-fazenda, no meio da cidade, são a nova aposta para salvar o mundo. **Revista Super Interessante**, Rio de Janeiro, p. 40-41, out. 2007.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Method for measuring the water release curve of organic substrates. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 37, p. 2054-2062, 1974.

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

EN 12579:2000: mejoradotes del suelo y sustratos de cultivo. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2000.

FERMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2000, Campinas. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p. 29-37. (Documentos IAC, 70).

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. Tese (Doutorado) -

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FERNANDES, C.; CORA, J. E. Bulk density and relationship air/water of horticultural substrate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 446-450, 2004b.

FERNANDES, C.; CORA, J. E. Influência da umidade da amostra na determinação da densidade do substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa, MG: UFV, 2004a. p. 315.

FERNANDES, C.; CORA, J. E. Diferentes métodos para a determinação de pH e Condutividade Elétrica (CE) em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2000, Campinas. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p. 85. (Documentos IAC, 70).

FNP Consultoria & Agroinformativos. Seção hortifrutícolas: volume comercializado. **Agrianual**: anuário da agricultura brasileira 2004, São Paulo, p. 324, 2004.

FUNIVERSA. **Analista operacional**: caderno de provas do concurso público 01/2005: CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Cargo 617. Engenheiro Agrônomo).

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H. Importância da relação entre fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 315.

GAZETA MERCANTIL. 2002. Disponível em: < <http://www.gazeta.com.br/pt/>>. Acesso em: 13 mar. 2002.

GROLI, P. R. **Composto de lixo domiciliar como condicionador de substratos para plantas arbóreas.** 1991. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grandedo Sul, Porto Alegre.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas.** 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HOMMA, A. K. O. Criando um preço positivo para o lixo urbano: a reciclagem e a coleta informal. In: RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS, 1998, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: SECTAM: Prefeitura Municipal de Belém, 2000. (Embrapa-CPATU. Documentos, 30).

HORA, R. C.; GOTO R. Cultivo protegido volta para ficar. **Agri-anual 2006:** anuário da agricultura brasileira, São Paulo, p. 333-334, 2006.

JUNIOR, N.; RIBEIRO, R. Crescimento de mudas de berinjela, em resposta a tamanho de recipiente e misturas de substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 387.

KÄMPF, A. N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 1., 2000, Porto Alegre. **Substratos para plantas:** a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: Genesis, 2000a. p. 139-145.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais.** Guaíba: Agropecuária, 2000b. 254 p.

KIRVEN, D. M. An industry viewpoint: horticultural testing - Is our language confusing? **Hortscience**, Alexandria, v. 21, n. 2, p. 215, 1986.

LIMA, O. G.; KITOVER, J. **Aproveitamento do lixo da cidade de Recife**. Recife: Prefeitura Municipal do Recife: Instituto de Antibióticos, 1962.

LIZ, R. S; CARRIJO, O. A; MESQUITA FILHO, M. V; SILVA, H. R; OLIVEIRA, C. A. S. Determinação de pH e condutividade elétrica em extrato de saturação de substrato de coco verde. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 5., 2006, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 2006. p. 140.

LIZ, R. S. **Análises físicas e químicas de substrato à base de coco verde para a produção de mudas de hortaliças**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília, DF. Orientador: Osmar Alves Carrijo.

LIZ, R. S; VIDAL, M. C; CARRIJO, A. O. Enriquecimento com calcário e tempo de compostagem da fibra de coco verde sobre a produção de mudas de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 421, jul. 2004. Suplemento 1.

MARTÍNEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2000, Campinas. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: IAC, 2002. p. 53. (Documentos IAC, 70).

MENDES, F. A. T. Lixo, sociedade e meio ambiente. In: RE-CICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAISE AGRÍCOLAS, 1998, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa

Amazônia Oriental: SECTAM: Prefeitura Municipal de Belém, 2000. (Embrapa-CPATU. Documentos, 30).

