

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**GUILHERME VIEIRA DO BOMFIM**

**EFEITOS DE LÂMINAS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E DE TIPOS E  
VOLUMES DE SUBSTRATO NA ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS  
MICROPROPAGADAS DE ABACAXIZEIRO ORNAMENTAL**

**FORTALEZA-CE  
2006**

**GUILHERME VIEIRA DO BOMFIM**

**EFEITOS DE LÂMINAS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E DE TIPOS E  
VOLUMES DE SUBSTRATO NA ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS  
MICROPROPAGADAS DE ABACAXIZEIRO ORNAMENTAL**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo

**FORTALEZA-CE  
2006**

**GUILHERME VIEIRA DO BOMFIM**

**EFEITOS DE LÂMINAS E FREQUÊNCIAS DE IRRIGAÇÃO E DE TIPOS E  
VOLUMES DE SUBSTRATO NA ACLIMATIZAÇÃO DE MUDAS  
MICROPROPAGADAS DE ABACAXIZEIRO ORNAMENTAL**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-  
Graduação em Agronomia da Universidade Federal do  
Ceará como requisito parcial para obtenção do título de  
Mestre em Irrigação e Drenagem.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Benito Moreira de Azevedo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Pesq. Dra. Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho (Co-Orientadora)  
EMBRAPA

---

Pesq. Dr. Fred Carvalho Bezerra (Conselheiro)  
EMBRAPA

---

Dra. Raquel Aparecida Furlan (Conselheira)  
Bolsista DCR/CNPq

Aos meus pais, José Murilo Costa do Bomfim e Maria Leône Vieira do Bomfim;

Ao meu irmão, Ricardo Vieira do Bomfim;

Ao meu amor, Kárcia Manoela Arruda Silva de Oliveira.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

À **Universidade Federal do Ceará (UFC)**, por minha formação e pelas condições oferecidas para a realização desse curso.

Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pela concessão da bolsa de estudo durante todo o período do curso.

À **Embrapa Agroindústria Tropical**, pela oportunidade da execução deste trabalho em suas dependências, assim como pelo fornecimento do material vegetal, insumos e mão-de-obra, imprescindíveis para a conclusão desta pesquisa.

À pesquisadora e co-orientadora, **Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho** (Fessora), por suas valiosas contribuições para o enriquecimento desta pesquisa, pela dedicação e apoio técnico constante, e pela amizade e admiração, adquiridas com a convivência ao longo deste trabalho.

À pesquisadora e conselheira, **Raquel Aparecida Furlan**, por suas valiosas contribuições para a melhoria deste trabalho e pela amizade conquistada ao longo do curso.

Ao pesquisador e conselheiro, **Fred Carvalho Bezerra**, por sua participação na banca examinadora e pelas suas valiosas contribuições para o engrandecimento deste trabalho.

Ao colega de mestrado, **John Herbert Ferreira Sindeaux**, pela atenção, ajuda, companheirismo e amizade.

À colega de mestrado, **Denise Vieira Vasconcelos**, por sua ajuda e amizade.

Aos colegas da EMBRAPA, **João Paulo, Vinícius, Fred e Ana Vlândia**, pelo apoio técnico.

Aos colegas de mestrado, **Rodrigo** (Bigodinho), **Moacir** (Grilo), **Alexandre** (Babalu), **Alexandre** (Surfista), **Fábio Chafin, Maria do Socorro, Suassuna e Marcelo Regis**.

### **Em especial,**

Ao meu único amor, **Kárcia Manoela Arruda Silva de Oliveira** (Mômi), por sua ajuda, dedicação, paciência, conselhos e, especialmente, por sua participação constante nessa pesquisa, incluindo desde os trabalhos de campo e laboratório até as tarefas de digitação, sugestão, revisão e impressão.

Ao professor e orientador, **Benito Moreira de Azevedo** (Mestre B.), pelo apoio, dedicação, orientação, ensinamentos, exemplo de vida,... e, acima de tudo, pela grande e verdadeira amizade, que data desde o meu ingresso na UFC.

## RESUMO

O abacaxizeiro ornamental é uma espécie rústica e exótica que produz “flores” de grande beleza, apreciadas por consumidores do mundo inteiro. Atualmente, em decorrência da alta demanda do mercado consumidor, a cultura está sendo produzida em escala comercial por meio da micropropagação, uma técnica da cultura de tecidos que apresenta cinco etapas igualmente importantes. Uma delas, a aclimatização, é uma fase muito crítica, pois costuma responder pelos altos índices de mortalidade e baixas taxas de crescimento das plantas. Essa situação ocorre porque as poucas informações sobre o manejo da cultura nessa fase são, na maioria das vezes, baseadas no empirismo. Assim, as plantas aclimatizadas acabam não sendo atendidas em todas as suas necessidades, o que leva a perdas consideráveis e/ou a obtenção de mudas de qualidade variável. Para minimizar esse problema e preencher a lacuna existente com informações técnicas e científicas sobre o adequado manejo da cultura, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de distintas lâminas e freqüências de irrigação e de diferentes tipos e volumes de substrato na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*). A pesquisa, que constou de quatro experimentos, foi conduzida em um viveiro pertencente a Embrapa Agroindústria Tropical, situada no município de Fortaleza-CE (3°44' S e 38°33' W). No primeiro experimento foram analisadas quatro lâminas de irrigação: 1, 2, 3 e 4 mm de água. As plantas contidas em tubetes de 180 cm<sup>3</sup> e cultivadas no substrato pó-de-coco verde com húmus de minhoca (3:1) receberam as diferentes lâminas d'água em duas irrigações diárias. No segundo experimento foram estudadas quatro freqüências de rega: 1, 2, 3 e 4 irrigações ao dia. As plantas cultivadas em tubetes de 180 cm<sup>3</sup>, contendo o substrato pó-de-coco verde com húmus de minhoca (3:1), foram irrigadas com uma lâmina de 3 mm de água. No terceiro experimento foram testadas quatro distintas combinações de substratos na proporção 3:1: pó-de-coco seco com Vitasolo®; pó-de-coco seco com húmus de minhoca; pó-de-coco verde com Vitasolo® e pó-de-coco verde com húmus de minhoca. As plantas contidas em tubetes de 180 cm<sup>3</sup> e cultivadas nos diferentes substratos foram irrigadas com uma lâmina d'água de 3 mm, aplicada duas vezes ao dia. No quarto experimento foram avaliados quatro tipos de recipiente: tubete de 300 cm<sup>3</sup>; tubete de 180 cm<sup>3</sup>; bandeja de 40 cm<sup>3</sup>.célula<sup>-1</sup> e bandeja de 30 cm<sup>3</sup>.célula<sup>-1</sup>. As mudas contidas nos recipientes foram cultivadas no substrato pó-de-coco verde com húmus de minhoca (3:1) e irrigadas com uma lâmina d'água de 3 mm, aplicada duas vezes ao dia. As variáveis agronômicas, avaliadas aos 52 e aos 83 DAT, foram o número de folhas, a maior largura da 3ª folha e o maior diâmetro da roseta. Entre os 93 e 97 DAT, analisaram-se os pesos fresco e seco das partes aérea e radicular. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 4 tratamentos e 5 repetições para as variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, e 4 tratamentos e 4 repetições para as variáveis relacionadas com o peso da planta. Os resultados dos experimentos evidenciaram o melhor desenvolvimento das mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental quando: irrigadas com as lâminas de 1 mm até os 52 DAT e de 2 mm até os 83 DAT; submetidas à freqüência de duas aplicações diárias da lâmina d'água durante todo o experimento; o substrato utilizado foi formado pela combinação pó-de-coco seco com húmus de minhoca e cultivadas em tubetes de 180 cm<sup>3</sup>.

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *erectifolius*, manejo de irrigação, microaspersão, pó-de-coco, recipientes.

## ABSTRACT

The ornamental pineapple is a rustic and exotic species that it produces "flowers" of great beauty, appreciated by consumers of the whole world. In the present time, due to the high demand of the consumer market, the culture is being produced in commercial scale through the micropropagation, a tissue culture technique that presents five important stages. One of them, the acclimatization, is a very critic phase because it answers for the high death rates and low growth rates of the plants. This happens because the little information about the culture management in this phase is based on the empiricism most of the time. Therefore, the needs of acclimatized plants are not meet, what takes to considerable losses and/or acquisition of seedlings of variable quality. To minimize this problem and to fill out the existent gap with technical and scientific information about the appropriate culture management, the objective of this work was to evaluate the effects of different irrigation levels and frequencies and different types and volumes of substrate in the acclimatization of micropropagated seedlings of ornamental pineapple (*Ananas comosus* var. *erectifolius*). The research was carried out in a greenhouse of the Embrapa Tropical Agroindustry, located at Fortaleza-CE (3°44' S and 38°33' W) and it consisted of four experiments. Four irrigation levels were analyzed in the first experiment: 1, 2, 3 and 4 mm. The plants, cultivated in the green coir dust substrate with wormcompost (3:1) in 180 cm<sup>3</sup> plastic containers, were irrigated twice a day. Four watering frequencies were studied in the second experiment: 1, 2, 3 and 4 irrigations by the day. The plants were cultivated in 180 cm<sup>3</sup> plastic containers that contained green coir dust substrate with wormcompost (3:1) and they were irrigated with a 3 mm water level. Four different combinations of substrate were tested in the third experiment 3:1: dry coir dust with Vitasolo<sup>®</sup>; dry coir dust with wormcompost; green coir dust substrate with Vitasolo<sup>®</sup> and green coir dust substrate with wormcompost. The plants, cultivated in the different substrates in 180 cm<sup>3</sup> plastic containers, were irrigated with a 3 mm water level twice a day. Four plastic container types were evaluated in the fourth experiment: 300 cm<sup>3</sup> plastic container; 180 cm<sup>3</sup> plastic container; tray of 40 cm<sup>3</sup>·cell<sup>-1</sup> and tray of 30 cm<sup>3</sup>·cell<sup>-1</sup>. The seedlings were cultivated in the green coir dust substrate with wormcompost (3:1) and they were irrigated with a 3 mm water level twice a day. At 52 and 83 days after the transplant, number of leaves, largest width of the 3rd leaf and largest diameter of the rosette were evaluated. Between 93 and 97 days, root and shoot fresh/dry weight were analyzed. The experimental design was a randomized block with 4 treatments and 5 repetitions for the variables related to foliar development, and with 4 treatments and 4 repetitions for the variables related to plant weight. Results evidenced the best development of the micropropagated ornamental pineapple seedlings when: were irrigated with a 1 mm water level at 52 DAT and with a 2 mm at 83 DAT; were irrigated twice a day during whole experiment; were cultivated in 180 cm<sup>3</sup> plastic containers and when the substrate used was composed by dry coir dust and wormcompost.

Keywords: *Ananas comosus* var. *erectifolius*, irrigation management, microsprinkler, coir dust, containers.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Detalhe da infrutescência do abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ).....	28
Figura 2	- Colheita, limpeza, lavagem, secagem, aplicação de cera e acondicionamento das hastes florais de <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> .....	29
Figura 3	- Tubete de 300 cm <sup>3</sup> , tubete de 180 cm <sup>3</sup> , bandeja de 40 cm <sup>3</sup> ·célula <sup>-1</sup> e bandeja de 30 cm <sup>3</sup> ·célula <sup>-1</sup> , Fortaleza-CE, 2005.....	82
Figura 4	- Túnel alto de cultivo forçado (viveiro), Fortaleza-CE, 2005.....	84
Figura 5	- Túnel revestido com plástico transparente, Fortaleza-CE, 2005.....	84
Figura 6	- Vista lateral do sistema de irrigação por microaspersão e de seus principais componentes, Fortaleza-CE, 2005.....	86
Figura 7	- Disposição dos tratamentos no experimento lâminas de irrigação, Fortaleza-CE, 2005.....	90
Figura 8	- Disposição dos recipientes e dos substratos nos experimentos tipos e volumes de substrato, lâminas e frequências de irrigação, Fortaleza-CE, 2005.....	91
Figura 9	- Disposição dos tratamentos no experimento frequências de irrigação, Fortaleza-CE, 2005.....	90
Figura 10	- Disposição dos tratamentos no experimento tipos de substrato, Fortaleza-CE, 2005.....	92
Figura 11	- Disposição dos tratamentos no experimento volumes de substrato, Fortaleza-CE, 2005.....	92
Figura 12	- Medição da maior largura da 3ª folha de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), Fortaleza-CE, 2005.....	94
Figura 13	- Medição do maior diâmetro da roseta de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), Fortaleza-CE, 2005.....	94
Figura 14	- Maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ) em função da lâmina de irrigação (Li), aos 52 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	98
Figura 15	- Maior largura da 3ª folha (MLF) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ) em função da lâmina de irrigação (Li), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	100
Figura 16	- Peso fresco da parte radicular (PF-PR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ) em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza-CE, 2005.....	106



**Figura 17 - Peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza-CE, 2005..... 106**

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Valores médios mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e velocidade do vento a 2 m de altura, Fortaleza-CE, 2005.....	80
Tabela 2	- Características químicas dos substratos pó-de-coco seco mais húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco seco mais Vitasolo <sup>®</sup> (PCS+V), pó-de-coco verde mais húmus de minhoca (PCV+ H) e pó-de-coco verde mais Vitasolo <sup>®</sup> (PCV+V), Fortaleza-CE, 2005.....	81
Tabela 3	- Tabela de performance do defletor TIETZE Nebulizador.....	85
Tabela 4	- Composição da solução nutritiva MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962).....	89
Tabela 5	- Esquema da análise de variância da regressão, realizada no experimento lâminas de irrigação.....	95
Tabela 6	- Esquema da análise de variância, realizada nos experimentos frequências de irrigação e, tipos e volumes de substrato.....	96
Tabela 7	- Análise de variância das regressões com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3 <sup>a</sup> folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 52 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	97
Tabela 8	- Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3 <sup>a</sup> folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 52 DAT, de acordo com as lâminas de irrigação de 1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) e 4 mm (L4), Fortaleza-CE, 2005.....	99
Tabela 9	- Análise de variância das regressões com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3 <sup>a</sup> folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	100
Tabela 10	- Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3 <sup>a</sup> folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, de acordo com as lâminas de irrigação de 1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) e 4 mm (L4), Fortaleza-CE, 2005.....	101
Tabela 11	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), Fortaleza-CE, 2005.....	104

Tabela 12	- Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), de acordo com as lâminas de irrigação de 1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) e 4 mm (L4), Fortaleza-CE, 2005.....	107
Tabela 13	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 52 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	109
Tabela 14	- Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 52 DAT, de acordo com as freqüências de 1 (FR1), 2 (FR2), 3 (FR3) e 4 (FR4) irrigações diárias, Fortaleza-CE, 2005.....	109
Tabela 15	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	110
Tabela 16	- Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, de acordo com as freqüências de 1 (FR1), 2 (FR2), 3 (FR3) e 4 (FR4) irrigações diárias, Fortaleza-CE, 2005.....	111
Tabela 17	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), Fortaleza-CE, 2005.....	112
Tabela 18	- Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), de acordo com as freqüências de 1 (FR1), 2 (FR2), 3 (FR3) e 4 (FR4) irrigações diárias, Fortaleza-CE, 2005.....	113
Tabela 19	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	117
Tabela 20	- Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, de acordo com os substratos pó-de-coco seco mais Vitasolo® (PCS+V), pó-de-coco seco mais húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco verde mais Vitasolo® (PCV+V) e pó-de-coco verde mais húmus de minhoca (PCV+H), Fortaleza-CE, 2005.....	117

<b>Tabela 21</b>	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), Fortaleza-CE, 2005.....	122
<b>Tabela 22</b>	- Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), de acordo com os substratos pó-de-coco seco mais Vitasolo® (PCS+V), pó-de-coco seco mais húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco verde mais Vitasolo® (PCV+V) e pó-de-coco verde mais húmus de minhoca (PCV+H), Fortaleza-CE, 2005.....	123
<b>Tabela 23</b>	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.....	126
<b>Tabela 24</b>	- Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), aos 83 DAT, de acordo com os recipientes tubete grande (TG), tubete pequeno (TP), bandeja grande (BG) e bandeja pequena (BP), Fortaleza-CE, 2005.....	127
<b>Tabela 25</b>	- Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), Fortaleza-CE, 2005.....	128
<b>Tabela 26</b>	- Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental ( <i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i> ), de acordo com os recipientes tubete grande (TG), tubete pequeno (TP), bandeja grande (BG) e bandeja pequena (BP), Fortaleza-CE, 2005.....	129

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	6
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	7
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	9
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
<b>2.1 Bromélias</b> .....	19
<b>2.1.1 Generalidades</b> .....	19
<b>2.1.2 Propagação de bromélias</b> .....	20
<b>2.1.3 Local para o cultivo de bromélias</b> .....	21
<b>2.1.4 Condições ambientais para o cultivo de bromélias</b> .....	21
<b>2.1.5 Substratos e recipientes para o cultivo de bromélias</b> .....	22
<b>2.1.6 Irrigação no cultivo de bromélias</b> .....	24
<b>2.1.7 Taxonomia das bromélias</b> .....	24
<b>2.1.8 Abacaxizeiro ornamental (<i>Ananas comosus</i> var. <i>erectifolius</i>)</b> .....	26
<b>2.1.9 Utilização do abacaxizeiro ornamental</b> .....	28
<b>2.2 Micropropagação de plantas ornamentais</b> .....	31
<b>2.2.1 Etapas da micropropagação</b> .....	32
<b>2.2.1.1 Etapa 1: preparação da planta matriz</b> .....	32
<b>2.2.1.2 Etapa 2: estabelecimento da cultura <i>in vitro</i></b> .....	32
<b>2.2.1.3 Etapa 3: multiplicação</b> .....	34
<b>2.2.1.4 Etapa 4: alongamento e enraizamento</b> .....	37
<b>2.2.1.5 Etapa 5: aclimatização</b> .....	38

<b>2.3 Cultivo protegido</b> .....	42
<b>2.3.1 Ambiência em cultivo protegido</b> .....	43
2.3.1.1 Radiação solar.....	44
2.3.1.2 Temperatura do ar.....	45
2.3.1.3 Umidade relativa do ar.....	46
2.3.1.4 Evapotranspiração.....	46
2.3.1.5 Luminosidade.....	47
<b>2.3.2 Sombreamento em ambiente protegido</b> .....	48
<b>2.4 Irrigação</b> .....	49
2.4.1 Lâmina de irrigação.....	49
2.4.2 Frequência de irrigação.....	54
2.4.3 Microaspersão.....	57
<b>2.5 Cultivo em substratos</b> .....	60
<b>2.5.1 Tipos de substrato</b> .....	66
2.5.1.1 Pó-de-coco seco.....	67
2.5.1.2 Pó-de-coco verde.....	68
2.5.1.3 Húmus de minhoca.....	70
2.5.1.4 Vitasolo® .....	71
<b>2.6 Cultivo em recipientes</b> .....	72
<b>2.6.1 Tipos de recipiente</b> .....	75
2.6.1.1 Bandejas coletivas.....	75
2.6.1.2 Tubetes.....	77
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	80
<b>3.1 Localização do experimento</b> .....	80
<b>3.2 Clima da região</b> .....	80

<b>3.3</b>	<b>Substratos empregados.....</b>	<b>80</b>
<b>3.4</b>	<b>Recipientes utilizados.....</b>	<b>82</b>
<b>3.5</b>	<b>Preenchimento dos recipientes.....</b>	<b>82</b>
<b>3.6</b>	<b>Estrutura experimental.....</b>	<b>83</b>
<b>3.7</b>	<b>Sistema de irrigação.....</b>	<b>83</b>
<b>3.8</b>	<b>Mudas micropropagadas.....</b>	<b>87</b>
<b>3.9</b>	<b>Plantio das mudas.....</b>	<b>87</b>
<b>3.10</b>	<b>Tratos culturais.....</b>	<b>87</b>
<b>3.10.1</b>	<b>Irrigação.....</b>	<b>87</b>
<b>3.10.2</b>	<b>Controle fitossanitário.....</b>	<b>88</b>
<b>3.10.3</b>	<b>Suplementação mineral.....</b>	<b>89</b>
<b>3.11</b>	<b>Experimentos.....</b>	<b>89</b>
<b>3.11.1</b>	<b>Experimento 1: lâminas de irrigação.....</b>	<b>89</b>
<b>3.11.2</b>	<b>Experimento 2: frequências de irrigação.....</b>	<b>90</b>
<b>3.11.3</b>	<b>Experimento 3: tipos de substrato.....</b>	<b>92</b>
<b>3.11.4</b>	<b>Experimento 4: volumes de substrato.....</b>	<b>92</b>
<b>3.12</b>	<b>Parâmetros avaliados.....</b>	<b>93</b>
<b>3.13</b>	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>95</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>97</b>
<b>4.1</b>	<b>Experimento 1: lâminas de irrigação.....</b>	<b>97</b>
<b>4.2</b>	<b>Experimento 2: frequências de irrigação.....</b>	<b>108</b>
<b>4.3</b>	<b>Experimento 3: tipos de substrato.....</b>	<b>117</b>
<b>4.4</b>	<b>Experimento 4: volumes de substrato.....</b>	<b>126</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>136</b>

<b>5.1 Experimento 1: lâminas de irrigação.....</b>	<b>136</b>
<b>5.2 Experimento 2: frequências de irrigação.....</b>	<b>136</b>
<b>5.3 Experimento 3: tipos de substrato.....</b>	<b>136</b>
<b>5.4 Experimento 4: volumes de substrato.....</b>	<b>136</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>137</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>138</b>



## 1 INTRODUÇÃO

As plantas ornamentais são diferenciadas pelo florescimento, forma ou coloração das folhas e pelo aspecto geral da planta. São, portanto, um grupo de plantas de efeito paisagístico que podem ser usadas em jardins e parques, ou comercializadas como folhagens e flores de corte.

Nesse contexto, as bromélias se destacam como plantas ornamentais de rara beleza, que impressionam tanto por suas formas exóticas como pela gama de cores e variedades de suas flores. As espécies brasileiras são bastante apreciadas em todo o mundo, tanto por suas cores, formas, inflorescências e arquitetura, como por sua grande resistência e facilidade de cultivo.

A bromélia mais importante economicamente é o “abacaxi”. Hoje, ele é conhecido não somente como espécie frutífera, mas também como planta de elevado potencial ornamental. As espécies mais primitivas, que possuem frutos pequenos e impróprios para o consumo humano, apresentam uma ampla variedade de cores, formas e arquiteturas que encantam consumidores do Brasil e do mundo inteiro.

Uma dessas espécies, o *Ananas comosus* var. *erectifolius*, conhecida até pouco tempo como *Ananas lucidus* Miller, é a variedade de abacaxizeiro mais conhecida e explorada como planta ornamental no Brasil. Essa bromélia, nativa da Amazônia, é uma planta tropical de hábito terrestre que costuma se desenvolver em campo aberto sob forte luminosidade e em solos arenosos. Essa espécie caracteriza-se por suas folhas rígidas, eretas, sem espinhos e de coloração púrpura, e por frutos pequenos, cilíndricos e de coloração vermelha.

No Brasil, essa espécie é cultivada principalmente no Ceará, que é o Estado que mais produz e exporta as plantas e as “flores” para países como Holanda, Estados Unidos e Alemanha. Atualmente, o *Ananas comosus* var. *erectifolius* está ocupando a segunda posição no *ranking* de exportações cearenses de flores e plantas ornamentais.

O plantio do abacaxizeiro ainda é frequentemente realizado através de mudas propagadas vegetativamente. Essa forma de propagação, além de ser muito lenta, ainda pode provocar a disseminação de pragas e doenças capazes de provocar perdas significativas das plantas e dos frutos. Portanto, essa forma extrativista de obtenção das plantas muitas vezes inviabiliza a produção de mudas em quantidade e qualidade suficientes para atender a um mercado consumidor crescente e cada vez mais exigente.

Nesse contexto, a micropropagação aparece como uma alternativa viável para a produção de mudas dessa espécie, pois permite a obtenção de plantas em escala comercial,

com elevada qualidade genética e fitossanitária, e em curto espaço de tempo. Um trabalho de micropropagação normalmente é realizado em cinco etapas, as quais incluem preparação da planta matriz, isolamento, multiplicação, enraizamento e aclimatização (TORRES et al., 1998).

A aclimatização é a etapa na qual a planta é transferida do laboratório (*in vitro*) para um ambiente de cultivo (*ex vitro*). A transferência de um ambiente controlado, asséptico, rico em nutrientes e com elevada umidade, para um ambiente não controlado, séptico e com baixa umidade, tem levado a perda de plantas, baixa taxa de crescimento e período prolongado de aclimatização (LAKSO et al., 1986). Portanto, a aclimatização é uma etapa crítica e representa em muitos casos, o principal gargalo na micropropagação de muitas espécies.

Vários fatores podem influenciar a aclimatização de plantas micropropagadas, entre eles, o manejo da irrigação, as variedades de substrato e os tipos de recipiente. A irrigação é uma prática de suma importância no processo de aclimatização, já que a água é um dos fatores que mais limita a produção das plantas. O seu manejo, ou seja, a quantidade de água e a sua frequência de aplicação, é um fator fundamental para o estabelecimento e o adequado desenvolvimento de mudas micropropagadas. Os substratos influenciam as respostas das plantas na fase de aclimatização através de um controle mais rígido da nutrição mineral e da irrigação, e da redução de problemas relacionados com salinização, incidência de pragas e doenças e contaminações diversas. Os recipientes são fundamentais à aclimatização, pois proporcionam um melhor aproveitamento do espaço físico, facilitam os tratamentos culturais, protegem as raízes de danos mecânicos, permitem uma economia de substrato e ainda maximizam a sobrevivência no campo.

A escolha do manejo correto da irrigação, assim como de substratos e recipientes, é um dos principais problemas técnicos que muitos produtores têm enfrentado durante a aclimatização de plantas micropropagadas. As pesquisas nessa etapa da micropropagação ainda são escassas e as informações técnicas sobre o cultivo são raras ou muitas vezes inexistentes. Por isso, as poucas informações sobre o manejo das culturas são, na maioria das vezes, baseadas em experiências práticas dos próprios produtores. Isso leva à baixa qualidade e/ou ausência de padronização dos produtos obtidos, o que acaba dificultando a sua comercialização nos mercados interno e, principalmente, externo.

Para o abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) essa realidade não é diferente pois, atualmente, não existem informações técnicas ou científicas sobre o seu manejo durante a fase de aclimatização. Esse fato, associado à importância econômica da cultura já justificaria por si só a realização de pesquisas científicas nessa área.

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de distintas lâminas e frequências de irrigação e de diferentes tipos e volumes de substrato na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Bromélias

#### 2.1.1 Generalidades

As bromélias são plantas ornamentais cujo nome se originou do grego *bromos*, que significa manjar ou comida saborosa (STERN, 2005). Carvalho (2002) as considera como pertencentes ao reino vegetal, divisão Magneliophyta, classe Monocotiledônea, ordem Bromeliales e família Bromeliaceae. Com 2.921 espécies e 56 gêneros, segundo Luther (1992), a Bromeliaceae é uma grande família cuja distribuição natural está restrita ao novo mundo (Américas), com exceção da *Pitcairnia feliciana*, que é nativa da África (PAULA, 2000; PERTUIT JUNIOR, 1995; SBBR, 2006a).

Na natureza, as bromélias ocorrem em diferentes ecossistemas, desde o sul dos Estados Unidos até a região central da Argentina e do Chile (PAULA, 2000). Segundo Pertuit Junior (1995), as bromélias podem ser encontradas em florestas úmidas, regiões litorâneas, áreas desérticas e em locais com altitude relativamente elevada. Leme (1984) concorda e complementa, afirmando que as bromélias podem ser achadas tanto ao nível do mar quanto em altitudes acima de 4.000 m, em zonas de elevada precipitação e em áreas semi-áridas ou até desérticas.

Atualmente, existem mais de 3.000 espécies e outras milhares de cultivares, formas e híbridos de bromélias na natureza e, só no Brasil, encontram-se mais de 1.500 espécies (SBBR, 2006b). Paula (2000) cita que, no Brasil, as bromélias ocorrem em todas as regiões, com maior diversidade na região da Mata Atlântica, entre Santa Catarina e Bahia. Conhecidas popularmente como gravatás, as bromélias brasileiras já eram conhecidas pelos nossos índios, que as denominavam também de caruás, caraguatás, caraguás, entre outros nomes (PAULA, 2000). Seu nome científico, entretanto, foi dado em homenagem ao botânico sueco Olof Bromelius (CARVALHO, 2002).

As bromélias são caracterizadas pelo: sistema radicular estruturalmente e funcionalmente reduzido; caule curto; roseta formada de folhas rígidas e estreitas; inflorescência terminal na forma de racemo ou panículas; flor actinomorfa e hermafrodita, com cálice e corola bem diferenciados; seis estames e ovário trilocular superior a inferior, com placentação axial e numerosos óvulos. Os frutos são cápsulas ou bagas que contêm pequenas sementes nuas, aladas ou plumosas, com endosperma abundante e pequeno embrião.

Elas são particularmente adaptadas à economia d'água devido a: própria estrutura da roseta; habilidade de absorver água e nutrientes através de suas folhas cerosas e raízes aéreas; capacidade de armazenar água em aquíferos especializados do tecido foliar; tricomas funcionando como uma válvula d'água e refletindo radiação; cutícula grossa; localização dos estômatos em sulcos para reduzir a evapotranspiração e metabolismo ácido das crassuláceas (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003).

Carvalho (2002) e Paula (2000) concordam que a característica mais marcante para a identificação de uma bromélia encontra-se na sua morfologia foliar. Uma bromélia apresenta normalmente folhas formando uma roseta que, na maioria das espécies, acumula água. Além do mais, sempre as folhas apresentam escamas peltadas ou tricomas que conferem a planta a capacidade de absorver água e nutrientes.

Quanto ao hábito, as bromélias podem ser terrestres, rupícolas, saxícolas ou epífitas, conforme crescem no solo, sobre as rochas e na matéria orgânica depositada na fenda das rochas ou árvores, respectivamente (PAULA, 2000). Como a maioria das espécies é epífita, muitas pessoas as consideram como parasitas. Rocha (2002) explica que, na realidade, as raízes desta planta têm mera função de sustentação, de forma que as espécies epífitas apenas utilizam os galhos de outros vegetais para alcançar uma posição estratégica na floresta e, com isso, receber maior luminosidade, drenagem adequada e carga acentuada de ar circulante.

Paula (2000) comenta que, até pouco tempo, as bromélias foram consideradas como focos de mosquitos, cobras, pererecas ou mesmo plantas parasitas, capazes de matar uma árvore de porte elevado. Contudo, graças aos trabalhos de pesquisadores, colecionadores, paisagistas e outros, essa situação foi totalmente revertida, já que atualmente as bromélias passaram a ser admiradas e cultivadas em jardins, residências e nos mais variados locais.

### **2.1.2 Propagação de bromélias**

As bromélias podem ser propagadas sexuadamente, através de sementes e assexuadamente, por meio de brotações laterais, coroas e cultura de meristemas. Na multiplicação sexuada, as sementes são formadas quando o pólen de uma flor fertiliza os óvulos no interior do ovário. A multiplicação por brotos laterais ocorre no momento em que a gema lateral na base da planta desenvolve-se, originando um outro indivíduo geneticamente igual à planta mãe. A multiplicação através de brotos laterais é bem mais rápida do que a multiplicação por sementes, aliás, estas proporcionam mais plantas e uma maior diversidade que poderá ser interessante, comenta Carvalho (2002).

Atualmente, a propagação por cultura de meristema é a forma mais adotada na multiplicação de plantas em larga escala, para fins comerciais. Nesse tipo de multiplicação, também conhecida por micropropagação, clonagem ou cultura de tecidos, as novas plantas são obtidas a partir de um grupo de células (meristema). A principal vantagem desse tipo de propagação é a obtenção de mudas uniformes, em grande quantidade e num tempo relativamente curto e, total ou parcialmente livres de pragas e doenças. Portanto, a micropropagação possibilita a obtenção de plantas em quantidade e qualidade, de maneira a atender um mercado consumidor crescente e cada vez mais exigente (PAULA, 2000).

### **2.1.3 Local para o cultivo de bromélias**

As bromélias devem ser cultivadas em local apropriado, com iluminação adequada, máxima aeração e espaço que permita o crescimento da planta. Os sistemas de instalações mais comumente adotados são os ripados, os viveiros e as estufas. Os ripados são instalações mais simples, pois podem ser construídas e cobertas com ripas de madeira ou mesmo bambus. As estufas são instalações mais complexas, apresentando uma estrutura cara, mas que oferece o controle das condições climáticas (luminosidade, temperatura, umidade, etc.) para as plantas. Os viveiros são instalações intermediárias, não sendo tão simples quanto os ripados nem tão complexas e sofisticadas quanto às estufas. Elas se destacam por serem amplamente utilizadas, tanto para o cultivo como para a aclimatização de plantas micropropagadas. Moraes et al. (2005) e Rodrigues et al. (2003) utilizaram viveiros cobertos com tela preta para aclimatizar bromélias micropropagadas. Rocha (2002) também cultivou e avaliou o desenvolvimento de bromélias em viveiros com diferentes níveis de sombreamento.

De acordo com Paula (2000), os viveiros são instalações de fácil construção e com alta durabilidade. Suas estruturas podem ser de concreto, ferro, madeira ou de tubos de polietileno, revestidas com tela, um material plástico de cor geralmente preta e com alta durabilidade, que pode proporcionar diferentes luminosidades, ou seja, distintos níveis de sombreamento.

### **2.1.4 Condições ambientais para o cultivo de bromélias**

As condições ambientais que mais influenciam o crescimento e o desenvolvimento das bromélias são a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a luminosidade.

Para Paula (2000), a temperatura ideal varia com a região onde a planta é encontrada na natureza, no entanto, de uma maneira geral, temperaturas de 15 a 30 °C são suficientes para o desenvolvimento satisfatório da planta, principalmente, quando associadas com locais

ventilados e de elevada umidade relativa. Roriz (1992) afirma que, no geral, as bromélias com folhas mais rígidas são mais resistentes ao frio, enquanto as com folhas mais macias, por serem menos resistentes, requerem temperaturas relativamente mais altas.

Assim como a temperatura, a umidade relativa ideal para cada espécie é aquela da região onde a planta é encontrada na natureza. Paula (2000) elucida que, apesar das bromélias apreciarem alta umidade relativa, elas não suportam excesso de água junto ao sistema radicular. Carvalho (2002) cita que alguns problemas podem estar associados com a umidade. Por exemplo, excesso de umidade pode ocasionar marcas de coloração castanha nas folhas, folhas murchas e com base escura e flácida, e coroa escurecida, flácida e com mau cheiro. O déficit de umidade, por sua vez, pode provocar o aparecimento de folhas com pontas de coloração castanha ou amarela e folhas internas coladas uma nas outras.

Segundo Roriz (1992), a luminosidade é um dos fatores mais importantes no cultivo de bromélias. De uma maneira geral, todas as bromélias crescem regularmente bem quando se encontram expostas à meia-luz, ou seja, à 50 % de luminosidade. Tanto a falta como o excesso de luz, podem prejudicar as bromélias. Na ausência ou deficiência de luz, as folhas podem ficar macias, caídas e mais alongadas do que o normal. Isto pode levar ao aparecimento de doenças foliares que causam manchas e podridões. Já o excesso de luminosidade pode provocar o aparecimento de folhas amareladas ou amarronzadas, ressecadas e mais curtas do que o normal da espécie, além de queimaduras diversas. Roriz (1992) cita ainda que as bromélias com folhas coloridas tendem a esmaecer e perder sua aparência exótica quando submetidas aos excessos de luminosidade.

É possível avaliar a preferência luminosa de cada espécie através da observação da folhagem. Normalmente, bromélias com folhas rígidas, compactas e de coloração acinzentada ou vivamente colorida, preferem uma maior intensidade luminosa. Roriz (1992) salienta que os tipos de bromélias com folhas rígidas apresentam melhores formatos e cores da folhagem quando submetidas a uma maior intensidade de luz. Quanto às folhas tenras e verdes, ambientes com luz difusa ou mesmo bastante sombreados são os preferidos (PAULA, 2000; PERTUIT JUNIOR, 1995).

### **2.1.5 Substratos e recipientes para o cultivo de bromélias**

Segundo Paula (2000), existe uma infinidade de substratos usados no cultivo de bromélias. Usualmente, os substratos mais empregados são aqueles formados por combinações de substâncias inertes (areia, argila expandida, etc.) ou quimicamente ativas

(vermiculita, fibra de coco, etc.), com compostos orgânicos (húmus de minhoca, esterco bovino, etc.). Alguns trabalhos evidenciam esse fato. Ferreira et al. (2003), trabalhando com mudas de bromélias (*Neoregelia*, sp.), utilizaram como substrato, combinações de terra, areia, casca de arroz carbonizada e um substrato orgânico chamado Plantmax. Rodrigues et al. (2003), por sua vez, empregaram diferentes proporções de casca de arroz carbonizada, areia, terra e húmus para cultivar mudas de bromélia imperial (*Alcantarea imperialis*). Cultivando dois tipos de Bromeliaceae (*Vriesia gigantea* e *Neoregelia sheba*), Amaral et al. (2004) utilizaram combinações de areia, carvão e esterco, e diferentes proporções de fibra de coco verde e esterco.

A escolha do substrato deve ser baseada na disponibilidade do material e na exigência da espécie. Todavia, de uma maneira geral, as bromélias preferem um substrato ligeiramente ácido, bem drenado e não compactado, para um bom desenvolvimento do sistema radicular (PAULA, 2000). Carvalho (2002) ressalta que é muito importante utilizar substratos que retêm os sais minerais livres, na forma atração elétrica, pois além de disponibilizarem os nutrientes para a absorção radicular, ainda evitam que certos elementos minerais sejam lavados ou lixiviados, por ocasião da irrigação.

Paula (2000) atenta para o fato da escolha do substrato ser baseada em função de cada tipo de bromélia. Para o caso de plantas que possuem o sistema radicular desenvolvido (bromélias terrestres, rupícolas e saxícolas), é importante se utilizar substratos ricos em nutrientes e pobres em materiais fibrosos. Para as bromélias que apresentam um sistema radicular mais rudimentar, o substrato a ser utilizado pode ser menos rico em nutrientes e mais abundante em material fibroso.

As bromélias podem ser cultivadas em diferentes tipos de recipiente, de forma que a escolha deve ser baseada no preço, na disponibilidade do mercado e, na espécie e seu estágio de desenvolvimento.

Quando se trata de um grande número de plantas em estágio inicial de desenvolvimento, como mudas aclimatizadas, o uso de bandejas de isopor ou de tubetes de plástico é mais apropriado, pois proporciona uma maior facilidade de manipulação e de organização das plantas (TORRES et al., 1998). Para bromélias já desenvolvidas, é comum a utilização de vasos de barro ou de plástico (RORIZ, 1992). Os vasos de barro possuem drenagem mais eficiente, porém, ressecam mais rapidamente e são susceptíveis à quebra ou rachadura. Já os vasos de plástico, apesar de mais resistentes, são mais leves e, com isso, podem não oferecer equilíbrio às plantas, que podem vir a tombar (PAULA, 2000).



Independente do tipo de recipiente, da espécie e de seu estágio de desenvolvimento, é de suma importância a utilização de recipientes espaçosos (TORRES et al., 1998) e com boa drenagem (CARVALHO, 2002). Recipientes com estas características proporcionam um ambiente adequado para um melhor desenvolvimento radicular, uma vez que as raízes terão um maior espaço para crescer e absorver mais eficientemente os nutrientes.

### **2.1.6 Irrigação no cultivo de bromélias**

As bromélias apreciam alta umidade relativa, mas não toleram excesso d'água junto ao sistema radicular. Paula (2000) comenta que é mais fácil uma bromélia morrer por excesso do que por falta de água. Por esse motivo, é recomendável pulverizar água nas folhas (irrigar) quando a temperatura estiver acima de 35 °C, tendo o cuidado de evitar esta prática quando a planta estiver exposta diretamente ao sol.

Alguns tipos de bromélias necessitam de irrigações diferenciadas. Paula (2000) recomenda, para bromélias atmosféricas (epífitas), pulverizações com água a cada dois dias, dependendo da época do ano. No caso de bromélias terrestres, Roriz (1992) recomenda a irrigação apenas quando o substrato estiver completamente seco.

A frequência com que a planta deve ser irrigada vai depender da época do ano e do tipo de solo (substrato) predominante (PAULA, 2000). De uma maneira geral, menores frequências são adotadas em solos que retêm mais água, enquanto maiores frequências, em solos que secam rapidamente.

### **2.1.7 Taxonomia das bromélias**

As bromélias pertencem à família Bromeliaceae e são membros da classe Liliopsida, que compreende ¼ de todas as espécies florais e ainda incluem alguns dos maiores e mais bem sucedidos grupos de plantas como, por exemplo, as orquídeas (BSI, 2006).

De acordo com Paula (2000), a classificação da família Bromeliaceae iniciou-se com Linnaeus, através do estabelecimento do gênero *Bromelia*, constituído de 14 espécies. Posteriormente, foi estabelecida a tribo Bromelia e a família Bromeliaceae. A classificação mais completa foi proposta por Smith e Downs (1974, 1977, 1979) em sua monografia da família Bromeliaceae, na Flora Neotrópica. Com isso, a família Bromeliaceae foi dividida em três subfamílias: Pitcairnioidae, Tillandsioidae e Bromelioidae (BSI, 2006; CARVALHO, 2002; PAULA, 2000; PERTUIT JUNIOR, 1995; RORIZ, 1992; SBBR, 2006a).

Na família Bromeliaceae, a Bromelioideae é a subfamília com maior popularidade. Isso porque o abacaxizeiro, pertencente ao gênero *Ananas*, é de longe a bromélia mais conhecida em todo o mundo (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003; PERTUIT JUNIOR, 1995).

Segundo o dicionário Aurélio (ANJOS e FERREIRA, 2004), ananás, do tupi ananas, é um pequeno gênero das bromeliáceas da América Tropical, dotado de folhas radiculares ensiformes, flores em racemos terminais e frutos sincárpicos. As plantas deste gênero apresentam folhas densamente rosuladas, raramente alargada na base e freqüentemente com espinhos. Possui escapo evidente, com inflorescência formada por flores hermafroditas e sésseis. As sépalas são livres, obtusas, assimétricas e persistentes, enquanto as pétalas são livres, eretas e com coloração muitas vezes violeta. O ovário, com placentação axial, sempre coalesce um ao outro, ou com as brácteas, para formar um fruto sincárpico e suculento (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003).

A taxonomia do abacaxizeiro tem variado bastante desde as primeiras observações até o presente momento. A primeira descrição botânica do abacaxizeiro cultivado foi feita por Charles Plumier, no fim do século XVII, quando ele criou o gênero *Bromelia*, das plantas chamadas *karatas*, em homenagem ao físico sueco Olof Bromel. Também descreveu *Ananas* como *Ananas aculeatus fructu ovato, carne albida*. Em 1753, Linneaus, em seu *Species Plantarum*, designou o abacaxizeiro como *Bromelia ananas* e *Bromelia comosa*. Já Miller, em 1754 e 1768, manteve o nome *Ananas* com todas as suas seis variedades cultivadas. No século XVII e XIX, a classificação do abacaxizeiro resultou em diferentes nomes (LEAL et al., 1998). Em 1892, Mez reconheceu na *Flora Brasiliensis* somente uma espécie, *Ananas sativus*, com cinco variedades botânicas. Em 1917, Merrill estabeleceu o binomial *Ananas comosus*. Hassler, em 1919, dividiu o gênero *Ananas* em duas seções, *Euananas* e *Pseudananas* que, posteriormente, passaram a gênero por Harms. Desde 1934, a taxonomia do abacaxizeiro foi dominada por revisões de L. B. Smith e F. Camargo, que dividiram o gênero *Ananas*, renomearam e multiplicaram as espécies ao longo de uma série de publicações. Isso resultou no reconhecimento de dois gêneros e nove espécies, por Smith e Down (1979), em sua monografia na Flora Neotrópica (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003).

Essa superclassificação em dois gêneros e nove espécies tem sido severamente criticada com base na praticabilidade, bem como, na inconsistência das informações disponíveis de comportamento reprodutivo e de diversidades morfológica, bioquímica e molecular (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003; LEAL et al., 1998). Por esta

razão, foi adotada uma classificação muito mais simples e consistente, levando em conta as variações morfológica, bioquímica e molecular, a distribuição geográfica e a biologia reprodutiva, de acordo com revisões anteriores de Coppens d'Eeckenbrugge (1996) e Leal et al. (1998).

Assim, na classificação atual, todos os abacaxizeiros são reagrupados em um único gênero, *Ananas*, caracterizado por sua inflorescência unida em um sincarpo. As sete espécies válidas de *Ananas*, propostas por Smith e Down (1979), agora são rebaixadas para um nível de cinco variedades botânicas de *Ananas comosus* (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003).

Portanto, a classificação atual ficou organizada da seguinte maneira:

- *Ananas macrodontes* Morren (Antigo *Pseudananas sagenarius* (A. C. Camargo));
- *Ananas comosus* (L.) Merrill (Antigo *Ananas* Miller);
- *Ananas comosus* var. *ananassoides* (Baker) (Antigo *Ananas ananassoides* (Baker) e *Ananas nanus* (L. B. Smith));
- *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) (Antigo *Ananas lucidus* Miller);
- *Ananas comosus* var. *parguazensis* (Camargo e L. B. Smith) (Antigo *Ananas parguazensis* Camargo e L. B. Smith);
- *Ananas comosus* var. *comosus* (Antigo *Ananas comosus* (L.) Merrill);
- *Ananas comosus* var. *bracteatus* (Lindley) (Antigo *Ananas bracteatus* (Lindley) Schultes F. e *Ananas fritzmuelleri* Camargo);
- *Ananas monstrosus* (invalidada por Leal (1990)).

### 2.1.8 Abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*)

Das plantas pertencentes à família Bromeliaceae, o abacaxizeiro é a mais importante economicamente. É cultivado predominantemente para a produção de frutos frescos, enlatados e sucos. Apesar de ser utilizado principalmente na fruticultura, hoje, o “abacaxi” tem o seu cultivo voltado também para o setor da floricultura, onde é amplamente procurado como espécie ornamental.

De acordo com Souza et al. (2004), as espécies de *Ananas* que possuem frutos impróprios para o consumo humano são aquelas que apresentam um vasto potencial ornamental. Algumas destas espécies, segundo Barros et al. (2005), podem ser utilizadas como flores de corte, flores em vaso e arranjos florais. Entre as espécies ornamentais, o

*Ananas comosus* var. *erectifolius* é o abacaxizeiro mais explorado como planta ornamental no Brasil.

O abacaxizeiro ornamental, hoje conhecido como *Ananas comosus* var. *erectifolius*, já possuiu os seguintes nomes: *Ananas sativus* var. *Duckey* (CAMARGO, 1939); *Ananas erectifolius* L. B. Smith (SMITH, 1939); *Ananas lucidus* Miller (SMITH, 1971). Também é conhecido popularmente como *pitte* (SMITH e DOWN, 1979), curuá, curauá (FOUQUE, 1981), caragua, curauá, *kulaiwat* (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003) e curauá da Amazônia (MEDINA, 1978).

Cultivado no Brasil, o abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) é uma planta terrestre que se desenvolve geralmente em campo aberto, sob forte luminosidade e em ambientes de solos arenosos e de clima tropical (CORREIA et al., 1999).

Morfológicamente, apresenta folhagens rígidas, eretas, sem espinhos e de coloração púrpura (BORGES et al., 2003). Suas folhas são normalmente estreitas, eretas e desarmadas, com exceção do ápice de ponta aguda. Além disso, pode ter um metro ou mais de comprimento e cerca de 35 mm de largura (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003; SMITH e DOWN, 1979). O escapo ou ramo portador de flores é ereto, alongado e delgado, com espessura de até 15 mm (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003). Leal e Amaya (1991) relatam que sua inflorescência é globosa e sustenta brácteas florais pequenas e inteiras. De acordo com Coppens d'Eeckenbrugge e Leal (2003), o fruto é do tipo sincarpo, pequeno, cilíndrico ou subcilíndrico, com o tamanho ligeiramente superior ao da inflorescência. Para Correia et al. (1999), a infrutescência é de coloração vermelha, com 8 a 10 cm de comprimento, dispostas na posição apical da haste que, por sua vez, pode atingir até 80 cm de altura (Figura 1). Coppens d'Eeckenbrugge e Leal (2003) citam ainda que o fruto apresenta polpa escassa e fibrosa sendo, portanto, intragável.

