

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE FERTIRRIGAÇÃO E HIDROPONIA NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze**

**REGINALDO NUNES RIBEIRO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Ciência  
Florestal.

**BOTUCATU – SP  
AGOSTO – 2011**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE FERTIRRIGAÇÃO E HIDROPONIA NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze**

**REGINALDO NUNES RIBEIRO**

Orientador: Prof. Dr. Iraê Amaral Guerrini

Co-Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Scarassati

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Ciência  
Florestal.

**BOTUCATU – SP  
AGOSTO – 2011**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Ribeiro, Reginaldo Nunes, 1969-  
R485c Comparação dos sistemas fertirrigação e hidroponia na produção de mudas de *Cariniana estrellensis* (Raddi) kuntze / Reginaldo Nunes Ribeiro. - Botucatu : [s.n.], 2011 ix , 42 f., il. color, tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011  
Orientador: Iraê Amaral Guerrini  
Co-orientador: Agnaldo Scarassati  
Inclui bibliografia

1. Qualidade de mudas. 2. Jequitibá branco. 3. Solução nutritiva. 4. Espécies nativas. I. Guerrini , Iraê Amaral. II. Scarassati , Agnaldo. III. Universidade Estadual Paulista. "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU**

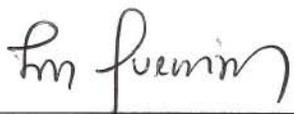
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE FERTIRRIGAÇÃO E HISPORONIA  
NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Carinina estrellensis* (Raddi) Kuntze”**

ALUNO: REGINALDO NUNES RIBEIRO

ORIENTADOR: PROF. DR. IRAE AMARAL GUERRINI

Aprovado pela Comissão Examinadora



---

PROF. DR. IRAE AMARAL GUERRINI



---

PROFA. DRA. CLARICE BACKES



---

PROF. DR. EDIVALDO CASARINI

Data da Realização: 17 de agosto de 2011.

**OFEREÇO**

*À Deus, por iluminar a minha vida em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis.*

**DEDICO**

*À minha família, que me amparou em todos os momentos para realização deste trabalho.*

*Aos meus pais, Odete e Antonio, que me deram a oportunidade da vida, responsáveis por tudo que sou e por tudo que eu conquistei até hoje. Vocês são meu ponto de apoio!*

## **AGRADEÇO**

*Aos meus orientadores, professores Dr. Agnaldo Scarassati e Dr. Iraê Amaral Guerrini, pela orientação, apoio, incentivo e, acima de tudo, pela amizade. Tenho enorme admiração e apreço a eles, por concederem esta oportunidade à minha evolução profissional.*

*À Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, juntamente com a coordenação do Curso de Ciência Florestal, pela oportunidade de realização do curso.*

*À minha família, Roseli e às minhas duas bênçãos que Deus me concedeu, meus queridos filhos Leonardo e Arthur, pelo amor, incentivo e apoio nesta conquista, com muita gratidão.*

*À Paulo Meinberg (“in memoriam”), por incentivar e apoiar a continuidade dos estudos para evolução intelectual e profissional.*

*Aos amigos e parceiros Dr. Marcos Roberto Furlan e Dra. Sandra Lieberg, que auxiliaram nas sugestões e revisões deste trabalho.*

*À Faculdade Integral Cantareira – FIC, em especial à direção da instituição, pela oportunidade da realização deste trabalho na Fazenda Experimental Cantareira.*

*Aos membros da banca de qualificação e defesa, por terem emprestado um pouco do seu conhecimento para melhoria deste trabalho.*

*Em fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, e a Deus por colocar cada uma destas pessoas no meu caminho...*

## SUMÁRIO

	Página
1. <i>RESUMO</i> .....	1
2. <i>SUMMARY</i> .....	2
3. <i>INTRODUÇÃO</i> .....	3
4. <i>REVISÃO DE LITERATURA</i> .....	5
4.1. Jequitibá-branco -.....	5
4.2. Importância da qualidade de mudas florestais.....	6
4.3. Sistema hidropônico.....	7
4.4. Fertirrigação.....	9
4.5. Característica da solução nutritiva.....	10
4.6. Monitoramento da solução nutritiva.....	12
5. <i>MATERIAL E MÉTODOS</i> .....	14
5.1. Local e época do experimento.....	14
5.2. Espécie utilizada e descrição dos tratamentos.....	15
5.3. Instalações dos sistemas, manejo e condução do ensaio.....	15
5.4. Solução nutritiva.....	19
5.5. Características avaliadas.....	20
5.6. Análise estatística.....	21
6. <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i> .....	22
6.1. Monitoramento da solução.....	22
6.2. Temperatura e umidade relativa do ar.....	22
6.3. Análises da planta.....	26
6.3.1. Análise de desenvolvimento – método não destrutivo.....	26
6.3.1.1. Altura da parte aérea.....	26
6.3.1.2. Diâmetro do coleto.....	29
6.3.2. Análise de desenvolvimento – método destrutivo.....	31
6.3.2.1. Massa seca das plantas.....	31
6.3.2.2. Área foliar.....	32
6.3.2.3. Relação altura/diâmetro do coleto.....	33
6.3.2.4. Relação altura/massa seca da parte aérea.....	33