MILLNER, P. D.; SIKORA, L. J.; KAUFMAN, D. D.; SIMPSON, M. E. **Agricultural uses of biosolids and other recyclable municipal residues**. Disponível em: < <http://www.ars.usda.gov/is/np/agbyproducts/agbycontents.htm> >. Acesso em: 19 ago. 2005.

MONTEIRO, J. H. P. Gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. In: ZVEIBIL, V. Z. (Coord.). **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/bibliografia/bibliografia3.php?id=2139298696>>. Acesso em: 2 set. 2006.

NASCIMENTO, W. M.; ALVES, M. S. S.; GOMES, E. M. L. Produção de mudas de cucurbitáceas em diferentes substratos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 406.

NASCIMENTO, W. M. Germinação de sementes de alface em substratos para a produção de mudas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 405.

NORDESTE ganha primeira unidade de beneficiamento de casca de coco verde. **Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 108, n. 654, p. 20-21, set. 2005.

PENNINGSFELD, F. Kultur substrate fur den gartenbau, besonders in Deutschland: ein kritischer uberblick. **Plant and Soil**, The Hague, v. 75, p. 269-281, 1983.

PIRE, R.; PEREIRA, A. Propriedades químicas e físicas de sub-

stratos de uso comum en la horticultura del estado del Lara, Venezuela: propuesta metodológica. **Bioagro**, v. 15, n. 1, p. 55-56, 2003.

PORTO, M. F. S.; SISINNO, C. Abordagem interdisciplinar para o estudo da relação resíduos sólidos, saúde e ambiente: um estudo de caso no Rio de Janeiro. In: RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS, 1998, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: SECTAM: Prefeitura Municipal de Belém, 2000. (Embrapa-CPATU. Documentos, 30).

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. van. Determinação do pH em cloreto de cálcio e da acidez total. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001.

RAIJ, B. van; GHEYI, H. R.; BATAGLIA, O. C. Determinação da condutividade elétrica e cátions solúveis em extratos aquosos de solos. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001.

RIPARDO, S. Brasil importa mais do que exporta. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 18 jan. 2000a. Agrofólia. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/fsp/agrofolha.htm>> Acesso em: 13 mar. 2003.

ROSA, M. F.; SANTOS, F. J. S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. P.; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S.; NORÕES, E. R. V. **Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. 6 p. (Embrapa Agroindústria

Tropical. Comunicado Técnico, 54).

SILVA, E. B. Compostagem de lixo na Amazônia: insumos para a produção de alimentos. In: RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS, 1998, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental: SECTAM: Prefeitura Municipal de Belém, 2000. (Embrapa-CPATU. Documentos, 30).

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

SOILMOISTURE. **Porous ceramics**: 0600 series. Disponível em: <<http://www.soilmoisture.com/0600.html>>. Acesso em: 19 ago. 2006a.

SOILMOISTURE. **Tempe pressure cells**: product number: 1400 series. Disponível em: <http://www.soilmoisture.com/prod_details.asp?prod_id=1099&cat_id=18>. Acesso em: 19 ago. 2006b.

SOUZA, J. A. Impactos ambientais da deposição de lixo e resíduos na superfície do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 224, jan. 2005a.

SOUZA, J. A. Destinação final de resíduos sólidos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 224, jan. 2005b.

SOUZA, L. D.; REICHARDT, K. Estimativas da capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 183 - 189, 1996.

TAVARES JÚNIOR, J. E. **Volume e granulometria do substrato na formação de mudas de café**. 2004. Dissertação

(Mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-22092004-145858/>>. Acesso em: 8 set. 2005.

VIEIRA, S. R.; CASTRO, O. M. Determinação, em laboratório, de curvas de retenção de água com tensiômetros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, p. 87-90, 1987.

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

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J. O.; CORÁ, J. E.; MATTOS JÚNIOR, D. Caracterização física de substratos para a produção de mudas e porta-enxerto cítricos sob telado. **Revista Laranja**, 2001. Disponível em: <http://www.citrograf.com.br/artigos_tecnicos.html>. Acesso em: 8 set. 2005.