O *Ananas comosus* var. *erectifolius* é essencialmente diferenciado de outra espécie de abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *ananassoides*) através de sua folhagem, que é normalmente lisa e ausente de espinhos ao longo da margem. Contudo, tipos espinhosos têm sido observados em cultivos ou como mutantes em coleções de germoplasma. Portanto, a ausência de espinhos e o hábito ereto são, provavelmente, um produto da seleção humana para atingir uma produção de fibras mais facilmente extraíveis de *Ananas comosus* var. *ananassoides* (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003).



**Figura 1.** Detalhe da infrutescência do abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*). (Fonte: CARVALHO, 2005).

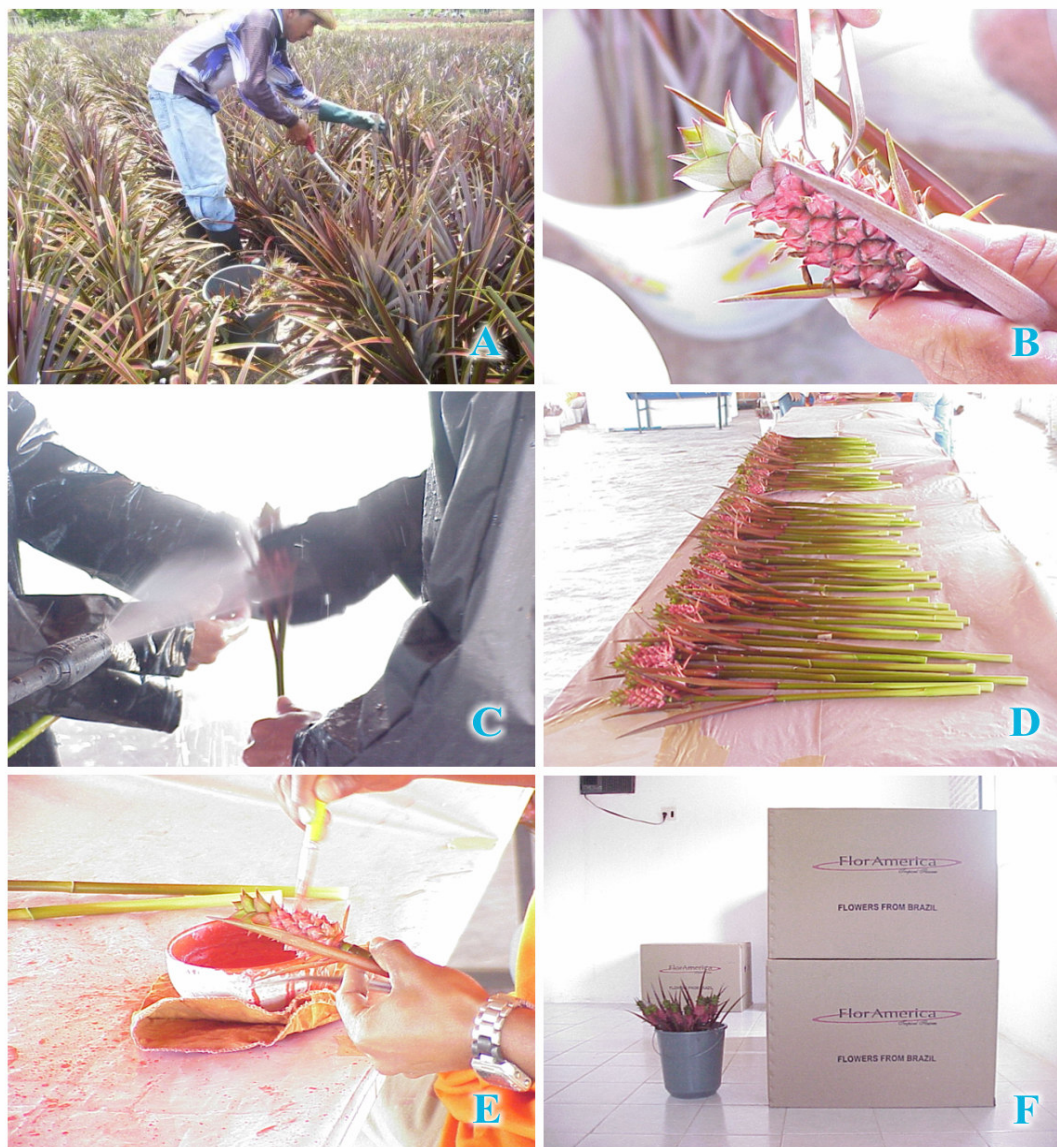
### **2.1.9 Utilização do abacaxizeiro ornamental**

Paisagistas e floricultores do Brasil e do exterior têm demonstrado grande interesse pelo abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), por ser esta, uma planta tropical rústica e exótica (BORGES et al., 2003). Segundo a Ceinfo (2003), este abacaxizeiro é uma bromélia muito utilizada em arranjos tropicais e *ikebanas*, com enorme potencial ornamental. Atualmente, o Brasil é o único país com cultivos comerciais dessa espécie. Souza et al. (2004) relatam que essa espécie ornamental está sendo cultivada predominantemente no Ceará, com suas infrutescências sendo exportadas para Alemanha, Holanda e Estados Unidos. Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, referentes às exportações de mudas e “flores” desta espécie, realizadas em 2004, revelaram os principais países importadores. Entre estes países, os Estados Unidos e a Dinamarca foram os maiores consumidores das mudas, enquanto Alemanha, Dinamarca, França, Inglaterra, Portugal e Holanda destacaram-se como os principais consumidores das “flores”.

As exportações cearenses de mudas para os Estados Unidos e para a Dinamarca rederam os respectivos valores de U\$ 49.397,40 e 1.252,00. Já as flores enviadas para a Alemanha, Dinamarca, França, Inglaterra, Portugal e Holanda, alcançaram valores da ordem de U\$ 12.087,00, 703,80, 4.531,00, 5.772,00, 18.659,00 e 200.555,83, respectivamente.

Portanto, essas quantias exportadas mostraram que, em 2004, o produto mais rentável desta espécie foram as “flores”. Atualmente, o *Ananas comosus* var. *erectifolius* está ocupando a segunda posição no *ranking* de exportações cearenses de flores e plantas ornamentais.

O sucesso na comercialização de qualquer produto depende, além das técnicas de produção, de uma apresentação compatível com a exigência e o gosto dos consumidores, principalmente, quando este produto tem o objetivo de ser exportado. Por esse motivo, as inflorescências, antes de serem exportadas, necessitam de um beneficiamento para melhorar a aparência final do produto e, dessa forma, torná-lo mais atrativo para o consumidor. O processo de beneficiamento, por seu turno, é constituído de algumas etapas importantes, que vão desde a colheita até o acondicionamento em embalagens apropriadas (Figura 2).



**Figura 2.** Colheita (a), limpeza (b), lavagem (c), secagem (d), aplicação de cera e acondicionamento (e) das hastes florais de *Ananas comosus* var. *erectifolius*. (Fonte: CARVALHO, 2005).

Inicialmente, quando atingem o tamanho adequado em campo, ou seja, quando a razão entre a coroa e o tamanho do fruto atinge a proporção de 1:1, as hastes florais são cortadas e, posteriormente, depositadas em recipientes contendo uma reduzida quantidade de água (Figura 2a). Realizada esta operação, as hastes recém-colhidas são conduzidas até um *packing house* para serem tratadas, armazenadas, embaladas e expedidas. Nesse local, cada haste floral é cuidadosamente inspecionada para a remoção de pequenas flores ressecadas aderidas à infrutescência (Figura 2b). Também, nessa ocasião, são retiradas as folhas danificadas e as brotações que, as vezes, surgem próximas à infrutescência. Após esse feito, cada peça é lavada com um forte jato de água (Figura 2c) e, em seguida, colocada para secar à sombra (Figura 2d). Estando devidamente limpa e seca, cada haste floral é completamente coberta por um tipo de cera, utilizada para intensificar a coloração natural da cultura e ainda aumentar o período de resistência pós-colheita (Figura 2e). Após a aplicação da cera, as hastes contendo as infrutescências são novamente postas para secar à sombra. Finalmente, o produto resultante é separado, organizado, acondicionado em embalagem apropriada (Figura 2f) e enviado para o local de expedição.

Cunha (2004) afirma que o Estado do Ceará, além de ser o maior produtor comercial da “flor”, ainda desponta como exportador, enviando infrutescências com pedúnculos e mudas dessa espécie, via aérea, para o mercado europeu. Os principais produtores dessa espécie estão localizados nos municípios de Paracurú, Pindoretama, Horizonte e Aquiraz.

No Rio Grande do Norte, a espécie já está sendo explorada no litoral para a produção de “flor de corte”. A área plantada ainda é pequena, mas os produtores pretendem ampliá-la, em 3 anos, para 27 hectares (ABACAXI, 2005). Outro plantio da espécie foi realizado em Goiânia para atender o mercado interno de paisagismo (NOGUEIRA, 2001).

Atualmente, esta espécie ornamental vem apresentando também um alto potencial para produção de fibras. Segundo Alves Filho (2004), a fibra deste abacaxizeiro está sendo utilizada por pesquisadores da UNICAMP para substituir a fibra de vidro no reforço de compósitos poliméricos. Além de ser cerca de dez vezes mais barata que a fibra de vidro, a fibra desta bromélia é biodegradável. Além disso, é menos abrasiva aos equipamentos de processamento. O material vegetal ainda possibilita a produção de plásticos reforçados por meio do método de injeção, que permite gerar peças mais complexas, que apresentam detalhes como pontas e cavidades. O autor cita ainda que a fibra produzida por esta cultura pode ser utilizada na fabricação de tecidos, papel e até um tipo de substância anestésica.

Ferreira e Bustamante (2005) reportam que a empresa Mercedes-Benz do Brasil está incentivando o plantio de *Ananas comosus* var. *erectifolius* para a extração da fibra, visando a

sua utilização em estofamentos de veículos, como caminhões e ônibus. Esse fato induziu o governo do Estado do Pará a encomendar cerca de dois milhões de mudas micropropagadas da Embrapa Amazônia Oriental para incentivar o plantio dessa espécie em escala comercial.

## **2.2 Micropropagação de plantas ornamentais**

A propagação do abacaxizeiro é predominantemente vegetativa, sendo realizada frequentemente através de diferentes partes das plantas, como coroa, filhote e rebentão. As técnicas mais comumente empregadas na propagação do abacaxizeiro são o enviveiramento do talo da planta, a destruição do meristema apical para a produção de mudas do tipo rebentão e a transformação de flores em mudas mediante a pulverização da planta com produtos químicos na fase inicial do desenvolvimento da inflorescência. Essas formas de propagação, além de serem lentas, ainda podem promover a disseminação de patógenos e pragas altamente destrutivos, capazes de provocar perdas significativas dos frutos e das plantas (CABRAL et al., 1985). Dessa maneira, essa forma extrativista de propagação, muitas vezes, inviabiliza a produção comercial de mudas, já que a quantidade e a qualidade das mesmas quase sempre não atendem a grande e exigente demanda do mercado consumidor.

Portanto, é nesse contexto que a técnica da cultura de tecidos, conhecida como micropropagação, aparece como uma alternativa viável para a produção de mudas desta espécie, pois permite a obtenção de plantas em quantidade, com qualidades genética e fitossanitária, em curto período e em espaço físico reduzido.

A propagação vegetativa *in vitro*, também conhecida como micropropagação, devido ao tamanho reduzido dos propágulos utilizados, é uma aplicação da cultura de tecidos empregada na reprodução assexuada de plantas para a obtenção de indivíduos geneticamente uniformes. Essa aplicação normalmente baseia-se na obtenção de plântulas em tubos de ensaio ou em frascos de vidro, a partir de órgãos, tecidos ou células, tais como: meristema apical, folha, cambio, raiz, pólen, etc. (TORRES et al., 1998).

A micropropagação é uma técnica amplamente utilizada na multiplicação de diversas espécies vegetais, com destaque para as fruteiras, as hortícolas, as florestais e, principalmente, as ornamentais. A micropropagação de plantas ornamentais oferece ao produtor mudas de elevada e padronizada qualidade, em quantidade suficiente para suprir, em curto espaço de tempo, a demanda crescente de um mercado cada vez mais exigente.

Alguns autores reportam as principais vantagens da micropropagação, as quais incluem: conservação do germoplasma; maximização ou manutenção do vigor híbrido;



recuperação de plantas livres de doenças; obtenção de plantas com excelente estado sanitário; manutenção do genótipo e rápida multiplicação de plantas em espaços físicos reduzidos (ALTAFIN et al., 2002; BARROS et al., 2002; BERTOLOTTI e GONÇALVES, 1979; ERIG e SCHUCH, 2005; MANTOVANI et al., 2001; PASQUAL et al., 2001; RECH FILHO, 2004; TORRES et al., 1998).

O sucesso de um sistema de micropropagação depende do controle de um grande número de variáveis. Este controle vai desde a coleta e manipulação da planta matriz até a execução de todas as etapas necessárias à produção das novas plantas. De acordo com Pasqual et al. (2001), um trabalho de micropropagação geralmente envolve cinco etapas: 1) fase preparativa; 2) estabelecimento do cultivo *in vitro*; 3) multiplicação; 4) alongamento e enraizamento; 5) aclimatização.

## **2.2.1 Etapas da micropropagação**

### **2.2.1.1 Etapa 1: preparação da planta matriz**

A etapa 1, considerada a fase inicial do cultivo *in vitro*, é caracterizada pela preparação das plantas matrizes, destinadas ao fornecimento dos explantes primários para o cultivo *in vitro* (WILLADINO e CAMARA, 2005). De uma maneira geral, os melhores explantes são aqueles obtidos a partir de plantas matrizes saudáveis, vigorosas, isentas de qualquer tipo de estresse e em pleno crescimento vegetativo. Na planta matriz, os melhores explantes primários são aqueles localizados próximos à região apical, com intensa atividade meristemática e consistência herbácea (PASQUAL et al., 2001).

Pasqual et al. (2001) afirmam que, devido à grande influência das características destas plantas sobre o estabelecimento e o crescimento *in vitro*, é muito relevante considerar alguns aspectos relativos à planta matriz, incluindo a sua condição fisiológica, o ambiente onde ela se encontra e a sanidade da mesma.

### **2.2.1.2 Etapa 2: estabelecimento da cultura *in vitro***

Segundo Torres et al. (1998), esta etapa da micropropagação engloba os seguintes processos: seleção e coleta, desinfestação, isolamento e cultivo dos explantes em meio de cultura sob condições assépticas. Podem ser selecionados vários tipos de explantes para iniciar a propagação *in vitro* de uma planta já que, teoricamente, qualquer tecido vegetal apresenta totipotência de suas células, no entanto, na prática, os explantes mais usados são os

que possuem maior proporção de tecido meristemático ou que apresentam maior capacidade de expressar a totipotência (TORRES et al., 1998). Pasqual et al. (2001) afirmam que, na maior parte dos trabalhos de micropropagação, são utilizadas gemas axilares ou gemas apicais como explante inicial. Os autores elucidam que, após a seleção, os explantes primários devem ser coletados da maneira mais asséptica possível, através de instrumentos limpos e esterilizados. Torres et al. (1998) escrevem que o processo de desinfestação costuma ser realizado em capela de fluxo laminar previamente desinfestada. Vários agentes desinfestantes podem ser usados, como o etanol e os compostos à base de cloro (hipoclorito de sódio e de cálcio). Também é comum o uso de algumas gotas de detergente para melhorar o contato das soluções à base de cloro com os tecidos coletados. A remoção das soluções desinfestantes do tecido vegetal normalmente é feita através de sucessivas lavagens com água destilada ou deionizada, e autoclavada. Tombolato e Costa (1998) elucidam que a maneira mais usual de realizar a desinfestação (esterilização) do explante é através da lavagem em álcool (70 %), por um minuto, seguida de imersão em solução de hipoclorito de cálcio ou de sódio (1 a 2 %), por cinco a quinze minutos, adicionando gotas de detergente, com 2 ou 3 lavagens sucessivas em água destilada e esterilizada.

O isolamento dos explantes é efetuado somente em câmara de fluxo laminar com a máxima higiene e assepsia, tanto por parte do ambiente e do explante como por parte da pessoa que está realizando a tarefa. A manipulação do explante nesta fase determina a sua sobrevivência. Portanto, os instrumentos de manipulação (bisturis, tesouras, pinças, estiletes e agulhas), após serem mergulhados em álcool absoluto, flambados e resfriados, são empregados na operação de excisão do explante. Satisfeita essa condição, o explante é isolado e, posteriormente, transferido para um meio de cultura (TORRES et al., 1998).

Diversos meios de cultura podem ser utilizados no início do cultivo, porém, o meio MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962) e suas modificações têm apresentado bons resultados para diversas espécies. Fitorreguladores (citocininas, auxinas e giberelinas) também são aplicados no meio com o objetivo de suprir as possíveis deficiências de teores endógenos de hormônios e de estimular o alongamento e a multiplicação dos explantes (TORRES et al., 1998).

Barros et al. (2002) realizaram a micropropagação de gemas axilares de abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) para avaliar o efeito do Paclobutrazol (reduzidor de crescimento) no cultivo *in vitro*. Para tanto, efetuaram a desinfestação do explante no interior de uma câmara de fluxo laminar, com solução de álcool (70 %) e hipoclorito de sódio (50 %), durante três e vinte minutos, respectivamente. Após a desinfestação, o explante foi lavado

com água destilada autoclavada três vezes e, finalmente, cultivado em meio nutritivo MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962), suplementado por sacarose, phitagel e cinco níveis de Paclobutrazol.

Torres et al. (1998) escrevem que as condições de encubação (condições ambientais) dos explantes isolados em meio de cultura podem variar muito. Escuro total ou pequenas intensidades luminosas são benéficos logo após os primeiros dias de isolamento, pois reduzem a oxidação fenólica e evitam o estresse nos explantes que não estavam expostos à luz na planta matriz. Para a grande maioria das espécies, a incubação inicial à luz com intensidades de 20 a 70  $\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , fornecida por lâmpadas fluorescentes tipo branca fria ou gro-lux, é satisfatória. O fotoperíodo tende a ser de dias longos (16 horas de luz e 8 horas de escuro) para evitar a dormência dos explantes. Com relação à temperatura, a maioria das espécies cresce satisfatoriamente na faixa compreendida entre 20 e 27 °C.

### **2.2.1.3 Etapa 3: multiplicação**

A terceira fase da micropropagação é caracterizada pela multiplicação de propágulos através de sucessivos subcultivos em meio próprio de multiplicação, de maneira que as partes aéreas formadas ou são subdivididas em partes menores, ou são isoladas das demais para a formação de novos explantes. Embora o objetivo principal seja produzir o maior número possível de plantas no menor espaço de tempo, alguns aspectos qualitativos devem ser considerados, como a qualidade e a homogeneidade das partes aéreas produzidas. As principais variáveis que podem ser manipuladas para otimizar essa etapa são a composição ou os meios de culturas utilizados, as condições ambientais de crescimento e os cuidados na manipulação do material durante as subculturas (TORRES et al., 1998).

Podem ser usados diversos meios de culturas nessa fase, porém, o mais comum é o uso do mesmo meio de cultura empregado na primeira etapa da micropropagação. Macro e micronutrientes, vitaminas, inositol, açúcares e outros compostos orgânicos, como aminoácidos, caseínas e substâncias quimicamente indefinidas constituem o meio de cultura. Para Pasqual et al. (2001), as maiores variações entre os meios de multiplicação dizem respeito à composição de macronutrientes e fitorreguladores.

Tombolato e Costa (1998) escrevem que, dos macronutrientes minerais existentes, o nitrogênio é o mais estudado nos meios de cultura. Torres et al. (1998) afirmam que, na fase de multiplicação, a fonte de nitrogênio e o balanço entre os íons nitrato e amônia são os aspectos que têm requerido maior atenção. Os fitorreguladores de maior uso nesta fase,

segundo Pasqual et al. (2001), são as citocininas, as auxinas e as giberelinas. Destes, as citocininas constituem a classe de fitorreguladores com maior utilização, devido ao seu efeito na quebra de dominância apical e na proliferação de gemas axilares. Para Tombolato e Costa (1998), a concentração e o tipo de citocinina são os fatores que mais influenciam a multiplicação. A 6-Benzilaminopurina (BAP) é considerada a citocinina mais utilizada, seguida da cinetina (CIN) e da isopenteniladenina (2iP). Suas concentrações geralmente variam de 0,1 a 5 mg·L<sup>-1</sup>. As auxinas (ANA, AIB e AIA) e as giberelinas (GA<sub>3</sub>), embora não sejam essenciais no meio de cultura, podem ser úteis para favorecer o crescimento da parte aérea.

Pasqual et al. (2001) explicam que, por ser a fase mais prolongada da micropropagação, a multiplicação deve ocorrer sob condições ambientais favoráveis, principalmente, no que diz respeito à luminosidade, temperatura e composição do meio de cultura. A maioria das plantas responde bem às mesmas condições ambientais da primeira etapa da micropropagação, ou seja, luminosidade em torno de 2.000 lux, fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 horas de escuro e temperatura entre 20 e 27 °C. Torres et al. (1998) consideram relevantes as condições ambientais dentro do frasco. Por isso, relatam a importância do manejo de tampas e de frascos no controle do excesso de vapor d'água e no acúmulo de gases liberados pelas culturas no interior destes recipientes.

A manipulação dos explantes é responsável, em grande parte, pela qualidade e uniformidade das mudas obtidas no final da fase de multiplicação. Os aspectos mais importantes nesse sentido são o número e a frequência das subculturas, o tipo e o tamanho dos explantes e os cuidados de repicagem (TORRES et al., 1998).

Em geral, o tempo entre repicagens (subcultivos) é de aproximadamente um mês, podendo variar bastante em função da espécie, dos meios de cultura e dos tipos de explante. O número de subcultivos, por sua vez, depende da espécie e de sua capacidade de manter as características do explante inicial. As características de tipo e tamanho dos explantes estão relacionadas com a frequência de repicagem. Os tipos de explantes mais utilizados após o segundo subcultivo são os segmentos nodais, os tufo de brotações, as subdivisões destes tufo, as brotações e partes destas. Torres et al. (1998) consideram a subdivisão de tufo o procedimento mais comum, por ser simples e rápido e por fornecer explantes mais homogêneos. Com relação ao tamanho, Pasqual et al. (2001) recomendam a utilização de explantes médios, pois apresentam maior rendimento e uma elevada taxa de multiplicação, quando comparados com explantes muito pequenos. Os cuidados no momento do subcultivo incluem a prevenção da desidratação dos explantes e a manutenção das condições assépticas

dos mesmos. Para atender esta condição, o trabalho de repicagem deve ser efetivado em câmara de fluxo laminar, com a máxima higiene e rapidez.

Correia et al. (1999) avaliaram a multiplicação *in vitro* do abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*). Os explantes utilizados foram oriundos do meio MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962), com concentrações de sais orgânicos reduzidas a metade, suplementadas com BAP ( $0,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) e ANA ( $0,01 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). O experimento foi instalado em meios de cultura MS com vitaminas, sacarose, água e reguladores, totalizando quatro tratamentos: T1= BAP; T2= BAP + ANA; T3= BAP + AIB e T4= BAP + ANA + AIB. A transferência para o meio novo foi realizada aos 30 dias de cultivo. Aos 60 dias, avaliaram o número de brotos que apresentavam comprimento igual ou superior a 0,5 cm. Os autores concluíram que o uso de BAP acrescido de ANA foi o melhor tratamento, pois o mesmo correspondeu a 30 % do total de brotos com tamanho maior ou igual a 0,5 cm, e ainda proporcionou uma produção média por  $3,6 \text{ brotos}\cdot\text{explante}^{-1}$ .

Barbosa et al. (2004) realizaram a avaliação do crescimento do híbrido PExSC-52 e da cultivar Smooth Cayenne de abacaxizeiro, a partir de gemas axilares cultivadas em meio MS, suplementado com mio-inositol, sacarose e ágar, contendo diferentes combinações de fitorreguladores (BAP, BAP+ANA, CIN, CIN+ANA e CIN+ANA+BAP). A taxa de multiplicação foi avaliada por 5 subcultivos, cada um com 45 dias de duração. No híbrido, o BAP proporcionou a maior proliferação de brotos por explante por subcultivo e a taxa de multiplicação crescente até o quarto subcultivo. Na cultivar Smooth Cayenne, os maiores valores de proliferação de brotos por explantes por subcultivo e taxa de multiplicação foram alcançados com o uso da combinação BAP+ANA. A taxa de multiplicação média durante os 5 subcultivos foi de 6,4 e 4,6 brotos-explante<sup>-1</sup> para o híbrido e a cultivar, respectivamente. As taxas de multiplicação para cada subcultivo foram de 3,6; 3,3; 7,5; 10,7 e 6,9 brotos-explante<sup>-1</sup> para o híbrido e 2,8; 1,6; 6,4; 3,8 e 6,5 brotos-explante<sup>-1</sup> para a cultivar. Os totais de explante por subcultivo, tomando como base a taxa de multiplicação em cada subcultivo a partir de uma gema, foram equivalentes a 3,6; 11,8; 89,1; 953,3 e 6.578,2 para o híbrido e 2,8; 4,4; 28,6; 108,9 e 708,19 para a cultivar. Portanto, os autores encontraram, em 7,5 meses, 6.578,2 e 708,19 explantes, a partir de uma gema axilar do abacaxizeiro PExSC-52 e da cultivar Smooth Cayenne, respectivamente.

No experimento para otimização do protocolo de micropropagação do abacaxizeiro cv. 'Pérola', Almeida et al. (2002) demonstraram que é possível se obter até 161.080 plântulas de abacaxizeiro com 80 gemas axilares, em 8 meses de subcultivo.

Dewald et al. (1998), trabalhando com a multiplicação *in vitro* de diferentes cultivares de abacaxizeiro, verificaram uma grande variação no número de plantas obtidas.

#### **2.2.1.4 Etapa 4: alongamento e enraizamento**

Essa fase da micropropagação, segundo Torres et al. (1998), refere-se à transferência das partes aéreas produzidas para os meios de alongamento e enraizamento, e subsequente transplântio das plantas para o substrato ou solo. O objetivo desta etapa é a promoção do alongamento das brotações e a formação de raízes adventícias nas partes aéreas provenientes da multiplicação, para permitir o posterior transplântio para o meio externo.

O alongamento é uma fase necessária e preparatória para o enraizamento das brotações. Seu uso, no entanto, só se justifica quando as brotações oriundas da multiplicação são muito pequenas. Os métodos mais adotados para promover o alongamento são: adição de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), redução da concentração de citocininas, estiolamento, remoção de folhas, uso do meio de duas fases e emprego de inibidores de ação do etileno (PASQUAL et al., 2001).

De acordo com Torres et al. (1998), o enraizamento pode ser realizado *in vitro* ou *in vivo*. Na condição *in vivo* (*ex vitro*), as partes aéreas são enraizadas como microestacas e todo o processo ocorre em substrato. *In vitro*, as raízes são regeneradas em condições assépticas e toda a planta é transplantada para o substrato. O enraizamento *in vitro* ocorre sob condições controladas, com brotações pequenas e com alto percentual de enraizamento e de rendimento na produção de mudas micropropagadas. Essas vantagens, segundo Pasqual et al. (2001), praticamente condicionam o uso do enraizamento *in vitro* como método-padrão. Apesar das vantagens, esse método possui uma limitação principal, que é a dificuldade de indução de um sistema radicular adventício, eficiente na absorção de água e nutrientes, após as plantas serem transferidas para os substratos.

As brotações, para serem enraizadas *in vitro*, são cultivadas em meio adequado até as raízes serem formadas. Torres et al. (1998) elucidam que as diluições das formulações básicas dos meios de cultura empregados na multiplicação têm, em geral, possibilitado melhor enraizamento. Os autores citam que diluições de 50 a 75 % da concentração salina do meio MS são freqüentemente usadas nessa etapa.

Pasqual et al. (2001) afirmam que, na maioria das espécies, o enraizamento necessita de fitorreguladores, tanto para acelerar o processo de enraizamento como para induzir a formação de mais raízes adventícias. A auxina é tida como o principal regulador de

crescimento. Os tipos e concentrações mais utilizadas para esse propósito são: AIB (0,5 a 3 mg·L<sup>-1</sup>), AIA (1 a 10 mg·L<sup>-1</sup>) e ANA (0,05 a 1 mg·L<sup>-1</sup>). A concentração e a forma de uso mais adequada da auxina varia muito entre genótipos, devendo ser determinada experimentalmente. O uso de auxina em excesso deve ser evitado, pois altas concentrações favorecem a formação de calos, a redução do crescimento e da aparência anormal das raízes e a diminuição do comprimento das brotações.

Com relação às condições ambientais, Torres et al. (1998) escrevem que a temperatura e umidade adotadas na fase de multiplicação estimulam o enraizamento satisfatório. Com relação à luminosidade, reduzidas intensidades de luz ou escuro absoluto durante alguns dias são normalmente favoráveis ao enraizamento. Pasqual et al. (2001) mostram que outros fatores afetam positivamente o enraizamento como: maior capacidade dos recipientes; meios de cultura com menos concentração normal de sais; presença de oxigênio, substratos porosos e estéreis e explantes jovens de tamanho médio, com presença de nós ou gemas.

Correia et al. (2001a) pesquisaram o enraizamento *in vitro* de brotos de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *porteanus* HORT VEITCH ex. C. Koch). Os brotos com tamanho aproximado de 1,5 cm foram cultivados em meio de cultura MS com as soluções de sais reduzidas à metade, suplementado com vitaminas, sacarose, ágar sigma e ANA. As culturas foram conduzidas até os 28 dias de cultivo na fase de enraizamento. Foi estudado o efeito de dois fatores: doses de ANA (0; 0,01; 0,05 e 0,1 mg·L<sup>-1</sup>) e dois níveis de carvão ativado (presença ou ausência) sobre os brotos enraizados e número de raízes por broto. Concluíram que a presença de carvão ativado provocou a redução no número de brotos enraizados (68,98 %) e no número de raízes por broto (2,06). Concluíram ainda que a melhor dose de ANA foi a de 0,05 mg·L<sup>-1</sup>, pois proporcionou a maior percentagem de brotos enraizados (84,06 %) e o maior número médio de raízes por broto (2,90).

#### **2.2.1.5 Etapa 5: aclimatização**

Conforme Torres et al. (1998), a última etapa da micropropagação caracteriza-se pela transferência da planta da condição *in vitro* para a casa de vegetação (ou telado), onde é submetida à fase de aclimatização e endurecimento. Nessa etapa, é comum confundir os conceitos aclimatação e aclimatização. Aclimatação é um termo que se refere ao processo no qual as plantas ou outros organismos vivos tornam-se ajustados a um novo clima ou situação, como resultado de um processo essencialmente natural (PREECE e SUTTER, 1991; TOMBOLATO e COSTA, 1998). Aclimatização é definida como a transferência de um

organismo, especialmente uma planta, para um novo ambiente, sendo todo o processo realizado artificialmente (TOMBOLATO e COSTA, 1998). Para George (1993), a aclimação é um processo regulado pela natureza, enquanto que a aclimatização é um processo controlado pelo homem.

Muitas espécies que crescem *in vitro* necessitam de um processo de aclimatização para assegurar a sua sobrevivência e o seu crescimento no ambiente externo. Hazarika (2003) explica que as plantas normalmente não suportam a drástica mudança proporcionada pelo transplântio para o campo, pois a cultura passa de um meio totalmente controlado para um ambiente hostil, com elevados níveis de estresse (baixa umidade, luminosidade e temperatura elevadas, doenças, etc.). Portanto, a aclimatização tem por objetivo reduzir o estresse causado pela enorme diferença entre as condições de cultivo *in vitro* e as condições externas de crescimento (PASQUAL et al., 2001).

O transplântio do laboratório para a área de cultivo é uma passagem crítica e representa, em alguns casos, o principal gargalo na micropropagação de várias plantas (HAZARIKA, 2003; TOMBOLATO e COSTA, 1998; TORRES et al., 1998). Essa passagem crítica se deve basicamente a fatores como estresse hídrico, fotossíntese, absorção de nutrientes e fitossanidade.

O estresse hídrico é causado pela transpiração excessiva da planta ou absorção inadequada de água pelas raízes. Isso ocorre porque a planta passa de uma condição de fluxo respiratório (*in vitro*) para uma condição que proporciona um aumento da transpiração (meio externo). Além do mais, plantas propagadas *in vitro* possuem uma camada mínima ou inexistente de cera protetora sobre as folhas e estômatos não funcionais, que respondem lentamente ao estresse hídrico. No transplântio, a planta passa de uma existência heterotrófica para um estado autotrófico com grande gasto de energia e, por isso, necessita realizar a fotossíntese para sobreviver. A passagem de uma condição de alta disponibilidade de nutrientes (*in vitro*) para um substrato faz com que as plantas micropropagadas iniciem o processo de absorção de sais para o seu desenvolvimento. Ademais, a planta que sai de um ambiente asséptico para um meio externo, está sujeita ao ataque de patógenos (TOMBOLATO e COSTA, 1998; TORRES et al., 1998).

Algumas técnicas podem ser empregadas para tornar as plantas mais resistentes aos estresses ambientais. Os retardantes de crescimento geralmente induzem o encurtamento dos internódios das plantas mais altas *in vivo* e têm alguns efeitos adicionais, tais como: redução do tamanho das folhas, intensificação da coloração verde das folhas e engrossamento das raízes (GRAEB, 1987). Pasqual et al. (2001) mostram que os retardantes de crescimento,



como o paclobutrazol (Pbz), induzem a maior formação de cera epicuticular, de clorofila e de estômatos menores e mais funcionais, e de área foliar mais reduzida, tornando as plantas mais capazes de suportar a aclimatização. Trabalhando com *Citrus*, Hazarika et al. (2001 e 2002) verificaram que o pré-condicionamento dos brotos com Pbz influenciou na maior sobrevivência *ex vitro*, por provocar engrossamento das raízes, redução da desidratação da folha ao regular a função estomatal e aumentar a cera epicuticular por unidade de área da folha, além de maior síntese de clorofila.

A redução da umidade relativa nos frascos de cultura tem tornado as plantas mais resistentes à perda de água durante a aclimatização, tanto pela redução do potencial hídrico quanto pelo aumento da deposição de ceras epicuticulares e formação de estômatos funcionais (PASQUAL et al., 2001). Melhores taxas de sobrevivência das plantas depois do transplântio têm sido promovidas pela redução da umidade relativa dentro dos frascos, pois essa redução melhora a estrutura interna das plântulas e proporciona um estabelecimento bem sucedido na casa de vegetação (SMITH et al., 1990). Shorth et al. (1987) reportaram que o crescimento ideal e o endurecimento *in vitro* de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) ocorreram quando as plântulas foram cultivadas com a umidade relativa reduzida a 80 %.

Para Pasqual et al. (2001) e Torres et al. (1998), uma pré-adaptação à condição autotrófica pode ser estimulada ainda *in vitro*, para favorecer a sobrevivência das plantas enraizadas. Portanto, essa indução à realização da fotossíntese pode ser conseguida através da redução ou completa eliminação do açúcar (sacarose) no meio (KOZAI, 1988) e pelo aumento da luminosidade e da concentração de CO<sub>2</sub> (DEBERGH, 1988; TORRES et al., 1998). Segundo Aswath e Choudhury (2002), o meio MS, suplementado com uma pequena percentagem de sacarose e outros fitorreguladores, proporcionou na cultura da gérbera (*Gerbera jamesonii*), uma taxa de sobrevivência de aproximadamente 100 % após a transferência para a área de cultivo. Langford e Wainwright (1987) afirmaram que a redução da sacarose no meio aumentou a habilidade fotossintética e, com isso, melhorou a sobrevivência da roseira (*Rosa*, spp.).

Alguns cuidados devem ser tomados durante o transplântio para assegurar a sobrevivência e o desenvolvimento satisfatório das plantas micropropagadas. Estes cuidados estão relacionados com as condições ambientais, os substratos, as condições fitossanitárias, a irrigação, os recipientes, entre outros fatores.

Maciel et al. (2000) escrevem que a manutenção da umidade relativa alta e temperaturas amenas são imprescindíveis na fase de aclimatização. A umidade relativa alta no início da aclimatização faz com que a planta retome o crescimento e passe a realizar

fotossíntese em níveis suficientes para estimular o desenvolvimento de um sistema radicular mais funcional, na absorção de água e nutrientes (TORRES et al., 1998). Apesar da elevada umidade relativa ser fundamental, o seu excesso deve ser evitado, pois é extremamente favorável ao desenvolvimento de algas, fungos ou microrganismos patogênicos. Nesse sentido, a irrigação, realizada por sistemas *fogging* ou nebulização, é mais adequada na aclimatização, pois permite a manutenção da alta umidade relativa no ambiente sem, contudo, torná-lo excessivamente úmido (TOMBOLATO e COSTA, 1998). Os mesmos autores enfatizam que, na fase de aclimatização, a temperatura deve ser amena (entre 13 e 30 °C) e a luminosidade, baixa, para evitar a clorose e a queimadura das folhas. Torres et al. (1998) mostram que é comum o uso de pequenos telados, túneis plásticos ou até mesmo casas de vegetação, para a manutenção de temperaturas mais amenas e para a redução da incidência direta de luz sobre as plantas.

Cordão Terceiro Neto (2004) elucida que o substrato influencia a resposta das plantas na fase de aclimatização através de suas características físicas, químicas e biológicas. Para Torres et al. (1998), o substrato deve apresentar uma boa capacidade de retenção de água e não compactar-se excessivamente, comprometendo a drenagem e, conseqüentemente, a aeração do sistema radicular. Tombolato e Costa (1998) complementam, dizendo que o solo (substrato) deve ter pH apropriado para cada espécie, ser asséptico (estéril) e suficientemente poroso para promover drenagem e aeração adequadas. Quimicamente, ele deve ser inerte para permitir a manipulação dos conteúdos de nutrientes, de acordo com a necessidade da espécie. Os substratos mais comumente empregados na aclimatização são: pó de fibra de coco, húmus, vermiculita, moínha de carvão, serragem, turfa, palha de arroz carbonizada, areia, vermicomposto e outros. As proporções de cada componente são bastante variáveis e dependem da espécie utilizada (TORRES et al., 1998).

As plantas se desenvolvem melhor e crescem mais rapidamente em recipientes mais espaçosos. Vários tipos de recipiente (área e volume) podem ser utilizados na aclimatização de plantas micropropagadas, como: bandejas plásticas ou de isopor, caixas de polietileno, sacos, copos plásticos, tubetes, vasos, etc. Entretanto, o sistema de bandejas de isopor ou tubetes plásticos é mais conveniente do que vasos individuais, quando se trata de um grande número de plantas, pois permite a manipulação das culturas em grupos (TORRES et al., 1998).

Segundo Pasqual et al. (2001), o processo de aclimatização segue normalmente os seguintes procedimentos: retirada da muda enraizada *in vitro*; lavagem do sistema radicular para retirada do excesso do meio de cultura, que pode ser prejudicial ao desenvolvimento da

muda; transferência da muda para substrato preferencialmente estéril, umedecido e mantido em casa de vegetação com nebulização intermitente, temperatura amena e intenso sombreamento; aplicação do meio de cultura durante os primeiros dias de aclimatização; manutenção no ambiente de aclimatização por tempo suficiente para as mudas sobreviverem; redução gradual da umidade relativa do ar, teor de água do substrato e sombreamento, e transferência para o viveiro ou a área de cultivo.

Existem poucos trabalhos que relatam detalhadamente os procedimentos de transplântio e aclimatização de espécies micropropagadas. As informações sobre o manejo das plantas nessa etapa, incluindo tanto os problemas quanto as soluções encontradas, são muito importantes, no sentido de proporcionar o melhor aproveitamento das plântulas propagadas *in vitro* e a obtenção de melhor qualidade das mudas aclimatizadas. Isso irá refletir na geração de produtos finais de qualidade excepcional por parte das plantas estabelecidas na área de cultivo definitivo.

### **2.3 Cultivo protegido**

A agricultura praticada nos modelos tradicionais está sujeita à sazonalidade climática, de modo que somente alguns períodos do ano são favoráveis ao desenvolvimento das plantas. Nos demais períodos, as plantas se encontram expostas às mais variadas condições climáticas, o que envolve grandes variações de radiação solar, temperatura e umidade, além da ocorrência de ventos fortes e de chuvas pesadas. Cada um desses fatores, ou o seu conjunto, acaba influenciando negativamente o crescimento, o desenvolvimento e a produção dos vegetais. Uma maneira de atenuar os efeitos negativos das variações climáticas, ou até mesmo, de controlá-los parcialmente é através do cultivo protegido.

O cultivo protegido é uma tecnologia de produção vegetal cuja finalidade é a proteção das plantas contra a influência de intempéries climáticas, principalmente, radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar (FURLAN, 2001). Também é eficiente na redução da incidência de precipitações pluviométricas e ventos fortes. De acordo com Furlan (2002), o cultivo protegido costuma ser empregado na agricultura, principalmente, nas formas de casa de vegetação e túnel baixo ou alto de cultivo forçado.

As casas de vegetação são construções simples ou sofisticadas, com muitos aparelhos destinados ao melhor controle do ambiente (luminosidade, umidade, temperatura, etc.). São utilizadas geralmente para desenvolver culturas de porte alto ou tutoradas, como tomate, pepino, pimentão, melão, flores e outros. O túnel baixo de cultivo forçado destina-se aos cultivos de porte baixo, como alface e morango, ou para proteger as culturas tutoradas durante

as primeiras fases vegetativas. A estrutura, de forma semicircular e altura entre 0,6 e 1,0 m, é coberta por um plástico fixado com arcos ou barbantes. O túnel alto de cultivo forçado é semelhante à casa de vegetação, distinguindo-se apenas quanto à forma, semicircular, e a altura, em média 3 m. Geralmente, é fornecido pré-fabricado com tubos de ferro galvanizado.

Para Paula (2000), os túneis altos de cultivo forçado, também conhecidos como viveiros, são instalações de fácil construção e de alta durabilidade. Suas estruturas podem ser de concreto, ferro ou madeira, revestidas com tela plástica de cor geralmente preta e de alta durabilidade, que pode proporcionar diferentes luminosidades, ou seja, distintos níveis de sombreamento. O autor acrescenta, mostrando que este tipo de estrutura possibilita a dispersão de gotas de chuva e ainda evita a queda de folhas sobre as bromélias, o que prejudicaria o seu desenvolvimento. Diversos autores destacam as vantagens do cultivo em ambiente protegido, entre elas: o aumento da produtividade; a obtenção de colheitas fora de época e de produtos de melhor qualidade (ANDRIOLO, 1999; FILGUEIRA, 2000); o melhor controle de pragas e doenças; a economia de água e insumos, e o plantio de variedades selecionadas (FURLAN, 2002). O cultivo protegido também é importante no controle de roedores e de outros animais, e da movimentação de pessoas indesejadas na área de plantio. Suas limitações são os elevados custos de produção e a necessidade de pessoal com alta especialização empresarial e técnica.

### **2.3.1 Ambiência em cultivo protegido**

De acordo com Sentelhas e Santos (1995), o emprego de casas de vegetação, assim como de outras formas de cultivo protegido, provocam alterações em diversos elementos meteorológicos, permitindo a produção de culturas em locais ou períodos cujas condições climáticas são hostis. Porém, nem todas estas alterações são benéficas para as plantas. Seemann (1979) explica que tais alterações meteorológicas são geradas por formas de cultivo protegido que utilizam determinados materiais para proteção do ambiente, destacando-se, entre eles, os plásticos. Esses materiais, além de favorecerem a retenção de vapor e de ar quente, ainda interceptam e reduzem a incidência de radiação solar sobre os vegetais, provocando alterações no balanço de energia. Os principais elementos meteorológicos influenciados pelo uso do cultivo protegido são a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, evapotranspiração (SENTELHAS e SANTOS, 1995) e luminosidade (FURLAN, 2002).

### 2.3.1.1 Radiação solar

A radiação solar é o primeiro elemento do ambiente a condicionar o processo de produção vegetal, sendo essencial para a primeira etapa da cadeia, que é a fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico em assimilados através do processo de fotossíntese (ANDRIOLO, 2000). Segundo Andriolo (2004), sua deficiência provoca a redução da fotossíntese e, por conseguinte, a diminuição do desenvolvimento vegetal. O autor acrescenta que a deficiência por longos períodos ainda pode provocar o estiolamento das plantas e o retardamento de seu crescimento. O excesso de radiação solar promove efeito negativo no crescimento e no desenvolvimento das plantas, devido à redução da fotossíntese, ao aumento da transpiração, ao aumento da taxa respiratória e às alterações na participação da massa seca entre as partes vegetativas e de acumulação.

Para Pezzopane (1994), a radiação solar que incide no interior de um ambiente protegido coberto com plástico é sempre inferior àquela que incide sobre uma superfície livre. Essa redução ocorre em virtude dos processos de reflexão e absorção na cobertura plástica (MARTIN et al., 1982; SENTELHAS et al., 1997). A reflexão depende das características da superfície da cobertura e do ângulo de incidência da radiação solar, enquanto que a absorção depende da composição química e da espessura do material plástico, as quais, além de reduzirem a incidência de radiação ainda permitem a passagem de certas faixas espectrais e reduzem a transmitância de outras faixas de comprimento de onda (SEEMANN, 1979). De acordo com Robledo e Martin (1981), os filmes plásticos apresentam respostas diferenciadas quanto à absorção, reflexão e transmissão das radiações de ondas curta e longa, em função da sua opacidade, coloração ou transparência. Gonzales (1985) afirma que o uso de plásticos coloridos ou pintados aumenta a reflexão e/ou a absorção da radiação. Verlodt e Waaijenberg (2000) mostram que um filme transparente transmite os raios solares sem dispersá-los, ou seja, realiza uma transmissão elevada da luz. Em regiões de alta irradiância, este feito pode induzir a queimadura das plantas.

Farias et al. (1993) consideram que o material plástico mais utilizado atualmente em cultivos protegidos é o polietileno transparente de baixa densidade (PEBD). O PEBD apresenta boa transparência à radiação de onda curta, em média, 70 a 90 % da radiação incidente, além de boa permeabilidade à radiação de onda longa (terrestre), em torno de 80 %. Esse valor faz com que o PEBD reduza bastante o efeito estufa.

Apesar da redução da radiação solar dentro do ambiente protegido, Mary (2004) afirma que ocorre um aumento da fração da radiação difusa em relação ao ambiente externo.

Para Faria et al. (1993), por este tipo de radiação ser multidirecional, ela é melhor aproveitada pelas plantas, o que compensa em parte a opacidade do plástico à radiação solar. Farias (1991) acredita que a radiação solar é a principal responsável pelas modificações microclimáticas ocorridas no interior de ambientes protegidos, influenciando diretamente a temperatura e a umidade relativa do ar.

### **2.3.1.2 Temperatura do ar**

A temperatura está relacionada com o crescimento e com o desenvolvimento normal das plantas, pois influencia tanto a velocidade de reações químicas como os processos internos de transporte de seiva. Estes processos só ocorrem adequadamente sob certos limites de temperatura, os quais variam com o tipo de planta (SENTELHAS et al., 1998). Sob temperaturas muito baixas, as sementes germinam precariamente, ocorre um alto percentual de abortamento de flores e o crescimento é lento e irregular. Temperaturas muito altas ocasionam uma sensível diminuição no rendimento, pelo aumento da transpiração das plantas (FURLAN, 2002). Altas temperaturas ainda podem interferir na expressão máxima dos potenciais genotípicos de algumas culturas, através de reações fisiológicas negativas (LEAL, 1982).