6.3.2.5. Relação massa seca parte aérea/massa seca da raiz.....	34
6.3.2.6. Índice de qualidade Dickson.....	34
7. <i>CONCLUSÕES</i> .....	36
8. <i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i> .....	37

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Doses médias de macro e micronutrientes utilizadas na solução nutritiva em condição de mini/microjardim clonal de <i>Eucalyptus</i> spp. (HIGASHI et al., 2002)....	11
Tabela 2. Concentração de nutrientes da solução nutritiva em miligrama por litro (mg L <sup>-1</sup> ), utilizadas no presente trabalho. ....	19
Tabela 3. Composição e quantidade dos sais utilizados na solução nutritiva. ....	19
Tabela 4. Resultado do teste <i>t</i> de <i>student</i> para o desenvolvimento da altura das plantas aferido, em intervalos em dias, para o sistema fertirrigação (S1) e hidropônico (S2).	26
Tabela 5. Resultados de altura obtidos com as médias de 100 plantas aos 147 dias (S1– fertirrigação e S2 – hidroponia).....	28
Tabela 6. Resultado do teste <i>t</i> de <i>student</i> no desenvolvimento em diâmetro do coleto das plantas aferido em intervalos (dias) para o sistema fertirrigação (S1) e hidropônico (S2). ....	29
Tabela 7. Resultados de diâmetro do coleto obtidos com as médias de 100 plantas aos 147 dias (S1 – fertirrigação e S2 – hidroponia).....	31
Tabela 8. Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca do sistema radicular excedente da parte externa do tubete (MSR2), massa seca total (MST), área foliar (AF) e Índice de Qualidade Dickman (IQD) nos sistemas fertirrigação (S1) e hidropônico (S2), plantas uteis aos 147 dias. ....	33
Tabela 9. Relação altura e diâmetro (H/D), relação entre altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) relação entre massa seca da parte aérea e da raiz (MSPA/MSR), nos sistemas fertirrigação (S1) e hidropônico (S2), plantas uteis aos 147 dias. ....	35

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Detalhe das instalações, equipamentos e metodologia de produção em sistema hidropônico, sendo: (A) caixa de fibra de vidro, (B) reservatório de fibra de vidro e conjunto de moto bomba, (C) drenos do sistema, (D) timer digital, (E) suporte para tubete de polipropileno (F) manta térmica e plástico dupla face e (G) inserção das mudas no sistema hidropônico. ....	17
Figura 2. Ilustração do sistema de irrigação: do reservatório de fibra de vidro (500 litros) e bomba submersa Anauger, sistema de irrigação e pluviômetro válvula solenoide. ....	18
Figura 3. Esquematização dos sistemas, hidropônico e da fertirrigação. ....	18
Figura 4. Temperatura (T) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados no interior da estufa de produção de mudas. ....	23
Figura 5. Temperatura (T) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados na parte externa da estufa de produção de mudas. ....	24
Figura 6. Umidade relativa do ar (UR) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados no interior da estufa de produção de mudas. ....	25
Figura 7. Umidade relativa do ar (UR) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados na parte externa da estufa de produção de mudas. ....	25
Figura 8. Vista geral dos sistemas: (S1) de fertirrigação e de hidroponia (S2), aos 147 dias. ....	27
Figura 9. Regressão demonstrando a evolução das médias nos sistemas estudados em relação aos dias de amostragem no crescimento em altura das mudas de <i>Cariniana estrellensis</i> . ....	27
Figura 10. Desuniformidade das mudas nos sistemas (S1) Fertirrigação e (S2) Hidroponia, aos 147 dias. ....	29
Figura 11. Regressão demonstrando a evolução das médias nos sistemas estudados em relação aos dias de amostragem no crescimento em diâmetro do coleto das mudas de <i>Cariniana estrellensis</i> (fertirrigação (S1) e hidroponia (S2)). ....	30