Anexo

Instrução Normativa Nº 17, de 21 de maio de 2007

Situação: Vigente

**Publicado no Diário Oficial da União
de 24/05/2007,
Seção 1 , Página 8**

Ementa: Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa.

Histórico:

**Revoga a Instrução Normativa nº 46 de
12/09/2006**

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO

SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA

INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 17, DE 21
DE MAIO 2007

O SECRETÁRIO DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, no uso da atribuição que lhe confere o art. 9º combinado com o art. 42, do Anexo I, do Decreto nº 5.351, de 21 de janeiro de 2005, tendo em vista as disposições contidas no Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que regulamenta a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, na Instrução Normativa SARC nº 14, de 15 de dezembro de 2004, e na Instrução Normativa SARC nº 4, de 2 de agosto de 2004, e o que consta do Processo nº 21000.001681/2006-05, resolve:

Art. 1º Aprovar os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos, na forma do Anexo à presente Instrução Normativa.

Art. 2º Esta Instrução Normativa entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 3º Fica revogada a Instrução Normativa nº 46, de 12 de setembro de 2006.

INÁCIO AFONSO KROETZ

ANEXO

Métodos para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solos.

1. Preparo das amostras para as análises físicas e químicas

1.1. Preparação Inicial

Passar a totalidade da amostra, como recebida, pela peneira de malha 19 x 19 mm (ASTM ¾"). Caso fique retida uma quantidade menor ou igual a 10%, deve-se proceder a redução física das partículas, em partes iguais e tantas vezes quantas forem necessárias, para que todo o material passe através da peneira.

Caso uma quantidade superior a 10% fique retida na peneira de 19 x 19 mm, os métodos para análise física são inadequados ao material e não devem ser utilizados.

1.2. Preparação da subamostra para análise de CTC

Deverá ser separada uma amostra de aproximadamente 100g do material preparado conforme procedimento 1.1. A totalidade desta subamostra deverá ser secada a 65°C e passada por uma peneira de malha 0,5 x 0,5mm.

1.3. Preparação da amostra de espuma fenólica

De uma caixa de espuma fenólica retirar de maneira aleatória uma placa. A retirada dessa placa deverá ser efetuada de maneira cuidadosa, a fim de se evitar amassamento de suas bordas, o que poderia dificultar e prejudicar o processo de dimensionamento a que será submetida.

Dessa placa, recortar as amostras (blocos padrão) com 10x10cm (largura e comprimento) e a espessura original da placa.

Para análise de pH e condutividade elétrica, submeter as amostras (blocos padrões) à lavagem com água deionizada, utilizando inicialmente um volume de água correspondente ao volume do bloco. A água dessa lavagem deve ser descartada e a amostra estará pronta para extração.

2. Determinação da Umidade Atual

Para a determinação da umidade atual, deverá ser levada uma alíquota de 100g da amostra à estufa (65°C ± 5,0°C) até massa constante (cerca de 48 horas).

De forma semelhante, a determinação da umidade atual de espuma fenólica deverá ser realizada levando-se o bloco padrão à estufa (65°C ± 5,0°C) até massa constante.

$$\text{Umidade Atual (\% m/m)} = [(\text{Massa úmida} - \text{Massa seca}) / \text{Massa Úmida}] \times 100.$$

3. Determinação da densidade

3.1. Substratos em geral e condicionadores de solos (Método da Autocompactação)

3.1.1. Equipamentos:

3.1.1.1. proveta plástica transparente e graduada de 500 mL (270mm de altura x 50mm de diâmetro);

3.1.1.2. suporte com barra de ferro com 2 (dois) anéis de 70mm de diâmetro;

3.1.1.3. balança analítica para 5000g (intervalo de escala de 1g);

3.1.1.4. estufa de secagem;

3.1.1.5. bandejas de alumínio; e

3.1.1.6. espátula.