Segundo Buriol et al. (1993), a temperatura do ar no interior de ambientes protegidos está intimamente ligada ao balanço de energia. Portanto, Cermeño (1994) escreve que a temperatura do ar depende da incidência de radiação solar, reflexão e re-irradiação; da convecção e condução, através de cobertura e paredes; da renovação do ar; da transpiração e da troca de calor com o solo. Alpi e Tognoni (1991) acreditam que as variações de temperatura no interior de um ambiente protegido, notadamente no sentido vertical, são as causadoras principais de fenômenos de transmissão de calor por irradiação, condução e, principalmente, convecção.

Pezzopane (1994) explica que durante o dia, o saldo de radiação positivo promove o aquecimento da superfície e esta, do ar próximo a ela, desencadeando um processo convectivo. No interior de um ambiente protegido, a cobertura plástica interrompe esse processo e impede a ascensão do ar quente, provocando a elevação das temperaturas durante o período diurno. Nessa condição, a temperatura máxima atinge valores bem mais elevados do que as do ambiente externo. Durante a noite, o balanço de radiação se torna negativo e, devido à alta transmissividade do PEBD à radiação de onda longa (80 %), ocorre perda de energia de

forma acentuada, fazendo com que a temperatura mínima noturna nesses ambientes tenda a ser igual ou ligeiramente superior a do ambiente externo.

### **2.3.1.3 Umidade relativa do ar**

A umidade relativa do ar é muito importante para as plantas, pois influencia a transpiração, o crescimento, a fecundação de flores, entre outros processos (CERMEÑO, 1994). Furlan (2002) cita que a elevada umidade relativa do ar, acima do limite exigido, pode prejudicar o desenvolvimento dos vegetais e proporcionar condições favoráveis ao aparecimento de doenças. Baixos valores de umidade relativa induzem à planta a uma maior transpiração, reduzindo o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, o seu rendimento.

No interior de um ambiente protegido os valores de umidade relativa do ar são muito variados, sendo inversamente proporcionais aos valores de temperatura, ou seja, a umidade relativa diminui durante o dia e aumenta durante a noite (FARIAS et al., 1993; SEEMANN, 1979). No período noturno, a umidade relativa quase sempre alcança valores correspondentes a 100 %, devido tanto à queda acentuada de temperatura como à retenção de vapor d'água pela cobertura plástica (FARIAS et al., 1993; SENTELHAS e SANTOS, 1995).

Segundo Guiselini (2002), a elevada umidade relativa do ar durante a noite pode provocar o molhamento da superfície das plantas e/ou da face interna do filme plástico. Isso ocorre em virtude da condensação do vapor d'água, resultante do resfriamento do ambiente até a temperatura do ponto de orvalho. Essa umidade relativa proporciona condições favoráveis ao aparecimento de doenças (SENTELHAS e SANTOS, 1995), ou ainda, a ocorrência de desordens fisiológicas, como deformação e necrose de tecidos foliares (OLIVEIRA, 1995).

Baêta e Souza (1997) comentam que as plantas têm um melhor crescimento em ambientes protegidos quando ficam expostas a umidade de 70 a 80 %, devido à redução do estresse evaporativo.

### **2.3.1.4 Evapotranspiração**

Segundo Sentelhas e Santos (1995), a evapotranspiração no interior de um ambiente protegido é menor do que àquela verificada externamente. Esse fato se deve basicamente à redução da radiação solar e da ação dos ventos, considerados os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera (HANAN et al., 1978). De uma forma geral, a evapotranspiração no

interior de um ambiente protegido é 60 a 80 % inferior à que ocorre no ambiente exterior (ROSENBERG et al., 1989 e SOARES, 2001).

Sentelhas e Santos (1995) elucidam que o comportamento da evapotranspiração no interior de ambientes protegidos é de extrema relevância para o conhecimento das necessidades hídricas das plantas, uma vez que a irrigação será a única forma de suprimento de água.

### **2.3.1.5 Luminosidade**

A luminosidade é essencial para todos os processos vitais da planta, pois exerce diversas funções em atividades importantes, como a fotossíntese, o fotoperiodismo, o crescimento dos tecidos, a floração e o amadurecimento dos frutos (CERMEÑO, 1994). Viana e Azevedo (2003) citam ainda que a luz solar influencia o tropismo, a dormência, a expansão da folha, a alongação do caule, a forma da clorofila e a floração em plantas sensíveis ao periodismo.

A luminosidade ótima é o máximo de luz que a planta consegue receber sem lhe causar danos, como queimaduras ou perda de coloração das folhas. Nesse sentido, Head (1997) acredita que a luminosidade está diretamente ligada à temperatura do ar e aos ventos, já que as temperaturas mais amenas reduzem os riscos de danos às plantas, quando as mesmas recebem uma maior quantidade de luz.

De acordo com Mary (2004), a aplicação do plástico em ambientes protegidos implica inevitavelmente na redução de energia irradiante, pois um filme plástico atenua a transmissão das radiações e reflete parte delas, incluindo algumas responsáveis por efeitos negativos no desenvolvimento das plantas. O autor complementa, citando que o uso de determinados filmes plásticos, como por exemplo, o PEBD, apesar de reduzir a incidência de radiação solar global, pode provocar o aumento da radiação solar difusa no interior de ambientes protegidos. Essa radiação, por ser multidirecional, propicia uma maior captação e aproveitamento da luz para a fotossíntese. Martins (1992) comenta que um filme PEBD possui transmitância de 80 % dentro de um espectro de 500 a 900 nm. Essa característica é de suma importância para as plantas, pois dentro do espectro global de radiação solar, somente a faixa compreendida entre 440 e 760 nm é reconhecida como radiação fotossinteticamente ativa.

Mary (2004) reporta que certas características, como a exposição do filme em locais de grande incidência de partículas suspensas (poeira), o método de fixação do filme e o maior período de uso (filme velho), podem afetar a transmitância da luz, de modo a reduzir sua



disponibilidade no interior de ambientes protegidos. Nestes ambientes, a luminosidade é atenuada de diferentes formas, dependendo do material de cobertura (SENTELHAS et al., 1997). Bliska e Honório (1996) atentam para a escolha do material de cobertura, pois estes podem alterar a quantidade de luz transmitida no interior do ambiente protegido.

### **2.3.2 Sombreamento em ambiente protegido**

Segundo Manrique (1993), as condições climáticas severas são os fatores mais limitantes no emprego do cultivo protegido. Nas condições de clima tropical, a radiação solar é a principal causadora das modificações climáticas em ambientes protegidos, pois exerce influencia direta na umidade relativa e na temperatura do ar. De acordo com Furlan (2001), no verão, o cultivo em ambientes protegidos sofre sérios problemas com temperaturas elevadas, pois, estas, além de prejudicarem o desenvolvimento das plantas ainda podem provocar a morte de muitas espécies vegetais. Nesse contexto, é muito importante o manejo do ambiente no sentido de amenizar os efeitos negativos de estresse ambiental provocado, principalmente, por excesso de radiação solar.

Entre os métodos utilizados para o manejo de ambientes protegidos, o uso de telas de sombreamento vem se destacando como uma das soluções de menor custo econômico. As telas de sombreamento foram concebidas inicialmente para atender as necessidades de radiação solar de plantas pouco exigentes em intensidade luminosa, especialmente, as ornamentais. Além disso, reduzem a radiação infravermelha em ambientes protegidos, sendo usadas como um método para o seu resfriamento (MARY, 2004). O autor considera que a utilização de sombreamento, como forma de redução da temperatura no interior de ambientes protegidos, é uma alternativa interessante, porém, por reduzir também a radiação solar, acaba prejudicando a fotossíntese.

O efeito do sombreamento em ambientes protegidos varia tanto em função do tipo e da coloração das telas como dos níveis de sombreamento empregados. Portanto, telas de coloração escura, com baixa transmitância e alta taxa de sombreamento, possuem maior capacidade de atenuação da radiação solar, quando comparadas às telas de coloração clara, com alta transmitância e baixa taxa de sombreamento. Alguns trabalhos, nesse sentido, comprovam essas características. Ricierce e Escobedo (1996) analisaram a transmissão da radiação solar no polietileno e na sua associação à tela preta de 50 % de sombreamento em túneis de cultivo forçado. Os resultados indicaram valores de 60 % para o polietileno e 18 % para o polietileno associado à tela de sombreamento. Sentelhas et al. (1997) realizaram um

experimento para verificar o efeito de telas de sombreamento de distintas colorações e mesmo nível de sombreamento na atenuação da radiação solar. Os autores verificaram que as telas branca, verde e preta apresentaram atenuações médias da radiação solar da ordem de 26,6, 41,2 e 55,4 %, respectivamente. Rocha (2002) estudou o desenvolvimento de duas espécies de bromélias em ambientes protegidos com diferentes alturas e níveis de sombreamento. Para isso, utilizou telas de polipropileno de cor preta com sombreamentos de 18, 40, 60 e 80 %. A autora comprovou que as telas de 60 e 80 % foram as que mais impediram a passagem da luminosidade. As respostas aos diferentes níveis de sombreamento são bastante variáveis entre as espécies, pois cada uma delas requer diferentes intensidades luminosas para o seu pleno desenvolvimento. Rocha (2002) avaliou o desenvolvimento de duas espécies de bromélias, a *Aechmea fasciata* e a *Guzmania cingulata*. A autora observou que a *A. fasciata* se desenvolveu melhor com 40 % de sombreamento e a *G. cingulata*, com sombreamentos de 60 a 80 %. Nota-se, então, a importância de se estabelecer níveis adequados de sombreamento para cada tipo de cultura, uma vez que elas apresentam distintas necessidades de luz e de outros fatores climáticos.

A floricultura é um setor altamente competitivo, que exige tecnologias avançadas, conhecimento técnico do produtor e um sistema eficiente de distribuição e comercialização. Esse setor encontra-se em pleno desenvolvimento no Brasil, com o mercado nacional crescendo cerca de 20 % ao ano (REGO, 2004). Com isso, o cultivo de flores e plantas ornamentais em ambientes protegidos tem aumentado bastante. Não obstante, apesar desta expansão, a produção destas culturas ainda é baseada, na maioria das vezes, em experiências empíricas dos próprios produtores, o que leva a obtenção de produtos com características variáveis, ou seja, que não seguem um padrão uniforme de qualidade. Portanto, é muito importante a realização de pesquisas, no sentido de fornecer informações técnicas sobre o correto manejo em ambientes protegidos.

## **2.4 Irrigação**

### **2.4.1 Lâmina de irrigação**

A vida se originou na água e praticamente todas as formas de vida estão, de alguma forma, intimamente relacionadas a ela, pois é no ambiente aquoso que os processos bioquímicos ocorrem (LARCHER, 2000).

Em relação às plantas, Kramer (1983) elucida que, além da água estar na composição da maior parte da massa vegetal, ela ainda participa direta ou indiretamente dos processos

fisiológicos dos vegetais. Para Miranda e Pires (2001), a água é o fator limitante para o desenvolvimento vegetal, já que a inadequada condição hídrica (excesso ou a escassez) pode afetar o crescimento, a sanidade e a produção das plantas.

A maneira correta de manter adequado o estado hídrico das plantas, evitando déficits ou excessos, é através da irrigação (MIRANDA e PIRES, 2001). Guidolin (1995) escreve que a irrigação é uma prática agrícola voltada principalmente para a produção de alimentos, mas que também enfoca outros campos, como a silvicultura, a produção de fibras e a floricultura, cuja área abrange o cultivo de flores e plantas ornamentais. A irrigação é freqüentemente usada para viabilizar a exploração agrícola em regiões de clima semi-árido e com secas regulares ou esporádicas (veranicos), pois minimizam os efeitos adversos provocados pela deficiência hídrica nas culturas (MIRANDA e PIRES, 2001). Gomes (1999) e Miranda e Pires (2001) definem irrigação como sendo um método artificial de aplicação de água na agricultura, cuja finalidade é atender às necessidades hídricas das plantas.

Gomes (1999) considera necessidade hídrica da cultura como sendo a água transferida para a atmosfera, na forma de vapor, pelos processos de evaporação do solo e transpiração das plantas. Seu efeito combinado (evaporação mais transpiração) é denominado de evapotranspiração. Um dos termos mais empregados para conceituar a evapotranspiração de uma cultura é a evapotranspiração potencial ou máxima. Ela representa a quantidade de água consumida em um determinado intervalo de tempo por uma cultura, em plena atividade vegetativa, livre de enfermidade e em um solo cujo conteúdo de água encontra-se próximo à capacidade de campo. Assim, Gomes (1999) considera que a necessidade hídrica de uma cultura pode ser considerada igual a sua evapotranspiração máxima. Bernardo (1995) e Miranda e Pires (2001) acreditam que o conhecimento da evapotranspiração máxima ou potencial da cultura em uma determinada região reveste-se como um pressuposto básico para o planejamento e o manejo da água na agricultura irrigada.

A evapotranspiração máxima da cultura (necessidade hídrica) depende de fatores do solo, da planta e do clima. Os fatores do solo estão relacionados, principalmente, com a caracterização química e física. Os fatores da planta incluem: espécie, albedo, área foliar, altura da planta e profundidade do sistema radicular. Os fatores climáticos, por sua vez, relacionam-se com: saldo de radiação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e vento (GUIDOLIN, 1995).

De acordo com Matzenauer (1992), os fatores mais preponderantes são aqueles ligados ao clima, ou seja, à demanda evaporativa do ar. Destes, a radiação solar é considerada o elemento de maior importância. Nesse sentido, vale salientar duas situações distintas que

ocorrem na floricultura, especialmente, no cultivo de plantas ornamentais, que inclui a produção no campo e em ambientes protegidos (casa de vegetação). Conforme explica Guidolin (1995), nestes ambientes, o fator climático é bastante distinto daquele encontrado em condições naturais, pois elementos climáticos fundamentais, como radiação solar e vento, são normalmente atenuados de modo a proporcionar condições ideais para o desenvolvimento das plantas (MARY, 2004). Assim, nessa condição, é provável que ocorra menor taxa evapotranspirativa e, conseqüentemente, menor consumo de água. Geralmente, a evapotranspiração no interior de um ambiente protegido é 60 a 80 % inferior à que ocorre no ambiente externo (SOARES, 2001).

O manual 33 da FAO informa que a evapotranspiração máxima do abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) varia entre 700 e 1.000 mm de água por ano, o que representa uma média entre 1,9 a 2,73 mm·dia<sup>-1</sup> (DOORENBOS e KASSAM, 2000). Pontes (2002) conduziu uma pesquisa no campo experimental do Curu (EMBRAPA), em Paraipaba-CE, com o objetivo de determinar a evapotranspiração máxima e o coeficiente de cultivo para a cultura do abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*), através de um lisímetro de pesagem. O autor encontrou uma evapotranspiração máxima de 1.519 mm de água para os 567 dias de duração do ciclo da cultura, o que deu uma evapotranspiração média de 2,67 mm·dia<sup>-1</sup>. Este valor representou uma concordância ou aproximação com os valores apresentados por Doorenbos e Kassam (2000). Portanto, é notável que a evapotranspiração máxima do abacaxizeiro é bastante reduzida. Esta característica da planta pode ser explicada, principalmente, pela baixa taxa de transpiração. A taxa de transpiração do abacaxizeiro chega a ser dez vezes menor do que aquela encontrada em plantas mesofíticas, pois varia de 0,3 a 0,5 mg de H<sub>2</sub>O·área foliar·hora<sup>-1</sup>. Isso acontece porque a planta apresenta o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM ou MAC), no qual a assimilação predominante de gás carbônico ocorre no período noturno. Esse fato faz do abacaxizeiro uma cultura com características únicas quando comparada às demais espécies cultivadas, já que este tipo de metabolismo confere à planta uma alta eficiência no uso da água, a qual consome menos de 100 g de água para cada grama de matéria seca acumulada (EKERN, 1965). Doorenbos e Kassam (2000) afirmam que o abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) pode sobreviver a longos períodos de seca com uma pequena lâmina d'água armazenada no solo, graças ao seu baixo consumo de água e à sua disposição foliar, que favorece a retenção de água. Ademais, a arquitetura foliar do abacaxizeiro ainda propicia um melhor armazenamento e distribuição da água aplicada (CARVALHO, 1998).

A cultura necessita de 500 a 1.000 mm anuais de chuvas bem distribuídas e, se ocorrerem três meses consecutivos de índices pluviométricos inferiores a 15 mm, ou quatro, inferiores a 40 mm, deve-se adotar suplementação via água de irrigação. Nas regiões em que a precipitação anual for inferior a 500 mm, recomenda-se a exploração da cultura somente com a prática da irrigação (DOORENBOS e KASSAM, 2000).

Para alcançar todos os objetivos da prática de irrigação, os quais englobam a maximização da produção, a racionalização do uso da mão-de-obra, energia, água e fertilizante, e a aplicação correta da água, é imprescindível adotar um correto manejo da irrigação (MIRANDA e PIRES, 2003). Para estes autores, o manejo da irrigação consiste na determinação de quanto, de quando e de como se aplicar a água, levando em conta diversos aspectos do sistema produtivo, como adubação (fertirrigação), controle fitossanitário (quimigação), informações climatológicas e econômicas, e manejos e estratégias de condução da cultura. Grassi Filho e Santos (2004) complementam, relatando que, além de quanto e quando, também é necessário determinar o que será irrigado, se o solo ou o substrato. Para Bernardo (2005), também é necessário conhecer o comportamento da cultura em função das diferentes quantidades de água fornecida e identificar as fases de desenvolvimento de maior consumo de água, e os períodos críticos, quando a falta ou o excesso provocaria quedas de produção.

Segundo Pereira et al. (1997), a lâmina d'água em excesso pode provocar perdas de água e lixiviação de nutrientes pela percolação abaixo da zona das raízes, favorecer a proliferação de microorganismos patógenos e, em terrenos mal drenados, provocar a saturação do solo. Andriolo (2004) mostra que a elevada umidade do solo pode modificar a participação da massa seca da planta e reduzir sua produtividade, devido aos problemas relacionados com a polinização e/ou fixação dos frutos. No caso de raízes, a umidade excessiva aumenta ainda o risco de aparecimento de moléstias.

Pereira et al. (1997) relatam ainda que a quantidade insuficiente de água proporciona uma redução da reserva útil do solo, prejudicando as plantas, desperdiçando recursos valiosos e aumentando os custos da água aplicada, além de acentuar os problemas relacionados com a salinização do solo. Para Larcher (2000), Lopes (2004) e Taiz e Zeiger (1991), a deficiência hídrica também gera redução da atividade fotossintética, conjuntamente com a diminuição do volume celular e o declínio da turgescência.

A insuficiência hídrica afeta o estado nutricional dos vegetais, pois reduz ou cessa a absorção de elementos minerais, que são componentes integrantes de enzimas, pigmentos ou ativadores do processo fotossintético. Assim sendo, Larcher (2000) acredita que o aporte

nutricional das plantas pode interferir negativamente na sua morfogênese, ou seja, no crescimento, tamanho e estrutura das folhas, ramos e raízes.

De acordo com Cuartero e Fernández-Muñoz (1999), um ambiente que apresenta reduzida ou inexistente lixiviação da água e altas taxas de evaporação, favorece o estabelecimento de um fluxo hídrico ascendente que provoca o acúmulo de sais (salinização). Esse processo de acúmulo de sais acaba por interferir no metabolismo dos vegetais.

Andriolo (2004) salienta que, no caso de substrato, o excesso de umidade favorece o surgimento de doenças e a lixiviação da água, e dificulta, até mesmo, a absorção de nutrientes pelas raízes em função de condições desfavoráveis de oxigenação. Outrossim, o déficit hídrico reduz bruscamente as atividades fisiológicas ligadas à divisão e ao crescimento das células, ou seja, reduz o crescimento das plantas (BERNARDO, 2005).

Segundo Pereira (2002), as plantas ornamentais normalmente são bastante susceptíveis à deficiência de água já que, nesta condição, costumam apresentar desenvolvimento precário e desuniforme. O abacaxizeiro, apesar de seu baixo consumo de água, é sensível ao déficit hídrico, especialmente durante o período de crescimento vegetativo, quando são determinados o tamanho e as características da floração e da frutificação. Todavia, vale salientar que a forma como o déficit hídrico afeta as plantas varia de acordo com a espécie e o seu estágio de desenvolvimento (DOORENBOS e KASSAM, 2000).

A lâmina de irrigação, conforme Doorenbos e Pruitt (1997), deve-se adaptar aos critérios de suprimento de umidade no solo relativo a cada cultura, classe de solo e clima. Assim sendo, a lâmina d'água deve ser cuidadosamente aplicada durante todo o período de desenvolvimento vegetativo da cultura para evitar problemas relacionados com o déficit ou com o excesso de umidade.

Para Vermeiren e Jobling (1997), a lâmina de água a ser aplicada pode ser calculada com base nas necessidades hídricas diárias da cultura (evapotranspiração). A evapotranspiração pode ser determinada por métodos que utilizam medidas diretas ou estimadas por métodos empíricos, aerodinâmicos, balanço de energia, combinados e correlação de turbilhões (PEREIRA et al., 1997). Bernardo (2005), Gomes (1999) e Pereira et al. (1997) destacam, entre os principais métodos que usam medida direta, a lisimetria e o balanço hídrico no solo. Com relação às estimativas, os métodos mais comumente empregados são os de Penman-Montheith (combinado), Tanque Classe A, Blaney-Criddle, Thornthwaite e Razão de Bowen.

Gomes (1999) afirma que uma quantidade de água deve ser aplicada às plantas com uma determinada frequência para suprir as necessidades hídricas, ou seja, para repor a água

consumida pela evapotranspiração da cultura. Alguns trabalhos mostram que certas plantas respondem de maneira diferente à utilização de determinadas quantidades de água. Dobashi et al. (1998) avaliaram o efeito de diferentes níveis de deficiência hídrica (40, 60, 80 e 100 % da água consumida) sobre a cultura da boca de leão (*Antirrhinum majus*). Concluíram que a maior lâmina aplicada, que correspondeu à reposição integral da água (100 %), proporcionou as maiores e as melhores inflorescências. Folegatti et al. (2001), por sua vez, pesquisaram o efeito de lâminas de irrigação na qualidade das hastes e botões florais de rosas cv. 'Osiana', cultivadas em ambiente protegido. Utilizaram 5 lâminas de irrigação (0,25, 0,50, 0,75, 1,00 e 1,25), determinadas a partir da evaporação de um tanque evaporimétrico reduzido. Os autores encontraram uma tendência linear de aumento do comprimento e do diâmetro das hastes e do comprimento e do diâmetro dos botões florais, quando se aumentou lâmina aplicada.

#### **2.4.2 Freqüência de irrigação**

A freqüência ou intervalo de irrigação, também denominado 'turno de rega', é o período (normalmente em dias) entre sucessivas irrigações (GOMES, 1999). Segundo Silva e Marouelli (1998), a freqüência de irrigação depende das características do solo, do clima e da cultura. Para os mesmos autores, a freqüência de irrigação deve ser definida em função do período para a qual foram determinadas as necessidades hídricas da cultura, no sentido de evitar a ocorrência de problemas relacionados com as aplicações excessivas ou deficitárias.

Silva e Marouelli (1998) acreditam que os métodos mais comumente usados para determinar a freqüência de irrigação são o balanço e a tensão de água no solo, o turno de rega pré-calculado e o turno de rega fixo.

O balanço de água é um método bem preciso, contudo, necessita de um monitoramento sistemático em tempo real e de fatores como precipitação pluviométrica, evapotranspiração, lâmina de irrigação e perdas por percolação profunda e escoamento superficial.

No método da tensão de água no solo, o manejo da irrigação é relativamente mais simples. A irrigação é sempre realizada quando a tensão de água no solo atinge um valor máximo que seja prejudicial ao desenvolvimento da cultura. Para esse método, é necessário o monitoramento contínuo da tensão de água no solo, normalmente, realizado por tensiômetros (SILVA e MAROUELLI, 1998).

O método do turno de rega pré-calculado, por sua vez, apesar de ser considerado menos criterioso, é um dos mais utilizados. Este método é dependente da capacidade de

armazenamento de água no solo, da espécie cultivada e da evapotranspiração média histórica da cultura. Por ser simples, é recomendado quando não se dispõe de dados e/ou equipamentos que permitam a utilização de um método mais eficiente (SILVA e MAROUELLI, 1998).

De acordo com Vermeiren e Jobling (1997), a irrigação baseada no método de frequência fixa é aquela na qual a água é aplicada em intervalos constantes de tempo para satisfazer às necessidades hídricas máximas da cultura. A adoção de um turno de rega fixo é extremamente conveniente para fins de controle de irrigação, pois facilita sobremaneira as programações da irrigação, da pulverização e de outros tratamentos culturais (SILVA e MAROUELLI, 1998). Existem condições em que a adoção de um turno de rega fixo não é só conveniente, mas sim, uma necessidade (projetos coletivos de irrigação, pesquisas científicas, reduzida disponibilidade de mão-de-obra, entre outros).

Atualmente, frequências de irrigação fixas são normalmente empregadas em ambientes protegidos, onde se costumam cultivar hortaliças, espécies florestais, mudas de fruteiras e, principalmente, flores e plantas ornamentais.

Bernardo (2005) também considera que a frequência de irrigação depende de fatores da planta, do solo, do clima e do manejo. Com isso, existem condições específicas que requerem maiores ou menores frequências de aplicação da água. As condições que tendem a requerer irrigações mais frequentes podem ser organizadas de acordo com cada fator. Para o fator planta, as condições são: raízes rasas, esparsas e de crescimento lento; maior desenvolvimento vegetativo durante períodos de alta demanda evaporativa; parte ou órgãos da planta colhida na forma de peso fresco. O fator solo inclui: solo raso ou mal estruturado; infiltração e drenagem lenta com baixas aerações; frequências de doenças no sistema radicular; solos com sais e/ou água de irrigação com alto teor de sal; solos com fertilidade e nutrientes concentrados na superfície. O fator clima envolve: alta demanda de evaporação; ausência de chuvas durante o período de crescimento; aridez. Para o fator manejo tem-se: plantio no início da estação seca; valor de mercado em função do peso verde ou tamanho do órgão colhido; máxima produção.

Para as condições que exigem a aplicação da água com menor frequência, a recíproca é verdadeira, ou seja, pode-se considerar que as condições que determinam a menor frequência de irrigação são inversas às aquelas que determinam a maior frequência.

Gervásio (2003) afirma que, ao contrário dos cultivos em solo, o manejo da irrigação em recipientes pequenos, como no cultivo em tubetes e bandejas, apresenta algumas particularidades. Lopes (2004) ressalta que, em ambientes protegidos, onde se cultiva em recipientes pequenos, deve-se adotar uma maior frequência de irrigação para prevenir o déficit



hídrico na fase inicial de desenvolvimento das plantas, pois, nestes recipientes, o volume de substrato disponível é muito reduzido.

O tipo de substrato utilizado é muito importante para a determinação da frequência de irrigação e do volume de água a ser aplicado. Em substratos com menor capacidade de retenção de água (areia, casca de arroz carbonizada, etc.), a irrigação deverá ser mais freqüente do que naqueles substratos com maior capacidade de retenção (húmus de minhoca, composto orgânico, pó da casca de coco, etc.). Doorenbos e Kassam (2000) elucidam que, quando a frequência de irrigação é alta, a quantidade de água presente é capaz de reduzir as concentrações de sais no extrato de saturação do meio (diluição) a níveis não perigosos para a cultura. Milner (2002) cita ainda que é importante fornecer um percentual de água além do necessário para prevenir o acúmulo de sais no meio. O autor comenta que esta é uma prática bastante adotada em Israel e em outros países, constituindo-se em um preciso método de manejo da irrigação e controle de sais.

Por um lado, irrigações muito freqüentes e com lâminas reduzidas costumam molhar somente alguns centímetros da camada superficial do substrato, o que facilita a maior perda de água pelo processo de evaporação, principalmente, em dias quentes e secos (WENDLING e GATTO, 2002). Essa condição acaba prejudicando o sistema radicular das plantas, pois o crescimento das raízes é limitado à porção superficial do substrato. Além disso, a evaporação pode trazer para a superfície, os sais contidos tanto na água de irrigação quanto no substrato. Taiz e Zeiger (1991) explicam que as plantas submetidas ao moderado estresse, por falta d'água ou salinidade excessiva, são estimuladas a acumular e manter altos níveis de solutos orgânicos no citoplasma, em detrimento da energia desviada de funções de crescimento. Esse acúmulo é uma maneira de reduzir o potencial osmótico interno das células e, com isso, o potencial da planta como um todo, gerando um gradiente favorável à absorção de água. Esse fenômeno, denominado pelos autores como ajuste osmótico, acaba por reduzir o crescimento da planta.

A alta frequência de irrigação com reduzida lâmina de água ainda pode favorecer o processo de evaporação, promovendo o secamento do substrato. Para Kramer e Boyer (1995), o secamento do material reduz o potencial de água e provoca a contração das raízes e do substrato. Desse modo, esta contração acaba reduzindo o contato do substrato com a raiz, aumentando a resistência à absorção de água. Por outro lado, as irrigações pouco freqüentes e com lâminas maiores acabam favorecendo a lixiviação de nutrientes e o surgimento de doenças como o *dampingoff* (tombamento). O excesso de umidade gerado por este tipo de

manejo cria condições desfavoráveis à circulação do ar no substrato, o que acaba prejudicando a aeração, logo, o desenvolvimento radicular da cultura (CARNEIRO, 1995).

Determinados experimentos demonstram os efeitos de diferentes freqüências de irrigação no desenvolvimento vegetal. Por exemplo, Bezerra (2002), trabalhando com coqueiro (*Cocos nucifera* L.), avaliou o efeito de diferentes freqüências de irrigação nas características produtivas da cultura. As freqüências testadas corresponderam a uma evaporação acumulada no Tanque Classe A de 0,01, 0,03 e 0,05 m de água. O autor concluiu que nenhuma das freqüências influenciou as características produtivas da cultura. Portanto, como não houve diferença estatística entre as lâminas adotadas, o autor recomendou a realização de experimentos com freqüências de rega menores. Ferreira et al. (1999) determinaram as relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* aclimatizadas através de 5 freqüências de irrigação. As mudas receberam 1, 2, 3, 4 e 5 irrigações diárias com 12,5 cm<sup>3</sup> por tubete. Os tratamentos hídricos influenciaram significativamente as variáveis relacionadas com a condutância estomática, transpiração e potencial hídrico das folhas. Os autores concluíram que os melhores resultados foram alcançados quando se utilizaram uma e duas irrigações diárias durante 15, dos 20 dias de aclimatização.

As pesquisas com irrigação em culturas para produção de alimentos são notavelmente maiores quando comparados com aquelas voltadas para o setor da floricultura. Nessa área, devido à escassez de informações, ainda predomina o empirismo, com a irrigação sendo utilizada muitas vezes de maneira irregular, propiciando problemas relacionados com excessos ou com deficiências de água. Para a cultura do abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), apesar da alta demanda por informações relativas ao seu cultivo, praticamente inexistem pesquisas voltadas para o manejo da água.

### **2.4.3 Microaspersão**

A irrigação localizada é um método de irrigação no qual a água é aplicada diretamente sobre a região radicular da planta, com pequena intensidade e alta freqüência, para manter a umidade próxima da ideal, ou seja, da capacidade de campo (MIRANDA e PIRES, 2003). Suas principais vantagens, conforme Costa e Vieira (1994), são: controle mais rigoroso da quantidade da água fornecida à planta; baixo consumo de energia elétrica; elevada eficiência de aplicação da água; menor desenvolvimento de ervas daninhas entre linhas de plantio; manutenção da umidade do solo próxima à capacidade de campo, facilidade de distribuição de fertilizante e de defensivo com a água de irrigação; uso de pouca mão-de-obra; facilidade de

automação e possibilidade de uso de água salina. Como desvantagens, Bernardo (2005) cita: entupimento dos emissores, distribuição deficiente do sistema radicular, exigência de filtragem altamente eficiente e alto custo inicial.

O método de irrigação localizada comporta diversos sistemas de aplicação da água, alguns menos conhecidos, como o xique-xique e as cápsulas porosas, e outros, mais conhecidos e amplamente difundidos, como o gotejamento e a microaspersão.

No Brasil, a microaspersão vem ganhando importância desde a sua recente implantação, em 1982, até os dias atuais. Hoje ela é considerada um dos principais sistemas de irrigação, em virtude de sua larga utilização nos mais diversos setores da agricultura. Portanto, seu emprego aplica-se a viveiros de mudas, mudas replantadas em pomares, plantas fruteiras, plantas de jardim, hortaliças, sementeiras, flores e plantas ornamentais.

O sistema de irrigação por microaspersão normalmente é formado por tubulação de adução, cabeçal de controle, tubulação principal, tubulações de derivação, tubulações laterais e emissores (GOMES, 1999; VERMEIREN e JOBLING, 1997). A tubulação de adução é responsável pela distribuição da água, oriunda de uma estação central de bombeamento ou uma estação elevatória, para o cabeçal de controle. O cabeçal de controle é composto por um ou mais filtros (tela, areia e disco), um equipamento de fertilização (tanque de fertilização ou bomba de injeção dosificadora) e as peças especiais de regulação e de controle (válvulas, ventosas, manômetros, etc.). Esse conjunto de componentes permite regular a pressão e a vazão, filtrar a água e introduzir elementos fertilizantes. A tubulação principal tem a função de transportar a água desde a fonte de abastecimento até as tubulações de derivação. Estas tubulações são responsáveis pelo transporte da água proveniente da tubulação principal até as tubulações laterais. As tubulações laterais distribuem a água a partir das tubulações de derivação até os emissores, também conhecidos como microaspersores ou difusores. Os emissores dispõem somente de um bocal de diâmetro compreendido entre 0,8 a 1,8 mm, cuja declividade com a horizontal varia entre 4 e 7 %. Funcionam a uma pressão de serviço situada entre 10 e 20 mca e distribuem vazões entre 20 e 40 L·h<sup>-1</sup>, a um alcance que varia entre 1 e 3 m. Estas peças constituem a parte essencial do sistema, pois são responsáveis pelo suprimento de pequenas vazões às plantas com uma uniformidade aceitável em toda a parcela ou unidade a irrigar (GOMES, 1999). Para a CIENTEC (2006), os difusores são emissores que não possuem partes móveis, de modo que a distribuição da água é realizada por defletores. Os microaspersores são emissores que possuem uma parte móvel, a bailarina, que define o raio de alcance e o padrão de distribuição de água conforme sua concepção

hidráulica. Alguns possuem funções especiais, como operação em posição invertida e função anti-inseto.

De acordo com Tombolato et al. (2002), a aplicação de água através da microaspersão pode ser efetuada acima ou ao nível das plantas. A irrigação realizada acima do nível apresenta maior facilidade de controle, de manutenção e de limpeza do sistema, além de ser mais econômica, já que necessita de um menor número de emissores e tubulações. Mary (2004) relata que o uso da microaspersão pode melhorar as condições de temperatura e umidade em ambientes protegidos, através do processo de resfriamento evaporativo. Nesse método, a água com partículas diminutas, geradas por bicos nebulizadores, é evaporada, promovendo a redução da temperatura e o aumento da umidade relativa. Os inconvenientes desse tipo de aplicação são os elevados gastos com água e a maior incidência de doenças, provocadas pelo molhamento constante das folhas. A aplicação de água pela microaspersão ao nível das plantas proporciona o não molhamento da folhagem, com conseqüente redução da incidência de doenças. Porém, esse esquema necessita de uma maior quantidade de emissores, devido à menor distância de alcance da água (TOMBOLATO et al., 2002).

Atualmente, o uso da microaspersão acima do nível das plantas predomina quase em absoluto no processo de aclimatização de plantas micropropagadas, principalmente, aquelas de elevado valor comercial, como flores e plantas ornamentais. A aclimatização envolve o cultivo de plântulas, normalmente sob recipientes plásticos (tubetes) ou de isopor (bandejas), em ambiente protegido. Nessa condição, a microaspersão se sobressai como método de aplicação de água, pois proporciona as melhores condições para o estabelecimento e o desenvolvimento das mudas.

A água pulverizada pelos emissores (nebulizadores) permite o melhor controle da umidade, deixando-a mais ou menos elevada, conforme a necessidade da cultura. As gotículas de água no ar, em contato com as folhas, são cruciais para redução do estresse hídrico e absorção de água e nutrientes (sais) para a fotossíntese, uma vez que as mudas em seu estágio inicial apresentam algumas deficiências anatômicas, como a presença de estômatos pouco ou não funcionais, reduzida ou inexistente cera protetora das folhas e raízes pequenas e/ou pouco ramificadas (TORRES et al., 1998).

A microaspersão também facilita o trabalho e proporciona uma melhor uniformidade de distribuição de água, tanto em vasos, mas principalmente em tubetes e bandejas, que permitem a manipulação de um grande grupo de plantas (NUNES, 2000; TORRES et al., 1998).

Torres et al. (1998) alertam para certos cuidados no uso da microaspersão. É importante usar emissores que criem gotas de menor tamanho possível, como os emissores geradores de neblina (*fogger*), pois gotas muito grandes danificam as folhas, expõem as raízes das plantas e encharcam o substrato ou solo. É aconselhável evitar nebulização excessiva durante todo o processo de aclimatização, pois a mesma é extremamente favorável ao rápido desenvolvimento de todo tipo de microrganismo. Além do mais, o excesso de nebulização pode promover a lavagem das soluções nutritivas ou dos defensivos aplicados via foliar, ou ainda, proporcionar a lixiviação dos nutrientes contido no solo ou substrato. Portanto, a microaspersão deve proporcionar uma alta umidade no ambiente até que as mudas apresentem sinais de crescimento. Após esse momento, a irrigação deve ser reduzida gradativamente.

A microaspersão tem sido amplamente empregada no cultivo ou aclimatização de plantas micropropagadas em ambiente protegido, especialmente, na área de flores e plantas ornamentais. Esse fato pode ser evidenciado através de trabalhos realizados por diversos pesquisadores nas mais variadas culturas, tais como: bromélias (MORAES et al., 2005; RODRIGUES et al., 2003); helicônias (BEZERRA et al., 2005; TIMBÓ et al., 2004); antúrio (SILVA et al., 2004); gérbera (SOUZA et al., 2005a); limônio (FIOR et al., 2004); amoreira-preta (VILLA et al., 2004).

## **2.5 Cultivo em substratos**

Segundo Costa (2003), o cultivo de plantas em substratos é um processo muito importante para o sistema de produção agrícola, por permitir um controle mais rígido da nutrição mineral e da irrigação. Além disso, esse tipo de manejo permite contornar condições desfavoráveis, como baixa fertilidade química, impedimentos físicos, problemas com salinização, incidência de pragas e doenças e outros. As principais vantagens do cultivo de plantas em substratos, quando comparadas ao cultivo no solo, são o manejo adequado da água, o fornecimento de nutrientes em doses e épocas apropriadas, a redução dos riscos de salinidade no meio radicular e a possibilidade de reduzir os problemas de ordem fitossanitária (FAO, 1990).

Substrato para plantas é o meio em que se desenvolvem as raízes dos vegetais, cultivados fora do solo até o campo (BATAGLIA e FURLANI, 2004; KÄMPF, 2000). O substrato é o meio em que as raízes proliferam-se para fornecer suporte estrutural à parte aérea das mudas e também as quantidades necessárias de água, oxigênio e nutrientes (GOMES e SILVA, 2004; RÖBER, 2000). Para Abad e Noguera (1998), o termo substrato se

aplica a todo material sólido, natural ou sintético, residual, mineral ou orgânico, distinto do solo, que é introduzido em um recipiente, em forma pura ou em mistura, para permitir o desenvolvimento do sistema radicular e, assim, exercer o papel de suporte para as plantas. Portanto, substrato é o meio que garante, através de sua fase sólida, a manutenção mecânica do sistema radicular; de sua fase líquida, o suprimento de água e nutrientes e, de sua fase gasosa, o suplemento de oxigênio e o transporte de dióxido de carbono entre as raízes e o meio externo (LAMAIRE, 1995).

Muitos autores discutem que características um substrato deve ter para ser considerado ideal. Na realidade, o termo “substrato ideal” não existe, uma vez que o substrato é apenas um componente dentro de um complexo agroecossistema hortícola (ABAD e NOGUERA, 1998). Sendo assim, o melhor substrato pode variar em função de diversos fatores, como: tipo de material vegetal, espécie cultivada, condições climáticas, tamanho e forma do recipiente, irrigação e fertirrigação, aspectos econômicos, experiência local de sua utilização, entre outros (MURRAY, 2001).

Um substrato, para ser considerado de boa qualidade, deve propiciar uma emergência uniforme e um bom desenvolvimento das plantas, sem a ocorrência de sintomas de deficiência nutricional ou de fitotoxicidade (EKLUND et al., 2001). Além disso, Milner (2002) relata que um bom substrato deve ser facilmente disponível, apresentar reduzido custo, ter baixa densidade, ser quimicamente inerte e apresentar baixo grau de degradação durante os cultivos, mantendo suas características e permitindo o seu uso por um maior número possível de vezes. Para Santos et al. (2000), o substrato deve ainda apresentar homogeneidade, boa porosidade, boa capacidade de campo, adequada capacidade de troca catiônica e isenção de pragas e patógenos.

Com isso, observa-se que a escolha de substratos deve ser baseada, entre outros fatores, nas características físicas, químicas e biológicas, pois, segundo Cordão Terceiro Neto (2004), estas características podem influenciar as respostas das plantas na fase de aclimatização. As características físicas do substrato são muito importantes para o adequado equilíbrio entre os seus constituintes, principalmente no que diz respeito à relação entre o espaço ocupado pela água e o espaço ocupado pelo ar (LOPES, 2004).

Segundo Verdonck (1983), as propriedades físicas em um substrato que merecem maior atenção são: densidade, porosidade total, espaço de aeração e capacidade de retenção de água.

Densidade (massa específica) do solo ou substrato é a relação entre a massa de sólidos e o volume total ocupado pela porção do meio considerado. Segundo Miranda e Pires (2001),

a densidade é um importante índice que expressa a compactação. Milks et al. (1989) explicam que aumentando a densidade do substrato em um recipiente, aumenta-se o conteúdo de sólidos por unidade de volume, em consequência, muitas propriedades físicas são modificadas. Portanto, considerando o mesmo material, maiores densidades reduzem a porosidade total, com maior influência no espaço de aeração.

A porosidade total de um substrato é um índice que expressa a relação entre o volume de poros e o volume total deste substrato. Este índice indica, portanto, quanto por cento do volume do substrato é constituído por poros (GOMES, 1999).

A retenção da água entre as partículas depende da geometria do espaço poroso, ou seja, da forma e do tamanho dos poros. Nesse sentido, a dimensão dos poros é importante para estabelecer o quanto um substrato é capaz de regular o fornecimento de água e ar às plantas (HANDRECK e BLACK, 1999).

Drzal et al. (1999) classificam os poros em macroporos, mesoporos, microporos e ultramicroporos. Os macroporos são os poros que não retêm água sob a força exercida pela gravidade, sendo esse espaço ocupado por ar e denominado espaço de aeração. Malvestiti (2004) reporta que a altura de um recipiente influencia o espaço de aeração. Segundo Drzal et al. (1999), a altura do recipiente limita a altura do substrato, determinando o volume de macroporos ou espaço de aeração. Com isso, quanto maior a altura do recipiente, maior a altura do substrato e, conseqüentemente, maior a quantidade de ar disponível às raízes.

Os mesoporos retêm água às tensões de 10 a 50 cm de coluna d'água. Grassi Filho e Santos (2004) consideram essa água como 'água facilmente disponível' para as plantas, sendo esta faixa a ideal para o desenvolvimento vegetal. Os microporos retêm água às tensões entre 50 e 100 cm de coluna d'água, sendo esta considerada como a reserva de água para as plantas (DRZAL et al., 1999). Para os mesmos autores, os ultramicroporos caracterizam o espaço poroso que retêm água às tensões maiores que 100 cm de coluna d'água. Esta água, retida nessas tensões, é aquela considerada indisponível para as plantas.

Estas características demonstram que, à medida que a dimensão dos poros diminui, a água contida no substrato se torna mais retida (capilaridade e tensão superficial). Portanto, a capacidade de retenção de água é tanto maior quanto menor for a dimensão dos poros. Cordão Terceiro Neto (2004), ao avaliar as propriedades físicas de certos substratos, concluiu que aqueles que apresentaram uma maior percentagem de microporos foram os que tiveram o maior potencial para reter água. Estas características de retenção mostraram que os substratos mantiveram uma boa reserva de água para as plantas.

A aeração e a retenção de água são fenômenos complexos, pois dependem de inúmeros fatores como: componentes do substrato, tipos de recipiente, manuseio do substrato (compactação, umidade, maneira de enchimento dos recipientes antes do plantio) e práticas de irrigação adotadas (TAVEIRA, 1996).

Diversos autores caracterizam o substrato fisicamente adequado, entre eles, Verdonck et al. (1983) relatam que um substrato deve atender a certos requisitos, como: porosidade total não ultrapassar 85 % do seu volume e apresentar de 20 a 30 % de ar, de 20 a 30 % de água facilmente disponível e de 4 a 10 % de água de reserva. Groot (1995) acrescenta, elucidando que, além destas características, o substrato deve apresentar qualidade constante durante todo o período de cultivo, permitindo uma distribuição homogênea de água em sua estrutura, uma alta condutividade hidráulica e a possibilidade de realização de medidas do conteúdo de água, condutividade elétrica e pH.

Kämpf (2000) e Cordão Terceiro Neto (2004) concordam que as propriedades químicas que merecem maior destaque no cultivo em substratos são o pH, a capacidade de troca de cátions e a salinidade.

O pH é definido como a atividade do íon hidrogênio, expresso como o logaritmo negativo de sua concentração. O valor de pH determina a acidez ou a alcalinidade relativa de um meio. Valores de pH inferiores a 6,9 indicam acidez, enquanto valores superiores a 7,1 representam alcalinidade (AQUINO, 2004). Para o mesmo autor, o pH exerce efeitos diretos e indiretos sobre as plantas. Os efeitos diretos estão relacionados com a ação tóxica do íon  $H^+$  sobre o desenvolvimento das raízes. Os efeitos indiretos referem-se às influências do pH sobre a disponibilidade dos nutrientes essenciais, elementos tóxicos e produção das plantas.

O pH elevado (alcalinidade) provoca a precipitação de micronutrientes, como zinco, cobre, ferro, manganês e boro, mas por outro lado, aumenta a disponibilidade de molibdênio e cloro. Os micronutrientes exercem diversas funções no metabolismo vegetal, no entanto, a mais importante é a ativação enzimática. Entre algumas funções pode-se citar a síntese de clorofila (ferro e zinco), o crescimento de meristemas (boro), a respiração (manganês e cobre), a fixação simbiótica de nitrogênio (cobre, molibdênio e ferro) e a fotólise da água (manganês e cloro) (AQUINO, 2004). Os sintomas de deficiência dos micronutrientes são distintos, entretanto, de uma maneira geral, as plantas costumam apresentar clorose foliar.

A acidez (pH reduzido) afeta a disponibilidade de nutrientes, produzindo condições bióticas desfavoráveis à fixação de nitrogênio e à atividade de micorrizas, e aumentando a infecção por alguns patógenos (SANTOS et al., 2000).



Aquino (2004) salienta que, no geral, a acidez do meio está associada às deficiências de cálcio e magnésio e à presença de alumínio em níveis considerados tóxicos. O cálcio estimula o desenvolvimento das raízes, auxilia a fixação simbiótica de nitrogênio e aumenta a resistência às pragas e doenças (AQUINO et al., 1993). Também é importante na ativação enzimática, regulação do movimento de água nas células e divisão celular.

A deficiência de cálcio, segundo Martinez (2004), pode provocar a queima de bordos, a podridão estiolar e o amarelecimento das pontas de folhas jovens. Aquino (2004) acrescenta que a deficiência reduz o crescimento normal das raízes. Os sintomas de deficiência de cálcio tendem a ocorrer nas folhas mais novas, na forma de folhas mal formadas, deformadas e cloróticas, e ainda, a morte de gemas apicais (MARTINEZ, 2004).