## 1. RESUMO

O presente estudo teve por objetivo comparar os sistema hidropônico e o de fertirrigação no desenvolvimento de mudas da espécie florestal nativa jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*). O experimento foi conduzido no Viveiro da Fazenda Experimental Cantareira, pertencente à Faculdade Integral Cantareira (FIC), no município de Mairiporã – SP - setor de Pesquisa Florestal. Foi estudado o desenvolvimento da *Cariniana estrellensis* sob dois sistemas de produção: fertirrigação e hidropônico. Os sistemas tiveram quatro parcelas com 25 plantas cada, totalizando 100 plantas por sistema. Para avaliação morfológica não destrutiva realizada a cada 14 dias, considerou-se a altura da planta e o diâmetro do colo das 100 plantas de cada sistema, totalizando 200 plantas e, ao término do experimento, para avaliação morfológica destrutiva, foram consideradas como plantas úteis as 9 centrais, totalizando 36 plantas úteis de cada sistema. A qualidade das mudas produzidas no sistema hidropônico foi superior àquelas do sistema de fertirrigação para os seguintes parâmetros e relações: diâmetro do coleto (D), altura da parte aérea (H), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), área foliar (AF), relação altura e diâmetro (H/D), altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA), massa seca da parte aérea e do sistema radicular (MSPA/MSR), e o Índice de Qualidade Dickman (IQD). Em função dos resultados obtidos, pode-se inferir que para *Cariniana estrellensis* o sistema hidropônico proporcionou melhor desenvolvimento, reduzindo o período de produção das mudas.

**Palavras-Chave:** Qualidade de mudas, jequitibá branco, solução nutritiva, crescimento, espécies nativas.

**COMPARISON OF HYDROPONICS AND FERTIGATION SYSTEMS ON SEEDLINGS PRODUCTION OF *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze.** Botucatu, 2010. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: REGINALDO NUNES RIBEIRO

Adviser: IRAÊ AMARAL GUERRINI

Co-adviser: AGNALDO SCARASSATI

## **2. SUMMARY**

This study aimed to compare hydroponics and fertigation systems on seedlings production of native species (jequitibá-branco, *Cariniana estrellensis*). The experiment was conducted at Cantareira Experimental Farm Nursery, owned by Integral Cantareira College (FIC) at the Forestry Research Sector of Mairiporã, SP. We studied the development of jequitibá branco under two production systems: drip irrigation and hydroponics. The systems presented four plots with 25 plants each, totaling 100 plants per system. It was considered for the non-destructive morphological evaluation the plant height and stem diameter of 100 plants per system, totaling 200 plants. This procedure was conducted every 14 days. At the end of the experiment, the morphological destructive assessment was performed on the central 9 plants, with a total of 36 useful plants per system. The quality of seedlings produced in the hydroponic system was superior to the fertigation system for the following parameters and relations: the collar diameter (D), shoot height (H), shoot dry mass (MSPA), total dry mass (MST), leaf area (LA), height and diameter ratio (H/D), dry mass of shoot and root system (MSPA/MSR), and Dickman Quality Index (IQD). Based on the results, we can infer that the hydroponic system enhanced *Cariniana estrellensis*, growth reducing the period of seedlings production.

**Keywords:** Native seedlings, seedlings quality, nutrient solution, growth, jequitibá branco.

### 3. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro, voltado para a produção de madeira e de celulose, com destaque para o cultivo de *Pinus* spp. e de *Eucalyptus* spp., pode ser considerado altamente competitivo e com grande capacidade de desenvolvimento de tecnologias que permitem a obtenção de padrões e de caminhos que levem à sustentabilidade e ao equilíbrio do sistema. Porém, tal desenvolvimento tecnológico não está sendo aplicado na produção de madeira a partir de espécies nativas, apesar do Brasil ainda possuir as maiores florestas em extensão do mundo.

Nos últimos anos, somente uma pequena parcela das tecnologias na produção de mudas, do manejo e da exploração das florestas desenvolvidas para o setor de celulose, enfocando pinus e eucaliptos, foram transferidas para as espécies nativas. A transferência, adaptação e desenvolvimento de novas tecnologias para produção de espécies nativas deveriam ser prioritários, haja vista que, atualmente, as questões ambientais também pressionam para o reflorestamento das áreas antropizadas.

Com os programas públicos de recuperação ambiental, a necessidade de desenvolvimento de projetos de fixação de carbono e a obrigação das empresas em cumprir as legislações ambientais indicam que haverá crescimento da demanda por sementes e mudas de plantas nativas no setor florestal.