3.1.2. Procedimentos

A proveta plástica de 500 mL deverá ser preenchida até aproximadamente a marca de 300 mL com o substrato na umidade atual. Em seguida, esta proveta é deixada cair, sob a ação de sua própria massa, de uma altura de 10 cm, por 10 (dez) vezes consecutivas. Com auxílio da espátula nivela-se a superfície levemente e lê-se o volume obtido (mL). Em seguida, pesa-se o material (g) descontando a massa da proveta. O procedimento deverá ser repetido por três vezes com subamostras diferentes. Deverá ser expresso o valor da média das medições, em número inteiro.

$$D.\acute{u}mida \text{ (kg/m}^3\text{)} = [\text{Massa } \acute{u}\text{mida (g)/Volume (mL)}] \times 1000$$

O valor da densidade seca (médica de três amostras) é obtido aplicando-se a seguinte fórmula:

$$D.\text{seca (kg/m}^3\text{)} = [D. \acute{u}\text{mida (kg/m}^3\text{)} \times \text{Umidade Atual (\%)}] / 100.$$

3.2. Espuma Fenólica

A densidade da amostra de espuma fenólica deverá ser calculada diretamente pela relação entre a massa seca, determinada conforme item 2, e o volume calculado com base em suas dimensões exatas, aferidas por meio de régua. O procedimento deverá ser repetido por três vezes com amostras diferentes. Deverá ser expresso o valor da média das medições, em número inteiro.

$$D. \text{seca (kg/m}^3\text{)} = M / (h \times l \times c)$$

sendo:

M: massa seca (kg)

h: altura (m)

l: largura (m)

c: comprimento (m).

4. Determinação da Capacidade de Retenção de Água a 10cm (CRA10)

4.1. Substratos em geral e condicionadores de solos

Exprime a máxima quantidade de água retida por um substrato ou condicionador de solo, após saturação e cessada a drenagem, quando submetida à tensão de 10cm de coluna de água ou 0,1kPa (10hPa).

4.1.1. Equipamentos:

4.1.1.1. mesa de tensão;

4.1.1.2. anéis/cilindros de alumínio, aço inoxidável ou outro material que suporte temperatura de 65°C, com 100 ± 5 mm diâmetro interno x 50 ± 1 mm de altura;

4.1.1.3. tela confeccionada com tecido de voil ou semelhante;

4.1.1.4. atilhos de borracha; e

4.1.1.5. papel de filtro (250g/cm²).

4.1.2. Procedimentos

Os valores de retenção de água são obtidos pelo método da mesa de tensão, utilizando-se os seguintes procedimentos:

Vedação do fundo dos anéis com tela presa por um atilho de borracha; Pesagem destes anéis; Preenchimento dos anéis com o substrato ou condicionador de solo.

A massa do material a ser acrescentada deverá ser calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$M = (V \times D. \text{úmida})/1000$$

sendo:

M= massa a ser acrescentada no anel (g)

V= volume interno do cilindro (m³)

D= densidade do material calculada de acordo com item 3.1.2. (kg/m³)

Saturação dos cilindros, por 24 (vinte e quatro) horas, com uma lâmina de água localizada 0,5 cm abaixo da borda destes; Colocação dos anéis sobre a mesa de tensão (coberta com papel filtro); Ajuste da tensão para 10cm de coluna de água (0,1kPa ou 10hPa); Permanência na mesa até atingir equilíbrio (cerca de 48 horas); Pesagem da amostra após a retirada da mesa (Massa 1) em g; e Secagem das amostras em estufa a 65°C (cerca de 48 horas) até massa constante (Massa 2) em g.

A determinação da CRA10 é efetuada com o valor de umidade volumétrica obtida por meio do percentual de água retida na tensão de 10 cm de coluna de água. A análise deverá ser conduzida em triplicata, sendo expresso o valor médio.