O magnésio é a parte essencial da molécula de clorofila, promove a formação de açúcares e lipídios, atua como carregador de fósforo nas membranas celulares e auxilia absorção de outros nutrientes (AQUINO et al., 1993). A deficiência de magnésio pode provocar nas folhas, clorose internervural e necrose e, na planta, redução da sua altura. Os sintomas de deficiência ocorrem primeiro nas folhas mais velhas, na forma de clorose internervural (RAVEN et al., 2001).

Para Waller e Wilson (1984), a acidez apresenta maior importância na redução da disponibilidade de nitrogênio, enxofre e potássio.

De acordo com Aquino et al. (1993), o nitrogênio é o nutriente mais exigido pelas plantas. Seu efeito mais visível é a vegetação exuberante, já que estimula a formação e o desenvolvimento de gemas frutíferas e floríferas, promove o maior perfilhamento e aumenta o teor de proteínas. A deficiência de nitrogênio leva ao aparecimento de plantas atrofiadas e com copa amarelada. Seus sintomas de deficiência ocorrem nas folhas mais velhas, que se tornam amareladas. Em caso grave de deficiência, o amarelecimento das folhas se torna generalizado (AQUINO, 2004; RAVEN et al., 2001).

O enxofre aumenta a vegetação, a frutificação, o teor de óleo, gorduras e proteínas e, ainda, favorece a fixação simbiótica de nitrogênio (AQUINO et al., 1993). Aquino (2004) afirma que o enxofre é parte essencial das proteínas, já que toda proteína contém enxofre. A deficiência de enxofre promove o retardamento no crescimento da planta. Seus sintomas aparecem primeiro nas folhas mais novas na forma de clorose (RAVEN et al., 2001).

O potássio é o segundo macronutriente mais concentrado nas plantas. Ele participa de diversas reações metabólicas importantes, como o crescimento meristemático, o regime hídrico da planta, a fotossíntese, o transporte de carboidratos na planta e a ativação enzimática. A deficiência de potássio provoca redução no crescimento da planta, na absorção

de água, no turgor celular e no crescimento de raízes. Seus sintomas de deficiência são a queima das pontas e das margens das folhas, e a diminuição do tamanho e queda dos frutos (AQUINO, 2004; RAVEN et al., 2001).

Malvestiti (2004) atenta para a faixa de pH recomendada para o plantio. Ele acredita que este valor deve estar compreendido entre 5,2 e 6,3. O autor acrescenta, informando que as propriedades químicas de um substrato estão sujeitas às grandes alterações, em função da qualidade da água de irrigação e do tipo de manejo de fertilização adotados.

A propriedade de troca de cátions em substratos ativos é de extrema importância no processo de retenção de elementos químicos em forma disponível para as plantas (BATAGLIA e FURLANI, 2004). A CTC ou capacidade de troca de cátions é quantidade de cargas eletrostáticas da superfície, negativamente carregada, de um substrato por unidade de peso ou volume. Estas cargas negativas são balanceadas por cátions (íons de carga positiva) que ficam retidos em forma trocável nessas superfícies, em equilíbrio dinâmico com a solução (FONTENO, 1996; HANDRECK e BLACK, 1999). Bataglia e Furlani (2004) explicam que íons de carga positiva da solução aquosa são atraídos por cargas elétricas negativas da superfície de certos minerais, como argila ou húmus. Assim, esses cátions são adsorvidos às superfícies por forças elétricas fracas, de modo que podem passar novamente para a solução aquosa quando a planta necessita. Portanto, a CTC funciona como uma reserva de nutrientes, pois os cátions retidos ficam menos sujeitos às perdas por lixiviação e passam para a solução aquosa à medida que são absorvidos pelos vegetais.

A CTC está relacionada com o tipo e a quantidade de matéria orgânica no substrato, e com o pH do meio. A carga negativa na superfície da matéria orgânica pode variar com o pH, pois o aumento deste pode provocar a perda de íons  $H^+$  de grupos orgânicos, elevando a carga elétrica negativa. Nesse sentido, quanto maior o valor de pH, maior a quantidade de cargas elétricas negativas e, com isso, mais elevada a CTC. Esta, por seu turno, é proporcional ao conteúdo de matéria orgânica do substrato (BATAGLIA e FURLANI, 2004). Fonteno (1996) recomenda que o valor da CTC deve estar entre 6 e 15 meq·100 mL<sup>-1</sup> para uma ampla reserva de nutrientes. Já Handreck e Black (1999) sugerem um valor de 5 a 10 meq·100 mL<sup>-1</sup>.

Kämpf (2000) escreve que, na utilização de materiais alternativos, em misturas não industrializados, é importante conhecer o nível de salinidade do substrato para evitar perdas na produção. De acordo com Wilson (1984), a condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução, fornecendo um parâmetro para a estimativa da salinidade do substrato. A salinidade pode provocar efeitos nocivos nas plantas, pela redução e desigualdade de crescimento, presença de coloração verde-azulada e queimadura nas bordas

das folhas, além de manchas no solo (MIRANDA e PIRES, 2001). A salinidade afeta as plantas através da redução do potencial osmótico do meio, que reduz a disponibilidade de água no substrato; por meio da toxicidade, através do acúmulo de íons específicos e pelo efeito indireto de ordem nutricional, incluindo o que ocorre pela desestruturação do solo (AYERS e WESTCOT, 1999). As plantas variam quanto à tolerância em relação aos níveis de salinidade e ao estresse hídrico. Para Ayers e Westcot (1999), o abacaxizeiro é uma planta moderadamente tolerante à salinidade. Isso significa que a cultura tolera uma CE de 0,7 a 3  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Os autores salientam que variação deste limite, de 10 a 20 % para mais ou para menos, tem pouca importância quando considerada conjuntamente com outros fatores que podem afetar os rendimentos.

Koide et al. (1999) relatam que as características biológicas favoráveis podem estar presentes nos substratos orgânicos. Assim, alguns compostos e microorganismos antagônicos podem auxiliar na supressão de patógenos. Contudo, alguns componentes da matéria orgânica, tidos como fitotoxinas, podem causar injúrias e, conseqüentemente, provocar a morte de plantas quando presentes em substratos. Nesse aspecto, deve-se ter cuidado ao usar certos tipos de substrato. Handreck e Black (1999) reportam que muitas cascas e serragens contêm fitotoxinas, variando de acordo com a espécie.

### **2.5.1 Tipos de substrato**

Diversos materiais podem ser empregados como substrato para o cultivo de várias espécies vegetais (COSTA, 2003). Para Kämpf (1992), os substratos podem ser de origem animal (húmus, esterco, etc.), vegetal (tortas, serragens, etc.), mineral (vermiculita, areia, etc.) e artificial (isopor, espuma fenólica, etc.). Algumas destas matérias-primas já são consagradas como substratos para plantas, como é o caso da casca de arroz, areia, subprodutos da madeira, fibra de madeira, compostos de lixo domiciliar e urbano, compostos de restos de poda, solo mineral, xaxim e húmus (FONTENO, 1996; KÄMPF, 2000; SCHIE, 1999).

Costumeiramente, os próprios produtores têm formulado seus substratos a partir de várias matérias-primas, puras ou em misturas, disponíveis em suas regiões. Nunes (2000) ressalta que os materiais mais usados na formulação de substratos são a casca de arroz, a vermiculita, a casca de árvores, a fibra ou pó do coco maduro (seco), o húmus de minhoca, o composto orgânico, a terra, etc. Santos et al. (2000) explicam que, como não é fácil encontrar materiais puros com características adequadas para um bom substrato, a estes são adicionados

outros materiais, melhorando-os química e fisicamente, integrando a mistura e funcionando como condicionadores.

Fonteno et al. (1981) relatam que, atualmente, a maior parte dos substratos é uma combinação de dois ou mais componentes, realizada para alcançar propriedades químicas e físicas adequadas às necessidades de cada cultivo. Neste aspecto, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de caracterizar as combinações de substratos que são mais apropriadas para cada tipo de cultivo.

#### **2.5.1.1 Pó-de-coco seco**

As indústrias que fazem o processamento de coco maduro para a produção de óleo e outros produtos geram uma grande quantidade de resíduos formados, em grande parte, pelas cascas ou mesocarpo grosso do fruto (ROSA et al., 2001a). Estas cascas são normalmente usadas como combustível de caldeiras ou, ainda, processadas para o beneficiamento de fibras empregadas na fabricação de cordoalhas (conjunto de cordas), tapetes, esteiras e outros produtos (CEMPRE, 1998). O processamento da fibra, por sua vez, gera uma quantidade significativa de pó e fibras curtas como rejeito. Estima-se que a cada quilo de fibra produzida sejam geradas aproximadamente dois quilos de pó e fibras curtas (APPC, 1996). Os substratos obtidos a partir de frutos maduros do coco têm se mostrado como um dos melhores meios de cultivo para a produção de vegetais (ROSA et al., 2001a e 2002).

O pó do coco maduro é um material vegetal 100 % natural, renovável, muito leve e bastante parecido com as melhores turfas de *Sphagnum*, encontradas no norte da Europa e na América do Norte. Atualmente, o pó do coco seco está sendo indicado como substrato agrícola, tanto por possuir uma estrutura física vantajosa, que proporciona alta porosidade e elevada retenção de umidade, como por ser um material biodegradável (ROSA et al., 2002). Aliás, no mundo atual, pautas ecológicas questionam a utilização de matérias-primas não renováveis ou de difícil regeneração, ou até mesmo materiais de difícil biodegradação (MALVESTITI, 2004).

As características físicas e químicas do pó-de-coco seco variam bastante em função do processamento industrial para sua obtenção e da origem do material. Com relação às propriedades químicas, o resíduo de coco maduro apresenta pH ótimo para o cultivo e salinidade de média à elevada (ROSA et al., 2002). Rosa et al. (2001b) ressaltam que esta salinidade não é um fator limitante para a sua utilização como substrato, uma vez que um programa adequado de rega é eficiente na remoção de sais solúveis em excesso. Cordão

Cordão Terceiro Neto (2004), utilizando pó-de-coco seco na aclimatização de mudas de violeta africana (*Saintpaulia ionantha* Wendl), encontrou para este substrato, 75,81 % de porosidade total, 19,86 % de espaço de aeração, grande potencial para retenção de água (55,95 % de microporos), 6,02 de pH, 0,08 dS·m<sup>-1</sup> de CE (após a lavagem com água) e 60,43 cmol·kg<sup>-1</sup> de CTC. Esses resultados comprovaram mais uma vez, a excelente qualidade do pó-de-coco seco como substrato agrícola, já que seus atributos físicos e químicos foram adequados ao desenvolvimento das mudas de violeta africana.

Diversas pesquisas estão sendo conduzidas com a finalidade de estudar o desempenho deste novo material no cultivo de uma grande gama de espécies. Em um determinado experimento, Rosa et al. (2002) utilizaram os substratos casca de arroz carbonizada, pó da casca do coco verde e pó da casca do coco maduro, para enraizar estacas de crisântemos, estabelecidas em bandejas plásticas. Os autores verificaram, ao término do trabalho, que o pó da casca do coco maduro foi um dos substratos que apresentou o melhor resultado no enraizamento, pois proporcionou mais espessura e volume às raízes nas estacas do crisântemo.

Silva et al. (2004) avaliaram o efeito de alguns substratos na aclimatização de mudas micropropagadas de antúrio (*Anthurium andreaum*). Os substratos testados foram pó-de-coco seco, pó-de-coco seco mais bagana, pó-de-coco seco mais palha de arroz carbonizada, pó-de-coco seco mais palha de arroz carbonizada mais húmus, bagana de carnaúba, vermiculita e dois substratos comerciais. Aos 90 dias de cultivo, foram avaliadas as variáveis número médio de folhas por planta, altura das plantas e pesos fresco e seco das partes aérea e radicular das plantas. Os autores concluíram que o pó-de-coco seco se destacou entre os substratos testados, pois proporcionou as maiores médias de altura de planta, peso fresco e seco da parte aérea e, ainda, não diferiu estatisticamente dos outros substratos quanto à produção de matéria seca do sistema radicular e da parte aérea.

### **2.5.1.2 Pó-de-coco verde**

Segundo Rosa et al. (2001b), o aumento do consumo de água-de-coco verde e a vocação natural para a sua industrialização vêm causando problema de disposição final do resíduo gerado, ou seja, das cascas do fruto. Assim, por não apresentarem as mesmas características desejáveis das fibras de coco maduro, as fibras de coco verde acabam não sendo beneficiadas pelas indústrias, de forma que as cascas são normalmente descartadas. Esse descarte está sendo considerado um grande problema ambiental, pois as cascas do fruto

verde, que representa cerca de 80 a 85 % do peso bruto do coco, acabam sendo enviadas para grandes centros urbanos, onde ficam acumuladas nos próprios centros ou em lixões e aterros sanitários. Além disso, este descarte ainda representa um custo adicional às empresas de beneficiamento que se vêem obrigadas por lei a realizar a coleta deste resíduo.

Diante disso, vários trabalhos estão sendo realizados no sentido de minimizar esse problema e, de alguma forma, encontrar um aproveitamento viável para os resíduos não beneficiados pelas indústrias do setor. Um destes trabalhos já é realizado pela Embrapa Agroindústria Tropical, que está verificando a potencialidade da casca de coco verde como substrato para o cultivo das mais variadas espécies vegetais. Segundo Rosa et al. (2002), esse material, com características adequadas a um substrato agrícola, só é obtido mediante a operação de dilaceração, moagem e secagem.

Kämpf e Fermino (2000) salientam que a composição química da casca do coco verde varia bastante em função da origem do material, da época do ano e da quantidade de chuvas. Rosa et al. (2001b) acrescentam que, devido esse material ser muito variável quanto aos níveis de salinidade e nutriente, é imprescindível a sua caracterização em termos de condutividade elétrica, pois dependendo do tipo de cultivo a ser utilizado, poderá ser necessária uma etapa de lavagem.

Silva (1999) realizou a caracterização física e química do pó-de-coco verde no Laboratório de Solo e Água da Embrapa Agroindústria Tropical. A análise física desse material, quanto à densidade aparente e à capacidade de retenção de água, mostrou que o pó-de-coco verde possuía uma grande capacidade de retenção de umidade, já que foi capaz de reter água em valor equivalente a cerca de cinco vezes o seu peso seco. Com relação às propriedades químicas, a análise revelou uma concentração de sódio equivalente a uma condutividade elétrica de  $4,74 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Entretanto, a lavagem do material com água foi capaz de lixiviar o excesso de sal e, com isso, reduzir a condutividade elétrica para níveis inferiores a  $1,5 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Quanto ao pH, o material apresentou valores compreendidos entre 4,8 e 5,2.

Cordão Terceiro Neto (2004), ao aclimatizar mudas micropropagadas de violeta africana (*Saintpaulia ionantha* Wendl) em diferentes substratos, realizou a caracterização física e química do pó-de-coco verde. Quanto às propriedades físicas, o material apresentou 76,03 % de porosidade total, 24,31 % de espaço de aeração e 51,72 % de microporosidade. Com relação às propriedades químicas, os resultados da pesquisa revelaram valores de 5,31, 53,42 e 1,53 para pH, CTC e CE (após lavagem com água), respectivamente. Portanto, os resultados do experimento demonstraram que o pó-de-coco verde foi um substrato agrícola adequado ao desenvolvimento de violeta africana em condições de aclimatização.

Lemle (2005) elucida que o pó-de-coco verde possui boas características físicas, como retenção de umidade, porosidade e densidade, de forma que, quando usado em mistura com um substrato comercial, melhora estas características e ainda torna o material mais leve. Além disso, a sua utilização em mistura reduz o custo de aquisição de substratos comerciais industrializados e ajuda a eliminar o excesso de resíduo (casca).

Atualmente, a EMBRAPA e outras instituições (universidades, empresas agrícolas, etc.) estão desenvolvendo pesquisas com o pó-de-coco verde para verificar a sua aplicabilidade como substrato agrícola nos mais diversos setores da agricultura, como fruticultura, horticultura, silvicultura, olericultura e floricultura. Amaral et al. (2004) realizaram uma pesquisa para avaliar o crescimento de duas bromélias (*Vriesea gigantea* e *Neoregelia sheba*) cultivadas nos substratos com diferentes proporções de pó-de-coco verde e esterco bovino, em comparação com o substrato utilizado pelo produtor. Ao fim do experimento, os autores concluíram que os substratos contendo pó-de-coco verde proporcionaram um bom desenvolvimento das duas espécies. Em um experimento com singônio (*Singonium podophyllum*), Souza e Jasmim (2004) avaliaram o crescimento da planta em diversos substratos à base de pó-de-coco verde. As variáveis analisadas foram a altura da planta, o diâmetro do caule, o número de nós, o número de folhas, a área foliar, o volume de raízes subterrâneas e o teor de nutrientes na planta. As autoras verificaram que os melhores resultados para as características morfológicas foram observados nas plantas cultivadas em substrato contendo a mistura de pó-de-coco verde mais adubo comercial.

### **2.5.1.3 Húmus de minhoca**

Húmus é um complexo coloidal amorfo, de cor marrom a preta, de natureza variada e oriundo da decomposição de restos vegetais e animais depositados no solo (AQUINO, 2004). Húmus de minhoca, também conhecido com vermicomposto, é um tipo de húmus gerado a partir de excrementos do aparelho digestivo da minhoca, que apresenta altos teores de matéria orgânica e sais minerais (KIEHL, 1985). Segundo Longo (1987), o húmus de minhoca é, em média, 70 % mais rico em nutrientes do que os húmus convencionais. Além do mais, é rico em microrganismos benéficos às raízes, possui pH neutro, alta retenção de água e mineralização lenta da matéria orgânica. Kiehl (1985) acrescenta que o húmus de minhoca possui, em relação a uma camada de solo fértil, cinco vezes mais nitrogênio, duas vezes mais cálcio, o dobro de magnésio, sete vezes mais fósforo e onze vezes mais potássio.

O húmus de minhoca usado como substrato possui inúmeras vantagens, como boa consistência dentro de recipientes, média a alta porosidade e drenagem, alta capacidade de retenção de água e nutrientes, elevada fertilidade, boa formação do sistema radicular, pH equilibrado (neutro) e melhor controle biológico de patógenos e doenças (GONÇALVES e POGGIANI, 1996).

De acordo com Aquino (2004) e Aquino et al. (1993), o húmus é capaz de exercer influência benéfica sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do meio.

Quanto às propriedades físicas, o húmus melhora a agregação que, por sua vez, favorece o aumento da capacidade de armazenamento de água (3 a 4 vezes o seu peso), a redução dos riscos de compactação, erosão e lixiviação, e a melhoria das condições de aeração, para favorecer a germinação de sementes e o crescimento e funcionamento das raízes.

Com relação às propriedades químicas, o húmus, através da lenta mineralização, libera todos os nutrientes essenciais à planta, incluindo N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes; aumenta a CTC do meio, o que proporciona a retenção de nutrientes e água para a planta; funciona como agente quelante, retendo formas disponíveis de certo micronutrientes ou controlando a toxidez de outros (Fe, Al, Mn) e aumenta o poder tampão para pH, nutrientes, temperatura e umidade (AQUINO, 2004).

Para as propriedades biológicas, Aquino et al. (1993) afirmam que o húmus aumenta a atividade biológica do meio, especialmente, dos organismos aeróbios responsáveis pela oxidação do N, P, S, fixação do nitrogênio e solubilização do fósforo mineral.

Salvador et al. (2001) realizaram uma pesquisa em casa de vegetação para avaliar o efeito de 10 tipos de substrato no crescimento de samambaia-matogrossense (*Polypodium aureum* L.). Aos 120 dias de cultivo, os autores concluíram que o substrato composto por húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada proporcionou melhores características fitotécnicas e qualidade comercial da cultura.

#### **2.5.1.4 Vitasolo<sup>®</sup>**

Hoje em dia, muitos substratos comerciais são empregados indistintamente em diferentes espécies vegetais, cujas formulações e propriedades são praticamente desconhecidas e, cujos desempenhos, como meio de cultivo, ainda não estão bem estabelecidos. Um desses substratos comercializados regionalmente é o Vitasolo<sup>®</sup>.



Segundo Santos et al. (2004a), o Vitasolo<sup>®</sup> é um adubo natural, cujos compostos orgânicos e minerais são bioquimicamente estabilizados. Apresenta matéria orgânica superior a 48 %, alta retenção de umidade e pH próximo da neutralidade. Esse produto é tradicionalmente comercializado no mercado regional como adubo completo.

Atualmente, esse composto está sendo utilizado em mistura com outros substratos, no cultivo de algumas espécies vegetais. Santos et al. (2004a) avaliaram a eficiência de três substratos agrícolas e dois adubos na aclimatização de plântulas de *Heliconia psittacorum*. Os substratos utilizados foram o pó da casca de coco seco, pó da casca de coco verde e casca de arroz carbonizada, enquanto que os adubos empregados foram o húmus de minhoca e o Vitasolo<sup>®</sup>. As variáveis analisadas, em 95 dias de cultivo, foram a altura das plantas, o diâmetro do pseudocaule, o número de folhas e a área da terceira folha. Os resultados obtidos, no que se referem aos adubos, mostraram que o Vitasolo<sup>®</sup>, apesar de não ter superado o húmus quanto às variáveis altura e diâmetro do pseudocaule, não diferiu estatisticamente do mesmo nas variáveis número de folhas e área foliar. Em outro experimento, Marques et al. (2003) avaliaram o efeito de diferentes substratos na formação de mudas de cajueiro anão precoce. Utilizaram para tanto, cinco substratos com combinações variadas de casca de arroz carbonizada, Vitasolo<sup>®</sup>, pó da casca de coco seco e Orgafil<sup>®</sup>. Os autores concluíram que, de uma maneira geral, não foram observadas diferenças marcantes, resultantes da utilização dos substratos avaliados. Com os resultados obtidos, os autores salientaram que o uso do bioadubo Vitasolo<sup>®</sup> combinado com os outros substratos orgânicos, além de ter proporcionado bons resultados na produção de mudas em tubetes, ainda contribuiu para a valorização de resíduos agroindustriais.

## **2.6 Cultivo em recipientes**

O hábito de cultivar em recipientes tornou-se uma atividade econômica explorada em todo o mundo. Segundo Gomes et al. (2003), a produção de mudas em recipientes é o sistema mais utilizado, principalmente, por proporcionar a melhor qualidade das plantas, o melhor controle da nutrição e a proteção das raízes contra danos mecânicos e desidratação, além de permitir o manejo mais adequado no local de cultivo, no transporte, na distribuição e, finalmente, no plantio.

Diversas são as funções ou mesmo vantagens do cultivo em recipientes. Os recipientes proporcionam um meio para suportar e nutrir as plantas (FONSÊCA, 2001); protegem as raízes contra decapeção e danos mecânicos (FONSÊCA, 2001; GOMES et al., 2003);

oferecem uma conformação vantajosa para as raízes das mudas (FONSÊCA, 2001); proporcionam a melhor utilização do espaço da estufa; facilitam a semeadura e tratamentos culturais, como irrigação, desbaste, controle fitossanitário, etc. (BEZERRA, 2003) e maximizam a sobrevivência no campo (FONSÊCA, 2001). Calvete (2004) e Daniel et al. (1982) acrescentam que a maior sobrevivência em campo ocorre porque a utilização de recipientes proporciona a menor interferência no sistema radicular, na ocasião do transplante, resultando em maior uniformidade e percentagem no pegamento das mudas.

De acordo com Sancho (1988), um dos grandes desafios na produção de mudas em recipientes é assegurar o crescimento e a produção de biomassa aérea com volume limitado de raízes, restritas a um pequeno volume de substrato. Isso porque quanto menor o espaço disponível ao sistema radicular, mais difícil será o suprimento de fatores de produção que garantam o crescimento otimizado e o desenvolvimento normal das plantas (MENEZES JÚNIOR et al., 2000).

Diante disso, Queiroz e Mélem Júnior (2001) salientam que o tamanho do recipiente influencia diretamente o custo final, já que daí resulta a quantidade de substrato a ser utilizada, o espaço que irá ocupar no local de cultivo, a mão-de-obra utilizada no transporte, a remoção para a aclimatização e a retirada para a entrega ao produtor, além da influência na quantidade de insumos que irá necessitar.

A forma e o tamanho do recipiente influenciam a dinâmica da movimentação da água. De acordo com Fermino (2002), quanto maior a altura do recipiente, mais elevado será o fluxo de água. Isso acontece porque a base do recipiente funciona como uma barreira onde a água encontra-se à pressão atmosférica zero. Dessa forma, a reduzida altura de determinados recipientes costuma dificultar a drenagem, elevar a capacidade de retenção de água e, com isso, promover o encharcamento do substrato.

Nesse contexto, Whaite e Martalerz (1966) definiram o conceito de capacidade de recipiente, na definição do volume de água retido após a irrigação. Assim, os autores definiram capacidade de recipiente, como a máxima quantidade de água que permanece no substrato após a drenagem e antes da evaporação. Para um mesmo substrato, a altura da camada saturada é a mesma, independente da altura do recipiente, após saturação e livre drenagem da água. Isso significa que o conteúdo relativo de água em um recipiente de altura reduzida é sempre maior do que o conteúdo relativo de água em um recipiente de altura mais elevada. Esta situação explica porque a capacidade de recipiente é sempre superior à capacidade de campo, para um mesmo material (FERMINO, 2002). Portanto, a altura do

recipiente limita a altura de substrato e, dessa forma, a capacidade de recipiente, determinando o espaço de aeração, ou seja, a percentagem de ar no volume de substrato.

Nesse sentido, Kämpf (2002) acredita que recipientes pequenos, com volume entre 5 e 50 mL e altura entre 2 e 7 cm (células das bandejas), necessitam de substratos com porosidade total acima de 90 % e densidade abaixo de  $200 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Os recipientes com volumes entre 50 e 500 mL e altura entre 5 e 15 cm, denominados tubetes, sacos ou vasos, necessitam de substratos não tão porosos e nem com a densidade excessivamente reduzida.

Os volumes dos recipientes influenciam a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Normalmente, os recipientes de maior volume proporcionam a melhor arquitetura do sistema radicular (PARVIAINEN, 1981), o maior volume de raízes, que melhora a absorção de nutrientes, e a obtenção de mudas mais vigorosas e de melhor qualidade (BEZERRA, 2003). Pesquisas têm comprovado, de uma maneira geral, que as mudas de melhor qualidade são obtidas a partir de recipientes de maior volume. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Cardoso e Costa (1999) na produção de bulbinhos de cebola em bandeja de isopor. Barros (1997), ao estudar o comportamento de diferentes recipientes na produção de mudas de tomate e pepino, concluiu que quanto maior o volume do recipiente empregado, maior foi o peso total, o peso da matéria seca da parte aérea e também, a maior área foliar das plântulas.

Os recipientes de menor volume reduzem o crescimento e o vigor das mudas e ainda restringem o desenvolvimento do sistema radicular (BEZERRA, 2003). Nesmith e Duval (1998) relatam que a restrição das raízes afeta o crescimento, a fotossíntese, o teor de clorofila nas folhas, a absorção de água e nutrientes, a respiração, o florescimento e até a produção. Além disso, a maior quantidade de raízes em recipiente com pequena capacidade volumétrica contribui para a redução do espaço poroso e maior competição por oxigênio. Não obstante, as plantas com restrição radicular, quando transplantadas para o local definitivo de cultivo, tornam-se incapazes de compensar a evapotranspiração, mesmo estando bem irrigadas (PEREIRA e MARTINEZ, 1999). Os autores citam ainda que se as plantas forem pequenas, pode ocorrer deficiência de oxigênio e enovelamento das raízes. Portanto, é de se esperar que a permanência da muda em recipientes pequenos após o transplântio seja reduzida, no sentido de evitar este tipo de problema.

Existe uma certa contradição quanto a utilização de recipientes grandes e pequenos. Os recipientes grandes, apesar de proporcionarem um melhor desenvolvimento das mudas, acabam gerando, devido às suas grandes dimensões, maiores custos de produção, de transporte, de distribuição e de plantio. Por outro lado, os recipientes pequenos, mesmo podendo limitar de alguma maneira o desenvolvimento das plantas, possuem custos

relativamente menores quanto ao substrato, transporte, distribuição e plantio, além de menor ocupação física da área de cultivo (GONZALES, 1988). Outrossim, certos trabalhos têm demonstrado que nem sempre os maiores recipientes proporcionam a obtenção de melhores plantas em campo, uma vez que as mudas cultivadas em recipientes menores, mesmo menos desenvolvidas, conseguem se recuperar de tal forma que acabam se igualando em desempenho no local definitivo de plantio. Pesquisas comparando o desempenho de duas mudas produzidas em recipientes menores (mudas pequenas) com mudas produzidas em recipientes maiores (mudas grandes) mostraram que as diferenças iniciais de altura e diâmetro tenderam a desaparecer com o passar do tempo (KIISKILA, 1999). Nesse aspecto, Carneiro (1995) reporta que o estudo das dimensões adequadas é de grande importância, pois recipientes com volume acima do recomendado provocam gastos desnecessários, aumentam a ocupação da área de cultivo e os custos com transporte, manutenção e distribuição das mudas no campo.

Portanto, a escolha do tipo de recipiente a ser utilizado na formação de mudas deve ser baseada no custo de aquisição, na durabilidade do material, no tamanho e na forma, na facilidade de operação, na área ocupada no local de cultivo e nas características para a formação de mudas de boa qualidade (GONÇALVES, 1995; MACEDO, 1993).

## **2.6.1 Tipos de recipiente**

### **2.6.1.1 Bandejas coletivas**

A utilização de bandejas coletivas é relativamente recente no Brasil. Sua introdução no país ocorreu há quase vinte anos, período este em que já eram usadas comercialmente na Europa e em países como os Estados Unidos (MINAMI, 1994).

Minami (1995) salienta que os recipientes para acondicionamento coletivo, compostos por pequenas células tipo *plugs*, atualmente, são os mais usados, pois permitem a produção de mudas de maneira segura, eficiente, viável e em escala comercial.

Fabricadas em polipropileno fotoestabilizado (plástico) ou poliestireno expandido (isopor), as bandejas coletivas podem ser conceituadas como canteiros móveis, com células individuais em formato piramidal invertido. Entre estas bandejas, aquelas fabricadas em isopor possuem um efeito isolante térmico mais eficiente, de maneira a possibilitar um melhor desenvolvimento das mudas, mesmo em condições de temperaturas adversas.

Segundo Nunes (2000), o uso de bandejas de isopor apresenta certas vantagens, como: maior rapidez na formação das mudas; obtenção de maior quantidade de mudas por grama de

semente; menores gastos com substratos, adubos e agrotóxicos (OLIVEIRA et al., 1993); maior índice de pegamento no transplântio (MINAMI, 1995; MODOLO e TESSARIOLI NETO, 1999); maior desenvolvimento do sistema radicular e maiores facilidades na seleção de mudas e distribuição no local de transplântio.

Souza et al. (1997) acrescentam ainda que a produção de mudas em bandejas de isopor possui inúmeras vantagens em relação à produção tradicional de mudas em recipientes individuais. Entre estas vantagens, destacam-se: raízes e mudas mais vigorosas e saudáveis; mudas uniformes, com tamanho adequado e perfeito equilíbrio entre área foliar e raízes; menor risco de transmissão de doenças, pragas e sementes de plantas daninhas; redução do choque de transplântio; alta percentagem de pegamento em campo; diminuição do trabalho de plantio, com menores custos de aquisição com sementes, substratos, fertilizantes, defensivos e água; redução da mão-de-obra e de transporte de mudas; economia de espaço físico; melhor programação do plantio; possibilidade de reutilização; condições de trabalho mais confortáveis, higiênicas e seguras, diminuindo a fadiga para o trabalhador e melhoria da qualidade do produto final.

Atualmente, são encontradas no comércio bandejas de isopor com 12 até 700 células (CALVETE, 2004). Modolo e Tessarioli Neto (1999) relatam que no mercado existem diversos modelos de bandejas com diferentes números de células individuais, com profundidade e volume diversos, e com formatos variáveis, podendo ser redondas e piramidais, com a possibilidade de reutilização. Todavia, a grande maioria possui as dimensões em torno de 68 cm de comprimento e 34 cm de largura, é leve, resistente à umidade e com orifício na base de cada célula proporcionando uma poda natural do sistema radicular, por meio do vento e da luz, que acabam provocando a poda ou secamento natural das pontas das raízes (SOUZA et al., 1997).

No Brasil, as bandejas mais comuns são as de 288 células e 4,7 cm de profundidade, indicada para acelga, alface, almeirão, beterraba, brócolis, chicória, couve, couve-flor, repolho, mostarda e fumo; de 128 células e 6 cm de profundidade, para abóbora, aipo, berinjela, ervilha, espinafre, feijão de vargem, jiló, melancia, melão, moranga, morango, pepino, pimenta, pimentão, quiabo, tomate, cana-de-açúcar, citrus, fumo, maracujá, pêssego e várias ornamentais; de 128 células e 12 cm de profundidade, para abóbora, café, citrus, eucalipto, maracujá, pêssego, pinus, seringueira e ornamentais, e de 72 células e 12 cm de profundidade, para algaroba, cacau, jojoba, mamão, seringueira, urucum e ornamentais (MINAMI, 1994). Também existem outros tipos de bandejas, como por exemplo, as bandejas de 284, 242 e 200 células. De acordo com Gomes et al. (2003), as pesquisas com recipientes

têm sempre considerado o princípio de que o sistema radicular é importante, devendo possuir boa arquitetura e condições apropriadas para favorecer a sobrevivência e o crescimento inicial em campo. Hoje em dia, as pesquisas estão voltadas, em sua maioria, para o cultivo de mudas em bandejas de isopor com 288, 200, 128 e 72 células. Resende et al. (2003), trabalhando com alface americana, avaliaram a influência de tipos de bandeja de isopor no desenvolvimento e na produtividade da cultura. Foram testados três tipos de bandeja, correspondentes a 128, 200 e 288 células. Com os resultados, os autores verificaram que a bandeja de 128 células proporcionou maior massa fresca e seca, número de folhas e altura das plantas. Quanto à produtividade comercial, a maior foi obtida com as mudas produzidas em bandejas de 128 células, seguida das bandejas de 200 e 288 células. Marques et al. (2000) avaliaram o efeito de bandejas de 128, 200 e 288 células sobre a produção de mudas de alface cv. 'Vera' e o seu posterior desempenho no campo. Para a produção das mudas, foram avaliados o comprimento da raiz e o número de folhas, enquanto que para o desempenho em campo, avaliaram-se o comprimento da raiz e os pesos fresco e seco da parte aérea. Os autores concluíram que as melhores mudas (maior comprimento das raízes e número de folhas) foram produzidas com a bandeja de 128 células. No que diz respeito a planta adulta em campo, as bandejas de 128 e de 200 células não difeririam estatisticamente quanto às variáveis analisadas. Tanto na produção de mudas quanto no desempenho em campo, a bandeja com 288 células apresentou os piores resultados.

### **2.6.1.2 Tubetes**

A utilização de tubetes para o cultivo de mudas teve início na década de 70 e foi amplamente difundida no Brasil para mudas de espécies vegetais de crescimento acelerado, com finalidades comerciais, em função de suas vantagens operacionais, econômicas e biológicas (JOSÉ et al., 2005). Silva et al. (2000) salientam que o sistema de produção em tubetes é considerado um procedimento sólido, de fácil condução e com grande aceitação por parte dos produtores. O uso de tubetes de polipropileno, como recipiente de cultivo, permite aumentar o grau de automatização do local de cultivo, reduzir gastos e tempo de produção das mudas, ao mesmo tempo em que se observa a crescente melhoria do seu padrão de qualidade (GONÇALVES, 1995).

Os tubetes são recipientes que contêm quatro, seis e oito frisos internos longitudinais e equidistantes, que possuem a capacidade de direcionar o sistema radicular no sentido vertical, em direção à base do recipiente, onde existe um orifício para a drenagem do excesso de

umidade e saída das raízes, o que promove a sua poda pelo ar (CARNEIRO, 1985). O autor acrescenta que esses frisos ou estrias longitudinais internas são de suma importância para prevenir o crescimento de raízes em forma de espiral (enovelamento). O enovelamento das raízes, provocado pelo uso de recipientes com paredes lisas, como por exemplo, sacos plásticos, tem prejudicado o desenvolvimento de várias plantas em campo, haja vista que o crescimento em espiral das raízes, durante a formação das mudas, acaba perdurando no local definitivo de plantio. Portanto, esta ou outras características benéficas têm contribuído para uma utilização cada vez maior deste tipo de recipiente na produção de mudas das mais variadas espécies.

Morais et al. (2004) elucidam que, nos últimos anos, o uso de tubetes plásticos vem crescendo muito em virtude da economia de espaço físico no viveiro, da redução nos gastos com substrato, da facilidade de transporte e, principalmente, da necessidade de produção de mudas livres de nematóides. Lima (1986) afirma que o sistema de cultivo em tubetes facilita sobremaneira o isolamento do local de cultivo, a proteção contra nematóides e outras doenças de solos, a maior facilidade no controle de pragas e doenças da parte aérea e a preservação da integridade das raízes durante a fase de produção das mudas.

Alguns autores citam as diversas vantagens do uso de tubetes para a formação de mudas vegetais, como: possibilidade de formação do sistema radicular sem enovelamento e crescimento inicial mais rápido logo após o plantio; certas facilidades operacionais de transporte de mudas por caminhão (SIMÕES, 1987); maior comodidade para tratos culturais (VICHATO, 1996); facilidade de execução do cronograma de produção de mudas (FAGUNDES e FIALHO, 1987); menor ocupação da área de plantio; menor peso; redução dos custos de transporte das mudas e menores gastos com distribuição e plantio nas covas (GOMES et al., 1990).

Atualmente, o mercado oferece tubetes de tamanho e formato diferenciados, indicados para várias espécies de plantas. Os mais comuns são os tubetes de formato cônico, com volumes em torno de 30 cm<sup>3</sup> (sementes de hortaliças), 50 cm<sup>3</sup> (sementes de eucaliptos, nativas pequenas, maracujá, etc.), 80 cm<sup>3</sup> (pequenas sementes que precisam de maior tempo de viveiro), 110 cm<sup>3</sup> (mudas de café, pupunha, laranja, etc.), 120 cm<sup>3</sup> (sementes nativas e mudas ornamentais), 290 cm<sup>3</sup> (sementes de nativas em geral, ornamentais, cacau, etc.) e 380 cm<sup>3</sup> (sementes nativas) (PLANTAGRO, 2005).

As pesquisas relacionadas à produção de mudas em tubetes de plástico estão concentradas predominantemente nas culturas florestais, no entanto, alguns trabalhos já estão sendo realizados com outras espécies vegetais. Nesse contexto, Gomes et al. (2002) avaliaram

a qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em tubetes de plástico com volumes de 50, 110, 200 e 280 cm<sup>3</sup>. Os autores recomendaram, com base nos resultados obtidos, a utilização do tubete de 110 cm<sup>3</sup> para as mudas com 90 dias de idade, já que esse recipiente foi o que proporcionou a maior altura das plantas. Cunha et al. (2002) realizaram um experimento com o objetivo de testar distintos tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Os recipientes testados foram tubetes de 50, 120 e 275 cm<sup>3</sup>. Para a avaliação do desenvolvimento da muda foram determinados a altura das plantas, o diâmetro do caule e o número de pares de folhas verdadeiras. Ao final do experimento, o tubete que apresentou o melhor desenvolvimento das mudas foi o de 120 cm<sup>3</sup>.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização do experimento

O presente trabalho foi conduzido em um túnel alto de cultivo forçado (viveiro) pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, no período de maio a agosto de 2005. A área está situada no município de Fortaleza-CE, com as coordenadas geográficas correspondentes a 3°44' de latitude sul, 38°33' de longitude oeste e 19,5 m de altitude acima do nível do mar.

#### 3.2 Clima da região

De acordo com a classificação climática de Köppen (1923), o clima da região é do tipo Aw', caracterizado como clima tropical chuvoso, de savana tropical, com a época mais seca no inverno e com o máximo de chuvas no verão. Para Thornthwaite (1948), o clima é do tipo C<sub>2</sub>WA'a', qualificado como úmido à sub-úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, apresentando evapotranspiração potencial superior a 1.140 mm, concentrada no verão.

Os valores médios mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e de velocidade do vento a 2 m de altura, registrados durante o experimento pela estação meteorológica automática da Universidade Federal do Ceará, encontram-se dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e velocidade do vento a 2 m de altura, Fortaleza-CE, 2005.

Mês	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Radiação Solar Global (W·m <sup>-2</sup> )	Velocidade do Vento (m·s <sup>-1</sup> )
Maio	24,91	79,87	1154,89	1,55
Junho	26,07	78,69	1199,51	1,59
Julho	26,40	72,02	1086,29	1,96
Agosto	26,71	68,29	1121,32	2,48

Fonte: Estação meteorológica automática da Universidade Federal do Ceará (UFC).

#### 3.3 Substratos empregados

Foram usados, como substratos, quatro materiais orgânicos combinados na proporção volumétrica de 3:1: pó-de-coco seco com húmus de minhoca (PCS+H); pó-de-coco seco com Vitasolo<sup>®</sup> (PCS+V); pó-de-coco verde com húmus de minhoca (PCV+ H) e pó-de-coco verde com Vitasolo<sup>®</sup> (PCV+V).

Os adubos orgânicos húmus de minhoca e Vitasolo<sup>®</sup> foram obtidos já devidamente prontos no comércio local. Os pós-de-coco verde e seco, por sua vez, tiveram que ser processados em equipamentos apropriados, instalados nas mediações da Embrapa Agroindústria Tropical. Sua obtenção foi realizada mediante a moagem da casca, seguida de peneiramento.

Com isso, todos os materiais orgânicos já devidamente prontos foram levados a um local apropriado para a realização das misturas, as quais resultaram na obtenção de quatro distintas combinações de substratos, com proporções equivalentes a três partes de pó-de-coco e uma parte de adubo orgânico.

A análise química dos substratos foi efetuada no Laboratório de Solo e Água da Embrapa Agroindústria Tropical, a partir de amostras retiradas da combinação de cada substrato (Tabela 2).

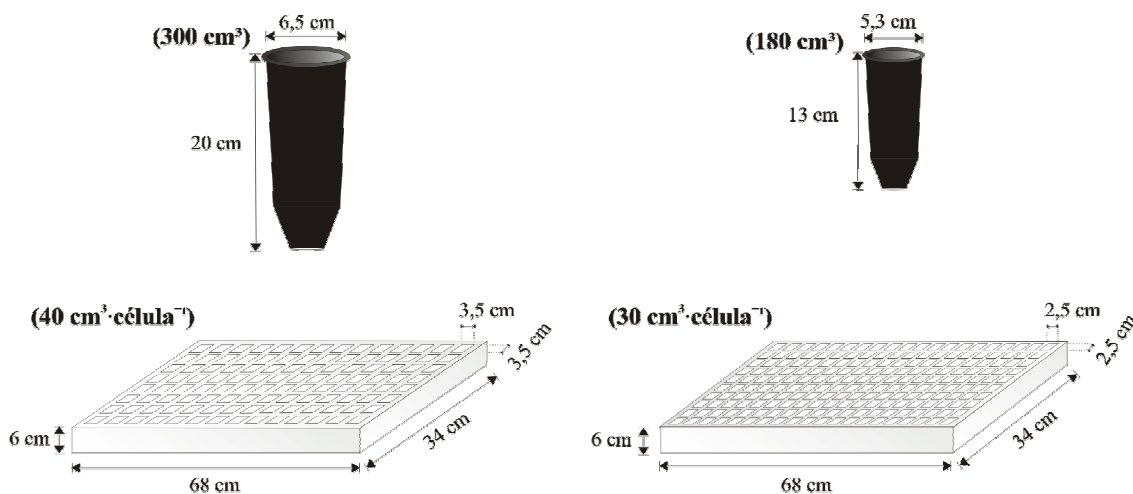
**Tabela 2.** Características químicas dos substratos pó-de-coco seco mais húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco seco mais Vitasolo<sup>®</sup> (PCS+V), pó-de-coco verde mais húmus de minhoca (PCV+ H) e pó-de-coco verde mais Vitasolo<sup>®</sup> (PCV+V), Fortaleza-CE, 2005.

Característica química	Resultado			
	PCS+V	PCS+H	PCV+V	PCV+H
pH	5,1	5,5	6,4	6,7
Ca (g·kg <sup>-1</sup> )	45,2	27,2	55,4	29,6
Corg (g·kg <sup>-1</sup> )	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	48,0	65,0	51,2	63,0
Fe (mg·kg <sup>-1</sup> )	7.680	4.800	6.320	5.760
K (g·kg <sup>-1</sup> )	8,5	5,2	11,1	11,0
Mg (g·kg <sup>-1</sup> )	23,0	8,2	25,5	8,6
Mn (mg·kg <sup>-1</sup> )	300	230	340	250
N (g·kg <sup>-1</sup> )	8,85	19,17	10,38	12,80
Na (g·kg <sup>-1</sup> )	0,19	0,20	0,24	0,38
P (g·kg <sup>-1</sup> )	7,11	6,24	8,71	6,20
C/N	< 1	< 1	< 1	< 1
S (g·kg <sup>-1</sup> )	21,60	15,25	25,53	15,41
Umidade (%)	18	15	16	32
Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	2.800	2.560	2.840	2.680
CE (dS·m <sup>-1</sup> )	0,6	1,8	3,1	4,9

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Embrapa Agroindústria Tropical-CE;  
(pH) potencial hidrogeniônico, (Corg) carbono orgânico, (CE) condutividade elétrica.

### 3.4 Recipientes utilizados

Para a acomodação dos substratos, foram utilizados quatro tipos de recipiente (Figura 3), com formas e capacidades volumétricas distintas: tubete de 300 cm<sup>3</sup>; tubete de 180 cm<sup>3</sup>; bandeja de 40 cm<sup>3</sup>·célula<sup>-1</sup> e bandeja de 30 cm<sup>3</sup>·célula<sup>-1</sup>.



**Figura 3.** Tubete de 300 cm<sup>3</sup>, tubete de 180 cm<sup>3</sup>, bandeja de 40 cm<sup>3</sup>·célula<sup>-1</sup> e bandeja de 30 cm<sup>3</sup>·célula<sup>-1</sup>, Fortaleza-CE, 2005.

Os dois tipos de tubete foram formados por material plástico do tipo polietileno rígido, de coloração preta, de formato cônico e afunilado, aberto na extremidade inferior e com pequenas estrias longitudinais (8 frisos). Diferiam entre si através do diâmetro, da altura e, conseqüentemente, do volume suportado. Seus respectivos valores foram 6,5 cm, 20 cm e 300 cm<sup>3</sup> para o tubete maior e 5,3 cm, 13 cm e 180 cm<sup>3</sup> para o tubete menor.

As duas bandejas foram constituídas de poliestireno expandido (isopor), de coloração branca e com células de formato piramidal invertida, abertas na extremidade inferior. A bandeja maior apresentava 68 cm de comprimento, 34 cm de largura e 128 células, cada uma, com 6 cm de profundidade, 3,5 cm de largura e 40 cm<sup>3</sup> de volume. Já a bandeja menor tinha 68 cm de comprimento, 34 cm de largura e 288 células, estas, com profundidade de 6,0 cm, largura de 2,5 cm e volume de 30 cm<sup>3</sup>, cada.

### 3.5 Preenchimento dos recipientes

Foram preenchidos com os substratos, um total de 910 tubetes pequenos, 70 tubetes grandes e as bandejas grande e pequena. Desse total, 700 tubetes pequenos, 70 tubetes grandes e as 140 células das duas bandejas (BG e BP) com a combinação pó-de-coco verde mais húmus de minhoca. Dos 210 tubetes pequenos restantes, 70 foram preenchidos com pó-

de-coco verde mais Vitasolo<sup>®</sup>, 70 com pó-de-coco seco mais húmus de minhoca e 70 com pó-de-coco seco mais Vitasolo<sup>®</sup>.