O atendimento a essa demanda tecnológica inclui incremento nos estudos em diversas áreas, tais como: fisiologia, anatomia, nutrição e ecologia dos sistemas florestais, entre outras.

No campo da produção de mudas florestais de espécies nativas, é imprescindível considerar que o setor poderia adotar princípios de produção baseados em sistemas protegidos, como estufas, áreas para aclimação, controle da luminosidade e a hidrocultura, parâmetros fundamentais para a melhoria da produtividade, com ganhos na qualidade.

Seguindo neste caminho tecnológico, deve-se levar em consideração o desenvolvimento de experiências que permitam a produção de mudas de espécies nativas em sistemas hidropônicos, técnica amplamente aplicada em *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.

O sistema hidropônico consiste no desenvolvimento de plantas em meio líquido e, independente do sistema (NFT - *nutrient film technique*, *floating*, aeroponia, entre outros), haverá a adição de uma solução contendo todos os elementos nutritivos essenciais ao desenvolvimento da planta.

Deve-se acrescentar ao sistema hidropônico de produção de mudas, o controle das condições climáticas, ou seja, temperatura, quantidade e qualidade da radiação solar, umidade relativa, vento, por exemplo, da mesma forma aos adotados em sistemas com solo. A principal diferença entre os dois tipos de cultivo, no solo ou água, relaciona-se à maior possibilidade de controle das condições fornecidas pelo sistema hidropônico.

O sistema de fertirrigação, aplicação de fertilizantes via água de irrigação, é uma prática muito utilizada na silvicultura, fruticultura, olericultura e floricultura. Esta prática proporciona uma adubação localizada, racionalizando o uso de fertilizantes, reduzindo a mão-de-obra e o custo com máquinas. É uma maneira prática, pois combina dois fatores imprescindíveis para o desenvolvimento da cultura, a água e os nutrientes podendo ser utilizada tanto nos cultivos abertos quanto nos cultivos protegidos, sendo que neste último cultivo o sistema por aspersão e micro aspersão são os mais indicados.

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo comparar os sistemas hidropônico e o de fertirrigação no desenvolvimento de mudas da espécie florestal nativa jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*).

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1. Jequitibá-branco - *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze

*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, também conhecida pelos seguintes nomes populares: jequitibá-branco, bingueiro, cachimbeiro ou estopeira. Pertence à família Lecythidaceae e ocorre do sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, no Acre e no Brasil Central, além do Peru, Bolívia e Paraguai. Possui porte arbóreo, normalmente alcançando de 15 a 35m de altura, podendo atingir até 50m, e 215cm de DAP na idade adulta. A espécie apresenta atributos madeireiros, apícolas, medicinais, celulose para papel e ecológicos, sendo indicada em reflorestamentos para recuperação ambiental (CARVALHO, 2003).

A espécie é incluída no grupo sucessional secundária tardia (DURIGAN e NOGUEIRA, 1990, apud CARVALHO, 2003) ou clímax, exigente de luz na fase adulta (RONDON et al., 1999, apud CARVALHO, 2003). O jequitibá-branco não tolera baixas temperaturas, tem o hábito de crescimento sem dominância apical, com ramificações laterais leves e apresenta crescimento muito variável, de moderado a rápido (CARVALHO, 2003).

#### 4.2. Importância da qualidade de mudas florestais

A formação de mudas mais vigorosas permite aumentar a probabilidade de sucesso no estabelecimento da cultura, bem como maximiza o seu crescimento ao diminuir o tempo de transplante para o campo (LIMA et al., 2008).

Os atributos das mudas necessários para obtenção do sucesso no plantio têm sido denominados de “qualidade de muda” (FONSECA et al., 2002). Vários fatores afetam a qualidade das mudas, dentre eles, a qualidade da semente, tipo de recipiente, substrato, adubação e manejo das mudas (CRUZ et al., 2006).

Mudas de boa qualidade apresentam maior potencial de sobrevivência e de crescimento após o plantio, muitas vezes dispensando o replantio e reduzindo a demanda por tratamentos culturais. Uma muda de boa qualidade deve-se apresentar vigorosa, com folhas de tamanho e coloração típica da espécie e em bom estado fitossanitário e nutricional (CRUZ et al., 2006). O padrão de qualidade de mudas varia entre as espécies, sendo que o objetivo é alcançar qualidade em que as mudas apresentem capacidade de oferecer resistência às condições adversas que podem ocorrer após o plantio (CARNEIRO, 1995).