Cálculo do valor de CRA expresso em % (volume/volume), considerando densidade da água igual a 1g/cm³;

$$\text{CRA10 (\% v/v)} = [(\text{Massa 1 (g)} - \text{Massa 2 (g)}) \times 100] / \text{Volume do anel (cm}^3\text{)}$$

Cálculo do valor de CRA expresso em % (massa/massa):

$$\text{CRA10 (\% m/m)} = [(\text{Massa 1 (g)} - \text{Massa 2 (g)}) \times 100] / \text{Massa 2 (g)}.$$

4.2. Espuma fenólica

4.2.1. Princípio

O volume de água retida à tensão de 10cm de água será determinado gravimetricamente, pela drenagem natural do bloco padrão.

4.2.2. Procedimento

A amostra deverá ser saturada em água por 24 (vinte e quatro) horas e colocada em uma grade com a altura na vertical, para drenagem natural. Após cessada a drenagem visível, o bloco deverá ser cuidadosamente transferido para uma cápsula de alumínio. O conjunto formado pela cápsula e a amostra deverá ser pesado, constituindo a massa 1, em g e levado a secar em estufa à temperatura de 65°C até massa constante (massa 2, em g). A análise deverá ser conduzida em triplicata, sendo expresso o valor médio em número inteiro.

Cálculo do valor de CRA expresso em % (volume/volume), considerando densidade da água igual a 1g/cm³;

$$\text{CRA}_{10} (\% \text{ v/v}) = [(\text{Massa 1 (g)} - \text{Massa 2 (g)}) \times 100] / \text{Volume do Bloco (cm}^3\text{)}$$

Cálculo do valor de CRA expresso em % (massa/massa):

$$\text{CRA}_{10} (\% \text{ m/m}) = [(\text{Massa 1 (g)} - \text{Massa 2 (g)}) \times 100] / \text{Massa 2 (g)}.$$

5. Determinação de pH

5.1. Introdução

Método instrumental para a determinação em rotina do pH em uma suspensão de substratos para plantas.

5.2. Princípio

Uma amostra é extraída com água a 25°C em uma razão de extração de 1 +5 (v/v). O pH da suspensão é determinado usando medidor de pH.

5.3. Reagentes:

5.3.1. água com condutividade $<0,2$ mS/m ($<0,02$ dS/m) a 25°C com pH $>5,6$;

5.3.2. solução tampão, pH 4,00 a 20 °C: dissolver 10,21 g de biftalato de potássio ou ftalato hidrogênio de potássio ($C_8H_5KO_4$) em água e diluir a 1000 mL em balão volumétrico ou usar um tampão comercialmente disponível; e

5.3.3. solução tampão, pH 7,00 a 20°C: dissolver 3,800 g de fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4) e 3,415g fosfato de sódio dibásico (Na_2HPO_4) em água e diluir a 1000 mL em balão volumétrico ou usar um tampão comercialmente disponível.

5.4. Equipamentos:

5.4.1. medidor de pH com ajuste de curva e controle de temperatura;

5.4.2. balança analítica com intervalo de escala de 0,01 g;

5.4.3. eletrodo de vidro e um eletrodo de referência ou um eletrodo combinado de performance equivalente;

5.4.4. termômetro, capaz de determinar 1°C;

5.4.5. frascos de plástico ou vidro de tamanho suficiente para acomodar a suspensão mais 10% de volume de ar; e

5.4.6. agitador de frascos tipo Wagner, capaz de promover a agitação da suspensão sem causar ruptura da estrutura da amostra.

5.5. Preparação:

5.5.1. preparar a amostra de acordo com o item 1.1. ou 1.3. conforme o caso;

5.5.2. determinar a densidade da amostra de acordo com o item 3; e

5.5.3. tomar uma massa da amostra, em balança com precisão de 1g, equivalente a uma alíquota de 60 mL. A massa deverá ser calculada utilizando-se da densidade aferida de acordo com o item 3. Transferir a amostra para o frasco. Adicionar 300 mL de água, tampar e agitar a rotação de 40 rpm por 1 (uma) hora. No caso da espuma fenólica utilizar o bloco padrão já lavado

conforme o item 1.3. Passar através desse bloco, 100 mL de água deionizada e recolher a água que escoar livremente, onde será feita a determinação do pH.