### 3.6 Estrutura experimental

O túnel alto de cultivo forçado (viveiro), de formato semicircular e orientação leste-oeste, apresentava 45 m de comprimento, 5 m de largura e 2 m de altura, comportando aproximadamente um volume de 357 m<sup>3</sup>. Toda a sua estrutura encontrava-se completamente coberta por uma tela de sombreamento para reduzir 50 % da luminosidade (Figura 4).

Em seu interior, foi instalado um túnel semicircular de 1,8 m de altura, revestido por uma camada de plástico transparente, para proteger as plantas e o sistema de irrigação contra a influência de intempéries climáticas, principalmente, a incidência direta de ventos e precipitações pluviométricas (Figura 5).

### 3.7 Sistema de irrigação

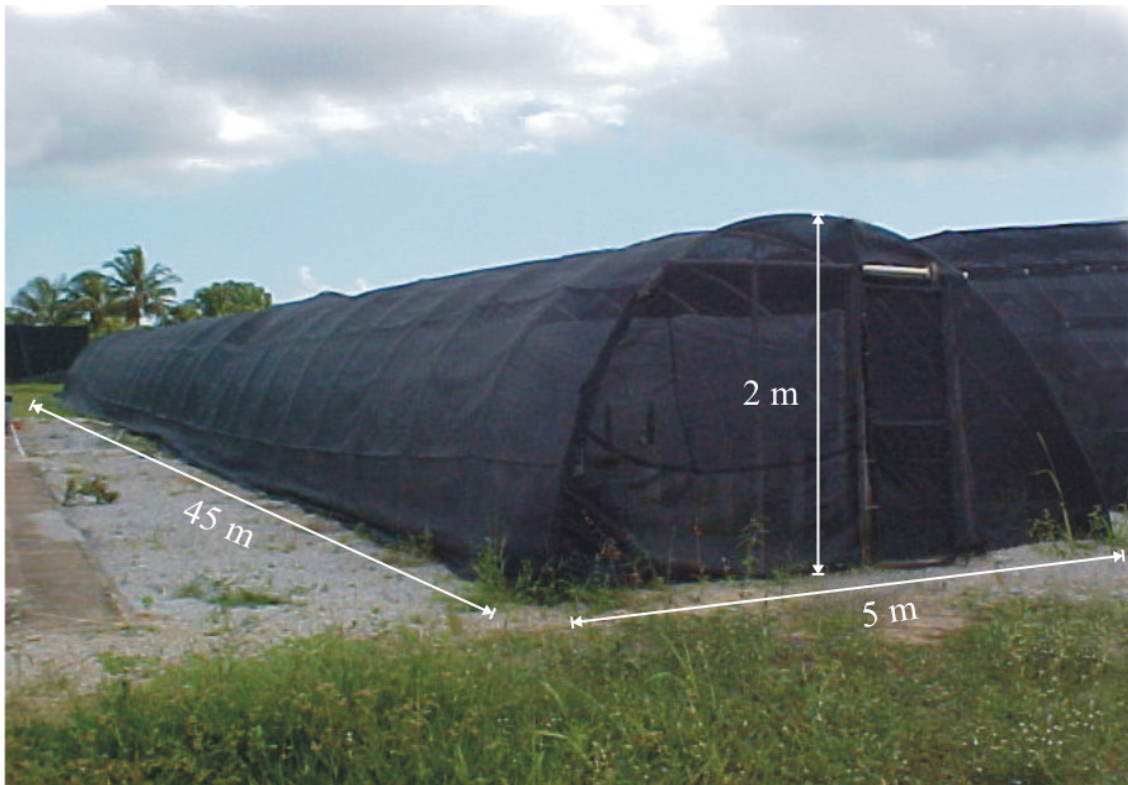
O sistema de irrigação empregado foi do tipo microaspersão suspenso, sendo constituído por um conjunto moto-bomba, uma linha principal, uma linha de derivação e três linhas laterais.

O conjunto moto-bomba (INAPI) apresentava vazão mínima de 240 L·h<sup>-1</sup> e máxima de 2.200 L·h<sup>-1</sup>.

A linha principal, formada por um tubo do tipo PVC, tinha 4,5 m de comprimento e 32 mm de diâmetro nominal.

A linha de derivação, também formada por um tubo do tipo PVC, possuía 1,5 m de comprimento e 32 mm de diâmetro nominal. No início dessa linha, encontrava-se um filtro de disco de uma polegada, cuja função foi realizar a filtragem de impurezas que porventura estivessem contidas na água de irrigação.

As três linhas laterais foram constituídas por tubos do tipo PVC, de 20 mm de diâmetro nominal. A primeira linha lateral possuía 20 m de comprimento e a segunda e terceira linhas laterais possuíam 10 m de comprimento cada.



**Figura 4.** Túnel alto de cultivo forçado (viveiro), Fortaleza-CE, 2005.



**Figura 5.** Túnel revestido com plástico transparente, Fortaleza-CE, 2005.

Encontravam-se instalados ao longo de todas as linhas laterais, 16 microaspersores do tipo Tietze nebulizador, com bocal violeta em posição invertida. Suas especificações de funcionamento, de acordo com o catálogo do fabricante, estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Tabela de performance do defletor TIETZE Nebulizador.

Bocal	Pressão (mca)	Pressão (kgf·cm <sup>-2</sup> )	Vazão (L·h <sup>-1</sup> )	Diâmetro de molhadura (m)
	10	1,0	25	1,60
Violeta	25	2,5	35	1,70
	30	3,0	43	1,80

Fonte: Catálogo de microaspersores da empresa Tietze Plásticos Industriais Ltda.

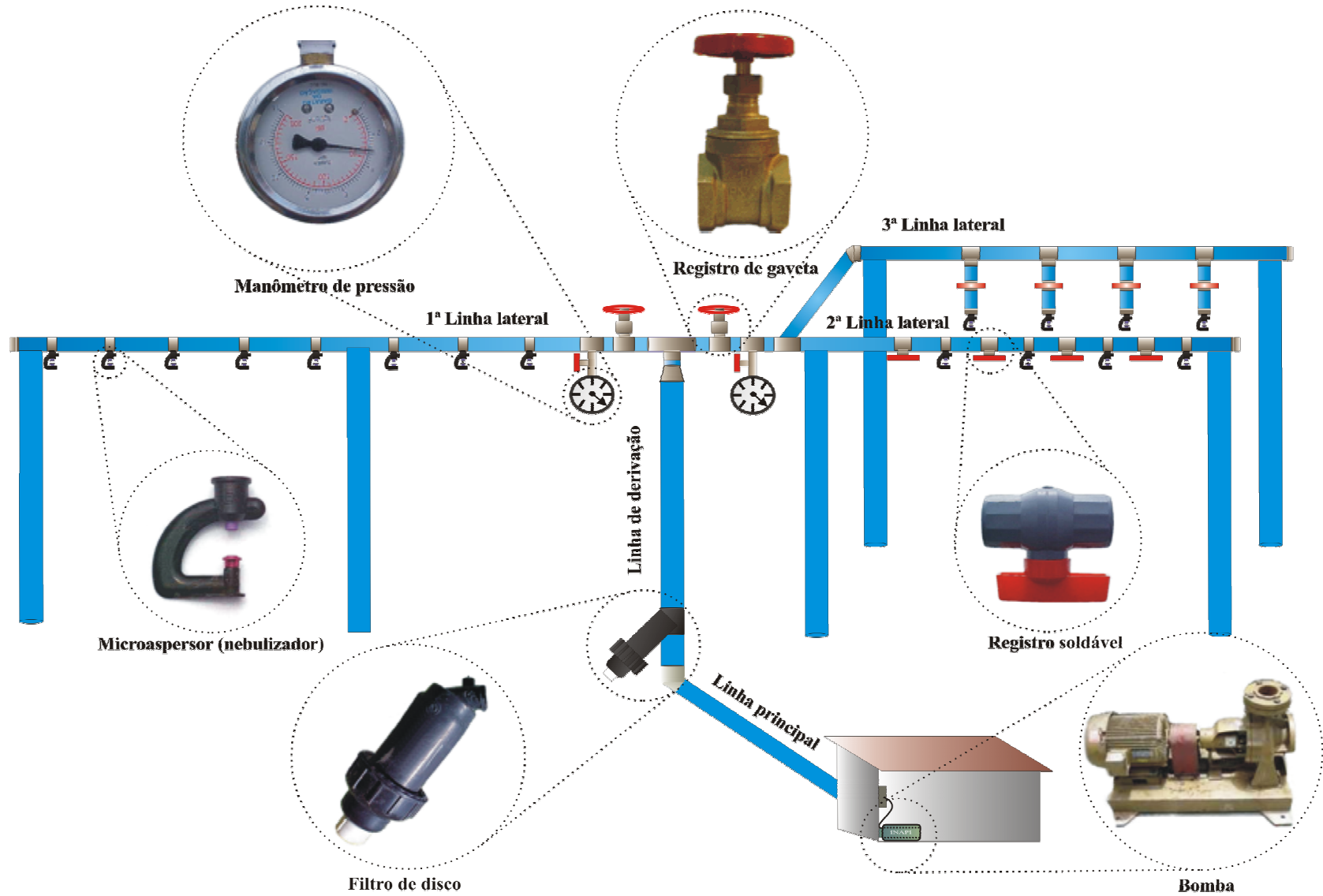
Cada microaspersor continha em sua extremidade, um cordão esticado até a grade de suporte. Esse procedimento foi adotado no sentido de evitar maior lâmina de água em algum recipiente por ocasião das gotas provenientes dos emissores durante a irrigação. Foram distribuídos oito emissores na primeira linha lateral e quatro emissores na segunda e terceira linhas laterais, respectivamente. Todos os emissores foram espaçados igualmente entre si de 2,4 m e a uma altura de 0,5 m dos tubetes e das bandejas.

No início da primeira e da segunda linha lateral existia uma tomada de pressão, acoplada a um manômetro com glicerina, para a medição da pressão de serviço do sistema. O manômetro apresentava graduação de 0,2 kgf·cm<sup>-2</sup> e capacidade máxima de 14 kgf·cm<sup>-2</sup>. A 0,15 m de distância de cada tomada de pressão encontrava-se um registro de gaveta, responsável pelo controle da pressão de serviço do sistema. Tanto na segunda como na terceira linha lateral, foram instalados 4 registros soldáveis para controlar a aplicação de água pelo sistema de irrigação.

Foi realizado um teste de uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação, através do coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942). Os resultados indicaram uma uniformidade superior a 80%. Portanto, esses resultados mostraram que o sistema de irrigação por microaspersão foi corretamente projetado, estando apto a proporcionar a devida aplicação de água à cultura.

No mesmo período, foi determinada a lâmina média de água fornecida pelo sistema de irrigação. Seu valor, durante 20 minutos de operação, foi correspondente a 5,41 mm de água.

O sistema de irrigação por microaspersão suspenso e os seus principais componentes podem ser visualizados na Figura 6.



**Figura 6.** Vista lateral do sistema de irrigação por microaspersão e de seus principais componentes, Fortaleza-CE, 2005.

### **3.8 Mudas micropropagadas**

As mudas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) empregadas nessa pesquisa foram obtidas através do processo de micropropagação, realizado no Laboratório de Cultura de Tecidos e Genética Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical. As plantas foram propagadas *in vitro*, em dezembro de 2004, a partir de explantes (gemas da coroa) inoculados e multiplicados durante seis sucessivos subcultivos em meio de cultura MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962). Na ocasião do plantio, as plantas apresentavam-se completamente enraizadas e com alturas variando de 2 a 7 cm.

### **3.9 Plantio das mudas**

As mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental foram transferidas para os respectivos recipientes com substrato nos dias 4 e 5 de maio de 2005. As plantas provenientes do material *in vitro* foram retiradas dos frascos e, as suas raízes, lavadas em água corrente para a retirada do excesso do meio de cultura. Após a lavagem, as raízes foram podadas com o auxílio de uma tesoura, para uniformizar o tamanho ( $\pm 5$  cm), facilitar o plantio e estimular o desenvolvimento de um sistema radicular mais funcional. Após a lavagem e a poda das raízes, as plântulas foram separadas visualmente em grupos de tamanhos semelhantes, com o objetivo de facilitar o plantio e minimizar a diferença entre os tratamentos.

Momentos antes da transferência das plântulas para os recipientes, o sistema de irrigação foi acionado para promover o completo umedecimento dos substratos e aumentar a umidade relativa do ambiente, de maneira a propiciar um microclima favorável ao estabelecimento das mudas. No plantio propriamente dito, as mudas foram inseridas nos substratos numa profundidade uniforme, de forma que somente as raízes e a parte inicial do caule ficaram enterradas. Por fim, as plântulas foram organizadas e dispostas nos tubetes e nas bandejas em sete fileiras horizontais e dez fileiras verticais.

### **3.10 Tratos culturais**

#### **3.10.1 Irrigação**

Do 1º ao 20º dia após o transplante (DAT), as plântulas receberam uma irrigação padrão, com a aplicação de uma lâmina correspondente a 3 mm de água, parcelada duas vezes ao dia, uma pela manhã, iniciando-se às 09 h e 30 min, e a outra à tarde, a partir das 14 h e 30



min. Esse manejo foi adotado com a intenção de prover as condições adequadas para o completo estabelecimento das mudas.

A partir do 21º DAT, foi adotada uma irrigação definitiva no que diz respeito à diferenciação nos tratamentos com diferentes lâminas e à frequências de aplicação da água. As mudas localizadas na primeira bancada, sobre a qual se encontrava instalada a primeira linha lateral do sistema de irrigação, foram irrigadas com uma lâmina de 3 mm de água, aplicada de maneira parcelada, uma às 9 h e 30 min e a outra às 14 h e 30 min. As plântulas dispostas na segunda bancada, onde estava suspensa a segunda linha lateral do sistema de irrigação, receberam lâminas de 1, 2, 3 e 4 mm de água, aplicadas de forma fracionada, tanto no período da manhã, às 09 h e 30 min, como no período da tarde, às 14 h e 30 min. As plantas contidas na última bancada, na qual se encontrava a terceira linha lateral suspensa do sistema de irrigação, foram microaspergidas com uma lâmina d'água equivalente a 3 mm, distribuída em quatro ocasiões distintas. Dessa maneira, a lâmina de 3 mm de água foi aplicada de uma única vez, durante a manhã, às 9 h e 30 min; duas vezes, uma pela manhã (09:30 h) e a outra pela tarde (14:30 h); três vezes, duas no período da manhã (09:30 e 11:30 h) e uma no período da tarde, às 14 h e 30 min; quatro vezes, duas no período da manhã (09:30 e 11:30 h) e duas durante à tarde (14:30 e 16:30 h).

Quanto à manutenção do sistema de irrigação, o filtro de disco foi lavado semanalmente em água corrente para a remoção de impurezas aderidas na sua parte interna. Os microaspersores, por sua vez, foram inspecionados diariamente com o objetivo de prevenir algum entupimento. Nas poucas ocasiões em que esse problema ocorreu, os emissores foram desobstruídos com o auxílio de uma agulha fina.

### **3.10.2 Controle fitossanitário**

No período compreendido entre o 11º e o 17º DAT, foi verificada a presença da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) sobre as folhas da cultura. Logo após a sua identificação, as lagartas foram combatidas mecanicamente, através da catação manual e, biologicamente, por meio da utilização de um defensivo biológico denominado Dimy-Pel. Foram realizadas duas aplicações semanais do defensivo biológico, de acordo com as recomendações contidas no rótulo do produto. Após a primeira aplicação, não foi mais identificada a presença da lagarta sobre as folhas das plântulas, de maneira que a segunda aplicação só foi efetuada para garantir a total erradicação da praga, ou seja, prevenir uma possível reinfestação.

### 3.10.3 Suplementação mineral

Todas as mudas de abacaxizeiro ornamental receberam adubações foliares com a solução nutritiva MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962) diluída a 25 % (Tabela 4).

**Tabela 4.** Composição da solução nutritiva MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962).

Concentração (meio MS)					
Macronutriente	(mg·L <sup>-1</sup> )	Micronutriente	(mg·L <sup>-1</sup> )	FeEDTA	(mg·L <sup>-1</sup> )
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	1.650	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	22,3	Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	37,3
KNO <sub>3</sub>	1.900	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	8,6	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	27,8
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	440	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	6,2	Glicina	2,0
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	370	KI	0,83	Ácido nicotínico	0,5
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	170	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,25	Piridoxina-HCl	0,5
-	-	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,025	Tiamina-HCl	0,1
-	-	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,025	Mio-inositol	100
-	-	-	-	Sacarose	30.000

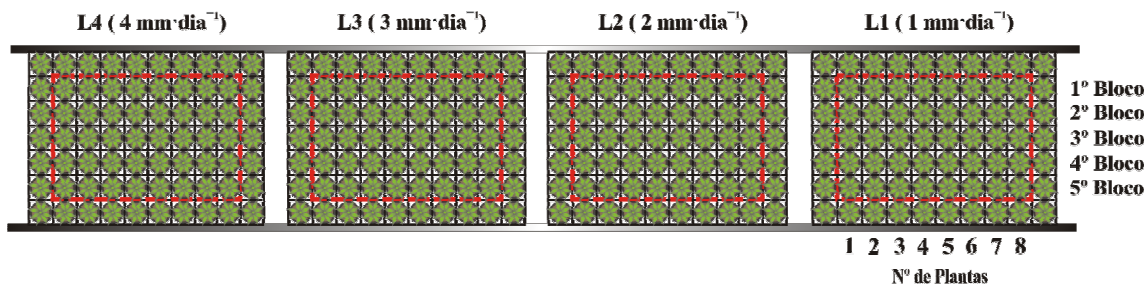
Fonte: Técnicas e aplicações da cultura de tecidos (CALDAS et al., 1990).

Foram realizadas duas aplicações mensais com um litro da solução nutritiva, a primeira, no 24° DAT e a segunda, no 55° DAT. A suplementação com nutrientes foi adotada com a intenção de promover um incremento na taxa de crescimento das plantas.

## 3.11 Experimentos

### 3.11.1 Experimento 1: lâminas de irrigação

Para testar diferentes lâminas de irrigação, foi empregado na área do experimento o delineamento experimental de blocos ao acaso, composto por quatro tratamentos e cinco repetições de 8 plantas cada. Dessa forma, para cada tratamento, foram empregadas 40 plantas, o que significou um total de 160 plantas no experimento (Figura 7). Os tratamentos consistiram de quatro níveis de irrigação, equivalentes às lâminas de 1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) e 4 mm (L4) de água.

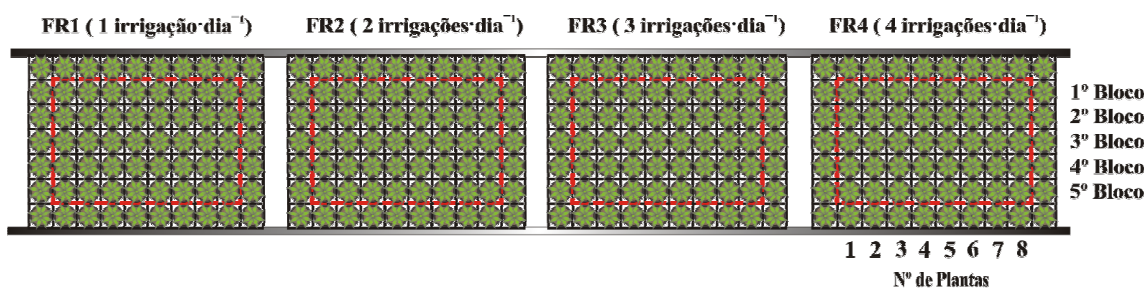


**Figura 7.** Disposição dos tratamentos no experimento lâminas de irrigação, Fortaleza-CE, 2005.

Todas as plântulas encontravam-se dispostas na segunda bancada e em quatro grupos de tubete com capacidade volumétrica de 180 cm<sup>3</sup>, contendo o substrato formado pela mistura pó-de-coco verde com húmus de minhoca (PCV+H) (Figura 8). As plântulas receberam irrigações com as lâminas de 1, 2, 3 e 4 mm de água, aplicadas de forma fracionada, metade pela manhã, às 09 h e 30 min, e a outra metade à tarde, às 14 h e 30 min.

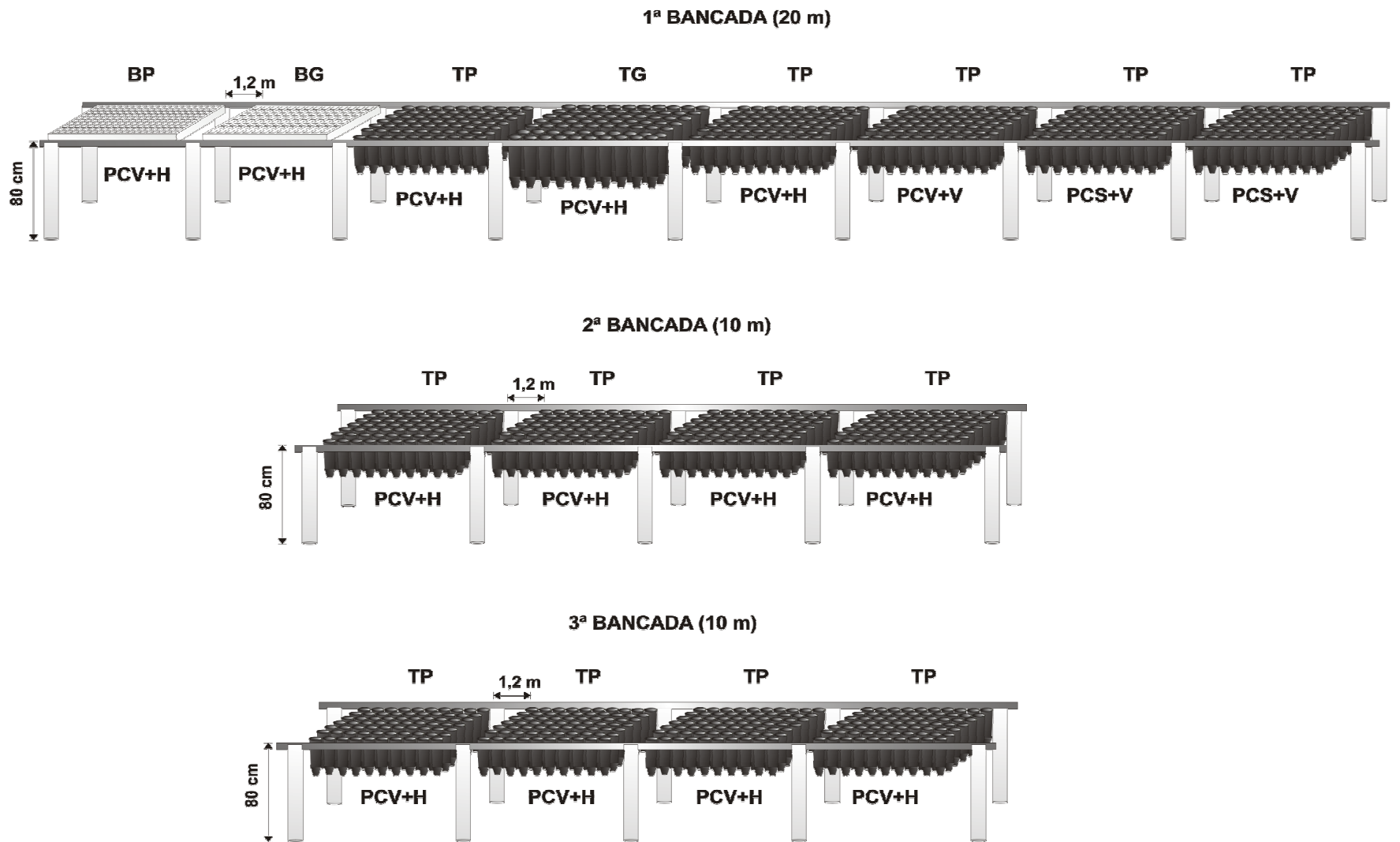
### 3.11.2 Experimento 2: frequências de irrigação

O experimento com frequências de irrigação foi efetuado mediante o delineamento experimental de blocos ao acaso, formado por quatro tratamentos e cinco repetições de oito plantas cada. Portanto, em cada tratamento, foram avaliadas 40 mudas, o que totalizou um número de 160 plantas no experimento (Figura 9). Os tratamentos foram constituídos por quatro diferentes frequências de aplicação da água: 1 vez (FR1), 2 vezes (FR2), 3 vezes (FR3) e 4 vezes (FR4) ao dia.



**Figura 9.** Disposição dos tratamentos no experimento frequências de irrigação, Fortaleza-CE, 2005.

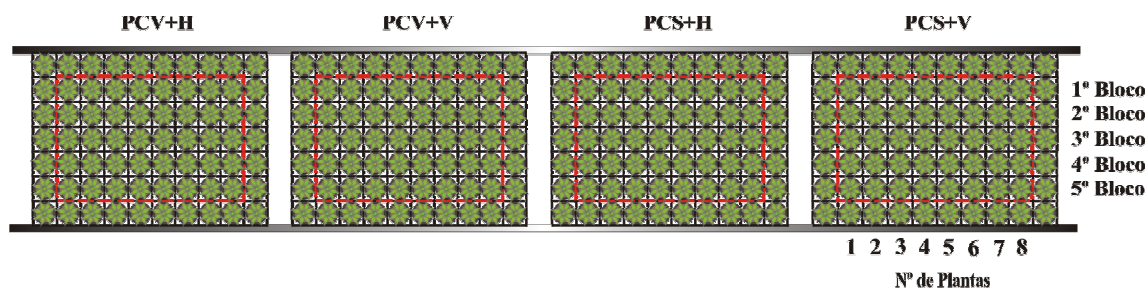
Todas as mudas estavam presentes na terceira bancada e em quatro grupos de tubete com capacidade volumétrica de 180 cm<sup>3</sup>, os quais continham a combinação de substrato pó-de-coco verde com húmus de minhoca (PCV+H) (Figura 8). As mudas receberam irrigações com uma lâmina de 3 mm de água aplicada de: uma única vez, às 9 h e 30 min; duas vezes, às 09 h e 30 min e às 14 h e 30 min; três vezes, às 09 h e 30 min, 11 h e 30 min e às 14 h e 30 min, e quatro vezes, às 09 h e 30 min, 11 h e 30 min, 14 h e 30 min e 16 h e 30 min.



**Figura 8.** Disposição dos recipientes e dos substratos nos experimentos tipos e volumes de substrato (1ª bancada), lâminas (2ª bancada) e freqüências (3ª bancada) de irrigação, Fortaleza-CE, 2005.

### 3.11.3 Experimento 3: tipos de substrato

No experimento com tipos de substrato, foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, constituído de quatro tratamentos e cinco repetições de oito plantas cada. Assim, foram avaliadas 40 plantas por tratamento, o que representou um total de 160 plantas no experimento (Figura 10). Os tratamentos avaliados foram resultantes da combinação de quatro tipos de substrato: pó-de-coco seco com Vitasolo<sup>®</sup> (PCS+V), pó-de-coco seco com húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco verde com Vitasolo<sup>®</sup> (PCV+V) e pó-de-coco verde com húmus de minhoca (PCV+H).

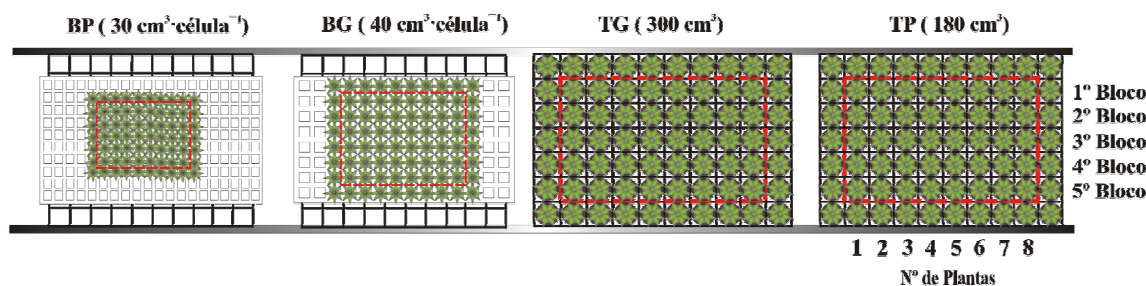


**Figura 10.** Disposição dos tratamentos no experimento tipos de substrato, Fortaleza-CE, 2005.

Todas as mudas estavam acomodadas na primeira bancada, em quatro grupos de tubete com capacidade volumétrica de 180 cm<sup>3</sup> (Figura 8). As plantas foram irrigadas com uma lâmina de 3 mm de água, aplicada de maneira parcelada, uma no período diurno, às 9 h e 30 min e a outra no período vespertino, às 14 h e 30 min. Com isso, a cultura recebeu 1,5 mm d'água no turno da manhã e no turno da tarde.

### 3.11.4 Experimento 4: volumes de substrato

Para a realização do experimento com volumes de substrato, utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições de 8 plantas cada. Com isso, foram utilizadas 40 plantas por tratamento, perfazendo um total de 160 plantas no experimento (Figura 11).



**Figura 11.** Disposição dos tratamentos no experimento volumes de substrato, Fortaleza-CE, 2005.

Os tratamentos foram compostos por quatro tipos de recipiente, com distintas formas e capacidades volumétricas: tubete de 300 cm<sup>3</sup> (TG), tubete de 180 cm<sup>3</sup> (TP), bandeja de 40 cm<sup>3</sup>·célula<sup>-1</sup> (BG) e bandeja 30 cm<sup>3</sup>·célula<sup>-1</sup> (BP).

Todas as mudas encontravam-se acomodadas na primeira bancada e, em todos os recipientes, estava presente o substrato formado pela combinação pó-de-coco verde com húmus de minhoca (PCV+H) (Figura 8). As plântulas foram irrigadas com uma lâmina de 3 mm de água, dividida em dois períodos do dia, pela manhã, às 09 h e 30 min e à tarde, às 14 h e 30 min. Dessa forma, a cultura foi irrigada com 1,5 mm de água nos períodos da manhã e da tarde.

### 3.12 Parâmetros avaliados

Foram coletadas, durante os experimentos, dados correspondentes ao número de folhas (NF), maior largura da 3<sup>a</sup> folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR).

O número de folhas foi contado visualmente em toda a extensão da planta. Todas as folhas foram consideradas na contagem, exceto, aquelas totalmente secas. Em todo o período dos experimentos foi registrado um total correspondente a 1920 dados de NF.

A maior largura da 3<sup>a</sup> folha foi mensurada na sua parte mediana, através de uma régua graduada em centímetros e subdivida em milímetros. Da mesma forma que no número de folhas, foram analisados, ao fim dos experimentos, 1920 dados relativos à MLF (Figura 12).

O maior diâmetro da roseta foi medido entre as extremidades finais das folhas que apresentavam a maior distância entre si, por meio de uma régua graduada em centímetros e subdividida em milímetros (Figura 13). Igualmente aos dados de número de folhas e de maior largura da 3<sup>a</sup> folha, foram computados um total de 1920 dados referentes ao MDR em todo o período dos experimentos.

Após o término dos experimentos, foram realizadas pesagens da matéria fresca da parte aérea (PF-PA), matéria fresca da parte radicular (PF-PR), matéria seca da parte aérea (PS-PA) e matéria seca da parte radicular (PS-PR) das plantas.

O peso fresco das mudas foi obtido através do método destrutivo, com separação da parte aérea e do sistema radicular. Inicialmente, cada planta foi removida do seu recipiente e levada para um tanque contendo água, para facilitar a remoção do substrato aderido às raízes.



**Figura 12.** Medição da maior largura da 3ª folha de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), Fortaleza-CE, 2005.



**Figura 13.** Medição do maior diâmetro da roseta de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), Fortaleza-CE, 2005.

Feito isso, o sistema radicular de cada planta foi lavado cuidadosamente em água corrente, e todo o substrato foi retirado. Posteriormente, todas as plantas, já devidamente lavadas e enxutas, foram conduzidas ao Laboratório de Cultura de Tecidos e Genética Vegetal da Embrapa Agroindústria Tropical para a realização da pesagem. Por fim, foi separado com o auxílio de uma tesoura, o sistema radicular e a parte aérea de cada planta, os quais foram pesados separadamente em uma balança eletrônica de precisão com graduação de 0,01 g. No total, foram pesadas 768 partes vegetais (partes aéreas e sistemas radiculares), sendo 192 destas em cada experimento, ou seja, 48 estruturas vegetais por tratamento (24 plantas para cada tratamento).

Depois da obtenção do peso fresco, o sistema radicular e parte aérea de cada planta foram acondicionados separadamente em sacos de papel, os quais foram depositados em estufa com temperatura de aproximadamente 65 °C durante aproximadamente 72 horas. Após atingirem peso constante, as partes vegetais completamente desidratadas foram conduzidas novamente ao Laboratório de Cultura de Tecidos e Genética Vegetal para a realização da pesagem em balança eletrônica de precisão com graduação de 0,01 g.

Os dados referentes às variáveis número de folhas, maior largura da 3ª folha e maior diâmetro da roseta foram registrados mensalmente em três ocasiões distintas. A primeira, em 25 de maio (21° DAT); a segunda, em 26 de junho (52° DAT) e a terceira, em 27 de agosto (83° DAT). Os dados coletados aos 21 DAT não sofreram a influência dos tratamentos concernentes aos experimentos lâminas e frequências de irrigação.

Os valores de peso, referentes às massas seca e fresca das partes aérea e radicular, foram anotadas entre os dias 06 e 10 de setembro (93° e 97° DAT).

### 3.13 Análises estatísticas

Os dados relativos ao experimento lâminas de irrigação foram submetidos à análise de variância da regressão pelo método dos polinômios ortogonais, de acordo com a Tabela 5.

**Tabela 5.** Esquema da análise de variância da regressão, realizada no experimento lâminas de irrigação.

FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
Regressão linear (RL)	1	SQ <sub>RL</sub>	SQ <sub>RL</sub> / GL <sub>RL</sub>	QM <sub>RL</sub> / QM <sub>R</sub>	F <sub>Tabelado</sub>	F <sub>Tabelado</sub>
Regressão quadrática (RQ)	1	SQ <sub>RQ</sub>	SQ <sub>RQ</sub> / GL <sub>RQ</sub>	QM <sub>RQ</sub> / QM <sub>R</sub>	F <sub>Tabelado</sub>	F <sub>Tabelado</sub>
Regressão exponencial (RE)	1	SQ <sub>RE</sub>	SQ <sub>RE</sub> / GL <sub>RE</sub>	QM <sub>RE</sub> / QM <sub>R</sub>	F <sub>Tabelado</sub>	F <sub>Tabelado</sub>
Resíduo (R)	(t-1)·(r-1)	SQ <sub>R</sub>	SQ <sub>R</sub> / GL <sub>R</sub>	-	-	-

Fonte: Análises estatísticas no Excel-Guia prático (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).



Quando significativo pelo teste F, os dados foram submetidos a uma análise de regressão, objetivando-se encontrar a equação que proporcionasse a melhor relação entre os dados analisados e as lâminas de irrigação utilizadas (função de produção). Os modelos de regressão testados foram o linear, o quadrático e o exponencial. As equações que melhor se ajustaram aos dados foram eleitas com base na significância dos coeficientes de regressão a 1 e a 5 % de probabilidade pelo teste F e no valor mais elevado do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Após a análise de regressão, os dados médios foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, com a finalidade de verificar a existência de alguma diferença significativa entre os tratamentos.

Os dados referentes aos experimentos freqüências de irrigação e, tipos e volumes de substrato foram submetidos à análise de variância, conforme a Tabela 6.

**Tabela 6.** Esquema da análise de variância, realizada nos experimentos freqüências de irrigação e, tipos e volumes de substrato.

FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
Blocos (B)	r-1	SQ <sub>B</sub>	SQ <sub>B</sub> /GL <sub>B</sub>	QM <sub>B</sub> /QM <sub>R</sub>	F <sub>Tabelado</sub>	F <sub>Tabelado</sub>
Tratamentos (T)	t-1	SQ <sub>T</sub>	SQ <sub>T</sub> /GL <sub>T</sub>	QM <sub>T</sub> /QM <sub>R</sub>	F <sub>Tabelado</sub>	F <sub>Tabelado</sub>
Resíduo (R)	(t-1)·(r-1)	SQ <sub>R</sub>	SQ <sub>R</sub> /GL <sub>R</sub>	-	-	-

Fonte: Análises estatísticas no Excel - Guia prático (RIBEIRO JÚNIOR, 2004).

Quando significativos pelo teste F, os dados médios dos experimentos foram comparados através do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade, para verificar a existência de alguma diferença significativa entre os tratamentos.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos aplicativos Microsoft Office Excel (2003) e SISVAR versão 4.6 (FERREIRA, 2003).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1: lâminas de irrigação

As mudas de abacaxizeiro, submetidas aos diferentes regimes de irrigação, receberam desde o início até o término do experimento (21° ao 83° DAT), lâminas de irrigação totais equivalentes a 60, 120, 180 e 240 mm de água. Essa variação da quantidade de água aplicada correspondeu a uma amplitude hídrica de 180 mm.

Os resultados da análise de variância das regressões, realizada sobre as variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, aos 52 DAT, encontram-se registrados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Análise de variância das regressões com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 52 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
NF	Regressão Linear	1	1,581	1,581	1,16 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Quadrática	1	0,443	0,443	0,32 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Exponencial	1	1,884	1,884	1,38 (ns)	4,75	9,33
	Resíduo	12	16,357	1,363	-	-	-
MLF	Regressão Linear	1	0,047	0,047	1,56 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Quadrática	1	0,008	0,008	0,28 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Exponencial	1	0,004	0,004	0,13 (ns)	4,75	9,33
	Resíduo	12	0,361	0,030	-	-	-
MDR	Regressão Linear	1	2,531	2,531	9,93**	4,75	9,33
	Regressão Quadrática	1	0,122	0,122	0,48 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Exponencial	1	0,069	0,069	0,27 (ns)	4,75	9,33
	Resíduo	12	3,059	0,255	-	-	-

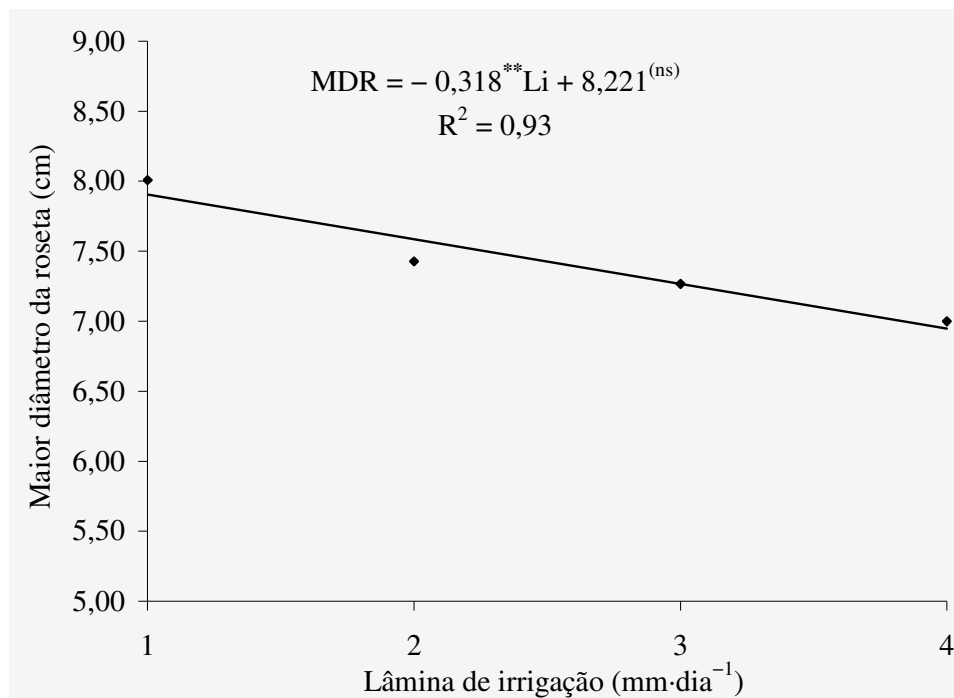
(ns) não significativo;

\*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

De acordo com os resultados presentes na Tabela 7, as lâminas de irrigação influenciaram somente a variável maior diâmetro da roseta, já que foi a única a apresentar diferença significativa entre as regressões ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. As demais variáveis, em contrapartida, não foram influenciadas pelas lâminas d'água.

Em relação a variável maior diâmetro da roseta, a análise de variância das regressões indicou que o modelo linear foi o único que apresentou significância pelo teste F de probabilidade. Dessa forma, a equação que mais se ajustou à relação entre o maior diâmetro da roseta e a quantidade de água adotada foi a linear, apresentando o coeficiente de

determinação ( $R^2$ ) igual a 0,93, ou seja, 93 % da variação do diâmetro da roseta em função da lâmina de irrigação aplicada pôde ser explicada por esta equação (Figura 14).



**Figura 14.** Maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) em função da lâmina de irrigação (Li), aos 52 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

Verifica-se na referida figura que houve uma resposta linear decrescente no diâmetro da roseta com a elevação da quantidade de água aplicada. Possivelmente, devido a pouca exigência hídrica da cultura em sua fase inicial de desenvolvimento, o aumento da água aplicada pode ter gerado problemas relacionados com o excesso de umidade. Musgrave (1994) comenta que o excesso d'água no meio costuma provocar efeitos fisiológicos negativos em virtude da reduzida disponibilidade de oxigênio para o sistema radicular. Sob oxigenação deficiente, há redução do crescimento radicular, logo, do desenvolvimento das plantas (CARNEIRO, 1995). Gomide (1998) ressalta que além de afetar negativamente o metabolismo vegetal, lâminas de água excessivas podem provocar a perda de nutrientes diluídos na solução do meio, através do processo de lixiviação excessiva da água.

Os valores médios das variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, analisados em função dos diferentes níveis de irrigação, aos 52 DAT, encontram-se na Tabela 8. Analisando-a, percebe-se que as variáveis número de folhas e maior largura da 3ª folha não apresentaram diferença estatística entre os seus valores médios. Por outro lado, os valores

médios da variável maior diâmetro da roseta apresentaram diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

**Tabela 8.** Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 52 DAT, de acordo com as lâminas de irrigação de 1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) e 4 mm (L4), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável		
	NF	MLF (cm)	MDR (cm)
L1	14,43 a	1,58 a	8,01 a
L2	15,03 a	1,55 a	7,43 ab
L3	13,95 a	1,55 a	7,27 ab
L4	13,95 a	1,43 a	7,00 b
CV (%)	8,14	11,37	6,80
DMS (5%)	15,29	21,35	12,77

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

Na Tabela 8, pode-se observar que o maior e o menor valor numérico da variável maior diâmetro da roseta, obtidos com a aplicação das lâminas de 1 e 4 mm, respectivamente, diferiram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Assim, a menor lâmina d'água foi 12,58 % mais eficiente do que a maior, ou seja, as plantas irrigadas com a lâmina de 1 mm tiveram o maior diâmetro da roseta 12,58 % mais desenvolvido em comparação às plantas irrigadas com a lâmina de 4 mm. Por outro lado, as lâminas de 2 e 3 mm proporcionaram a obtenção de valores intermediários que não diferiram significativamente entre si nem dos demais valores.

Portanto, na fase inicial de aclimatização (52º DAT), as plantas apresentaram o melhor desenvolvimento foliar, quando irrigadas com as respectivas lâminas de 1, 2 e 3 mm. Esse fato pode ser explicado pela menor necessidade hídrica da cultura na ocasião e pela lixiviação reduzida dos nutrientes contidos nas folhas e no substrato. Com isso, a cultura pode ter aproveitado melhor os nutrientes, através da absorção foliar e radicular, uma vez que os elementos minerais devem ter ficado mais facilmente disponíveis à cultura.

Os resultados da análise de variância das regressões, efetuada sobre as variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, aos 83 DAT, estão registrados na Tabela 9. Os resultados do teste F evidenciam que a única variável influenciada pelos níveis de irrigação foi a maior largura da 3ª folha, pois apresentou diferença estatística entre os modelos de regressão ao nível de 5% de probabilidade. Por outro lado, as diferentes lâminas de irrigação não influenciaram as variáveis número de folhas e maior diâmetro da roseta. Das análises de regressão testadas, o modelo polinomial quadrático foi aquele que forneceu a equação que melhor se ajustou à relação entre a maior largura da 3ª folha e a lâmina de água aplicada.

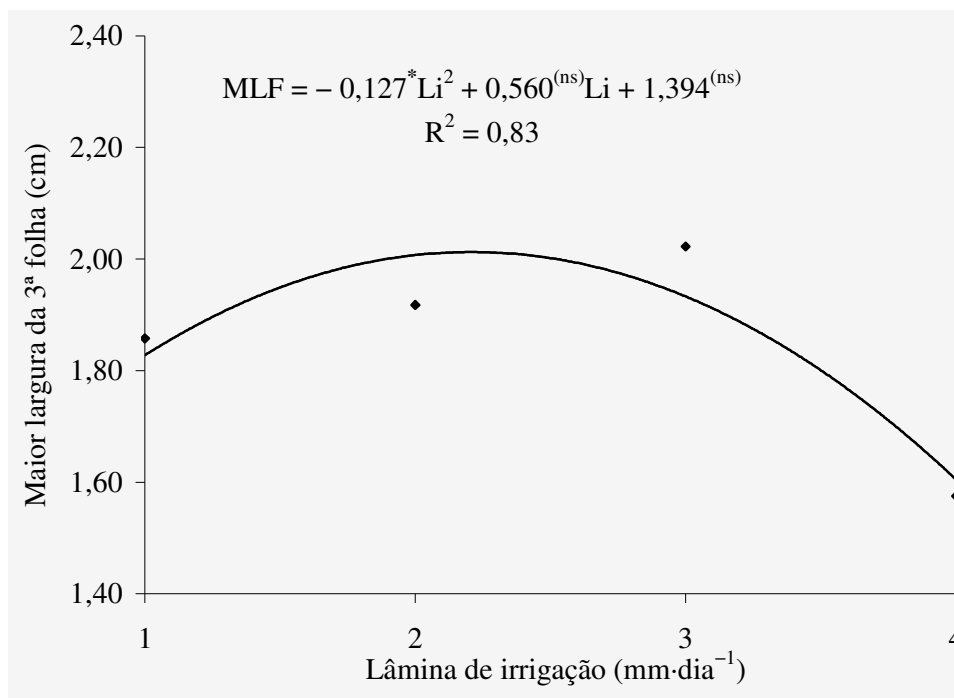
**Tabela 9.** Análise de variância das regressões com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
NF	Regressão Linear	1	0,225	0,225	0,25 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Quadrática	1	1,705	1,705	1,93 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Exponencial	1	0,000	0,000	0,00 (ns)	4,75	9,33
	Resíduo	12	10,564	0,880	-	-	-
MLF	Regressão Linear	1	0,138	0,138	2,97 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Quadrática	1	0,322	0,322	6,22*	4,75	9,33
	Regressão Exponencial	1	0,089	0,089	1,73 (ns)	4,75	9,33
	Resíduo	12	0,620	0,052	-	-	-
MDR	Regressão Linear	1	0,001	0,001	0,00 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Quadrática	1	0,132	0,132	0,26 (ns)	4,75	9,33
	Regressão Exponencial	1	0,112	0,112	0,22 (ns)	4,75	9,33
	Resíduo	12	5,889	0,491	-	-	-

(ns) não significativo;

\* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Esse modelo foi significativo pelo teste F ao nível de 5 % de probabilidade, com sua equação de regressão apresentando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,83. Isso significa que 83 % da variação da maior largura da 3ª folha em função da lâmina de irrigação aplicada pôde ser explicada por meio desta equação (Figura 15).