A produção de mudas em ambiente bem definido com características específicas e controladas são necessárias, pois no início do desenvolvimento as mudas são frágeis requerendo manejo especial de forma a propiciar crescimento uniforme tanto em altura quanto do sistema radicular além do fortalecimento do caule oferecendo resistência às condições adversas, aumentando a sobrevivência quando transplantadas para o ambiente definitivo (GOMES et al. 2002).

Para produção de mudas com qualidade morfofisiológica, alguns parâmetros devem ser avaliados. Os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade de mudas de espécies arbóreas, são a altura da parte aérea, o diâmetro do coleto, a massa seca total, a massa seca da parte aérea e a massa seca das raízes.

Gomes et al. (2002), avaliando parâmetros morfológicos de *Eucalyptus grandis*, concluíram que a adoção da altura e da relação altura/peso de massa seca da parte aérea contribui na determinação do padrão de qualidade das mudas.

Fonseca et al. (2002), estudando mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento, avaliaram os parâmetros morfológicos das mudas, suas relações e o índice de qualidade de Dickson. Constataram, que as mudas desenvolvidas sob maiores períodos de sombreamento, embora tenham alcançado maiores alturas das partes aéreas e áreas foliares, apresentaram os piores valores para qualidade de muda, com redução do diâmetro do coleto, da fitomassa seca do sistema radicular e do índice de qualidade de Dickson. Assim como, o aumento das relações, altura da parte aérea/diâmetro do coleto e da relação parte aérea/sistema radicular.

Cada espécie tem exigências próprias para o seu desenvolvimento. Fatores abióticos como luz, água, temperatura e condições edáficas, são alguns dos elementos que influem no desenvolvimento das plantas (PEDROSO e VARELA, 1995). Portanto, o suprimento inadequado de um desses componentes são fatores que pode reduzir o vigor da planta e limitar o seu desenvolvimento.

A luminosidade, por ser fonte de energia, está relacionada à fotossíntese e é um dos principais fatores que influencia o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais (CAMPOS e UCHIDA, 2002).

Scalon e Alvarenga, (1993), em sua revisão sobre árvores nativas, observaram que geralmente há grande diversidade de respostas das plantas à luminosidade, principalmente quanto ao desenvolvimento vegetativo da parte aérea e à sobrevivência das mudas. Desta forma, a eficiência do crescimento da planta pode ser relacionada à habilidade de adaptação das plântulas às condições luminosas do ambiente (SCALON et al., 2003).

Os principais parâmetros de qualidade que devem ser considerados para que a muda seja considerada apta para ir a campo são o aspecto nutricional (visual), altura da muda, que deve estar acima de 20 cm, e o diâmetro do colo, que deve ser igual ou acima de 3 mm (PARAJARA, 2008).

### **4.3. Sistema hidropônico**

O primeiro exemplo conhecido de cultivo sem solo foi dado pelos astecas no México, seguindo-se o processo até o final do século XIX (VINCENZONI, 1989). No século XVII, formas mais científicas de sistemas hidropônicos foram

implantados, com testes realizados por Van Helmont em 1650 para determinar o conteúdo da massa seca das plantas (SCHUBERT, 1981), seguindo-se o trabalho de Woodward em 1699, que formulou a hipótese de que seria a terra e não a água a fornecer os elementos da massa seca dos vegetais, contrariando os preceitos de Van Helmont que dizia ser a água a responsável pela produção de massa seca (MENGEL e KIRKBY, 1987).

Em 1758, Durhamel Du Monceau retomou as experiências com testes de germinação e posterior colocação das raízes em contato com solução de sais (VINCENZONI, 1989).

A partir do século XIX, com o avanço da química orgânica, surgiram teorias que facilitaram o entendimento das soluções, e Justus Von Liebig introduziu a “lei do mínimo” e Sachs e Knop, em 1860 e 1865, respectivamente, lançaram as primeiras receitas de soluções nutritivas (STEINER, 1985).

Em 1938, na Califórnia, foi publicada a primeira circular sobre a utilização dos métodos do cultivo sem solo para produção de culturas comerciais (HOAGLAND e ARNOND, 1950).

Hidroponia é derivada de duas palavras de origem grega, *hidro*, que significa água, e *ponos*, que significa trabalho. Desde a criação do termo "hidropônico" pelo pesquisador da Universidade da Califórnia, Dr. W. F. Gericke na década de 30 (HOAGLAND e ARNOND, 1950), a técnica de produção de plantas sem solo vem sendo popularizada (FURLANI, 2008).