5.6. Procedimento:

5.6.1. calibração do pHmetro: calibrar o pHmetro como descrito no manual do fabricante, usando pelo menos duas soluções tampão apropriadas; e

5.6.2. medida do pH: ajustar o pHmetro como indicado no manual de calibração. Medir a temperatura da suspensão tomando cuidado para que as temperaturas da solução tampão e da amostra não difiram mais que 1°C. Agitar a suspensão apenas antes de medir e determinar o pH da suspensão. Ler o pH após a estabilização, isto é, quando a leitura não variar mais que 0,1 unidade de pH por 15 (quinze) segundos. Anotar o valor da medida com precisão de uma casa decimal.

6. Determinação de Condutividade Elétrica

6.1. Introdução

Método instrumental para determinação em rotina da condutividade elétrica em um extrato de água com substrato para plantas.

A determinação é feita para avaliar o conteúdo de eletrólitos solúveis em água nos substratos.

OBS: O método não é aplicável a materiais com calagem ou a lodo de esgoto e não é adequado para materiais como lã de rocha e espuma fenólica.

6.2. Princípio

A amostra é extraída com água em uma razão de extração 1+5(v/v) para dissolver os eletrólitos. A condutividade elétrica específica do extrato é determinada e o resultado é ajustado para a temperatura de 25°C.

6.3. Reagentes:

6.3.1. água com condutividade $<0,2$ mS/m ($<0,02$ dS/m) a 25°C com pH $>5,6$;

6.3.2. solução de cloreto de potássio 0,100 mol/L: dissolver 7,456g de KCl (previamente seco a 105°C por duas horas) em água e diluir a 1000 mL em um balão volumétrico. A condutividade elétrica da solução a 25°C é 12,90 dS/m; e

6.3.3. solução de Cloreto de potássio 0,010 mol/L: adicionar 100 mL da solução de cloreto de potássio 0,100 mol/L em um balão volumétrico de um litro e completar com água. Outra maneira é dissolver 0,7456 g de KCl (previamente seco a 105°C por duas horas) em água deionizada e completar o volume a 1L. A condutividade elétrica da solução a 25°C é 1,41 dS/m.

6.4. Equipamentos:

6.4.1. condutímetro com cela de condutividade e equipado com correção de temperatura automática e resolução menor que 0,01 dS/m a 25°C;

6.4.2. balança analítica com intervalo de escala de 0,01 g;

- 6.4.3. termômetro, com resolução máxima de 1°C;
- 6.4.4. frascos de plástico ou vidro de tamanho suficiente para acomodar a suspensão mais 10% de volume de ar;
- 6.4.5. agitador de frascos tipo Wagner capaz de promover a agitação da suspensão sem causar ruptura da estrutura da amostra (40 rpm); e
- 6.4.6. papel de filtro faixa branca ou similar.

6.5. Preparação:

- 6.5.1. preparar a amostra de acordo com o item 1.1 ou item 1.3, conforme o caso;
- 6.5.2. determinar a densidade da amostra de acordo com o item 3;
- 6.5.3. tomar uma massa da amostra, em balança com precisão de 1g, equivalente a uma alíquota de 60 mL. A massa deverá ser calculada utilizando-se da densidade aferida de acordo com o item 3. Transferir a amostra para o frasco, adicionar 300 mL de água, tampar e agitar por 1 (uma) hora no agitador. Filtrar a suspensão descartando os primeiros 10 mL;

No caso da espuma fenólica, utilizar o bloco padrão lavado conforme o item 1.3, acrescentar 100 mL de água deionizada e recolher este volume, sem agitação, para a determinação da condutividade elétrica; e

- 6.5.4. determinar a condutividade após uma hora de extração do filtrado em mS/cm ou dS/m de acordo com
-

as instruções do fabricante do equipamento. As medidas deverão ser corrigidas para 25°C e expressas em mS/cm.