**Figura 15.** Maior largura da 3ª folha (MLF) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) em função da lâmina de irrigação (Li), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

De acordo com a Figura 15, à medida que se aumentou a lâmina de irrigação houve um aumento da maior largura da 3ª folha até um ponto máximo (ponto de inflexão), que representou a lâmina que propiciou o maior desenvolvimento da variável. Esta lâmina, encontrada a partir da derivação da equação de regressão, foi igual a 2,2 mm de água. Através da Figura 15, nota-se que a partir deste ponto, a maior largura da 3ª folha respondeu negativamente ao aumento da lâmina d'água. Provavelmente, a lâmina de água acima do ponto de inflexão, ou seja, acima de 2,2 mm, resultou em problemas relacionados com o excesso de água. Soares et al. (1998) salientam que a água em excesso proporciona aumentos do custo de produção e do risco de lixiviação da água e dos nutrientes nela diluídos para regiões abaixo da profundidade efetiva das raízes, o que pode prejudicar o desenvolvimento radicular. Ademais, como os processos de fotossíntese e respiração envolvem a utilização de determinadas concentrações de oxigênio (RAVEN et al., 2001), o seu déficit pode provocar problemas de ordem fisiológica, ou seja, pode afetar negativamente o desenvolvimento das plantas.

Resultado similar ao deste trabalho foi encontrado por Rêgo (2004) em um experimento com crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev), nas condições climáticas de Guaramiranga-CE. Testando quatro lâminas de irrigação (50, 75, 100 e 125 % da evaporação do Tanque Classe A (ETA)) para determinar o melhor manejo de água na cultura, a autora constatou que as variáveis influenciadas pelos níveis de irrigação (diâmetro, peso e comprimento da haste) apresentaram uma resposta quadrática em relação aos níveis de irrigação adotados.

Os valores médios das variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, analisados em função das distintas lâminas d'água, aos 83 DAT, estão dispostos na Tabela 10.

**Tabela 10.** Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, de acordo com as lâminas de irrigação de 1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) e 4 mm (L4), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável		
	NF	MLF (cm)	MDR (cm)
L1	17,11 a	1,86 ab	8,39 a
L2	17,60 a	1,92 ab	8,41 a
L3	17,50 a	2,02 a	8,60 a
L4	16,83 a	1,58 b	8,30 a
CV (%)	5,44	12,34	8,31
DMS (5%)	10,22	23,18	15,62

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

De acordo com a Tabela 10, a variável maior largura da 3ª folha foi a única a apresentar diferença significativa entre os seus valores médios ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Os valores médios das demais variáveis, segundo o mesmo teste e nível de significância, não apresentaram diferença estatística.

Averiguando a Tabela 10, nota-se que o valor numérico mais elevado da variável maior largura da 3ª folha, proporcionado pela lâmina de 3 mm, diferiu significativamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey do menor valor da mesma, propiciado pela lâmina de 4 mm. Em termos percentuais, a lâmina de 3 mm promoveu o desenvolvimento desta variável 22,12 % maior quando comparada à lâmina de 4 mm. Os valores obtidos com o uso das lâminas de 1 e 2 mm não apresentaram diferença significativa entre si nem com os demais valores.

Rezende et al. (2003) encontraram resultados parecidos aos obtidos neste experimento (52° e 83° DAT), quando avaliaram, em dois períodos (6 e 9 meses), o crescimento de *Alpinia zerumbet* em dois limites de umidade no solo. Os autores não encontraram, aos 6 meses, diferenças entre os tratamentos para a maioria dos parâmetros de crescimento avaliados, no entanto, aos 9 meses, quando a cultura já estava mais desenvolvida, os autores verificaram que as plantas apresentaram melhor resposta no que diz respeito ao número de hastes e número de folhas, quando foi utilizado um maior nível de água no solo.

Na fase final do experimento (83° DAT), as lâminas de 1 e, principalmente, de 2 e 3 mm foram as que propiciaram o melhor desenvolvimento foliar da cultura. Essa condição ocorreu, possivelmente, devido a maior necessidade de água pela cultura, pois, na data em questão (julho/agosto), as plantas já se encontravam mais desenvolvidas e as condições climáticas já se apresentavam mais hostis, principalmente no que diz respeito à radiação solar, temperatura do ar e vento (Tabela 1). Nesse sentido, Carvalho (1998) elucida que o abacaxizeiro, do terceiro ao quinto mês, apresenta necessidades hídricas crescentes, devido à emissão e ao maior desenvolvimento das raízes e das folhas. O autor ainda acrescenta, afirmando que sob crescente evaporação, as plantas necessitam de irrigações com lâminas mais elevadas.

Apesar dos menores valores numéricos, a lâmina de 1 mm não apresentou diferença estatística em relação às lâminas de 2 e 3 mm, ou seja, a menor lâmina aplicada no período de uma maior demanda hídrica não chegou a causar efeitos nocivos ao ponto de afetar drasticamente o desenvolvimento das variáveis estudadas. Esse fato pode ser justificado tanto pelas características morfológicas e fisiológicas da cultura, como pelas características de

retenção de umidade pelo substrato utilizado e condições climáticas no interior do ambiente protegido.

Morfologicamente, a arquitetura foliar do abacaxizeiro, em forma de roseta, favorece o acúmulo de água que, posteriormente, pode ser absorvida através de escamas peltadas ou de tricomas foliares (COPPENS d'EECKENBRUGGE e LEAL, 2003; PAULA, 2000). Fisiologicamente, a cultura apresenta o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM ou MAC), no qual as plantas efetuam o fechamento de seus estômatos durante o dia para reduzir a perda de umidade e, conseqüentemente, aumentar a eficiência no uso da água (RAVEN et al., 2001). Os mesmos autores enfatizam que esse processo fisiológico ocorre porque a planta possui células fotossintetizantes capazes de armazenar CO<sub>2</sub> durante a noite via enzima PEP carboxilase e fixá-lo durante o dia via enzima RuBP carboxilase (Rubisco) no ciclo de Calvin.

No substrato utilizado, formado pela combinação pó-de-coco verde mais húmus de minhoca, ambos os constituintes são caracterizados pela alta capacidade de retenção de água. Para Aquino (2004), o húmus de minhoca pode armazenar água cerca de 3 a 4 vezes o seu peso, enquanto o pó-de-coco verde, segundo Silva (1999), cerca de 5 vezes. Portanto, a elevada capacidade de armazenamento de umidade do substrato deve ter reduzido o efeito do estresse hídrico no período de maior consumo d'água pela cultura, ou seja, aos 83 DAT.

As condições climáticas no interior do ambiente protegido também contribuíram para a diminuição do consumo de água pela cultura, uma vez que a atenuação da radiação solar e dos ventos excessivos pelo túnel plástico (Figura 5) deve ter reduzido as taxas de evapotranspiração das plantas. Soares (2001) ressalta que a evapotranspiração no interior de um ambiente protegido é normalmente 60 a 80 % inferior àquela verificada no ambiente externo.

Com relação à lâmina de 4 mm, a mesma apresentou os resultados menos promissores nas duas ocasiões estudadas (52° e 83° DAT), tanto em termos numéricos como em termos estatísticos. Neste caso, pode-se deduzir que essa quantidade de água possivelmente provocou problemas relacionados com o excesso de umidade, como a reduzida disponibilidade de oxigênio e a perda de nutrientes por percolação da água.

O excesso de água junto ao sistema radicular proporciona condições desfavoráveis de oxigenação que, por sua vez, reduzem a atividade fotossintética (VAN'T WOUDET e HAGAN, 1967) e restringem severamente a respiração vegetal (KANWAR et al., 1988), ou seja, minimizam a fixação do carbono em compostos orgânicos (sacarose, amido, glicose, etc.) e diminuem a produção de energia química na forma de ATP, necessária à síntese, degradação, translocação e absorção daqueles compostos orgânicos gerados pela fotossíntese



(RAVEN et al., 2001). Kanwar et al. (1988) afirmam que essa situação pode afetar diretamente as raízes e sua capacidade de absorver os nutrientes. Segundo Costa (2000), a aeração deficiente compromete o transporte de nutrientes através das raízes e torna a planta mais suscetível às doenças e à deficiência nutricional. O autor complementa, mostrando que efeitos prejudiciais podem ser produzidos por microorganismos em condições anaeróbias. Pereira et al. (1997) atentam que o uso excessivo da água ainda pode provocar a lixiviação dos nutrientes para regiões mais profundas do substrato, dificultando a sua absorção pelas raízes das plantas.

Vale ressaltar que os efeitos adversos, causados pelo excesso d'água junto ao sistema radicular, variam com a espécie vegetal, a duração e a época do encharcamento, a temperatura e o estágio de desenvolvimento da cultura (COSTA, 2000).

Os resultados da análise de variância das regressões, realizada sobre as variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca da plantas, encontram-se postados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
PF – PA	Regressão Linear	1	0,009	0,009	0,01 (ns)	5,12	10,56
	Regressão Quadrática	1	0,006	0,006	0,00 (ns)	5,12	10,56
	Regressão Exponencial	1	0,000	0,000	0,00 (ns)	5,12	10,56
	Resíduo	9	6,275	0,697	-	-	-
PF – PR	Regressão Linear	1	0,009	0,009	11,54**	5,12	10,56
	Regressão Quadrática	1	0,000	0,000	0,06 (ns)	5,12	10,56
	Regressão Exponencial	1	0,000	0,000	0,46 (ns)	5,12	10,56
	Resíduo	9	0,007	0,001	-	-	-
PS – PA	Regressão Linear	1	0,001	0,001	0,37 (ns)	5,12	10,56
	Regressão Quadrática	1	0,000	0,000	0,00 (ns)	5,12	10,56
	Regressão Exponencial	1	0,000	0,000	0,06 (ns)	5,12	10,56
	Resíduo	9	0,036	0,004	-	-	-
PS – PR	Regressão Linear	1	0,000	0,000	11,01**	5,12	10,56
	Regressão Quadrática	1	0,000	0,000	0,04 (ns)	5,12	10,56
	Regressão Exponencial	1	0,000	0,000	0,43 (ns)	5,12	10,56
	Resíduo	9	0,000	0,000	-	-	-

(ns) não significativo;

\*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

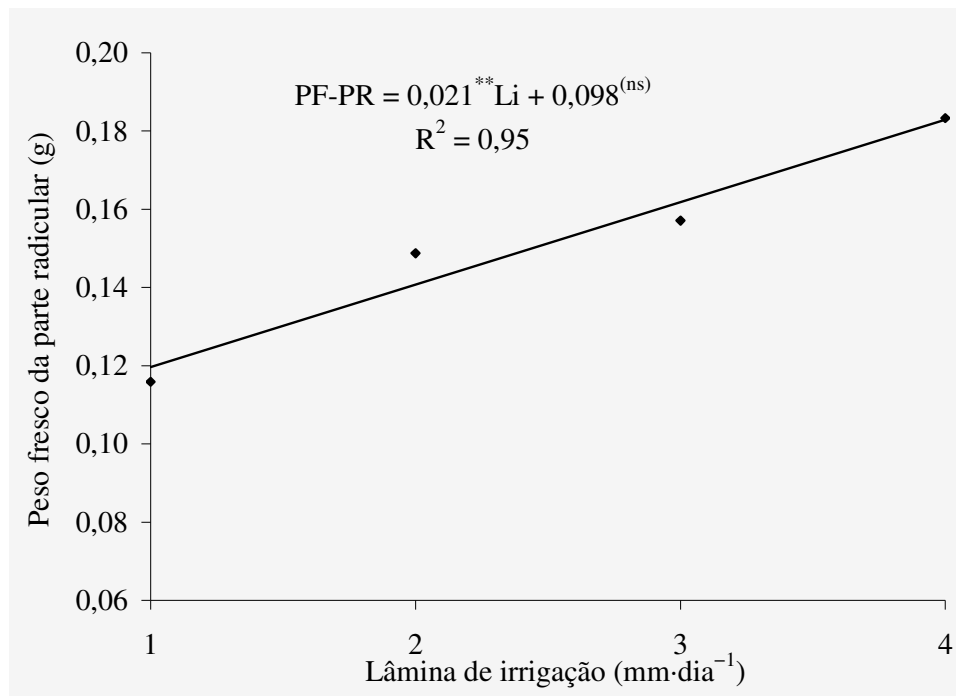
Os valores anotados na Tabela 11 mostram que as únicas variáveis influenciadas pelos níveis de irrigação foram os pesos fresco e seco da parte radicular. Nestas duas variáveis, houve diferença estatística entre as regressões ao nível de 1% de probabilidade, de acordo

com o teste F. As demais variáveis, pesos fresco e seco da parte aérea, não foram influenciadas pelas lâminas d'água.

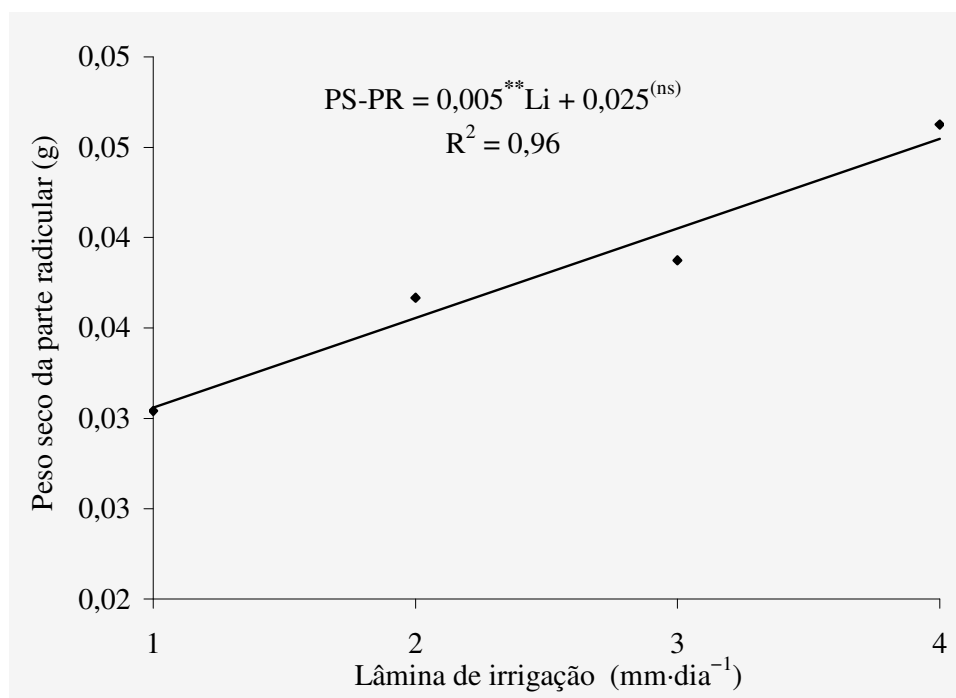
Os resultados registrados na Tabela 11 indicam que o modelo que melhor explicou a variação do peso fresco da parte radicular em função da lâmina de água utilizada foi o linear, uma vez que apresentou significância entre as regressões ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste F. Portanto, a equação linear foi a que mais se ajustou à relação entre o peso fresco da parte radicular e a lâmina de água irrigada. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da equação foi igual a 0,95. Isso implica que 95 % da variação do peso fresco da parte radicular em função da lâmina de irrigação aplicada pôde ser explicada por esta equação (Figura 16). Através da Figura 16, observa-se que houve uma resposta linear crescente no acúmulo de matéria fresca com o aumento da lâmina de irrigação, ou seja, à medida que se elevou a quantidade de água, aumentou-se o peso fresco do sistema radicular.

Os valores mais elevados de matéria fresca radicular, alcançados com o emprego de crescentes lâminas d'água, ocorreu, possivelmente, pela maior disponibilidade hídrica às raízes das plantas. De acordo com Felipe (1979), o estado de umidade do meio determina a variação do conteúdo de água nos tecidos das plantas. Deste modo, em condição de maior disponibilidade de água, o sistema radicular aumenta o teor de água em seus tecidos e, com isso, acumula mais matéria fresca. Na outra extremidade, observa-se que as menores lâminas proporcionaram reduzidos valores de massa fresca radicular. Esse fato pode ser explicado tanto pelo menor teor de água nos tecidos radiculares, como pelo pequeno desenvolvimento das raízes. Silva (1998) comenta que a baixa disponibilidade hídrica reduz o número e o crescimento de raízes de abacaxizeiro. Afirma ainda que a elongação das raízes cessa quando a tensão de água no solo se aproxima de 1,5 MPa.

Ainda na Tabela 11, pode-se observar que o modelo que melhor se ajustou à variação do peso seco da parte radicular em função da lâmina d'água aplicada foi o linear, pois foi o único significativo ao nível de 1 % de probabilidade, conforme o teste F. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) encontrado foi igual a 0,96, indicando que 96 % da variação do peso seco da parte radicular em função da lâmina de irrigação adotada pôde ser elucidada pela equação encontrada (Figura 17).



**Figura 16.** Peso fresco da parte radicular (PF-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza-CE, 2005.



**Figura 17.** Peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) em função da lâmina de irrigação (Li), Fortaleza-CE, 2005.

Portanto, a visualização da Figura 17 mostra que houve uma resposta linear crescente do peso seco da parte radicular com o aumento da lâmina de água, ou seja, quanto maior a quantidade de água aplicada, maior o acúmulo de matéria seca nas raízes da cultura.

Em concordância com estes resultados, Sindeaux (2005), ao aclimatizar mudas micropropagadas de bananeira Pacovan (*Musa* spp.) na região litorânea do Estado do Ceará, testando níveis de irrigação idênticos aos avaliados no presente experimento, verificou o aumento do peso seco do sistema radicular com a elevação da lâmina de irrigação. Em outro experimento, Galbiatti et al. (2005), avaliando o efeito de três lâminas de irrigação (50, 100 e 150 % da evaporação do Tanque Classe A) no crescimento inicial de mudas de citros (*Citrus limonia* e *Citrus volkameriana*), cultivadas em casa de vegetação e nas condições climáticas de Jaboticabal-SP, também observaram que a espécie *Citrus limonia* apresentou o maior acúmulo de massa seca radicular quando irrigada com a maior lâmina d'água. Lopes et al. (2005) também constataram um aumento linear da matéria seca radicular conforme o aumento da lâmina d'água, quando testaram o efeito de distintas lâminas de irrigação (6, 8, 10, 12 e 14 mm) na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex. MAIDEN) em substrato de fibra de coco, nas condições climáticas de Ibaté-SP. Normalmente, o aumento da disponibilidade hídrica promove a elevação do peso fresco das raízes, pois, segundo Felipe (1979), este peso é bastante afetado pelo conteúdo de água presente no meio. No caso do abacaxizeiro ornamental, é possível que a maior disponibilidade de água tenha favorecido o crescimento e aumentado o número de raízes na planta. Por isso, os valores de massa seca das raízes foram altos, mesmo com valores elevados de peso fresco.

Os valores médios das variáveis relacionadas com o peso da planta, estudados de acordo com as distintas lâminas de irrigação, encontram-se na Tabela 12.

**Tabela 12.** Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), de acordo com as lâminas de irrigação de 1 mm (L1), 2 mm (L2), 3 mm (L3) e 4 mm (L4), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável			
	Peso fresco		Peso seco	
	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)
L1	6,5508 a	0,1158 b	0,5296 a	0,0304 b
L2	6,5642 a	0,1488 ab	0,5263 a	0,0367 ab
L3	6,5488 a	0,1571 ab	0,5071 a	0,0388 ab
L4	6,4867 a	0,1833 a	0,5075 a	0,0463 a
CV (%)	12,77	18,39	12,17	17,23
DMS (5%)	28,23	40,65	26,90	38,08

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

De acordo com os resultados contidos na Tabela 12, somente as variáveis pesos fresco e seco da parte radicular apresentaram diferença significativa entre os seus valores médios ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Já as variáveis pesos fresco e seco da parte aérea, conforme o mesmo teste e nível de significância, não apresentaram diferença significativa entre os seus valores médios.

Analisando a Tabela 12, nota-se que as variáveis pesos fresco e seco da parte radicular apresentaram comportamentos numérico e estatístico semelhantes. Portanto, para ambas as variáveis, o maior e o menor valor numérico, proporcionados pelas respectivas lâminas de 4 e 1 mm, apresentaram diferença significativa entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Neste caso, as plantas irrigadas com a lâmina de 4 mm apresentaram, respectivamente, acúmulos de massas fresca e seca radicular 36,82 e 34,34 % superiores às plantas irrigadas com a lâmina de 1 mm. Pelo mesmo teste, verifica-se que os valores intermediários, propiciados pelas lâminas de 2 e 3 mm, não distinguiram estatisticamente entre si nem dos demais valores.

Durante toda a pesquisa, pode-se observar nitidamente que os resultados mais prósperos ocorreram quando as plantas foram irrigadas com as lâminas de 1, 2 e 3 mm. Além do melhor desenvolvimento vegetativo das mudas, o uso destas lâminas proporcionou uma redução nos gastos com água e energia elétrica, quando comparadas com o uso da lâmina de 4 mm. Todavia, vale ressaltar que essa sensível economia, além de benéfica, é muito importante, em virtude dos esforços e dos investimentos realizados durante as etapas anteriores da micropropagação. Portanto, ao se levar em conta a relevância da redução de custos na aclimatização, as características de retenção de umidade do substrato e as condições climáticas atenuadas pelo ambiente protegido, é conveniente considerar que os resultados mais prósperos foram aqueles obtidos com as lâminas de 1 mm até os 52 DAT e de 2 mm até os 83 DAT.

#### **4.2 Experimento 2: frequências de irrigação**

Durante todo o experimento (21° ao 83° DAT), as mudas de abacaxizeiro ornamental foram submetidas a quatro distintas frequências de irrigação com uma lâmina de irrigação total correspondente a 180 mm de água.

Os resultados da análise de variância, realizada sobre as variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, aos 52 DAT, estão estabelecidos na Tabela 13.

**Tabela 13.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 52 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
NF	Bloco	4	23,216	5,804	3,65*	3,26	5,41
	Tratamento	3	11,094	3,698	2,33 (ns)	3,49	5,95
	Resíduo	12	19,078	1,590	-	-	-
MLF	Bloco	4	0,150	0,038	1,95 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	0,248	0,083	4,30*	3,49	5,95
	Resíduo	12	0,231	0,019	-	-	-
MDR	Bloco	4	2,053	0,513	1,45 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	0,888	0,296	0,84 (ns)	3,49	5,95
	Resíduo	12	4,244	0,354	-	-	-

(ns) não significativo;

\* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Analisando a Tabela 13, percebe-se que a variável influenciada pelas diferentes frequências de rega foi a maior largura da 3ª folha, já que foi a única a apresentar diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Os valores médios das variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, avaliados em função das diferentes frequências de irrigação, estão presentes na Tabela 14.

**Tabela 14.** Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 52 DAT, de acordo com as frequências de 1 (FR1), 2 (FR2), 3 (FR3) e 4 (FR4) irrigações diárias, Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável		
	NF	MLF (cm)	MDR (cm)
FR4	14,28 a	1,55 a	7,32 a
FR3	13,63 a	1,53 ab	7,27 a
FR2	14,05 a	1,48 ab	6,95 a
FR1	12,35 a	1,27 b	6,83 a
CV (%)	9,29	9,55	8,39
DMS (5%)	17,45	17,94	15,75

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

Na Tabela 14, percebe-se que variável maior largura da 3ª folha apresentou diferença significativa entre os seus valores médios ao nível de 5 % de probabilidade, conforme o teste de Tukey. As demais variáveis, ou seja, número de folhas e maior diâmetro da roseta, não apresentaram diferença estatística entre os seus valores médios.

Examinando a Tabela 14, percebe-se que os três maiores valores da variável maior largura da 3ª folha, proporcionado pelas frequências de 2, 3 e 4 irrigações ao dia, não diferiram estatisticamente entre si. Em contrapartida, o menor valor da variável, obtido com a menor frequência de rega, apesar de não ter diferido dos valores proporcionados pelas

freqüências de 3 e 2 irrigações diárias, apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey em relação ao maior valor, obtido com a maior freqüência de rega. Para esta variável, a freqüência de 4 irrigações diárias promoveu um desenvolvimento 18,20 % maior do que aquele proporcionado pela menor freqüência de rega.

Na fase inicial de desenvolvimento da cultura (52° DAT), pôde-se observar que o melhor desenvolvimento foliar ocorreu quando as mudas foram submetidas às três maiores freqüências de rega, ou seja, as freqüências de 4, 3 e 2 irrigações diárias, respectivamente. O contrário ocorreu quando as plantas foram irrigadas com a menor freqüência. Em um experimento idêntico, realizado na mesma estrutura experimental (Figuras 4 e 5), Sindeaux (2005) testou distintas freqüências de irrigação (1, 2, 3 e 4 irrigações ao dia) na aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira Pacovan (*Musa* spp.). O autor constatou, da mesma forma que no atual experimento, que as mudas na fase inicial de crescimento (60° DAT) apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo (diâmetro do pseudocaule) quando foram submetidas a maior freqüência de irrigação.

Os resultados da análise de variância, efetuada sobre as variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, aos 83 DAT, estão dispostos na Tabela 15.

**Tabela 15.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
NF	Bloco	4	18,980	4,745	2,86 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	25,377	8,459	5,11*	3,49	5,95
	Resíduo	12	19,877	1,656	-	-	-
MLF	Bloco	4	0,259	0,065	2,57 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	0,365	0,122	4,83*	3,49	5,95
	Resíduo	12	0,302	0,025	-	-	-
MDR	Bloco	4	5,897	1,474	4,00*	3,26	5,41
	Tratamento	3	1,245	0,415	1,13 (ns)	3,49	5,95
	Resíduo	12	4,427	0,369	-	-	-

(ns) não significativo;

\* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F.

Os resultados do teste F, presentes na Tabela 15, revelam que as variáveis número de folhas e maior largura da 3ª folha foram influenciadas pelas distintas freqüências de irrigação, pois apresentaram diferença estatística entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade. A variável maior diâmetro da roseta, por sua vez, não foi influenciada pelas freqüências de rega.

Os valores médios das variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, avaliados em função das diferentes freqüências de irrigação, estão presentes na Tabela 16.

**Tabela 16.** Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, de acordo com as freqüências de 1 (FR1), 2 (FR2), 3 (FR3) e 4 (FR4) irrigações diárias, Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável		
	NF	MLF (cm)	MDR (cm)
FR4	16,93 a	1,82 a	9,01 a
FR3	16,70 a	1,80 a	8,85 a
FR2	16,68 a	1,81 a	8,82 a
FR1	14,18 b	1,50 b	8,34 a
CV (%)	7,98	9,17	6,94
DMS (5%)	15,00	17,22	13,03

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

Na Tabela 16, nota-se que variável maior diâmetro da roseta não apresentou diferença significativa entre os seus valores médios ao nível de 5 % de probabilidade, de acordo o teste de Tukey. As demais variáveis, segundo o mesmo teste e nível de significância, apresentaram diferença estatística entre os seus valores médios.

De acordo com os resultados presentes na Tabela 16, as variáveis número de folhas e maior largura da 3ª folha apresentaram comportamento estatístico semelhante. Assim, para ambas as variáveis, observa-se que os três maiores valores numéricos, proporcionados pelas três maiores freqüências de irrigação, diferiram significativamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey do menor valor, propiciado pela menor freqüência de rega, neste caso, pela freqüência de uma irrigação ao dia. Os três maiores valores das duas variáveis, por serem numericamente muito próximos, não diferiram estatisticamente entre si. As plantas irrigadas com as três maiores freqüências de rega propiciaram, em média, maior desenvolvimento em relação às variáveis número de folhas (15,45 %) e maior largura da 3ª folha (17,22 %), quando comparadas com a menor freqüência de irrigação.

O melhor desenvolvimento vegetativo das mudas, aos 83 DAT, foi proporcionado novamente pelas três maiores freqüências de irrigação, ou seja, pelas freqüências de 2, 3 e 4 irrigações diárias. O menor desenvolvimento foliar, por sua vez, ocorreu quando as mudas foram irrigadas com a menor freqüência de aplicação de água. Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por Martins et al. (2004), pois quando os autores avaliaram o desenvolvimento de mudas do cafeeiro 'Conilon' (*Coffea canephora* Pierre), cultivadas em tubetes e submetidas a diferentes freqüências de rega, verificaram que a maior freqüência de irrigação proporcionou o melhor desenvolvimento da cultura. Sindeaux (2005), aos 90 DAT,



também verificou que as mudas micropropagadas de bananeira Pacovan (*Musa* spp.) apresentaram melhor desenvolvimento vegetativo (diâmetro do pseudocaule) com o uso das freqüências de 2, 3 e 4 irrigações diárias.

Os resultados da análise de variância, realizada sobre as variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das plantas, encontram-se disponibilizados na Tabela 17.

**Tabela 17.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
PF - PA	Bloco	3	3,267	1,089	8,96**	3,86	6,99
	Tratamento	3	2,007	0,669	5,50*	3,86	6,99
	Resíduo	9	1,094	0,122	-	-	-
PF - PR	Bloco	3	0,001	0,000	2,53 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,001	0,000	1,97 (ns)	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,002	0,000	-	-	-
PS - PA	Bloco	3	0,064	0,021	4,45*	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,064	0,021	4,50*	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,043	0,005	-	-	-
PS - PR	Bloco	3	0,000	0,000	2,05 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,000	0,000	2,94 (ns)	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,000	0,000	-	-	-

(ns) não significativo;

\* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F;

\*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

De acordo com os resultados do teste F, contidos na Tabela 17, as variáveis influenciadas pelas diferentes freqüências de irrigação foram os pesos fresco e seco da parte aérea, uma vez que apresentaram diferença estatística entre os tratamentos ao nível de 5 % de probabilidade. Já as demais variáveis não foram influenciadas pelas lâminas de irrigação.

Os valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das plantas, estudados de acordo com as distintas freqüências de irrigação, estão contidos na Tabela 18. Nessa tabela, observa-se que os valores médios das variáveis pesos fresco e seco da parte radicular não apresentaram diferença estatística. No entanto, as variáveis pesos fresco e seco da parte aérea apresentaram diferença significativa entre os seus valores médios ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

**Tabela 18.** Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), de acordo com as freqüências de 1 (FR1), 2 (FR2), 3 (FR3) e 4 (FR4) irrigações diárias, Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável			
	Peso fresco		Peso seco	
	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)
FR4	6,7771 a	0,1596 a	0,6075 a	0,0421 a
FR3	6,7379 a	0,1500 a	0,5508 ab	0,0417 a
FR2	6,6954 a	0,1529 a	0,5650 ab	0,0350 a
FR1	5,9217 b	0,1371 a	0,4363 b	0,0333 a
CV (%)	5,34	8,97	12,77	13,83
DMS (5%)	11,79	19,83	28,23	30,56

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

A não diferença estatística das variáveis pesos fresco e seco da parte radicular pode ser elucidada através de duas possíveis situações. De acordo com Wendling e Gato (2002), a maior disponibilidade de água na região mais superficial do substrato, proporcionada por irrigações mais freqüentes, induz a produção de um maior número de raízes finas e rasas. Essa situação acontece porque, segundo Ball et al. (1994), o maior desenvolvimento radicular ocorre naquele ambiente cuja disponibilidade de água for maior. Por outro lado, Marouelli e Silva (2005) e Santos e Carlesso (1998) elucidam que a menor disponibilidade de água, gerada pelas reduzidas freqüências de rega, normalmente induz um crescimento radicular vertical mais intenso para buscar a água retida nas regiões mais profundas e úmidas do meio. Portanto, a possível ocorrência dos dois tipos de crescimento radicular (superficial e profundo) pode ter contribuído para a similaridade dos resultados encontrados, ou seja, a não diferença significativa entre os valores médios de ambas as variáveis.

Para a variável peso fresco da parte aérea, os resultados registrados demonstram claramente que os três maiores valores foram proporcionados pelas três maiores freqüências de irrigação e o menor valor, pela menor freqüência de rega. Estatisticamente, não houve diferença significativa entre os três maiores valores da variável. Em compensação, o menor valor apresentou diferença significativa em relação aos demais, ao nível de 5% de probabilidade, conforme o teste de Tukey. Para essa variável, as três maiores freqüências de irrigação propiciaram, em média, 12,09 % mais acúmulo de matéria fresca em relação a menor freqüência de irrigação. Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Chaves et al. (2004), ao avaliarem o rendimento da alface ‘Lucy Brown’ nas condições climáticas de Mossoró-RN em função de distintas freqüências de rega, pois os autores verificaram que, assim como neste experimento, as irrigações com altas freqüências

propiciaram a obtenção dos maiores valores de peso médio da matéria fresca da parte aérea das plantas.

Analisando ainda a Tabela 18, verifica-se que o maior e o menor valor da variável peso seco da parte aérea, obtidos com o emprego das respectivas maior e menor frequências de irrigação, diferiram significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Neste caso, a maior frequência de rega proporcionou 28,18 % mais acúmulo de massa fresca do que a menor frequência. As frequências de 2 e 3 irrigações diárias, por seu turno, proporcionaram a obtenção de valores numericamente semelhantes que não diferiram significativamente entre si nem dos demais valores. Em um experimento com plântulas de tomateiro (*Lycopersicon sculentum* Mill.) nas condições climáticas de Brasília-DF, Marouelli e Silva (2005) analisaram diferentes turnos de rega (0,5, 1, 2, 4, 8 e 16 dias) durante o estágio vegetativo do tomateiro para estabelecer um critério de manejo de água para esta cultura. Semelhante ao presente experimento, os autores observaram que a produção de biomassa, avaliada pela massa seca da parte aérea, foi maximizada com o emprego de um reduzido turno de rega (1 dia), ou seja, de uma elevada frequência de irrigação. Outro resultado vizinho foi verificado por Santos et al. (2004b), quando observaram que as maiores frequências de rega promoveram o melhor desenvolvimento das raízes do porta-enxerto de citromelo 'Swingle'.

Os resultados adquiridos com a presente pesquisa demonstraram que as frequências de 4, 3 e 2 irrigações diárias foram aquelas que proporcionaram os resultados mais satisfatórios em termos de desenvolvimento das plantas, tanto da parte aérea como da parte radicular. Esse fato aconteceu, possivelmente, pela influência de determinados fatores relacionados com o substrato empregado, com a lâmina de água aplicada, com as condições climáticas do ambiente protegido e com as características da própria cultura.

As maiores frequências de rega, associadas à quantidade de água aplicada (3 mm), e as características de retenção de umidade do substrato devem ter elevado as condições hídricas do meio até/ou próximo à capacidade de campo. Essa condição de umidade no substrato pode ter evitado ou minimizado algum tipo de problema relacionado com o acúmulo de sais próximo à zona radicular da cultura. Doorenbos e Kassam (2000) explicam que potencial hídrico do meio, quando elevado, é capaz de aumentar a disponibilidade de água para raízes e diluir a concentração salina no substrato a níveis não prejudiciais a cultura.

Era de se esperar que altas frequências de rega favorecessem a salinização do meio, pois conforme Wendling e Gato (2002), a evaporação de uma reduzida quantidade de água normalmente facilita o carreamento dos sais contidos no meio para regiões mais superficiais.

No entanto, neste experimento, essa condição provavelmente não ocorreu devido à elevada capacidade de retenção de umidade do substrato, às baixas taxas evapotranspirativas no interior do ambiente protegido (principalmente aos 52 DAT) e ao pequeno intervalo de aplicação da água. O substrato empregado, formado pela mistura pó-de-coco verde mais húmus de minhoca, possui uma elevada capacidade de retenção de umidade, uma vez que o pó-de-coco verde pode reter aproximadamente 5 vezes o seu peso em água (SILVA, 1999), enquanto o húmus de minhoca, cerca de 3 a 4 vezes (AQUINO, 2004). Segundo Vásquez et al. (2005), a evapotranspiração no interior de um ambiente protegido é geralmente inferior à verificada em um ambiente externo devido, basicamente, às reduções da radiação solar e da ação dos ventos, que são os principais responsáveis pela demanda evaporativa da atmosfera.

Outro fator que pode ter influenciado positivamente o desenvolvimento das variáveis analisadas foi a maior presença de água nas folhas da cultura. O maior número de irrigações deve ter proporcionado o contato mais freqüente das gotículas de água pulverizadas com a superfície foliar do vegetal e, por essa razão, pode ter havido uma maior absorção e acúmulo de água nas folhas da cultura. Carvalho (2002) comenta que as bromélias normalmente possuem folhas em forma de roseta, que facilita o acúmulo de água para o posterior consumo. Coppens d'Eeckenbrugge e Leal (2003) completam, afirmando que estas plantas apresentam habilidade em absorver água e nutrientes através de suas folhas cerosas, mais especificamente, através de escamas peltadas ou tricomas foliares (PAULA, 2000).

As irrigações mais freqüentes, ao fracionarem a água aplicada em pequenas lâminas, devem ter reduzido os riscos de lixiviação excessiva dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Nesse aspecto, é possível que uma maior disponibilidade de nutrientes junto ao sistema radicular das mudas tenha favorecido o desenvolvimento mais acentuado e vigoroso da cultura como um todo.

Dentre os fatores que podem ter contribuído para uma melhor condição ambiental de crescimento e desenvolvimento da cultura, destaca-se o processo de resfriamento evaporativo. Matarazzo (2004) escreve que o resfriamento evaporativo é um processo essencialmente adiabático, caracterizado pela elevação da umidade relativa e redução da temperatura do ar. A autora explica que neste processo o ar cede calor à água que, por sua vez, evapora, reduzindo a temperatura do ambiente. No caso do experimento em questão, as irrigações mais freqüentes devem ter elevado a umidade relativa pela maior presença de gotículas de água suspensas no ar, geradas pelos nebulizadores. Simultaneamente, a evaporação dessas gotículas, através da transferência de calor latente de evaporação do ar, deve ter atenuado o efeito das temperaturas

mais extremas, que poderiam ter influenciado negativamente o metabolismo normal das plantas aclimatizadas.

Com relação à irrigação de menor frequência de aplicação da água, pode-se considerar uma menor atuação da maioria daqueles fatores que contribuíram para o melhor desenvolvimento vegetal. Dessa maneira, a aplicação integral da lâmina de 3 mm durante o início do período diurno pode ter ocasionado a menor atenuação da temperatura do ar, devido ao efeito menos prolongado do resfriamento evaporativo; o menor acúmulo e absorção de água pelas folhas da cultura e a lixiviação excessiva dos nutrientes para regiões mais profundas do substrato.

É presumível que a perda dos nutrientes por lixiviação excessiva da água tenha sido um dos fatores que mais contribuiu para a redução do desenvolvimento vegetativo das plantas. A irrigação da lâmina de água em uma única aplicação provocou o carreamento dos nutrientes presentes no substrato para zonas mais distantes do sistema radicular. Durante as irrigações com essa frequência, ficou evidente a ocorrência de uma forte lixiviação, pois a água drenada do substrato apresentava-se com uma coloração escura, certamente em função da remoção dos nutrientes contidos no substrato. Nesse contexto, Santos et al. (2002) afirmam que a redução da fertilidade é resultante, principalmente, da lixiviação de nutrientes causada pela percolação excessiva da água. Segundo os autores, a lixiviação causa a perda de nutrientes da zona radicular para camadas mais profundas do meio, tornando-os indisponíveis às culturas. Aquino (2004) relata que a produção máxima de uma planta só é alcançada quando os nutrientes minerais estão disponíveis e em proporções balanceadas.

Os resultados, sejam numéricos e/ou estatísticos, em todos os períodos estudados, mostraram que a irrigação menos frequente proporcionou o desenvolvimento também menos pronunciado das variáveis analisadas. O contrário ocorreu com as três maiores frequências.

Ao se levar em conta que não houve diferença estatística entre os valores médios de todas as variáveis analisadas, pode-se deduzir que, entre as maiores frequências de rega testadas, àquela realizada com duas irrigações diárias é provavelmente a mais viável em termos práticos e econômicos, uma vez que os custos com mão-de-obra são menores, e o tempo disponível do irrigante para a realização de outras atividades é maior. Da mesma forma, Peixoto (2005), avaliando os aspectos de crescimento, desenvolvimento e produção de *Helicônias psittacorum* cv. 'Golden Torch' em função de três frequências de irrigação (1, 2 e 3 dias), concluiu que, como não houve diferença significativa entre as frequências testadas e levando-se em conta os aspectos de praticidade e a redução de custos de produção, pôde-se

trabalhar com a menor frequência de irrigação (1 dia) para se obter resultados satisfatórios no cultivo de helicônias.

### 4.3 Experimento 3: tipos de substrato

As mudas de abacaxizeiro ornamental, cultivadas em diferentes tipos de substrato, receberam em todo o período do experimento (21° ao 83° DAT) uma lâmina de irrigação total equivalente a 180 mm de água.

Os resultados da análise de variância, realizada sobre as variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, aos 83 DAT, estão dispostos na Tabela 19.

**Tabela 19.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
NF	Bloco	4	3,964	0,991	2,05 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	23,509	7,836	16,23**	3,49	5,95
	Resíduo	12	5,792	0,483	-	-	-
MLF	Bloco	4	0,045	0,011	1,44 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	0,379	0,126	16,32**	3,49	5,95
	Resíduo	12	0,093	0,008	-	-	-
MDR	Bloco	4	3,712	0,928	2,52 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	17,530	5,843	15,86**	3,49	5,95
	Resíduo	12	4,421	0,368	-	-	-

(ns) não significativo;

\*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Na Tabela 19, observa-se que os diferentes tipos de substrato influenciaram o desenvolvimento de todas as variáveis mencionadas, pois, de acordo com o teste F, houve diferença estatística entre os tratamentos testados ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores médios das variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, estudados em função dos quatro tipos de substrato, aos 83 DAT, constam na Tabela 20. Os resultados contidos na Tabela 20 indicam que houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey entre os valores médios de todas as variáveis avaliadas.

**Tabela 20.** Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, de acordo com os substratos pó-de-coco seco mais Vitasolo® (PCS+V), pó-de-coco seco mais húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco verde mais Vitasolo® (PCV+V) e pó-de-coco verde mais húmus de minhoca (PCV+H), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável		
	NF	MLF (cm)	MDR (cm)
PCS+V	16,90 b	1,92 ab	9,50 ab
PCS+H	18,40 a	2,05 a	9,98 a

**Tabela 20.** Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, de acordo com os substratos pó-de-coco seco mais Vitasolo® (PCS+V), pó-de-coco seco mais húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco verde mais Vitasolo® (PCV+V) e pó-de-coco verde mais húmus de minhoca (PCV+H), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável		
	NF	MLF (cm)	MDR (cm)
PCV+V	15,35 c	1,69 c	7,54 c
PCV+H	16,62 bc	1,80 bc	8,52 bc
CV (%)	4,13	4,72	6,83
DMS (5%)	7,76	8,87	12,83

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

Para a variável número de folhas, observa-se que os resultados mais e menos promissores foram obtidos mediante o uso dos substratos PCS+H e PCV+V, nesta ordem. O maior valor numérico da variável, equivalente ao resultado mais promissor, foi significativamente diferente dos demais valores ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Os valores intermediários da variável, alcançados com o emprego dos substratos PCS+V e PCV+H, foram numericamente muito próximos e, por esse motivo, não diferiram significativamente entre si. O menor valor da variável, apesar de ter sido o resultado menos promissor em termos numéricos, não apresentou diferença significativa em relação ao valor conseguido através do substrato PCV+H. Nos substratos formados por pó-de-coco seco, o húmus de minhoca proporcionou um número de folhas 8,15 % maior do que aquele propiciado pelo Vitasolo®. Já nos substratos compostos por pó-de-coco verde, esta superioridade foi cerca de 7,66 %.

Quanto às variáveis maior largura da 3ª folha e maior diâmetro da roseta, nota-se que as mesmas apresentaram comportamentos estatístico e numérico semelhantes. Os resultados numéricos mais e menos promissores, para ambas as variáveis, foram alcançados quando se utilizaram os respectivos substratos PCS+H e PCV+V. O maior valor numérico das duas variáveis, que compreendeu o resultado mais promissor, apesar de ter diferido significativamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey dos valores obtidos com o uso dos substratos à base de pó-de-coco verde, não apresentou diferença significativa em relação ao valor proporcionado pelo substrato PCS+V. Este valor, por sua vez, apresentou diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade, conforme o teste de Tukey, em relação ao menor valor numérico de ambas as variáveis, que correspondeu ao resultado menos promissor. Para a maior largura da 3ª folha, o húmus de minhoca, comparado ao Vitasolo®, promoveu o maior desenvolvimento da variável no substrato à base de pó-de-coco seco (6,33 %) e no substrato à base de pó-de-coco verde (6,12 %). Em relação ao maior diâmetro da roseta, nos substratos compostos por pó-de-coco seco e pó-de-coco verde, o húmus de

minhoca promoveu o desenvolvimento da variável 4,31 e 11,44 % superior ao propiciado pelo Vitasolo<sup>®</sup>, respectivamente.

Os resultados relacionados com o desenvolvimento foliar, obtidos aos 83 DAT, evidenciaram a superioridade dos substratos à base de pó-de-coco seco na obtenção de mudas mais desenvolvidas e vigorosas. Entre estes substratos, o pó-de-coco seco combinado com o adubo húmus de minhoca, foi aquele que promoveu o melhor desenvolvimento das plantas. Em relação aos adubos, o húmus de minhoca foi mais eficiente que o Vitasolo<sup>®</sup>, tanto combinado com o pó-de-coco seco como misturado ao pó-de-coco verde. Alguns autores encontraram em experimentos, resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa. Por exemplo, Santos et al. (2004a), testando a eficiência de três substratos orgânicos (pó da casca de coco seco, pó da casca de coco verde e casca de arroz carbonizada) e dois adubos (húmus de minhoca e Vitasolo<sup>®</sup>) na aclimatização de plântulas de *Heliconia psittacorum*, constataram que o substrato à base de coco seco foi mais eficiente que o substrato a base de coco verde e que o adubo húmus de minhoca foi superior ao adubo Vitasolo<sup>®</sup>. Souza Júnior et al. (2001), quando analisaram o efeito de três tipos de substrato na aclimatização de mudas de abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) verificaram que as melhores respostas de crescimento, em condições *ex vitro*, foram alcançadas mediante a utilização do substrato que continha o adubo húmus de minhoca. Da mesma forma, Costa et al. (2002), ao avaliarem a influência de diferentes substratos na formação de porta-enxertos de gravioleira (*Annona muricata* L.) em tubetes, concluíram que os substratos formulados com o adubo húmus de minhoca formaram mudas mais vigorosas e de melhor desenvolvimento vegetativo.

A superioridade dos substratos PCS+H e PCS+V em relação aos demais pode ser explicada pela baixa salinidade presente em ambos os substratos. A baixa concentração salina, verificada pelo reduzido valor de CE (Tabela 2), pode ter contribuído positivamente para o melhor desenvolvimento das plantas, pois sob reduzida concentração salina as raízes devem ter absorvido mais eficientemente a água e os nutrientes essenciais. Isso porque é de conhecimento que o excesso de sais pode dificultar a absorção de água pelas raízes, modificar a estrutura do meio e ainda provocar efeitos tóxicos às plantas devido à ação de determinados íons (AYERS e WESTCOT, 1999; SILVA e MAROUELLI, 1998). Diversos trabalhos demonstram que as plantas têm apresentado melhor desenvolvimento quando submetidas a baixos níveis salinos (BLANCO, 1999; SOARES et al., 2005; SOUZA et al., 2005b; VIANA et al., 2001).