Diversas técnicas de cultivo sem solo têm sido desenvolvidas e utilizadas, sendo que no Brasil a principal é a do fluxo laminar de nutrientes (*nutrient film technique* - NFT) (FAQUIM e FURLANI, 1999). É um sistema no qual as plantas têm suas raízes alojadas em canais instalados em desnível que varia de 1% a 3%, por meio dos quais flui a solução nutritiva (COOPER, 1996; TEIXEIRA, 1996).

No caso do *deep film technique* (DFT), a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm), onde as raízes ficam submersas. Não existem canais e sim uma mesa plana onde circula a solução, por meio de um sistema de entrada e drenagem característica (FURLANI, 1998). Essa técnica foi amplamente estudada e variações são utilizadas pela International Paper do Brasil e Fibria S.A. nos viveiros de produção de mudas florestais de eucalipto e pinus instalados em Mogi-Guaçu (SP) e Três Lagoas (MS).

No cultivo sem solo, a solução circula contínua ou intermitentemente entre as raízes das plantas, retornando aos canais ou tubos de cultivo e, deste modo, reaproveitando-a, evitando perdas de água e nutrientes e uma possível contaminação do solo (MARTINEZ, 1997).

O cultivo em soluções nutritivas é uma ótima ferramenta para estudos das exigências nutricionais e composição mineral de diferentes espécies de plantas. No entanto, a formulação que garante um bom desenvolvimento, sem excedentes e sem falhas, é muito difícil, pois as variáveis para cada espécie são muitas, como, por exemplo: cultivar, estágio de desenvolvimento, fotoperíodo, intensidade luminosa, temperatura, umidade e pH (FURLANI, 1998; MARTINEZ, 1997).

#### **4.4. Fertirrigação**

A fertirrigação é a aplicação simultânea de água e de fertilizantes por meio do sistema de irrigação e visa à aplicação de nutrientes na região de maior concentração de raízes, promovendo eficiente absorção dos elementos disponíveis (CASARINI e FOLEGATTI, 1999).

A fertirrigação vem sendo utilizada em todo o país, e em algumas regiões e culturas seu uso tem sido mais frequente. A região nordeste tem notável destaque no uso da fertirrigação, uma vez que seus pólos de irrigação responsáveis por expressiva produção de frutas fazem uso de sistemas de irrigação localizada. A técnica de fertirrigação teve avanço considerável e tem procurado dar resposta às demandas do campo, pois se mostrou efetiva no aumento de produtividade, e, portanto, no lucro obtido pelos produtores (VILLAS BÔAS e SOUZA, 2008).

Quando se utiliza recipientes menores, como tubetes ou vasos, a aplicação da solução nutritiva deverá ser através de gotejadores individuais (em vasos), por inundação (“*ebb flow*”), aspersão, sistema de barras ou manualmente com regador (HIGASHI e SILVEIRA, 2004).

No Brasil, o sistema de irrigação de viveiros mais usual é a microaspersão, sistema que gera grandes desperdícios devido a fatores como vento (deriva),

espaços vazios e má distribuição dos aspersores em relação às mudas (AUGUSTO et al., 2007).

#### **4.5. Característica da solução nutritiva**

As plantas, que são organismos autotróficos, conseguem produzir seu próprio alimento a partir de minerais, água, CO<sub>2</sub> e luz (fotossíntese) (TAIZ e ZAIGER, 2009).

As plantas em geral necessitam, para o ciclo de vida, de dezesseis nutrientes essenciais, sendo: carbono, oxigênio e hidrogênio, que compõem aproximadamente 95% da massa seca da planta, e o restante (5%) são divididos em dois grupos, os macronutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, e os micronutrientes: ferro, manganês, zinco, cobre, boro, molibdênio e cloro. Se as plantas recebem esses elementos, assim como energia da luz solar, elas podem sintetizar todos os compostos de que necessitam para um crescimento normal (RAIJ, 1991).

Com exceção dos nutrientes não minerais C, H e O, que são incorporados ao metabolismo vegetal, através da água e ar atmosférico, os demais nutrientes minerais são absorvidos via sistema radicular (FURLANI, 2008).

Os elementos minerais exercem funções muito importantes na planta, e muitas vezes, específicas nos processos fisiológicos. As deficiências ou os excessos destes minerais provocam nas plantas distúrbios no seu metabolismo, alterando seus aspectos organográficos (KRAMER e KOZLOWSKI, 1960).