7. Determinação da CTC de substratos e condicionadores de solo

7.1. Introdução

O método proposto é uma adaptação do método para determinação da capacidade de troca de cátions (CTC) em turfas pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC).

7.2. Princípio

O método se baseia na ocupação dos sítios de troca do material pelos íons hidrogênio provenientes da solução de ácido clorídrico utilizada.

Posteriormente, os íons hidrogênio são deslocados com a solução de acetato de cálcio a pH 7 e o ácido acético formado é titulado com solução padronizada de hidróxido de sódio. O carvão ativo é empregado para prevenir as perdas dos materiais orgânicos solúveis durante a lavagem.

7.3. Reagentes:

7.3.1. carvão ativado p.a.;

7.3.2. solução de HCl 0,5 mol/L : diluir 42 mL de HCl

concentrado em água e completar o volume a 1.000 mL em balão volumétrico;

7.3.3. solução 0,5 mol/L de acetato de cálcio mono-hidratado: pesar 81,1 g do sal acetato de cálcio mono-hidratado, dissolver em água utilizando-se béquer de 1.000 mL, elevando o volume a 900 mL, aproximadamente. Ajustar o pH da solução a 7,0, com hidróxido de amônio ou ácido acético concentrado e completar o volume a 1.000 mL em balão volumétrico;

7.3.4. solução 0,1 mol/L de hidróxido de sódio. Dissolver 4g de NaOH p.a. em 1 L de água;

7.3.5. Fenolftaleína 1% - esta solução é preparada dissolvendo-se 1g de Fenolftaleína em 100 mL de álcool; e

7.3.6. Biftalato ácido de potássio ou biftalato.

7.4. Equipamentos:

7.4.1. funil de Buchner (tamanho: 55mm de diâmetro, volume: 77 mL);

7.4.2. Kitasatos com 1 L de capacidade;

7.4.3. bomba de vácuo;

7.4.4. agitador tipo Wagner;

7.4.5. bureta com suporte ou titulador;

7.4.6. papel de filtro faixa azul;

7.4.7. frasco erlenmeyer de 250 mL;

7.4.8. agitador magnético (barra de ímã + vareta);

7.4.9. pisseta; e

7.4.10. copos de 250 mL.

7.5. Procedimento:

7.5.1. Padronização do NaOH 0,1 mol/L: dissolver 0,5000 g do biftalato ácido de potássio para erlenmeyer de 250-300 mL e acrescentar cerca de 50 mL de água deionizada e 10 gotas de fenolftaleína. Transferir a solução preparada de NaOH 0,1 mol/L para a bureta e titular a solução do erlenmeyer até obter a cor levemente rosada do indicador. Anotar o volume gasto. Repetir por, no mínimo, mais duas vezes e calcular a média dos volumes gastos desde que não sejam discrepantes. Calcular a concentração da solução de NaOH pela expressão:

$$C \text{ (mol/L)} = 500 / (204,229 \times V)$$

onde:

V é o volume médio, em mL da solução de NaOH gasto na titulação.

7.5.2. Pesar 5,000 g da amostra de substrato ou condicionador e 2,000 g de carvão ativado, transferindo-os para erlenmeyer de 250 mL. Fazer prova em branco acrescentando apenas o carvão;

7.5.3. Juntar 100 mL de HCl 0,5 mol/L, medido em proveta e agitar durante 30 (trinta) minutos no agitador tipo Wagner;

7.5.4. Preparar o conjunto de filtração a vácuo, usando kitasato, funil de Buchner com papel faixa azul de diâmetro suficiente para cobrir o fundo;

7.5.5. Umedecer o papel de filtro, aplicar sucção moderada e transferir o conteúdo do erlenmeyer, lavando-o com porções de água destilada;

7.5.6. Fazer sucessivas lavagens do material retido no funil, desagregando-o com jatos provenientes de uma pisseta e enchendo o funil, até 1 cm de sua borda.