Entre os substratos à base de pó-de-coco seco, aquele que continha o adubo húmus de minhoca em sua formulação (PCS+H) proporcionou os melhores resultados, especialmente,



em relação à variável número de folhas. Esse fato pode ser justificado pelos efeitos benéficos do húmus sobre o substrato e, conseqüentemente, sobre as plantas. Segundo Blank et al. (2003), o pó-de-coco e o húmus de minhoca são componentes que conferem ao substrato uma grande capacidade de retenção de umidade e leveza, fatores estes que são imprescindíveis para o crescimento de mudas. Nesse sentido, Aquino (2004) acrescenta, enfatizando que o húmus de minhoca pode armazenar água cerca de 3 a 4 vezes o seu peso. Além da elevada capacidade de retenção de umidade, o húmus de minhoca apresenta boa consistência dentro de recipientes de cultivo e média a alta porosidade e drenagem (GONÇALVES e POGGIANI, 1996); mineralização mais lenta da matéria orgânica com conseqüente liberação de todos os nutrientes essenciais (LONGO, 1987); quelatização de certos micronutrientes com controle de concentrações tóxicas e retenção de formas disponíveis; elevada capacidade de troca de cátions (CTC) (AQUINO, 2004) e melhor controle de biológico (AQUINO et al., 1993). Ademais, a maior concentração de nitrogênio em relação aos demais substratos (Tabela 2) pode ter propiciado um desenvolvimento vegetativo mais acentuado nas plantas, pois, de acordo com Carvalho (2002), o nitrogênio é um elemento de crescimento, já que o mesmo faz parte de todas as proteínas, ácidos nucléicos, clorofila, etc. Inúmeros experimentos como, por exemplo, os de Blank et al. (2003 e 2005), com as respectivas mudas de quiôidô (*Ocimum gratissimum* L.) e de erva cidreira (*Melissa officinalis* L.); Oliveira et al. (2002), com mudas de erva cidreira e Vogel et al. (2001), com mudas de Uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunberg.), demonstram que o desenvolvimento mais pronunciado de muitas espécies vegetais é favorecido por substratos que contêm o húmus de minhoca como componente.

Através dos resultados da pesquisa, no mesmo período (83º DAT), pôde-se observar que os substratos que continham pó-de-coco verde (PCV+H e PCV+V) promoveram os desenvolvimentos vegetativos menos promissores. Esse fato pode ter ocorrido, possivelmente, em função da maior concentração salina no meio. A salinidade relativamente elevada dos substratos que continham pó-de-coco verde, verificada pelos altos valores de CE (Tabela 2), pode ter provocado estresse salino nas plantas. A salinidade acima do nível tolerado pela plantas pode reduzir o crescimento vegetal pelo déficit hídrico (AYERS e WESTCOT, 1999; SILVA e MAROUELLI, 1998), pela toxicidade de íons específicos (AYERS e WESTCOT, 1999; LACERDA et al., 2003), pelo desbalanceamento iônico (WALKER, 1986), ou ainda, pela combinação de algum destes fatores (SOARES et al., 2005).

A salinidade, mais especificamente, a presença de sais na solução do meio, retém a água pelo aumento da pressão osmótica e provoca, com isso, o déficit hídrico na planta (AYERS e WESTCOT, 1999). McCree e Fernández (1989) e Sivakumar e Shaw (1978)

salientam que o déficit hídrico diminui a expansão foliar, acelera a senescência, reduz o índice de área foliar e aumenta a abscisão das folhas. Nessa situação, há menor atividade fotossintética, menor assimilação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, menor desenvolvimento das plantas (SANTOS e CARLESSO, 1998). Para Berkowitz (1988), a reduzida disponibilidade de água no meio ainda pode prejudicar a absorção de nutrientes pelas raízes das culturas, uma vez que, no geral, a disponibilidade de água e nutrientes é positivamente correlacionada. De acordo com Silva e Marouelli (1998), as culturas sensíveis à salinidade apresentam reduções de crescimento e produção na proporção em que a salinidade aumenta. Nesse contexto, Jones et al. (1989), cultivando pepino (*Cucumis sativus* L.) em estufa, verificaram que a área foliar e o crescimento das plantas foram menores quando as mesmas foram submetidas a uma salinidade de 4,0 dS·m<sup>-1</sup>, em comparação com as plantas submetidas a uma salinidade de 1,6 dS·m<sup>-1</sup>. Adams (1994) constatou que as mudas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) também apresentaram declínio progressivo no crescimento e na produção quando expostas a uma salinidade superior a 4,8 mS·cm<sup>-1</sup>. Trabalhos como os de Monte et al. (2004), Soares et al. (2005), Souza et al. (2005b) e outros demonstram que o aumento da salinidade acima do nível tolerado pela cultura provoca efeitos nocivos no desenvolvimento das plantas. Os sintomas que normalmente ocorrem em plantas afetadas pela salinidade caracterizam-se pelo desenvolvimento lento e redução do tamanho das folhas que, inclusive, tornam-se mais grossas (SANTOS e CARLESSO, 1998). Esses sintomas também foram notados durante a realização deste experimento nas mudas de abacaxizeiro ornamental cultivadas nos substratos à base de pó-de-coco verde.

Segundo Ayers e Westcot (1999) e Silva e Marouelli (1998), os principais íons causadores de fitotoxicidade são o boro, o cloreto e o sódio. Os autores elucidam que mesmo em concentrações baixas, estes íons podem causar efeitos tóxicos às plantas. Normalmente, seus efeitos podem ser visualizados pela queimadura das pontas ou bordas foliares, entretanto, no geral, a acumulação dos íons em concentrações tóxicas pode demorar algum tempo, de maneira que os sintomas visuais dos danos podem desenvolver-se muito lentamente para serem notados (AYERS e WESTCOT, 1999). No caso do abacaxizeiro ornamental, nenhum sintoma de fitotoxicidade, como estes reportados pelos autores, foi visualizado.

Aquino (2004) retrata que o desbalanceamento iônico pode provocar um fenômeno conhecido como inibição competitiva, em que cátions ou ânions de mesma carga competem entre si pelos sítios de absorção localizados nas raízes. Nessa concorrência, os íons em maior concentração acabam sendo preferencialmente absorvidos em detrimento de outros, provocando possíveis sintomas de deficiência e, por conseguinte, redução acentuada do

desenvolvimento vegetal. Grattan e Grieve (1993) concordam, afirmando que a maioria dos íons pode influenciar a absorção de nutrientes por interações competitivas ou por afetar a seletividade iônica das membranas. Pozza et al. (2001) relatam que certas concentrações de potássio podem reduzir os níveis de outros cátions, como o cálcio e o magnésio, em decorrência da competição nos sítios de absorção nas raízes. Alguns exemplos de inibição competitiva são:  $\text{Ca}^{2+} \times \text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+ \times \text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+ \times \text{K}^+$ ;  $\text{Cl}^- \times \text{NO}_3^-$  (GRATTAN e GRIEVE, 1993);  $\text{Mg}^{2+} \times \text{K}^+$ ;  $\text{K}^+ \times \text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Zn}^{2+} \times \text{Cu}^{2+}$ ;  $\text{Fe}^{2+} \times \text{Mn}^{2+}$ ;  $\text{Cu}^{2+} \times \text{Fe}^{2+}$ ;  $\text{Zn}^{2+} \times \text{Mn}^{2+}$ ;  $\text{SO}_4^{2-} \times \text{SeO}_4^{2-}$  (AQUINO, 2004). No atual experimento, as plantas cultivadas no substrato formado pela combinação pó-de-coco verde com Vitasolo<sup>®</sup> apresentaram sintomas de deficiência nutricional, visualizados pelo retardamento do crescimento e clorose foliar (folhas amareladas). É provável que, além do efeito da salinidade, a elevada concentração iônica presente no substrato, possivelmente aumentada pelas aplicações da solução nutritiva (adubação foliar), tenha favorecido o aparecimento de fenômenos relacionados com a competição entre íons. Nessa condição, é possível que a absorção de alguns íons tenha sido dificultada, provocando sintomas de deficiência e conseqüente redução na produção da planta. Uma análise química foliar possivelmente indicaria quais foram os elementos químicos que mais influenciaram o desenvolvimento das mudas.

Os resultados da análise de variância, efetuada sobre as variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das plantas, encontram-se na Tabela 21.

**Tabela 21.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
PF - PA	Bloco	3	6,899	2,300	1,93 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	58,037	19,346	16,24**	3,86	6,99
	Resíduo	9	10,721	1,191	-	-	-
PF - PR	Bloco	3	0,001	0,000	0,26 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,019	0,006	4,43*	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,013	0,001	-	-	-
PS - PA	Bloco	3	0,075	0,025	2,38 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,452	0,151	14,33**	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,095	0,011	-	-	-
PS - PR	Bloco	3	0,000	0,000	0,36 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,002	0,001	4,30*	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,001	0,000	-	-	-

(ns) não significativo;

\* significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F;

\*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

De acordo com os resultados obtidos com o teste F, registrados na Tabela 21, todas as variáveis foram influenciadas pelos diferentes tipos de substrato, uma vez que os tratamentos avaliados apresentaram diferença estatística ao nível de 5 ou 1 % de probabilidade.

Os valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das plantas, analisados em função dos diferentes substratos, estão registrados na Tabela 22.

**Tabela 22.** Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), de acordo com os substratos pó-de-coco seco mais Vitasolo® (PCS+V), pó-de-coco seco mais húmus de minhoca (PCS+H), pó-de-coco verde mais Vitasolo® (PCV+V) e pó-de-coco verde mais húmus de minhoca (PCV+H), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável			
	Peso fresco		Peso seco	
	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)
PCS+V	7,7292 a	0,1667 ab	0,6671 ab	0,0488 ab
PCS+H	8,3563 a	0,1742 a	0,7504 a	0,0508 a
PCV+V	3,4408 b	0,0896 b	0,3108 c	0,0217 b
PCV+H	5,9996 a	0,1238 ab	0,5042 bc	0,0396 ab
CV (%)	17,10	27,06	18,37	31,88
DMS (5%)	37,80	59,81	40,59	70,45

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

De acordo com os resultados contidos na Tabela 22, os valores médios de todas as variáveis avaliadas apresentaram diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade, conforme o teste de Tukey.

Para a variável peso fresco da parte aérea, pode-se observar que os maiores acúmulos de massa fresca foram proporcionados pelos respectivos substratos PCS+H, PCS+V e PCV+H, enquanto o menor acúmulo, pelo substrato PCV+V. Os valores da variável, que corresponderam aos maiores acúmulos de massa, não apresentaram diferença significativa entre si, mas diferiram significativamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey do menor valor da variável, que correspondeu ao menor acúmulo de massa fresca. Dos substratos à base de pó-de-coco seco, aquele que continha húmus de minhoca foi responsável por um acúmulo de matéria fresca da parte aérea 7,5 % maior em relação ao substrato que continha Vitasolo®. Nos substratos à base de pó-de-coco verde esse valor foi ainda maior, pois o húmus de minhoca promoveu, em comparação ao Vitasolo®, 42,64 % mais acúmulo de matéria fresca. Utilizando diferentes substratos no desenvolvimento de mudas da bromélia *Encholirum spectabile*, Guimarães et al. (2004) também verificaram que o substrato contendo húmus de minhoca foi o que mais se destacou quanto ao desenvolvimento geral da planta, pois propiciou os melhores resultados de pesos da matéria fresca e seca da planta e de síntese de biomassa.

Quanto ao peso seco da parte aérea, o maior e o menor valor numérico da variável, obtidos com a utilização dos respectivos substratos PCS+H e PCV+V, diferiram significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade, de acordo com o teste de Tukey. O maior valor numérico da variável não diferiu significativamente do valor alcançado com o uso do substrato PCS+V. Este valor também não diferiu significativamente do valor obtido com o substrato PCV+H, mas apresentou diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, em relação ao menor valor da variável. Dos substratos formados por pó-de-coco seco e pó-de-coco verde, aqueles que continham o húmus de minhoca em sua composição asseguraram, respectivamente, cerca de 11,10 e 38,35 % mais acúmulo de matéria seca da parte aérea em comparação com os substratos formulados com o Vitasolo<sup>®</sup>. Resultados análogos foram alcançados por Correia et al. (2001b), em um experimento que testou substratos alternativos para a aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*). Os autores constataram que o pó-de-coco seco mais vermicomposto foi um dos substratos que proporcionou o maior acúmulo de matéria seca da parte aérea da cultura sendo, inclusive, estatisticamente superior ao substrato formado pela mistura pó-de-coco verde mais vermicomposto. Também estão de acordo com o atual experimento os resultados obtidos por Blank et al. (2003), quando averiguaram o efeito de diferentes composições de substratos (areia, pó-de-coco e húmus de minhoca) na produção de mudas de quiôidô (*Ocimum gratissimum* L.), pois os autores concluíram que a combinação pó-de-coco mais húmus de minhoca proporcionou a obtenção de mudas de boa qualidade, verificada pelos maiores acúmulos de matéria seca de folhas, parte aérea e total por planta.

Com relação às variáveis pesos fresco e seco da parte radicular, observa-se que as mesmas apresentaram comportamentos numérico e estatístico similares. Assim, o maior e o menor valor numérico das duas variáveis, obtidos com o emprego dos respectivos substratos PCS+H e PCV+V, apresentaram diferença significativa entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Os valores intermediários, conseguidos com o uso dos substratos PCS+V e PCV+H, não diferiram significativamente entre si nem dos demais valores. Para a variável peso fresco da parte radicular, o húmus de minhoca, comparado ao Vitasolo<sup>®</sup>, gerou o maior acúmulo de massa, tanto no substrato à base de pó-de-coco seco (4,30 %) como no substrato composto por pó-de-coco verde (27,62 %). Quanto à variável peso seco da parte radicular, o húmus de minhoca, em comparação com o Vitasolo<sup>®</sup>, providenciou um acúmulo de massa 3,93 % maior nos substratos à base de pó-de-coco seco e 45,20 % superior nos substratos à base de pó-de-coco verde. Filho et al. (2005), testando

diferentes substratos comerciais e orgânicos na produção de mudas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *bracteatus*), constataram que aquele formulado com fibra de coco comercial promoveu um bom desenvolvimento das plantas, verificado por altos acúmulos de massa radicular e tamanho da raiz.

Os resultados relacionados com a produção de massas fresca e seca das plantas mostraram que os maiores acúmulos de massa na cultura foram proporcionados pelos respectivos substratos PCS+H, PCS+V e PCV+H, enquanto o menor acúmulo, pelo substrato PCV+V. Esses resultados também indicaram que o pó-de-coco seco foi melhor que o pó-de-coco verde e que o húmus de minhoca foi mais eficiente que o Vitasolo<sup>®</sup>.

Durante todo o experimento ficou claro que os substratos formados pelas combinações, pó-de-coco seco com húmus de minhoca e pó-de-coco seco com Vitasolo<sup>®</sup>, foram aqueles que asseguraram o melhor desenvolvimento da cultura no que se refere às partes foliar e radicular. Com relação ao substrato formado pela combinação pó-de-coco verde com húmus de minhoca, os resultados do experimento mostraram que o mesmo apresentou menor desempenho em relação aos substratos à base de pó-de-coco seco. Apesar disso, a planta apresentou um bom desenvolvimento geral, pois os valores acumulados de matéria fresca e matéria seca da parte radicular e matéria fresca da parte aérea não diferiram estatisticamente daqueles valores proporcionados pelos substratos PCS+H e PCS+V. Nesse sentido, uma melhoria no manejo desse substrato poderia torná-lo tão bom quanto os substratos que continham pó-de-coco seco. Uma técnica bastante utilizada para melhorar as características químicas do pó-de-coco verde é a lavagem com água de baixa salinidade. A lavagem acaba reduzindo a salinidade do material a níveis muito baixos, ou seja, níveis recomendados para o cultivo de vegetais. Nesse sentido, Cordão Terceiro Neto (2004) realizou a lavagem do pó-de-coco verde e conseguiu, com isso, baixar a CE para  $0,25 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ . Nesse reduzido nível de salinidade, o autor conseguiu cultivar, satisfatoriamente, mudas de violeta africana (*Sainpaulia ionantha* WENDL.) em condições de aclimatização. Em um experimento visando à produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.), Bezerra et al. (2001) utilizaram o pó-de-coco verde como substrato, associado ou não ao húmus de minhoca e regado ou não com solução nutritiva. Como os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos em que se usou o pó-de-coco lavado e irrigado com solução nutritiva, os autores concluíram que o pó-de-coco verde, por ter apresentado baixa concentração salina (reduzida CE), pôde ser indicado como substrato para a produção de mudas de alface.

A utilização de resíduos da agroindústria em práticas agrícolas, como o cultivo de plantas em substratos à base de pó-de-coco, por exemplo, representa, segundo Kämpf (2000),

a solução de problemas sócio-econômicos e ambientais. Nesse contexto, alguns trabalhos, como os de Assis et al. (2005), Colombo et al. (2005), Leal (2004), Ledra e Demattê (1999), Lopes et al. (2005) e muitos outros, vêm demonstrando o sucesso do emprego de substratos à base de pó-de-coco no cultivo de muitas espécies vegetais. Lemle (2005) acredita que a utilização do pó-de-coco em mistura com outros materiais reduz o custo de aquisição de substratos comerciais e ajuda a minimizar os problemas ambientais gerados pelo acúmulo excessivo de resíduos (cascas) provenientes da indústria de processamento do coco. Em complemento, Assis et al. (2005) relatam que o uso do pó-de-coco pode ajudar a preservar determinados substratos que se encontram em risco de extinção, como é o caso do xaxim.

#### 4.4 Experimento 4: volumes de substrato

As mudas de abacaxizeiro ornamental, cultivadas em distintos tipos de recipientes, foram irrigadas durante todo o período do experimento (21° ao 83° DAT) com uma lâmina d'água correspondente a 180 mm.

Os resultados da análise de variância, efetuada sobre as variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, aos 83 DAT, encontram-se na Tabela 23.

**Tabela 23.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
NF	Bloco	4	6,027	1,507	1,40 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	27,234	9,078	8,46**	3,49	5,95
	Resíduo	12	12,867	1,072	-	-	-
MLF	Bloco	4	0,076	0,019	2,80 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	0,358	0,119	17,53**	3,49	5,95
	Resíduo	12	0,082	0,007	-	-	-
MDR	Bloco	4	1,092	0,273	0,95 (ns)	3,26	5,41
	Tratamento	3	17,085	5,695	19,84**	3,49	5,95
	Resíduo	12	3,444	0,287	-	-	-

(ns) não significativo;

\*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

De acordo com os resultados presentes na Tabela 23, pode-se observar que todas as variáveis foram influenciadas pelos diferentes tipos de recipiente, já que o teste F indicou diferença estatística ao nível de 1% de probabilidade entre todos os tratamentos testados.

Os valores médios das variáveis relacionadas com o desenvolvimento foliar, avaliados em função dos diferentes tipos de recipiente, aos 52 DAT, estão contidos na Tabela 24. Segundo os resultados anotados na Tabela 24, os valores médios de todas as variáveis

analisadas apresentaram diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

**Tabela 24.** Valores médios das variáveis número de folhas (NF), maior largura da 3ª folha (MLF) e maior diâmetro da roseta (MDR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), aos 83 DAT, de acordo com os recipientes tubete grande (TG), tubete pequeno (TP), bandeja grande (BG) e bandeja pequena (BP), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável		
	NF	MLF (cm)	MDR (cm)
TG	18,70 a	2,02 a	10,10 a
TP	17,50 ab	1,88 ab	9,25 a
BG	16,30 b	1,77 bc	7,93 b
BP	15,65 b	1,65 c	7,92 b
CV (%)	6,08	4,52	6,09
DMS (5%)	11,42	8,48	11,43

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

Para a variável número de folhas, observa-se que os maiores valores foram obtidos com a utilização de ambos os tipos de tubetes, enquanto os menores, com o uso das duas bandejas. O maior valor numérico da variável, proporcionado pelo tubete grande, diferiu significativamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey dos dois menores valores, obtidos com a utilização de ambas as bandejas. Com isso, o número de folhas obtido com a utilização do tubete grande foi 12,83 e 16,31 % maior em relação ao número de folhas obtido pelas bandejas grande e pequena, respectivamente. Os valores obtidos com uso das duas bandejas foram numericamente semelhantes e, dessa forma, não diferiram significativamente entre si. O valor da variável obtido com o emprego do tubete pequeno também não diferiu significativamente dos demais valores.

Em relação a maior largura da 3ª folha, nota-se que não existiu diferença significativa entre os dois maiores valores numéricos da variável, proporcionados por ambos os tubetes, e entre os dois menores valores numéricos, alcançados com a utilização de ambas as bandejas. Também não ocorreu diferença estatística entre os valores obtidos através do tubete pequeno e da bandeja grande. A diferença significativa, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, ocorreu entre o maior valor da variável e os dois menores valores da mesma, obtidos com o emprego dos respectivos tubete grande e bandejas grande e pequena. Para essa variável, o tubete grande proporcionou um desenvolvimento 12,28 e 17,99 % superior àquele proporcionado pelas bandejas grande e pequena, respectivamente. Outra diferença significativa, de acordo com o mesmo teste e nível de significância, ocorreu entre os valores resultantes do uso do tubete pequeno e da bandeja pequena. Neste caso, o tubete pequeno



propiciou um valor do maior diâmetro da roseta 11,86 % superior ao proporcionado pela bandeja pequena.

Analisando ainda a Tabela 24, percebe-se que os dois maiores e menores valores da variável maior diâmetro da roseta, resultantes do uso dos dois tipos de tubetes e de ambas as bandejas, respectivamente, apresentaram diferença significativa entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey. Ambos os tipos de tubete, comparados às duas bandejas, promoveram o desenvolvimento dessa variável, em média, 18,05 % superior. Já entre os maiores e entre os menores valores da variável, não houve diferença significativa.

Os resultados adquiridos com a análise das variáveis nesse período (83° DAT) evidenciaram o melhor desenvolvimento da cultura quando foram utilizados os recipientes de maior altura e capacidade volumétrica, ou seja, os tubetes grande e pequeno. Já o desenvolvimento menos pronunciado das mudas foi proporcionado por ambas as bandejas. Corroborando com estes resultados, Keever e Cobb (1985) verificaram na espécie ornamental azevim (*Ilex aquifolium*) que o maior desenvolvimento da planta foi atingido mediante o uso de recipientes de maior diâmetro e altura. Já ao analisarem outra espécie ornamental, a azaléia (*Rhododendron simsii* Planch.), os autores observaram que somente o aumento do diâmetro do recipiente promoveu o maior desenvolvimento cultura. Vallone (2003), ao avaliar a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes de polietileno de 50 e 120 cm<sup>3</sup>, também concluiu que as plantas produzidas em um maior volume de substrato apresentaram maior desenvolvimento em relação às mudas produzidas em um menor volume. Resultados contraditórios foram encontrados por Gomes et al. (1985) quando verificaram na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis*), após 90 dias de semeadura, que os tubetes de volume reduzido (50 cm<sup>3</sup>) foram mais adequados, promovendo o crescimento em altura das mudas superior ao da bandeja de isopor, com volume de 70 cm<sup>3</sup>.

Os resultados da análise de variância, realizada sobre as variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das plantas, estão presentes na Tabela 25.

**Tabela 25.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
PF - PA	Bloco	3	0,788	0,263	0,34 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	77,601	25,867	33,85**	3,86	6,99
	Resíduo	9	6,877	0,764	-	-	-
PF - PR	Bloco	3	0,002	0,001	0,41 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,058	0,019	11,31**	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,015	0,002	-	-	-

**Tabela 25.** Análise de variância com níveis de significância das variáveis peso fresco da parte aérea (PF-PA), peso fresco da parte radicular (PF-PR), peso seco da parte aérea (PS-PA) e peso seco da parte radicular (PS-PR) de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), Fortaleza-CE, 2005.

Variável	FV	GL	SQ	QM	F	F>1 (5%)	F>1 (1%)
PS - PA	Bloco	3	0,025	0,008	0,66 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,763	0,254	20,09**	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,114	0,013	-	-	-
PS - PR	Bloco	3	0,000	0,000	1,99 (ns)	3,86	6,99
	Tratamento	3	0,002	0,001	22,91**	3,86	6,99
	Resíduo	9	0,000	0,000	-	-	-

(ns) não significativo;

\*\* significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

De acordo com os resultados do teste F, presentes na Tabela 25, as variáveis em questão foram influenciadas pelos diferentes tipos de recipiente, uma vez que todos os tratamentos testados foram significativos ao nível de 1 % de probabilidade.

Os valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das plantas, analisados em função dos diferentes tipos de recipientes, estão estabelecidos na Tabela 26.

**Tabela 26.** Valores médios das variáveis relacionadas com a produção de massas fresca e seca das mudas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), de acordo com os recipientes tubete grande (TG), tubete pequeno (TP), bandeja grande (BG) e bandeja pequena (BP), Fortaleza-CE, 2005.

Tratamento	Variável			
	Peso fresco		Peso seco	
	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)	Parte aérea (g)	Parte radicular (g)
TG	8,9996 a	0,2113 a	0,8463 a	0,0483 a
TP	8,9242 a	0,1967 a	0,8104 a	0,0388 a
BG	5,3792 b	0,1000 b	0,4704 b	0,0233 b
BP	3,9658 b	0,0713 b	0,3354 b	0,0208 b
CV (%)	12,82	28,58	18,27	16,59
DMS (5%)	28,34	63,16	40,39	36,67

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

Os resultados contidos na Tabela 26 demonstram que houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey entre os valores médios de todas as variáveis analisadas.

Na Tabela 26, nota-se que os valores médios de todas as variáveis apresentaram, em termos numérico e estatístico, comportamento semelhante, ou seja, tenderam a elevar-se com o aumento da altura e capacidade volumétrica dos recipientes. Dessa maneira, verifica-se que houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey entre os dois maiores e os dois menores valores numéricos de todas as variáveis, obtidos com o uso dos tubetes grande e pequeno e das bandejas grande e pequena, respectivamente. Por outro lado, entre os maiores e entre os menores valores destas variáveis, não foi verificada diferença

estatística. Então, para as variáveis relacionadas com a produção de massa na planta, os dois tipos de tubetes proporcionaram, em média, acúmulos de massa 47,86, 58,03, 51,35 e 49,36 % superiores aos acúmulos promovidos por ambas as bandejas.

Os resultados relacionados com o peso da planta evidenciaram que os maiores e menores acúmulos de massa foram proporcionados pelos recipientes de maior e de menor capacidade volumétrica, ou seja, pelos dois tipos de tubete e por ambas as bandejas, respectivamente.

Resultados similares foram obtidos por Brito et al. (2004), quando avaliaram a produção de mudas de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em bandejas de isopor e em tubetes de polietileno. Assim como neste experimento, os autores verificaram que a utilização dos tubetes foi significativamente superior a das bandejas em relação às matérias fresca e seca totais da parte aérea. Sindeaux (2005), na aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira Pacovan (*Musa* spp.) em tubetes de 300 e 180 cm<sup>3</sup> e em bandejas de 40 e 30 cm<sup>3</sup>·célula<sup>-1</sup>, constatou que os maiores acúmulos de massas fresca e seca das partes aérea e radicular foram proporcionados pelos tubetes, enquanto os menores acúmulos, pelas bandejas. Pereira (1983) observou que as mudas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) também apresentaram maiores acúmulos de matéria seca das partes aérea e radicular, quando formadas em maiores volumes de substrato, ou seja, recipientes com maior capacidade volumétrica.

Os resultados obtidos com o experimento em todos os períodos estudados demonstraram a superioridade dos tubetes grande e pequeno na promoção do desenvolvimento mais acentuado das partes vegetais analisadas. A razão para tal acontecimento pode estar relacionada com as características intrínsecas destes recipientes, como maior altura e capacidade volumétrica.

De acordo com Ingram et al. (2003) a altura do recipiente determina a altura do substrato e, por conseguinte, espaço de aeração, ou seja, a disponibilidade de oxigênio. Segundo os autores, os recipientes de maior altura normalmente apresentam o maior volume de poros grandes (macroporos) preenchidos com ar, ou seja, apresentam uma maior disponibilidade de oxigênio às raízes. Kämpf (2000) acredita que o maior volume de macroporos, por favorecer a rápida retirada de CO<sub>2</sub> produzido pela respiração radicular e elevar a concentração de O<sub>2</sub> no meio, proporciona condições adequadas para o melhor desenvolvimento vegetal. Mirza (2006) ressalta a importância da adequada aeração no meio de cultivo. Segundo o autor, o oxigênio é essencial para os processos metabólicos que liberam energia para as funções vitais da planta e, também, para a absorção de nutrientes minerais.

Assim, as plantas cultivadas sob aeração deficiente costumam apresentar o crescimento lento e uma maior suscetibilidade aos estresses ambientais adversos. Ingram et al. (2003) acrescentam, relatando que em condições anaeróbias, as raízes não conseguem obter energia suficiente para o seu próprio crescimento, balanço hormonal e absorção de nutrientes, bem como para a manutenção de células, organelas e processos fisiológicos básicos. Portanto, no atual experimento, os recipientes de maior altura, neste caso, os tubetes grande e pequeno, por apresentarem um conteúdo relativo de água no substrato menor, provavelmente devem ter proporcionado um melhor espaço de aeração e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade de oxigênio para o desenvolvimento mais adequado do sistema radicular que, por seu turno, deve ter explorado melhor o volume de substrato e absorvido uma quantidade mais adequada de água e nutrientes, presentes na fração líquida do meio.

A maior capacidade volumétrica de ambos os tipos de tubete deve ter influenciado de maneira decisiva o desenvolvimento das mudas ao longo da aclimatização. Wien (1997) explica que um maior volume de substrato restringe menos o desenvolvimento das raízes e ainda propicia a elas uma maior porosidade, logo, melhores condições de aeração (oxigênio). O autor também ressalta que maiores volumes de substrato, em comparação aos menores volumes, apresentam maior disponibilidade de água e nutrientes. O maior volume de substrato contido nestes recipientes pode ter contribuído para a formação de um sistema radicular mais desenvolvido e de melhor arquitetura que, por sua vez, deve ter explorado mais eficientemente o substrato e absorvido maiores quantidades de nutrientes que se encontravam dissolvidos na solução do meio. Inúmeros experimentos realizados com diversas espécies vegetais demonstram que os recipientes de maior capacidade volumétrica produzem mudas de mais desenvolvidas e de melhor qualidade. Como exemplos, têm-se os trabalhos de Sindeaux (2005), com mudas micropropagadas de bananeira (*Musa* spp.); Telles et al. (2005), com mudas de cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L.); Keever e Cobb (1985), com mudas de avevim (*Ilex aquifolium*) e azaléia (*Rhododendron simsii* Planch.); Gervásio (2003) e Tavares Júnior (2004), com mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.); Trani et al. (2004), com mudas de alface (*Lactuca sativa* L. cv Vera); Barros et al. (1997), com mudas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.); Seabra Júnior (2002), com mudas de pepino (*Cucumis sativus*), entre outros.

Outro fator que pode ter influenciado positivamente o desenvolvimento geral da planta nos dois tipos de tubete foi, provavelmente, a menor perda dos nutrientes presentes no substrato através da lixiviação. Como a altura desses recipientes é relativamente elevada, a

lixiviação dos nutrientes deve ter apenas transportado os mesmos para regiões abaixo, mas ainda próximas do sistema radicular.

Os resultados desse experimento evidenciaram que ambas as bandejas, ao contrário dos tubetes, promoveram o desenvolvimento semelhante e menos pronunciado das plantas, tanto da parte foliar como do sistema radicular. O menor desenvolvimento da cultura nas bandejas pode, provavelmente, estar associado a fatores relacionados com as menores altura e volume das células e com a competição entre as plantas.

Drzal et al. (1999) relatam que altura do recipiente limita a altura do substrato e esta, a capacidade do recipiente que, por sua vez, determina o espaço de aeração. Nesse aspecto, Fermino (2002) afirma que os recipientes de dimensões reduzidas, por apresentarem uma pequena altura de substrato, dificultam a drenagem, aumentam a capacidade de retenção de água e, dessa forma, promove o encharcamento do meio. Considerando estas informações, a reduzida altura das bandejas pode ter dificultado a drenagem, elevado o conteúdo relativo de água nas células e, com isso, ter causado problemas relacionados com o excesso d'água, principalmente, no que diz respeito a inadequada oxigenação do substrato. A insuficiente oxigenação em um meio pode reduzir o processo fotossintético (VAN'T WOUDT e HAGAN, 1967) e dificultar severamente a atividade respiratória (CLARK e KEMPER, 1967), então, podem provocar a redução no desenvolvimento do vegetal. Costa (2000) acrescenta que outros efeitos deletérios podem ocorrer em condições anaeróbias, em função da atividade de determinados microorganismos. Sob a carência de aeração, as plantas podem ser afetadas por certas enfermidades, geradas pelo ataque de patógenos, como o *Phythium* e a *Phytophthora* (MIRZA, 2006). Alguns trabalhos, como os de Wesseling (1974) e Kanwar et al. (1988) mostram que o efeito do excesso de água, neste caso, da deficiência de oxigênio, prejudica o desenvolvimento e a produção vegetal.

É provável que a reduzida capacidade volumétrica das células tenha sido o fator que mais limitou o desenvolvimento das mudas. Bezerra (2003) salienta que recipientes volumetricamente pequenos reduzem o desenvolvimento vegetal, por restringirem fisicamente o sistema radicular das plantas. A restrição radicular, de acordo com alguns trabalhos, pode reduzir o crescimento das raízes (LEAL et al., 2005; FREITAS et al., 2005), da área foliar (IERSEL, 1997) e da produção de biomassa de várias culturas (CAMPOSTRINI, 1997; ISMAIL e NOOR, 1996; LATIMER, 1991; SINDEAUX, 2005; WESTON e ZANDSTRA, 1986). Isso acontece porque a restrição radicular afeta, entre outros fatores, o metabolismo hormonal (PETERSON et al., 1991), a fotossíntese, a respiração, o teor de clorofila nas folhas, as relações de água na planta e a absorção de nutrientes (NESMITH e DUVAL, 1998).

Além disso, em recipientes com pequena capacidade volumétrica, o aumento de biomassa radicular e a conseqüente redução do ambiente para o enraizamento levam a diminuição do espaço de aeração (BILDERBACK e FONTENO, 1987) e a competição por recursos essenciais, como o oxigênio (PETERSON et al., 1991).

As reduzidas altura e capacidade volumétrica das bandejas ainda podem ter contribuído para a maior perda dos nutrientes presentes no substrato pelo processo de lixiviação. Portanto, é bem provável que aplicação da lâmina d'água tenha umedecido rapidamente todo o substrato e, com isso, tenha provocado o escoamento mais intenso da água e o carreamento dos nutrientes nela diluídos para fora das células, neste caso, para a superfície do solo abaixo das bandejas. Carneiro (1995) salienta que em recipientes de reduzida dimensão, devido ao pequeno volume de substrato presente, o processo de lixiviação ocorre rapidamente, carregando consigo os íons fertilizantes.

Outro fator que também pode ter contribuído para o menor desenvolvimento das mudas cultivadas nas bandejas foi o menor espaçamento entre as plantas. Devido as reduzidas dimensões de cada célula, as mudas cresceram muito próximas umas das outras, e essa condição acabou provocando uma sobreposição foliar entre as plantas. Em suma, esta sobreposição pode ter gerado uma competição por luz, água e nutrientes (solução nutritiva), na qual algumas plantas podem ter sido beneficiadas (mais desenvolvidas) em detrimento de outras. Duarte et al. (2002) reportam que a altura da planta e a área foliar podem influenciar a capacidade competitiva de determinadas plantas, reduzindo a penetração de luz e, conseqüentemente, a produção. Sob insuficiência luminosa, há menor eficiência fotossintética, logo, menor fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico por parte das folhas (ZANINE e SANTOS, 2004). Para Lemaire e Millard (1999), a intensa competição por luz acima do solo restringe o fluxo de carboidratos para as raízes, afetando seu crescimento. Experimentos como os de Almeida e Mundstock (2001) e Carvalho et al. (2002) revelaram que a redução da luminosidade, causada pela competição entre as plantas, provocou a diminuição no acúmulo de matéria seca em decorrência da menor incorporação de CO<sub>2</sub>. Em relação à competição por água e nutrientes, a maioria dos trabalhos enfatiza que a mesma ocorre principalmente a nível de subsolo, ou seja, a nível radicular (RIZZARDI et al., 2001). Neste experimento, como as folhas do abacaxizeiro são dotadas das habilidades singulares de acumular água na roseta (CARVALHO, 2002) e absorver água e nutrientes através de pêlos absorventes (PAULA, 2000), é conveniente considerar que os efeitos negativos desse tipo de competição também podem ter prejudicado o desenvolvimento normal das plantas. Levando-se em conta isto, pode-se deduzir que as plantas mais desenvolvidas, neste caso, melhor supridas de luz, água e

nutrientes devem ter limitado o crescimento daquelas que não receberam os fatores de produção nas mesmas proporções.

Através dos resultados obtidos nesse experimento, pôde-se verificar que, em termos estatísticos, não houve diferença entre os valores das variáveis obtidos com o uso de ambos os tipos de tubete. O mesmo ocorreu com as duas bandejas. É possível que este fato ocorrido em função da pequena diferença entre os volumes de cada tipo de recipiente (bandejas), e pelo fato da cultura apresentar um crescimento relativamente mais lento (tubetes). Nesse sentido, Barnabé et al. (1994), ao avaliarem o efeito de três tipos de bandejas de isopor (128, 200 e 228 células) na produção de mudas de pimentão, também verificaram que os pesos fresco e seco da parte aérea e do sistema radicular não diferiram estatisticamente nas mudas produzidas nas bandejas de 128 e 200 células, ou seja, concluíram que não houve diferença estatística entre as plantas cultivadas em recipientes com capacidades volumétricas similares. Keever e Cobb (1987), por sua vez, salientam que as espécies de crescimento rápido são as mais beneficiadas com os maiores volumes de substrato e altos níveis de fertilizante. Portanto, mesmo em recipientes com capacidades volumétricas bastante diferenciadas, as plantas de crescimento lento podem apresentar desenvolvimento semelhante. O abacaxizeiro, em comparação com certos tipos de plantas, pode ser considerado como uma planta de crescimento lento. Raven et al. (2001) explica que as plantas que apresentam o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM ou MAC), por economizarem água através do fechamento estomático diurno, diminuem consideravelmente a sua capacidade de fixar CO<sub>2</sub>. Em função disto, as plantas CAM crescem vagarosamente quando comparadas com as plantas de metabolismo C3 e C4, principalmente, em condições outras do que a de extrema aridez. Isso justifica porque o tempo de aclimatização do abacaxizeiro ornamental é relativamente prolongado. Em experimentos com mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *bracteatus* e *Ananas comosus* var. *erectifolius*), Filho et al. (2005) e Correa et al. (2005) realizaram a aclimatização das respectivas espécies em período igual ou superior a 3 meses (90 dias) de cultivo.

Nesta pesquisa, ficou claro que os tubetes grande e pequeno foram os tipos de recipiente que proporcionaram a obtenção de mudas mais vigorosas e de melhor qualidade. Comparando os valores médios das variáveis, alcançados com o uso de ambos os tubetes, pôde-se observar que, em termos numéricos, o tubete grande se mostrou sempre superior ao tubete pequeno nas ocasiões estudadas. Apesar disso, estatisticamente, não ocorreu nenhuma diferença significativa entre eles. Considerando isto, pode-se deduzir que o uso do tubete pequeno é mais vantajoso, já que o emprego de recipientes com capacidades volumétricas

relativamente reduzidas proporciona uma redução dos custos de produção (GODOY e CARDOSO, 2005), em decorrência dos menores gastos com substrato, transporte, distribuição e plantio (GONZALES, 1988). Também, ao se levar em conta que as partes aérea e radicular das plantas cultivadas nos dois tipos de tubetes apresentavam-se bem desenvolvidas e em perfeito estado, é possível que a aclimatização com o uso do tubete pequeno proporcione desempenho da planta em campo, semelhante àquele que seria obtido com o uso do tubete grande.

Portanto, percebe-se que o emprego do tubete grande só é vantajoso quando os custos envolvidos na sua aquisição e/ou no processo produtivo não representarem um fator limitante a sua utilização, ou ainda, quando o período de permanência das mudas nos recipientes for muito elevado. Por isso, José et al. (2005) recomendam utilizar recipientes com volumes relativamente maiores quando o plantio não segue um cronograma fixo, ou seja, quando as mudas correm o risco de passar um maior período de permanência nos recipientes de cultivo.



## 5 CONCLUSÕES

### 5.1 Experimento 1: lâminas de irrigação

A aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) na região litorânea do Estado do Ceará pode ser realizada em telado, com as lâminas de irrigação de 1 mm até os 52 DAT e de 2 mm até os 83 DAT.

### 5.2 Experimento 2: frequências de irrigação

As mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) podem ser aclimatizadas na região litorânea do Estado do Ceará, em telado, com a frequência de duas irrigações diárias.

### 5.3 Experimento 3: tipos de substrato

Havendo possibilidade, a aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) na região litorânea do Estado do Ceará pode ser efetuada em telado, com substratos a base de pó-de-coco seco, especialmente, no substrato pó-de-coco seco mais húmus de minhoca. Havendo necessidade ou grande disponibilidade de pó-de-coco verde, pode-se utilizá-lo em combinação com o húmus de minhoca, já que essa mistura foi superior àquela realizada com Vitasolo<sup>®</sup>.

### 5.4 Experimento 4: volumes de substrato

As mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) podem ser aclimatizadas na região litorânea do Estado do Ceará, em telado, com tubetes de 180 cm<sup>3</sup>.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Na aclimatização de mudas micropropagadas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas comosus* var. *erectifolius*) recomenda-se:

- Testar outras combinações de substratos que apresentem grande disponibilidade na região e potencial na aclimatização de mudas micropropagadas em ambiente protegido.
- Avaliar recipientes de volumes superiores a 180 cm<sup>3</sup>.
- Realizar o registro de dados das variáveis no início do experimento e trabalhar com taxa de crescimento.
- Em experimentos dessa magnitude, realizar análises física e química de substratos, e análise química da água, periodicamente. Efetuar medições de parâmetros meteorológicos no interior do ambiente protegido e executar, no início e no fim do trabalho, a análise química das plantas.
- Levar as mudas ao campo e testar o desenvolvimento, a produtividade, a qualidade dos produtos finais, entre outros parâmetros agronômicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABACAXI ornamental. **Globo Rural**, [S.l.], ago. 2005. Disponível em: <<http://globoruraltv.globo.com/GRural/0,27062,LTO0-4370-136690,00.html>>. Acesso em: 20 jan. 2006.
- ABAD, M.; NOGUERA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CADAHÍA, C. (Coord.). **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. p. 287-342.
- ADAMS, P. Nutrition of greenhouse vegetables in NTF and hydroponics systems. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 361, p. 245-257, 1994.
- ALMEIDA, M. L.; MUNDSTOCK, C. A qualidade da luz afeta o perfilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 401-408, 2001.
- ALMEIDA, W. A. B. de; SANTANA, G. S.; RODRIGUEZ, A. P. M.; COSTA, M. A. P. de C. Optimization of a protocol for the micropropagation of pineapple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 296-300, 2002.
- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo en invernadero**. 3 ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 347 p.
- ALTAFIN, V. L.; MENEZES, M. O.; BASSUL, P. R.; BARDINI, T. A. **Propagação in vitro do abacaxizeiro (*Ananas comosus*)**. São Paulo: Fundação Pinhalense de Ensino - Creupi, 2002. 40 p. (Boletim Técnico, 6).
- ALVES FILHO, M. Material extraído de planta amazônica substitui fibra de vidro com vantagens. **Jornal da Unicamp**, Campinas, 22-28 mar. 2004. Disponível em: <[http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/marco2004/ju245pag04a.html](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/marco2004/ju245pag04a.html)>. Acesso em: 22 jan. 2006.
- AMARAL, T. L. de; JASMIM, J.; FREITAS, C. B. de; SALES, C. S.; DETMANN, E. Cultivo de *Vriesia gigantea* e *Neoregelia sheba* (Bromeliaceae) em substratos a base de fibra de coco verde. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004. Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2004. p. 376.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- \_\_\_\_\_. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, supl., p. 26-33, 2000.

\_\_\_\_\_. Fisiologia da produção de plantas em ambiente protegido. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 4-36.

ANJOS, M. dos; FERREIRA, M. B. (Ed.). **Novo Dicionário Eletrônico Aurélio**. Versão 5.0. [S.l.]: Positivo Informática Ltda., 2004. 1 CD-ROM.

APCC. **Coconut statistical yearbook**. Jakarta: Asian and Pacific Coconut Community, 1996. 273 p.

AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I. da; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 248 p.

AQUINO, B. F. **Conceitos fundamentais em fertilidade do solo**. Fortaleza: UFC, 2004. 182 p. Apostila.

ASSIS, A. M. de; FARIA, R. T. de; COLOMBO, L. A.; CARVALHO, J. F. R. P. de. Utilização de substratos à base de coco no cultivo de *Dendrobium nobile* Lindl. (Orchidaceae). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 255-260, 2005.

ASWATH, C.; CHOUDHURY, M. L. Mass propagation of gerbera (*Gerbera jamesonii*) through shoot culture. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v. 59, p. 95-99, 2002.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BALL, R. A.; OOSTERHUIS, D. M.; MAUROMOUSTAKOS, A. Growth dynamics of the cotton plant during water-deficit stress. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, p. 788-795, 1994.

BARBOSA, S. B. S. C.; CALDAS, L. S.; SOUZA, L. A. C. Micropropagação do híbrido PExSC-52 e da cultivar Smooth Cayenne de abacaxizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 8, p. 725-733, 2004.

BARNABÉ, J.; GIORGETTI, J. R.; GOTO, R. Influência de três tipos de bandejas para produção de mudas de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, supl., p. 71, 1994.

BARROS, L. M.; FERREIRA, F. R.; CABRAL, J. R. S.; SOUZA, F. V. D.; FÁVERO, A. P.; MENDES, R. A.; BUSO, G. S. C.; TORRES, A. C. Descriptors to characterize and evaluate the ornamental species of *Ananas* in Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 2., 2005, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Revista da Associação Brasileira de Horticultura, 2005. v. 23, n. 2, p. 524.

BARROS, S. B. M. **Avaliação de recipientes na produção de mudas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) e pepino (*Cucumis melo* L.).** 1997. 70 p. (Dissertação) - Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba.

BARROS, S. B. M.; TESSARIOLI NETO, J.; MINAMI, K.; GRANJA, N. P. Avaliação de diferentes recipientes para a produção de mudas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37., Manaus. 1997. **Resumos...** Manaus: SOB, 1997. p. 239.

BARROS, Z. de J.; RODRIGUES, E. F.; AZAR, G. S. Efeito do paclobutrazol (Pbz) na micropropagação massal de gemas axilares de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002. Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: SBF, 2002. Disponível em: <[http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii\\_cbf/propagacao/322.htm](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/propagacao/322.htm)>. Acesso em: 26 out. 2005.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R. Nutrição mineral e adubação para cultivos em substratos com atividade química. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa: UFV, 2004. p. 106-125.

BERKOWITZ, A. R. Competition for resources in weed-crop mixtures. In: ALTIERI, M. A.; LIEBMAN, M. **Weed management in agroecosystems: ecological approaches.** Boca Raton: CRC, 1988. p. 89-119.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 6 ed. Viçosa: UFV, 1995. 657 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de irrigação.** 7 ed. atual. ampl. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.

BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. **Produção de mudas de essências florestais em tubo de ensaio.** São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1979. 8 p. (Circular Técnica, 69).

BEZERRA, F. C. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 22 p. (Documentos, 72).

BEZERRA, F. C.; GONDIM, R. S.; PEREIRA, N. S.; ARAÚJO, D. B.; LIMA, A. V. dos R. L. Produção de *Heliconia bihai* sob diferentes densidades de plantio e níveis de adubação em cultivo protegido na região litorânea do Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 2., 2005, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Revista da Associação Brasileira de Horticultura, 2005. v. 23, n. 2, p. 525.

BEZERRA, F. C.; ROSA, M. F. E.; CORREIA, D. Growth of lettuce seedling using green coir dust as substrate. In: CONGRESSO NACIONAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE CIÊNCIAS HORTÍCOLAS, 9., 2001. Morelos. **Anais...** Morelos: SMCH, 2001. p. 62.

BEZERRA, J. W. T. **Efeito da frequência de irrigação no desenvolvimento radicular e produção do coqueiro anão.** 2002. 48 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BILDERBACK, T. E.; FONTENO, W. C. Effects of container geometry and media physical properties on air and water volumes in containers. **Journal of Environmental Horticulturae**, Washington, v. 5, p. 180-182, 1991.