Higashi et al. (2002) citam as faixas adequadas de macro e micronutrientes na solução nutritiva de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus* spp. (Tabela 1).

**Tabela 1.** Doses médias de macro e micronutrientes utilizadas na solução nutritiva em condição de mini/microjardim clonal de *Eucalyptus* spp. (HIGASHI et al., 2002).

<b>Nutrientes</b>	<b>Doses (mg/l)</b>
<b>N</b>	100 – 200
<b>P</b>	15 – 30
<b>K</b>	100 – 200
<b>Ca</b>	100 – 200
<b>Mg</b>	25 – 50
<b>S</b>	35 – 65
<b>B</b>	0,3 – 0,6
<b>Cu</b>	0,03 – 0,06
<b>Fe</b>	3 – 7
<b>Mn</b>	0,3 – 0,8
<b>Mo</b>	0,01 – 0,02
<b>Si</b>	40 – 80
<b>Zn</b>	0,05 – 0,1

O ideal, segundo Arnon (1944), seria obter uma solução nutritiva adequada, isto é, que pudesse sustentar um bom desenvolvimento das plantas e conseguir manter constante a concentração dos elementos durante o desenvolvimento das plantas, de maneira que os trabalhos executados para o controle do sistema sejam reduzidos.

Os níveis dos nutrientes na solução nutritiva, recirculante ou não, podem ser mantidos pela adição de soluções suplementares (reposição), nas quais as proporções entre os minerais sejam iguais a necessidade da cultura (NIELSEN, 1984) ou pela troca de solução em função da taxa de crescimento e volume de solução colocado à disposição da planta, variação de concentração da condutividade elétrica e do pH.

Diversas soluções nutritivas foram propostas na literatura havendo, em alguns casos, diferenças marcantes em relação às concentrações dos macronutrientes, enquanto para os micronutrientes as diferenças são bem menores (FURLANI et al., 1999).

A solução nutritiva é o elemento essencial na hidroponia estrita (sem substrato), pois dela depende inteiramente o crescimento da cultura e deve conter todos os

nutrientes exigidos pelas plantas e também o oxigênio, o qual é indispensável para a respiração das raízes (ANDRIOLO, 2002). Entretanto, não existe uma formulação considerada ideal, pois estão envolvidos um número considerável de variáveis e suas interações (RODRIGUES, 2002).

Segundo Adams, (1992 e 1994, apud FURLANI, 2008), em cultivos hidropônicos, a absorção é geralmente proporcional à concentração de nutrientes na solução, próxima às raízes, sendo muito influenciada pelos fatores do ambiente, tais como: salinidade, oxigenação, temperatura, pH da solução nutritiva, intensidade de luz, fotoperíodo, temperatura e umidade do ar.

No tocante à produção de mudas de espécies nativas, não são conhecidas plenamente as exigências nutricionais da planta, levando ao uso de adubações padronizadas provenientes de estudos realizados com outras essências florestais, especialmente com as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (CRUZ, 2004). Segundo este autor e no mesmo trabalho, a falta de informações a respeito dos requerimentos nutricionais das espécies florestais nativas conduz à necessidade da realização de ensaios para obtenção de informações mais precisas para que se possa produzir mudas de melhor qualidade.

#### **4.6. Monitoramento da solução nutritiva**

O ajuste da solução nutritiva compreende o monitoramento do nível de água, da concentração dos nutrientes e do valor de pH. Durante o período de cultivo, os sais podem acumular-se quando o consumo da água pelas plantas for superior ao de nutrientes ou por perdas de água por evaporação, causando danos às raízes quando este nível se torna crítico (NOORDEGRAAF, 1994).

Níveis de salinidade alta tendem a causar uma diminuição na condutividade estomática e na taxa fotossintética que ocorrem quando o fornecimento de nutrientes excede a demanda da planta com o aumento da salinidade nos arredores das raízes, ocasionando o fechamento dos estômatos (URBAN et al., 1995).

Valores extremos de pH (menores que 4 e maiores que 9) podem causar toxicidade às raízes. Plantas cultivadas em solução toleram maiores variações no pH que no solo, sendo que nas soluções recirculantes os materiais propagados por estaquias

tem maiores amplitudes de resistências a estas alterações no pH (CASTELLANE e ARAUJO, 1995).

No manejo da solução nutritiva, fatores como temperatura (níveis ótimos em torno de  $24 \pm 3$  °C), pH (valores adequados entre 5,5 a 6,5) e condutividade elétrica da solução nutritiva (faixa ótima entre 1,5 a 4,0 mS/cm) devem ser monitorados e controlados periodicamente (FURLANI et al., 1999). O controle do pH é relevante para a manutenção da integridade das membranas e para evitar a precipitação do fósforo e micronutrientes como ferro, boro e manganês (MARTINEZ, 2002).