Proceder uma nova lavagem apenas após todo o líquido de lavagem anterior ter sido drenado;

7.5.7. Efetuar o número de lavagens suficiente para se ter um volume de 350 a 400 mL no kitasato;

7.5.8. Terminada a fase de lavagens, desprezar este primeiro líquido de lavagem contido no kitasato e trocar este kitasato utilizado até aqui, por outro de igual capacidade (1000 mL);

7.5.9. Transferir 100 mL de solução de acetato de cálcio 0,5 mol/L para copo de 250 mL. Esse volume de solução será distribuído sobre toda a superfície do material em sucessivas porções de 10 mL, sob vácuo reduzido, para permitir uma lenta percolação. Uma nova porção de solução de acetato de cálcio apenas será adicionada, após a porção anterior ter sido drenada para o kitasato;

7.5.10. Lavar o material retido com porções de água destilada até totalizar um volume de aproximadamente 300 mL no kitasato;

7.5.11. Transferir a solução contida no kitasato para um erlenmeyer de 500 mL e titular com solução 0,1 mol/L de NaOH padronizada, empregando-se fenolftaleína como indicador; e

7.5.12. Conduzir uma prova em branco, empregando-se o carvão ativado e omitindo a presença da amostra.

7.6. Cálculos

Sendo V_a e V_b os volumes, em mL, de solução de NaOH 0,1 mol/L (a concentração a ser usada deve ser aquela calculada no item 7.5.1) gastos nas titulações das soluções das amostras e da prova em branco, respectivamente, e m é a massa em gramas da amostra de substrato. A CTC será fornecida pela expressão:

$$\text{CTC (mmol/kg)} = \{[(V_a - V_b) \times C_{\text{NaOH}} (\text{mol/L})] \times 1000\} / m (\text{g})$$

ou tendo-se a densidade em kg/m^3 , tem-se a seguinte expressão para calcular a CTC em mmol/dm^3

$$\text{CTC (mmol/dm}^3) = \{[(V_a - V_b) \times C_{\text{NaOH}} (\text{mol/L})] \times \text{densidade (kg/m}^3)\} / m (\text{g}).$$

7.7. Referências

CAVINS, T.J.; WHIPKER, B.E.; FONTENO, W.C.; HARDEN, B; MC-CALL, I. AND GIBSON, J.I. **Monitoring and Managing pH and EC Using the PourThru Extraction Method**. Horticulture Information Leaflet

590, 17p. Disponível em

<http://www.ces.ncsu.edu/floriculture>.

RODELLA, A.A.; ALCARDE, J.C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, 51 (3): 556-562, 1994.

WILLIAMS, S. (ed) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14 ed. Arlington: AOAC, 1984. 1141p.

Existe uma grande demanda por informações técnicas sobre o uso da fibra originária do coco verde como substrato agrícola. Além de ser abundante nas regiões tropicais brasileiras e grandes centros urbanos por conta do aumento no consumo do coco verde, a utilização de sua fibra como substrato e outras aplicações ajuda a resolver um grave problema ambiental por conta do seu volume como lixo urbano. Um artigo publicado sobre o tema na revista Horticultura Brasileira em 2002 (CARRIJO, O.A.; LIZ, R.S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. Hortic. bras. v. 20 n.4 p.533-535, dezembro 2002) é o campeão absoluto de consultas no Scielo (www.scielo.br), com mais de 14 mil acessos. Por estas razões, a Embrapa Hortaliças disponibiliza este conjunto de informações para que empresários, viveiristas, extensionistas, produtores agrícolas e pesquisadores possam aprimorar o uso deste importante insumo renovável