BLANCO, F. F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controle da salinização do solo.** 1999. 104 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; SILVA, P. de A.; TORRES, M. E. R.; MENEZES, H. J. de A. Efeitos de composições de substratos na produção de mudas de quiôidô (*Ocimum gratissimum* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 5-8, 2003.

BLANK, A. F.; FONTES, S. M.; OLIVEIRA, A. S.; MENDONÇA, M. C.; SILVA-MANN, R.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Produção de mudas, altura e intervalo de corte em melissa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 780-784, 2005.

BLISKA, J. R. A.; HONÓRIO, S. L. **Cartilha tecnológica de plasticultura e estufa.** Campinas: UNICAMP, 1996. 85 p.

BORGES, N. S. S.; CORREIA, D.; ROSSETTI, A. G. Influência do meio bifásico na multiplicação de gemas e no alongamento de brotos *in vitro* de *Ananas lucidus* Miller. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 37-44, 2003.

BRITO, F. M. de; MOTA, W. F. da; SOUZA, A. S.; SILVEIRA, E. K. C. P. Produção de mudas de tomate de mesa em função da utilização de diferentes substratos em bandejas e tubetes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004. Viçosa. **Resumo...** Viçosa: UFV, 2004. p. 322.

BSI. BROMELIAD SOCIETY INTERNATIONAL. **Taxonomy**. 2006. Disponível em: <[http://bsi.org/brom\\_info/toxonomy.html](http://bsi.org/brom_info/toxonomy.html)>. Acesso em: 20 fev. 2006.

BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J. L.; MEDEIROS, S. L. P. Modificações na temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 43-49, 1993.

CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P.; SOUTO, G. F. Reação de germoplasma de abacaxi à inoculação com *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 787-791, 1985.

CALDAS, L. S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M. E. Meios nutritivos. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. (Ed.). **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP/EMBRAPA-CNPQ, 1990. p. 37-70.

CALVETE, E. D. Sistemas de produção de mudas de hortaliça. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. N.; SEDIYANA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 236-262.

CAMARGO, F. Ananás e abacaxi. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 14, p. 321-338, 1939.

CAMPOSTRINI, E. **Comportamento de quatro genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob restrição mecânica ao crescimento do sistema radicular**. 1997. 166f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

CARDOSO, A. I. I.; COSTA, C. P. Produção de bulbinhos de cebola em bandejas de isopor. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 969-974, 1999.

CARNEIRO, J. G. A. de. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio**. Curitiba: UFPR, 1985. 106 p. (Concurso para Professor Titular).

\_\_\_\_\_. Importância da localização dos viveiros. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. p. 1-9.

CARVALHO, A. C. P. P. de. **Produção de abacaxi ornamental, um exemplo de interação Embrapa Agroindústria Tropical / PanFlora**. Salvador, 24 e 25 nov. 2005. (2, Encontro Baiano de Biotecnologia e Desenvolvimento - BIOBAHIA).

CARVALHO, A. M. Irrigação do abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 195, p. 58-61, 1998.

CARVALHO, L. F. N. de. **O cultivo da bromélia**. Rio de Janeiro: TUJ, 2002. 32 p.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 717-722, 2002.

CEINFO. **Centro de Informações Tecnológicas e Comerciais para Fruticultura Tropical**. 2003. Disponível em: <<http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/textos/mat236.htm>>. Acesso em: 24 nov. 2005.

CEMPRE. **Perfil de recicladora de fibra de coco**. São Paulo, 1998. 35 p. (Reciclagem e Negócio: Fibra de coco).

CERMEÑO, Z. S. **Construcción de invernaderos**. Madrid: Mundi-Prensa, 1994. 445 p.

CERMENTO, Z. S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Lisboa: Liteya-Portugal, 1993. 366 p.

CHAVES, S. W. P.; MEDEIROS, J. F. de; NEGREIROS, M. Z. de; NAGAO, E. O. Rendimento de alface em função da cobertura do solo e frequência de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 17, p. 25-31, 2004.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124 p. (Bulletin, 670).

CIENTEC. **Irriga: informações técnicas**. 2006. Disponível em: <[http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas\\_Irriga/Irigacao\\_MetoIrriga\\_Localizada.asp](http://www.cientec.net/cientec/InformacoesTecnicas_Irriga/Irigacao_MetoIrriga_Localizada.asp)>. Acesso em: 31 jan. 2006.

CLARK, F. E.; KEMPER, W. D. Microbiological activity in relation to soil water and soil aeration. In: HAGEN, R. M. et al. (Ed.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 472-480.

COLOMBO, L. A.; FARIA, R. T. de; ASSIS, A. M. de; FONSECA, C. de B. I. Aclimação de um híbrido de *Cattleya* em substratos de origem vegetal sob dois sistemas de irrigação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 145-150, 2005.

COPPENS d'EECKENBRUGGE, G.; DUVAL, M. F.; VAN MIEGROET, F. Fertility and self-incompatibility in genus *Ananas*. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 334, p. 45-51, 1996.

COPPENS d'EECKENBRUGGE, G.; LEAL, F. Morphology, anatomy and taxonomy. In: BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K. G. (Ed.). **The pineapple: botany, production and uses**. Oxon: Cabi Publishing, 2003. p. 13-32.



CORDÃO TERCEIRO NETO, C. P. **Efeito da concentração da solução nutritiva e do substrato na aclimatização de plantas micropropagadas de violeta.** 2004. 51 p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

CORREIA, D.; BORGES, N. S. S.; LIMA, R. N. Multiplicação e enraizamento *in vitro* de brotos de abacaxi ornamental (*Ananas porteanus* Hort Veitch ex. C. Koch). In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE BIOTECNOLOGIA VEGETAL, 4., 2001a. Goiânia. **Resumos...** Goiânia: REDBIO, 2001a. p. 4.

CORREIA, D.; ROSA, M. F.; CAVALCANTE JÚNIOR, A. T.; ARAÚJO, F. B. S. de; NORÕES, L. R. de V. Alternative substrates for acclimatization of pineapple micropropagated plantlets. In: CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS, 9., REUNIÓN DE LA SOCIEDAD INTERAMERICANA DE HORTICULTURA TROPICAL, 47., CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE HORTICULTURA ORNAMENTAL, 8., 2001b. Morelos. **Resumos...** Morelos: Horticultura Mexicana, 2001b. v. 8, n. 3, p. 91.

CORREIA, D.; OLIVEIRA, P. M. A. de; RIBEIRO, K. A.; SILVEIRA, M. R. S. de. **Avaliação da multiplicação *in vitro* do abacaxi ornamental (*Ananas lucidus* Miller).** Fortaleza: EMBRAPA/CNPAT, 1999. 2 p. (Pesquisa em andamento, 56).

CORREA, D.; ROCHA, M. V.; ALVEZ, G. C. Produção de mudas micropropagadas de *Ananas lucidus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 2., 2005, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Revista da Associação Brasileira de Horticultura, 2005. v. 23, n. 2, p. 607.

COSTA, A. M. G.; CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; CORREIA, D.; COSTA, J. T. Influência de diferentes substratos na formação de porta-enxertos de graviola (*Annona muricata* L.) em tubetes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002. Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: SBF, 2002. Disponível em: <[http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais\\_xvii\\_cbf/propagacao/313.htm](http://www.ufpel.tche.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/propagacao/313.htm)>. Acesso em: 08 jan. 2006.

COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F. **Quimigação:** aplicação de produtos químicos via água de irrigação. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. 315 p.

COSTA, P. C. **Produção do tomateiro em diferentes substratos.** 2003. 119 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, São Paulo.

COSTA, R. N. T. **Curso de aperfeiçoamento em irrigação e drenagem para engenheiros agrônomos e engenheiros agrícolas:** drenagem agrícola. Departamento de Engenharia Agrícola. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2000. 55 p. Apostila.

CUARTERO, J.; FERNANDÉZ-MUÑOZ, R. Tomato and salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, p. 83-125, 1999.

CUNHA, G. A. P. **Informativo mensal da equipe técnica de abacaxi** - ETA. Embrapa Mandioca e Fruticultura, v. 2, n. 9-10, 2004.

CUNHA, R. L. da; SOUZA, C. A. S.; ANDRADE NETO, A. de; MELO, B. de; CORRÊA, J. F. Avaliação de substratos e tamanhos de recipientes na formação de mudas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 7-12, 2002.

DANIEL, T.; HELMS, J.; BACKER, F. **Princípios de silvicultura**. 2 ed. México: McGraw-Hill, 1982. 492 p.

DEBERGH, P. Improving mass propagation of *in vitro* plantlets. In: SYMPOSIUM ON HORTICULTURE IN HIGH TECHNOLOGY ERA. Tokyo. 1988. p. 47-57.

DEWALD, M. G.; MOORE, G. A.; SHERMAN, W. B.; EVANS, M. H. Production of pineapple plants *in vitro*. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 7, n. 7, p. 535-538, 1998.

DOBASHI, A. M.; CARVALHO, J. de A.; PEREIRA, G. M.; RODRIGUES, L. dos S. Avaliação do crescimento da boca de leão (*Antirrhinum majus*) submetida a diferentes níveis de deficiência hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. v.1, p. 100-102.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 2000. 221 p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 204 p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 24).

DRZAL, M. S.; CASSEL, P. K.; FONTENO, W. C. Pore exaction analysis: a new tool for substrate testing. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 1, n. 481, p. 47-53, 1999.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; DUARTE, F. N.; DA SILVA, J. B.; SOUZA, F. I. Competição de plantas daninhas com a cultura do milho no município de Ijaci, MG. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 983-992, 2002.

EKERN, P. C. Evapotranspiration of pineapple in Hawaii. **Plant Physiology**, Rockville, v. 40, p. 736-739, 1965.

EKLUND, C. R. B.; CAETANO, L. C. S.; ANDRADE, W. E. B.; FERREIRA, J. M. PESAGRO-RJ. Caracterização e avaliação de diferentes substratos artificiais para produção de mudas de alface, tomate e maracujá. 2001. Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: CBO, 2001. Disponível em: <<http://abhorticultura.com.br/Biblioteca/Default.asp?id=2263>>. Acesso em: 26 nov. 2005.

ERIG, A. C.; SCHUCH, M. N. Micropropagação fotoautotrófica e uso da luz natural. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 961-965, 2005.

FAGUNDES, N. B.; FIALHO, A. A. Problemática de produção de mudas em essências florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 13, p. 25-27, 1987.

FAO. **Soilless culture for horticultural crop production**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990. 188 p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 101).

FARIAS, J. R. B. **Respostas do feijão-de-vagem à disponibilidade hídrica associada a alterações micrometeorológicas em estufa plástica**. 1991. 177 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S. R.; BERLATO, M. A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1993.

FELIPPE, G. M. Desenvolvimento. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1979. p. 6.

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

FERREIRA, C. A.; PAIVA, P. D. de O.; RODRIGUES, T. M.; RAMOS, D. P.; CARVALHO, J. G. de; PASQUAL, M.; PAIVA, L. V.; PAIVA, R. Concentração de nutrientes minerais em mudas de bromélias (*Neoregelia*, sp.) em função de diferentes substratos e aplicações foliares de uréia e sacarose. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 14., 2003, Lavras. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2003. p. 385.

FERREIRA, C. A. G.; DAVID, A. C.; CARVALHO, L. R. de. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**, Versão 4.6 (Build 6.0) DEX/FLA. 2003. Disponível em: <<http://www.dex.ufla.br/danielff/prog.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2005.

FERREIRA, F. R.; BUSTAMANTE, P. G. **Recursos Genéticos** - a história etnobotânica do Curauá. Fundação Dalmo Giacometti. 2005. Disponível em: <[http://www.giacometti.org.br/htm/artigo\\_exibe\\_impressao.cfm?Id=5](http://www.giacometti.org.br/htm/artigo_exibe_impressao.cfm?Id=5)>. Acesso em: 21 nov. 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrometeorologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILHO, F. N. C.; NASCIMENTO, A. S.; BLUMER, L.; CARRIJO, O. A.; SANTOS, M. D. M. dos; TORRES, A. C. Produção de mudas de abacaxizeiro ornamental (*Ananas bracteatus*) em diferentes substratos comerciais e orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 2., 2005, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Revista da Associação Brasileira de Horticultura, 2005. v. 23, n. 2, p. 603.

FIOR, C. S.; PRESTES, C. G.; KÄMPF, A. N. Substrato para o crescimento inicial *ex vitro* de *Limonium platyphyllum* em sistema floating. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2004. p. 365.

FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F. Greenhouse irrigation water depths in relation to rose stem and bud qualities. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 465-468, 2001.

FONSÊCA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO<sub>2</sub> na água de irrigação.** 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba.

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

FONTENO, W. C.; CASSEL, D. R.; LARSON, R. A. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, n. 6, p. 736-741, 1981.

FOUQUE, A. Les plantes medicinales presentes en foret Guayanaise. **Fruits**, Paris, v. 36, n. 9, p. 501-528, 1981.

FREITAS, T. A. S. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. de A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

FURLAN, R. A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambientes protegidos.** 2001. 146 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

\_\_\_\_\_. **Cultivo protegido.** Fortaleza: Secretaria da Agricultura Irrigada, 2002. 38 p. (Agricultura Irrigada do Ceará, v. 3, n. 5).

GALBIATTI, J. A.; CALVACANTE, Í. H. L.; CALZAVARA, S. A.; SILVA, V. L. da. Substratos e lâminas de irrigação em duas espécies cítricas. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 341-348, 2005.

GEORGE, E. F. **Plant propagation by tissue culture, part 1: the technology**. 2nd. Edington: Exegetics, 1993. 786 p.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito de lâminas de irrigação e doses de condicionador, associadas a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**. 2003. 105 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

GODOY, M. C.; CARDOSO, A. I. I. Produtividade da couve-flor em função da idade de transplante das mudas e tamanhos de células na bandeja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 837-840, 2005.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3 ed. Campina Grande: UFP, 1999. 412 p.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G. Influência do tamanho da embalagem na produção de mudas de Ipê, Copaíba e Angico Vermelho. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

\_\_\_\_\_. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

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

GOMES, J. M.; SILVA, A. R. da. Os substratos e a sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 110-225.

GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: FARIA, M. A. de; SILVA, É. L. da; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. da. (Ed.). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFV/SBEA, 1998. p. 133-239.

GONÇALVES, A. L. Recipientes, embalagens e acondicionamentos de mudas de plantas ornamentais. In: MINAMI, K. (Ed.). **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. 135 p.

GONÇALVES, J. L. de M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas. In: SOLO-SUELO-CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996. Águas de Lindóia-SP. **Resumos expandidos...** Águas de Lindóia: SLCS, SBCS, ESALQ/USP, CEA - ESALQ/USP, SBM. 1996. 1 CD.

GONZÁLES, A. M. **Ahorro energético y materiales de cobertura para cultivos hortícolas.** In: CURSO INTERNACIONAL DE HORTICULTURA INTENSIVA (COMESTIBLE Y ORNAMENTAL) EN CLIMAS ÁRIDOS, 4., 1985. Murcia, España: Ministério de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1985, v. 2, p. 256. Apostila.

GONZALES, R. A. Estudio sobre el comportamiento en viveiro de *Pinus caribaea* var. *caribaea* cultivado en envases de polietileno de 12 dimensiones diferentes. **Revista Forestal Baracoa**, La Habana, v. 18, n. 1, p. 39-51, 1988.

GRAEBE, J. E. Gibberellin biosynthesis and control. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v. 38, p. 419-465, 1987.

GRASSI FILHO, H. G.; SANTOS, C. H. dos. Importância da relação entre os fatores hídricos e fisiológicos no desenvolvimento de plantas cultivadas em substratos. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato.** Viçosa: UFV, 2004. p. 79-91.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Plant and crop stress.** Arizona: University of Arizona, 1993. p. 203-226.

GROOT, J. P. F. Possibility of water content measurement an combination with substrate properties and drainage system. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 402, p. 493-501, 1995.

GUIDOLIN, J. C. Tecnologias em floricultura: sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 116-121, 1995.

GUIMARÃES, C. C. B.; SANTOS, M. R. A.; COELHO, P. J. de A. Uso de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de macambira (*Encholirium spectabile*). In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004. Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2004. p. 335.

GUISELINI, C. **Microclima e produção de gébera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura.** 2002. 53 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

HANAN, J. J.; HOLLEY, W. D.; GOLDS-BERRY, K. L. **Greenhouse management.** New York: Springer-Verlag, 1978. 530 p.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HASSLER, H. **Bromileacearum paraguariensium conspectus**. Annuaire du conservatoire et du jardin botanique de Geneve, 1919. p. 268-341.

HAZARIKA, B. N. Acclimatization of tissue-cultured plants. **Current Science**, Bangalore, v. 85, n. 12, p. 1704-1712, 2003.

HAZARIKA, B. N.; PARTHASARATHY, V. A.; NAGARAJU, V. Anatomical variation in citrus leaves from *in vitro* and greenhouse plants: scanning electron microscope studies. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v. 59, n. 1, p. 243-246, 2002.

\_\_\_\_\_. Influence of *in vitro* preconditioning of citrus microshoots with paclobutrazol on *ex vitro* survival. **Acta Botanica Croatica**, Zagreb, v. 60, p. 25-29, 2001.

HEAD, O. Our growing is getting better. **Journal of the Bromeliad Society**, Orlando, v. 47, n. 1, p. 6-7, 1997.

IERSEL, V. M. Root restriction effects on growth and development of salvia (*Salvia splendens*). **HortScience**, Georgia, v. 32, n. 7, p. 1186-1190, 1997.

INGRAM, D. L.; HENLEY, R. W.; YEAGER, T. H. **Growth Media for Container Grown Ornamental Plants**. Florida: University of Florida, 2003. 18 p. (Documents, BUL241).

ISMAIL, M. R.; NOOR, K. M. Growth, water relations and physiological processes of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) plants under root growth restriction. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 66, p. 51-58, 1996.

JONES, R. W.; PIKE JR., L. M.; YOURMAN, L. F. Salinity influences cucumber growth and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 114, n. 4, p. 547-551, 1989.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. de. Produção de mudas de Aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

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

\_\_\_\_\_. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 254 p.

\_\_\_\_\_. Uso de substrato em cultivo protegido no agronegócio brasileiro. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 1-6. (Documentos IAC, 70).

KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 1., 2000. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 312.

KANWAR, R. S.; BAKER, L. L.; MUKHTAR, S. Excessive soil water effects at various stages of development on the growth and yield of corn. **American Society Agricultural Engineers**, Iowa, v. 31, n. 1, p. 133-141, 1988.

KEEVER, G. J.; COBB, G. S. Effects of container dimension and on growth of three woody ornamentals. **HortScience**, Alexandria, v. 20, n. 2, p. 276-278, 1985.

\_\_\_\_\_. Effects of container volume and fertility rate on growth of two woody ornamentals. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 891-893, 1987.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492 p.

KIISKILA, S. **The effect of seedling size on field performance**. PRT's notes from the field. Pacific Regeneration Technologies Inc., jan. 1999. Disponível em: <[http://www.prtgroup.com/customersupport/resources/field/articles/prt\\_effect\\_seedsize.pdf](http://www.prtgroup.com/customersupport/resources/field/articles/prt_effect_seedsize.pdf)>. Acesso em: 4 dez. 2005.

KOIDE, R. T.; LANDHERR, L. L.; BESMER, Y. L.; DETWEILER, J. M.; HOLCOMB, E. J. Strategies for mycorrhizol inoculation of six annual bedding plant species. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1217-1220, 1999.

KÖPPEN, W. **Dieklimate dererde-grundrib der klimakunde**. Berlin: Walter de gruy-ter verlag, 1923.

KOZAI, T. High technology in protected cultivation, horticulture in new era. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HIGH TECHNOLOGY IN PROTECTED CULTIVATION. Hamamatsu. 1988. p. 1-49.

KRAMER, P. J. Transpiration. In: **Water relations of plant**. San Diego: Academic Press, 1983. p. 291-340.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995. 495 p.



LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M. A. O.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 49, n. 2, p. 107-120, 2003.

LAKSO, A. N.; REISH, B. I.; MONTENSEN, J.; ROBERTS, M. H. Carbon dioxide enrichment for stimulation of growth of in vitro-propagated grapevines after transfer from culture. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 111, n. 4, p. 634-638, 1986.

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

LANGSFORD, P. J.; WAINWRIGHT, H. Effect of sucrose concentration on the photosynthetic ability of rose in vitro. **Annals of Botany**, Oxford, v. 60, p. 633-640, 1987.

LARCHER, W. O balanço de carbono das plantas. In: \_\_\_\_\_. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2000. p. 69-182.

LATIMER, J. G. Container size and shape influence growth and landscape performance of marigold seedlings. **HortScience**, Alexandria, v. 26, p. 124-126, 1991.

LEAL, F. Complemento a la clave para las identificación de las variedades comerciales de pina *Ananas comosus* (L.) Merril. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracay, v. 16, p. 1-11, 1990.

LEAL, F. R. R. **Cultivo hidropônico de alface, cebolinha, coentro e rúcula em pó-de-coco seco irrigado com solução nutritiva com diferentes concentrações de nutrientes**. 2004. 70 p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LEAL, F.; AMAYA, L. The Curagua (*Ananas lucidus*, Bromeliaceae) Crop in Venezuela. **Economic Botany**, New York, v. 45, n. 2, p. 216-224, 1991.

LEAL, F.; COPPENS d'EECKENBRUGGE, G.; HOLSI, B. K. Taxonomy of the genera *Ananas* and *Pseudananas* - an historical review. **Selbyana**, Sarasota, n. 19, p. 227-235, 1998.

LEAL, P. A. M. **Fundamentos de ambiência**. Campinas: FEAGRI-UNICAMP, 1982. 328 p.

LEAL, P. L.; MARTINS, M. A.; RODRIGUES, L. A.; SCHIAVO, J. A. Crescimento de mudas micropropagadas de bananeira micorrizadas em diferentes recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 84-87, 2005.

LEDRA, L. R.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Desenvolvimento inicial de orquídeas epífitas plantadas em fibra de coco e xaxim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 12., 1999. Jaboticabal. **Resumos...** Jaboticabal: SBFO, 1999. p. 87.

LEMAIRE, G.; MILLARD, P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. **The Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 330, p. 29-37, 1999.

LEME, E. M. C. Bromélias. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 14, p. 66-72, 1984.

LEMLE, M. **Fibra de coco verde substitui o xaxim ameaçado de extinção**. Boletim FAPERJ, Rio de Janeiro, abr. 2005. Disponível em: <[http://www.faperj.br/boletim\\_interna.phtml?obj\\_id=1981](http://www.faperj.br/boletim_interna.phtml?obj_id=1981)>. Acesso em: 06 dez. 2005.

LIMA, J. E. O. de. Novas técnicas de produção de mudas cítricas. **Revista Laranja**, Cordenópolis, v. 2, n. 7, p. 463-468, 1986.

LINNAEUS, C. **Species plantarum**. Stockholm: ILS, 1753. 724 p.

LONGO, A. D. **Minhoca**: de fertilizadora do solo à fonte alimentar. São Paulo: Ícone, 1987. 79 p.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 128 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Efeito de lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex. MAIDEN) em substrato de fibra de coco. **Revista Irriga**, v. 10, n. 2, p. 123-134, 2005.

LUTHER, H. E. **An alphabetical list of bromeliad binomials**. Published by The Bromeliad Society International, 8th ed., apr. 2002. Disponível em: <[http://www.selby.org/clientuploads/research/Bromeliaceae/Binomial\\_BSI\\_2002.pdf](http://www.selby.org/clientuploads/research/Bromeliaceae/Binomial_BSI_2002.pdf)>. Acesso em: 20 nov. de 2005.

MACEDO, A. L. **Produção de mudas em viveiros florestais**: espécies nativas. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 18 p.

MACIEL, A. L. R.; SILVA, A. B.; PASQUAL, M. Aclimação de plantas de violeta africana (*Sainpaulia ionantha* WENDL.) obtidas *in vitro*: efeitos do substrato. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 9-12, 2000.

MALVESTITI, A. L. Propriedades e aplicações da fibra de coco na produção de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 226-235.

MANRIQUE, L. A. Greenhouse crops: a review. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v. 16, n. 12, p. 2411-2477, 1993.

MANTOVANI, N. C.; FRANCO, E. T. H.; VESTENA, S. Regeneração *in vitro* de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex. Steudel). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 93-101, 2001.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. de C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 661-666, 2005.

MARQUES, P. A. A.; BALDOTTO, P. V.; SANTOS, A. C. P.; OLIVEIRA, L. de. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 649-651, 2000.

MARQUES, R.; COIMBRA, I.; CORREIA, D.; FILGUEIRAS, H. A. C.; CORREIA, A. M. Efeito de diferentes substratos na formação de mudas enxertadas de clones de cajueiro anão-precoce, em 'tubetes'. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 26, n. 1/4, p. 139-146, 2003.

MARTIN, E. C.; NOVOA, A. C.; GOMES, S. J. Estudio comparativo de las propiedades de diversos materiales como cubierta en cultivos protegidos. **Revista de Plásticos Modernos**, Madrid, n. 308, p. 185-189, 1982.

MARTINEZ, H. E. P. Distúrbios nutricionais em hortaliças cultivadas em substratos com baixa atividade química. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 129-157.

MARTINS, C. C.; REIS, E. F. dos; BUSATO, C.; PEZZOPANE, J. E. M. Desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre) submetido a diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 3, p. 222-228, 2004.

MARTINS, G. **Uso de casa de vegetação em cobertura plástica na tomaticultura de verão**. 1982. 65 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, São Paulo.

MARY, W. Ambiente em cultivo protegido. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. (Ed.). **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato**. Viçosa: UFV, 2004. p. 37-77.

MATARAZZO, S. V. **Eficiência do sistema de resfriamento adiabático evaporativo em confinamento do tipo freestall para vacas em lactação.** 2004. 143 p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação.** Porto Alegre: UFRGS, 1992. p. 33-47.

McCREE, K. J.; FERNÁNDEZ, C. J. Simulation model for studying physiological water stress responses of whole plants. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 353-360, 1989.

MEDINA, J. C. Abacaxi: da cultura ao processamento e comercialização. In: \_\_\_\_\_. (Coord.). **Frutas tropicais.** Campinas: ITAL, 1978. p. 5-67. (Frutas Tropicais, 2).

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

MERRIL, E. D. **An interpretation of rumphius's herbarium amboinense.** Manila: Bureau of Science, 1917.

MEZ, C. 1892. **Bromeliaceae:** Ananas. Martius, Flora Brasiliensis: 3 (3). Reprinted 1965 Verlag von J. Cramer, Weinheim, Codicote (Hertfordshire), Wheldon and Wesley, New York, p. 288-294.

Microsoft Office Excel, SP1. Redmond: Microsoft Corporation, 2003. Conjunto de programas. 1 CD-ROM.

MILKS, R. R.; FONTENO, R. A.; LARSON, R. A. Hidrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. **Journal at the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 144, n. 1, p. 57-61, 1989.

MILLER, P. **The gardener's dictionary.** 4th ed. London: Henrey, Staflen and Cowan, 1754.

\_\_\_\_\_. **The garden dictionary.** 8th ed. London: Henrey, Staflen and Cowan, 1768.

MILNER, L. Manejo de irrigação em substratos. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2002. p. 45-51.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade.** São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. 135 p.

\_\_\_\_\_. Sistemas de produção de mudas de hortaliças. In: MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R.; SCARPARI, F. J. **A produção de mudas hortícolas de alta qualidade**. Piracicaba: SEBRAE, 1994. p. 62-66.

MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. de M. (Ed.). **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. 410 p. (Série Engenharia Agrícola, 1).

\_\_\_\_\_. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2003. 703 p. (Série Engenharia Agrícola, 2).

MIRZA, M. Taking advantage of nutritional values of alberta grown vegetables. **Alberta Agriculture, Food and Rural Development**, Edmonton, v. 5, n. 1-2, p. 1-9, 2006.

MODOLO, V. A.; TESSARIOLI NETO, J. Desenvolvimento de mudas de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) em diferentes tipos de bandejas e substratos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 377-381, 1999.

MONTE, W. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. de; NESS, R. L. L. Crescimento e teores de minerais em plantas jovens de duas cultivares de bananeira submetidas a estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n. especial, p. 157-164, 2004.

MORAES, D. N.; PAIVA, P. D. de O.; SANTOS, D. N. dos; ALMEIDA, E. F. A.; PAIVA, R. Efeito de substratos para aclimatização de *Nidularium fulgens*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 2., 2005, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Revista da Associação Brasileira de Horticultura, 2005. v. 23, n. 2, p. 535.

MORAIS, H.; CARNEIRO FILHO, F.; CARAMONI, P. H.; MARIOT, E. I.; RIBEIRO, A. M. de, A. Avaliação de recipientes e coberturas de mudas de cafeeiros para proteção contra baixas temperaturas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 401-406, 2004.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 25, n. 3, p. 473-497, 1962.

MURRAY, N. P. **Caracterización y evaluación agronômica del residuo de fibra de coco: um nuevo material para el cultivo en substrato**. 2001. 228 p. Tesis (Doctorales en Ciências Químicas) - Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos/Universidad Politecnica de Valencia, Valencia.

MUSGRAVE, M. E. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight wheat cultivars. **Crop Science**, v. 34, p. 1314-1318, 1994.

NESMITH, D. S.; DUVAL, J. R. The effect of container size. **HortTechnology**, Alexandria, v. 8, n. 4, p. 495-498, 1998.

NOGUEIRA, D. **Exuberantes flores tropicais:** Embrapa estuda plantas exóticas para exportação. *Jornal do Brasil*, jan. 2001. Ciência. Disponível em: <<http://jbonline.terra.com.br/jb/papel/ciencia/2001/01/28/jorcie20010128001.html>>. Acesso em: 15 nov. 2005.

NUNES, M. U. C. **Produção de mudas de hortaliças com o uso da plasticultura e do pó-de-coco.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2000. 29 p. (Circular Técnica, 13).

OLIVEIRA, M. R. V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1099-1060, 1995.

OLIVEIRA, A. dos S.; SANTOS, M. da F.; SIMÕES, R. A.; AMANCIO, V. F.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; SILVA, P. de A.; MENDONÇA, M. da C.; SILVAMANN, R.; BLANK, A. F. Avaliação da composição e concentração do adubo orgânico na produção de mudas de erva cidreira verdadeira (*Melissa officinalis* L.). In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DA BAHIA, 3., 2002, Feira de Santana. **Resumos...** Feira de Santana: UEFS, 2002. p. 34.

OLIVEIRA, R. P.; SCIVITTARO, W. B.; VASCONCELOS, L. A. B. C. Avaliação de mudas de maracujazeiro em função do substrato e do tipo de bandeja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 261-266, 1993.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PASQUAL, M.; CHALFUN, N. N. J.; RAMOS, J. D. **Aplicações na propagação de plantas.** Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 81 p.

PAULA, C. C. **Cultivo de bromélias.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 139 p.

PEIXOTO, A. P. B. **Manejo da água de irrigação no cultivo de helicônias.** XXIV Seminário Estudantil de Pesquisa, Salvador, nov. 2005. Disponível em: <[http://www.semppg.ufba.br/seminario/principal.php3?f\\_funcao=exibe\\_resumo&a\\_resumo=52077-B1C](http://www.semppg.ufba.br/seminario/principal.php3?f_funcao=exibe_resumo&a_resumo=52077-B1C)>. Acesso em: 15 nov. 2005.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba: FEALQ/USP, 1997. 83 p.

PEREIRA, A. V. **Efeito de tipos e tamanhos de saco plásticos sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de seringueira (*Hevea sp.*).** 1983. 44 p. Dissertação (Mestrado) - ESAL, Lavras.

PEREIRA, J. R. D. **Análise dos efeitos da época de suspensão da fertirrigação e de níveis de reposição de água à cultura do crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) cv. White Diamond.** 2002. 54 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Lavras.

PEREIRA, P. R. G.; MARTINEZ, H. E. P. Produção de mudas para o cultivo de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 24-31, 1999.

PERTUIT JUNIOR, A. J. **Understanding and producing bromeliads.** Clemson University Cooperative Extension, Horticulture, South Carolina, aug. 1995. Disponível em: <<http://www.clemson.edu/psapublishing/Pages/Hort/HortLe64.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2005.

PETERSON, T. A.; REINSEL, M. D.; KRIZEK, D. T. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 1233-1240, 1991.

PEZZOPANE, J. E. M. **O uso de estufa com cobertura plástica e de quebra-ventos na produção de porta-enxertos de seringueira, na região de Campinas, SP.** 1994. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

PLANTAGRO. **PLANTAGRO Comercial Agrícola Ltda.** Disponível em: <<http://www.plantagro.com.br/entrada.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2005.

PONTES, C. G. de M. **Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultivo do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), através de lisímetro de pesagem de precisão para a região litorânea do Ceará.** 2002. 98 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

POZZA, A. A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CAIXETA, S. L.; CARDOSO, A. A.; ZAMBOLIM, L.; POZZA, E. A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 53-60, 2001.

PREECE, J. E.; SUTTER, E. G. Acclimatization of micropropagated plants to the greenhouse and field. In: DEBERGH, P.C.; ZIMMERMAN, R. H. **Micropropagation: technology and application.** Amsterdam: Kluwer Academic Publishing, 1991. p. 71-93.

QUEIROZ, J. A.; MELÉM JÚNIOR, N. J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n. 1, p. 460-462, 2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

RECH FILHO, A. **Biorreatores de imersão temporária e unidades encapsuladas como ferramentas na consolidação de protocolos de micropropagação de bromélias.** 2004. 87 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

RÊGO, J. de L. **Efeitos de níveis de irrigação na cultura do crisântemo.** 2004. 55 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

RESENDE, G. M. de; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. de; FREITAS, S. A. C. de; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Efeito de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade da alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 558-563, 2003.

REZENDE, M. E. de; JASMIM, J.; SOUZA, E. F. de; SOUZA, N. A. de; FREITAS, C. B. de; PINHEIRO, M. M. Teores de NPK e crescimento de *Alpinia zerumbet* em diferentes fontes de nutrientes e manejo de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 14., 2003, Lavras. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2003. p. 406.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático.** Viçosa: UFV, 2004. 251 p.

RICIERCI, R. P.; ESCOBEDO, J. F. Níveis da radiação solar em estufas duas águas com cobertura de polietileno e sombrite. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 8-26, 1996.

RIZZARDI, M. A.; FLECK, N. G.; VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A.; AUGOSTINETTO, D. Competição por recursos do solo entre ervas daninhas e culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 707-714, 2001.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso: exemplos da pesquisa da indústria e do consumo. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes.** Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 209-215.

ROBLEDO, F. P.; MARTIN, L. V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura.** Madrid: Mundi-Prensa, 1981. 552 p.

ROCHA, P. K. **Desenvolvimento de bromélias cultivadas em ambientes protegidos com diferentes alturas e níveis de sombreamento.** 2002. 84 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

RODRIGUES, T. M.; PAIVA, P. D. de O.; FERREIRA, C. A.; CARVALHO, J. G. de; PAIVA, R.; RODRIGUES, C. R. Uso de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de bromélia imperial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 14., 2003, Lavras. **Resumos...** Lavras: UFLA, 2003. p. 409.



RORIZ, A. **Bromélias (Sítios & Jardins)**. São Paulo: Europa, 1992.

ROSA, M. de F.; ABREU, F. A. P. de; FURTADO, A. A. L.; BRÍGIDO, A. K. L.; NORÕES, E. R. V. **Processo Agroindustrial**: obtenção de pó de casca de coco verde. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001a. 4 p. (Comunicado Técnico, 61).

ROSA, M. de F.; BEZERRA, F. C.; CORREIA, D.; SANTOS, F. J. de S.; ABREU, F. A. P. de. **Utilização da casca de coco como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 24 p. (Documentos, 52).

ROSA, M. de F.; SANTOS, F. J. de S.; MONTENEGRO, A. A. T.; ABREU, F. A. P. de; CORREIA, D.; ARAÚJO, F. B. S. de; NORÕES, E. R. de V. **Caracterização do pó da casca de coco verde usado como substrato agrícola**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001b. 6 p. (Comunicado Técnico, 54).

ROSENBERG, N. J.; MCKENNEY, M. S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse - warmed world: a review and simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 47, p. 303-320, 1989.

SALVADOR, E. D.; PASQUAL, M.; SPERA, M. R. N. Efeito de diferentes substratos no crescimento de samambaia-matogrossense (*Polypodium aureum* L.). **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 1006-1111, 2001.

SANCHO, J. F. A. The present status of the substrate as an ecosystem component and its function and importance in crop productivity. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 24, p. 53-74, 1988.

SANTOS, A. B. dos; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Atributos químicos do solo afetado pelo manejo da água e do fertilizante potássico na cultura de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 12-16, 2002.

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

SANTOS, D. B. dos; COELHO, E. F.; AZEVEDO, C. A. V. de. Influência de diferentes frequências de irrigação sobre a distribuição de raízes do porta enxerto citrumelo 'swingle' nas condições do semi-árido baiano. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 91-104, 2004b.

SANTOS, M. R. A. dos; TIMBÓ, A. L. de O.; CARVALHO, A. C. P. P. de; MORAIS, J. P. S. Avaliação de substratos e adubos orgânicos na aclimatização de plântulas de *Heliconia psittacorum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 101, p. 1049-1051, 2004a.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SBBR. **A Família Bromeliaceae**. Sociedade Brasileira de Bromélias, Rio de Janeiro, 2006a. Disponível em: <<http://www.bromelia.org.br>>. Acesso em: 20 jan. 2006.

\_\_\_\_\_. **Cultivo**. Sociedade Brasileira de Bromélias, Rio de Janeiro, 2006b. Disponível em: <<http://www.bromelia.org.br/cultivo.shtml>>. Acesso em: 19 jan. 2006.

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

SEABRA JÚNIOR, S.; GADUM, J.; CARDOSO, A. I. I. Desenvolvimento de plantas de pepino em função do volume de substrato e da idade da muda. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 338-341, 2002.

SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: Seemann, J. et al. **Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, 1979. p. 165-178.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia agrícola**. Departamento de Física e Meteorologia. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998. 131 p. Apostila.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, A. O. Cultivo protegido: aspectos microclimáticos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 108-115, 1995.

SENTELHAS, P. C.; VILLA NOVA, N. A.; ANGELOCCI, L. R. Efeito de diferentes tipos de cobertura, em mini-estufas, na atenuação da radiação solar e da luminosidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1997. p. 479-481.

SHORT, K. C.; WARBURTON, J.; ROBERTS, A. V. *In vitro* hardening of cultured cauliflower and chrysanthemum to humidity. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 212, p. 329-340, 1987.

SILVA, C. R. da. **Irrigação na cultura do abacaxizeiro (*Ananas comosus* Merrill)**. FEIS/UNESP, Hidráulica e Irrigação, Ilha Solteira, abr. 1998. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/abacaxi.htm>>. Acesso em: 25 dez. 2005.

SILVA, E. M. da.; CARVALHO, G. R.; ROMANELLO, M. M. **Mudas de cafeeiros: tecnologias de produção**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 56 p. (Boletim Técnico, 60).

SILVA, F. C. da. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, J. V.; BEZERRA, F. C.; HERNANDEZ, F. F. F.; CORDÃO TERCEIRO NETO, C. P.; LEAL, F. R. R. Efeito do substrato na aclimatização de mudas micropropagadas de antúrio. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004. Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2004. p. 364.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: FARIA, M. A. de; SILVA, É. L. da; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. da. (Ed.). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFV/SBEA, 1998. p. 311-348.

SIMÕES, J. W. **Problemática da produção de mudas em essências florestais**. Piracicaba: IPEF/EPAGRI, 1987. 29 p. (Boletim Técnico, 73).

SINDEAUX, J. H. F. **Aclimatização de mudas micropropagadas de bananeira em ambiente protegido em função do tipo e do volume do substrato e da lâmina e da frequência de irrigação**. 2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SIVAKUMAR, M. V. K.; SHAW, R. H. Relative evaluation of water stress indicators for soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, p. 619-623, 1978.

SMITH, E. F.; ROBERTS, A. V.; MOTTLEY, J. The preparation *in vitro* of chrysanthemum for transplantation to soil. (3) Improved resistance to desiccation conferred by reduced humidity. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Dordrecht, v. 21, p. 141-145, 1990.

SMITH, L. B. **Flora de Venezuela, Bromeliaceae**. Caracas: Ministério da agricultura, Instituto Botânico, 1971. v. 12, 361 p.

\_\_\_\_\_. Notes on the taxonomy of *Ananas* and *Pseudananas*. **Botanical Museum Leaflet**, Cambridge, v. 7, p. 73-81, 1939.

SMITH, L. B.; DOWNS, R. J. Bromelioideae (Bromeliaceae). In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Flora Neotropica**. New York: Hafner Press, 1979. v. 3, p. 1493-2142.

\_\_\_\_\_. Pitcairnioideae (Bromeliaceae). In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Flora Neotropica**. New York: Hafner Press, 1974. v. 1, p. 1-662.

\_\_\_\_\_. Tillandsioideae (Bromeliaceae). In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Flora Neotropica**. New York: Hafner Press, 1977. v. 2, p. 663-1492.

SOARES, A. J. **Efeitos de três lâminas de irrigação e de quatro doses de potássio via fertilização no meloeiro em ambiente protegido.** 2001. 67 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F.; SANTOS, C. R. Manejo de irrigação em fruteiras. In: FARIA, M. A. de; SILVA, É. L. da; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. da. (Ed.). **Manejo de irrigação.** Poços de Caldas: UFV/SBEA, 1998. p. 281-310.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; GRAF, C. C. D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S. S. Produção de mudas cítricas utilizando águas salinas. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 288-298, 2005.

SOUZA, C. M.; GAZZOLI, W.; SILVA, F. D.; SILVA, J. F. G.; MIRANDA, R. M. Aclimação de três variedades de gérbera nas condições climáticas do Campus da UFRRJ, Seropédica - RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45., CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., CONGRESSO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 2., 2005a, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Revista da Associação Brasileira de Horticultura, 2005a. v. 23, n. 2, p. 538.

SOUZA, F. V. D.; SEREJO, J. A. dos S.; CABRAL, J. R. S. Beleza rara. **Cultivar - Frutas e Hortaliças**, Pelotas, ano 5, n. 28, p. 7-8, 2004.

SOUZA, G. M. de; LÉDO, F. J. da S.; SILVA, M. R. da. **Produção de mudas de hortaliças em recipientes.** Acre: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre, 1997. 19 p. (Circular Técnica, 19).

SOUZA JÚNIOR, E. E. de; BARBOSA, S. B. S. C.; SOUZA, L. A. C. Efeito de substratos e recipientes na aclimação de plântulas de abacaxizeiro (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Pérola. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 147-151, 2001.

SOUZA, N. A. de; JASMIM, J. Crescimento de singônio com diferentes tutores e substratos à base de mesocarpo de coco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 39-44. 2004.

SOUZA, V. S. de; SOARES, I.; CRISÓSTOMO, L. A.; SILVA, L. A. da; HERNANDEZ, F. F. F. Influência da condutividade elétrica da solução nutritiva na acumulação de matéria seca e teores de nutrientes em berinjela cultivada em pó de coco. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 123-128, 2005b.

STERN, M. **O benefício das bromélias:** abacaxi. Saúde na Internet. Disponível em: <[http://www.saudenainternet.com.br/fitoterapia/fitoterapia\\_17.shtml](http://www.saudenainternet.com.br/fitoterapia/fitoterapia_17.shtml)>. Acesso em: 05 nov. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology.** Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., 1991. 559 p.

TAVARES JÚNIOR, J. E. **Volume e granulometria do substrato na formação de mudas de café.** 2004. 59 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

TAVEIRA, J. A. **Substratos** - cuidados na escolha do tipo mais adequado. Boletim Ibraflor Informativo, Bahia, n. 13, dez. 1996. Disponível em: <<http://www.uesb.br/flower/substratos.html>>. Acesso em: 4 dez. 2005.

TELLES, C. A.; MIELKE, É. C.; MACHADO, M. P.; BIASI, L. A. Diferentes volumes de substrato no desenvolvimento de plantas de cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L.). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 67-71, 2005.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, p. 55-94, 1948.

TIMBÓ, A. L. de O.; SANTOS, M. R. A.; CARVALHO, A. C. P. P.; MORAIS, J. P. S. Aclimatização de *Heliconia bihai* L. em diferentes combinações de substratos e adubos orgânicos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004. Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2004. p. 334.

TOMBOLATO, A. F. C.; COSTA, A. M. M. **Micropropagação de plantas ornamentais.** Capinas: Instituto Agrônômico, 1998. 72 p. (Boletim Técnico, 174).

TOMBOLATO, A. F. C.; RIVAS, E. B.; COUTINHO, L. N.; BERGMANN, E. C.; IMENES, S. L.; FURLANI, P. R.; CASTRO, C. E. F.; MATTHES, L. A. F.; SAES, L. A.; COSTA, A. M. M.; TAGLIACOZZO, G. M. D.; LEME, J. M. **O cultivo de antúrio: produção comercial.** Campinas: IAC, 2002. 47 p. (Boletim Técnico, 194).

TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas.** Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1998. v. 1, 864 p.

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; TELLES, L. M. G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 290-294, 2004.

VALLONE, H. S. **Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes com polímero hidretentor, diferentes substratos e adubações.** 2003. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VANT'T WOUTD, B. D.; HAGAN, R. M. Crop responses at excessively high soil moisture levels. In: LUTHIN, J. N. (Ed.). **Drainage of agricultural lands.** Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 514-578.

VÁSQUEZ, M. A. N.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. da S.; SILVA, C. R. da. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 137-143, 2005.

VERDONCK, O. Reviewing and evaluations of new materials used as substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 467-473, 1983.

VERDONCK, O.; DE PENNING, R.; DE BOODT, M. The physical properties different horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, v. 150, p. 155-160, 1983.

VERLODT, I.; WAAIJENBERG, D. A. Greenhouse film primer. **FloraCulture International**, Batavia, v. 10, n. 5, p. 32-33, 2000.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 184 p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 36).

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

VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M. de. **Meteorologia e climatologia agrícolas**. Fortaleza: UFC, 2003. 163 p. Apostila.

VICHIATO, M. **Influência da fertilidade do porta enxerto tangerina (*Citrus reshni* Hort. ex. Tan. cv. Cleópatra) em tubetes, até a repicagem**. 1996. 82 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VILLA, F.; ARAUJO, A. G. de; FRÁGUAS, C. B.; PASQUAL, M. Efeito de substratos na aclimatização de plântulas de amoreira-preta obtidas *in vitro*. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATO PARA PLANTAS, 4., 2004, Viçosa. **Resumos...** Viçosa: UFV, 2004. p. 415.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELO, L. R.; OLIVEIRA, L. da S.; CALDEIRA, M. D. W. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 21-27, 2001.

WALLER, P. L.; WILSON, G. C. S. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 51-58, 1984.

WALKER, R. R. Sodium exclusion and potassium-sodium selectivity in salt-treated trifoliate orange (*Poncirus trifoliata*) and Cleopatra mandarin (*Citrus reticulata*) plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood Victoria, v. 13, n. 2, p. 293-303, 1986.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.

WESSELING, J. Crop growth and wet soils. In: **Drainage of agricultural lands**. VAN SCHILFGAARDE, J. (Ed.). Madison: American Society of Agronomy, 1974. p. 7-12.

WESTON, L. A.; ZANDSTRA, B. H. Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 111, p. 498-501, 1986.

WHITE, J. W.; MARTALERZ, J. W. Soil moisture as relates to "Container Capacity". **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Belsville, v. 89, n. 1, p. 758-765, 1966.

WIEN, H. C. **The physiology of vegetable crops**. Oxon: CABI Publishing, 1997. 662 p.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. **Cultura de tecidos vegetais: cultivo *in vitro* de vegetais**. UFRPE, Departamento de Química, Laboratório de Pesquisa Cultura de Tecidos Vegetais. 2005. Disponível em: <<http://ufrpe.br/quimica/culttec.htm>>. Acesso em: 29 out. 2005.

WILSON, G. C. S. Analytical analyses and physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 19-32, 1984.

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas - uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 103-122, 2004.