Em cultivos hidropônicos é usual avaliar o teor de nutrientes na solução nutritiva de forma indireta, medindo sua condutividade elétrica (VERDONCK et al., 1981). Para alface, por exemplo, a CE da solução nutritiva utilizada geralmente oscila entre 1,6 a 1,8 dS/m (SOARES, 2002) até 2,5 dS/m (CASTELLANE, et al., 1995).

De acordo com Resh (1992), os teores totais de sais solúveis em mg/l são diretamente proporcionais à CE em mmho por unidade de volume. Esta condutividade elétrica, em milisiemens/cm, deve ficar entre 2 e 4. De acordo com o mesmo autor, durante a absorção de nutrientes pelas raízes de alface cultivadas hidroponicamente, ocorre uma diminuição de todos os elementos da solução nutritiva, refletindo, portanto na CE (MARTINEZ, 1997).

As condições climáticas podem interferir no metabolismo das plantas e diferenças no déficit de umidade, entre a folha e o ar da casa de vegetação, afetam a evapotranspiração das plantas. Estas diferenças são causadas, pelas diferenças da temperatura mínima da água do sistema e a temperatura do ar da estufa (GRAAF, 1995).

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Local e época do experimento**

O experimento foi conduzido no Viveiro da Fazenda Experimental Cantareira, pertencente à Faculdade Integral Cantareira (FIC), no município de Mairiporã – SP - no setor de Pesquisa Florestal, em área destinada a estudos sobre sistemas hidropônicos e sistemas de fertirrigação.

A Fazenda Experimental encontra-se nas coordenadas geográficas de 23°21'508" de latitude sul e 46°36'118" de longitude oeste, com altitude de 919 metros.

O clima, segundo o Sistema Internacional de Classificação Climática de Köppen, é do tipo Cwb - Clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (VENTURA, 1964).

O ensaio foi conduzido no período de julho a dezembro de 2010. As mudas em sistema hidropônico e na fertirrigação foram acompanhadas por 147 dias, momento em que as mudas atingiram altura média de 20 cm.

## 5.2. Espécie utilizada e descrição dos tratamentos

Foi estudado o desenvolvimento do jequitibá-branco sob dois diferentes sistemas de produção: fertirrigação (S1) e hidropônico (S2). Os sistemas tiveram quatro parcelas com 25 plantas cada, totalizando 100 plantas por sistema.

Para avaliação morfológica não destrutiva considerou-se altura da planta e o diâmetro do colo das 100 plantas de cada sistema, a cada 14 dias, totalizando 200 plantas e, ao término do experimento, para avaliação morfológica destrutiva, foram consideradas como plantas úteis as 9 centrais, totalizando 36 plantas úteis de cada sistema.

## 5.3. Instalações dos sistemas, manejo e condução do ensaio

Os dados climáticos do experimento foram obtidos na estação meteorológica sem fio *DATA LOGGER/Thermo-Hygro-Station* mod. 3030 da TFA, que ficou instalada na parte interna e externa da estufa.

O experimento foi instalado e conduzido em uma estufa de 42 m<sup>2</sup>, com cobertura plástica de 250 micra e sombrite com 90% de transparência na lateral.

As sementes de jequitibá-branco foram adquiridas do Viveiro Flora Tietê, município de Penápolis (SP), pertencente a um produtor registrado junto aos órgãos ambientais do Estado, e semeadas no viveiro comercial Imperium, localizado no município de São Manuel (SP). As sementes do jequitibá-branco foram colocadas para germinar em canteiros de areia e repicadas para tubetes de polietileno, com volume útil de 50 cm<sup>3</sup> (12 cm de comprimento, 3 cm de diâmetro superior, 1 cm de diâmetro na parte inferior e seis estrias na parte interna). Foram utilizados na composição do substrato: 50% de casca de arroz carbonizada e 50% de vermiculita.

As mudas recebidas do Viveiro Imperium foram mantidas por 7 dias sob sistema de irrigação com água para a lixiviação dos nutrientes químicos originários das adubações remanescentes do viveiro.

Nas dependências da Fazenda Experimental Cantareira, local dos experimentos, as mudas foram selecionadas e padronizadas antes da definição e da distribuição nos tratamentos. Esse procedimento foi necessário para uniformizar as mudas,

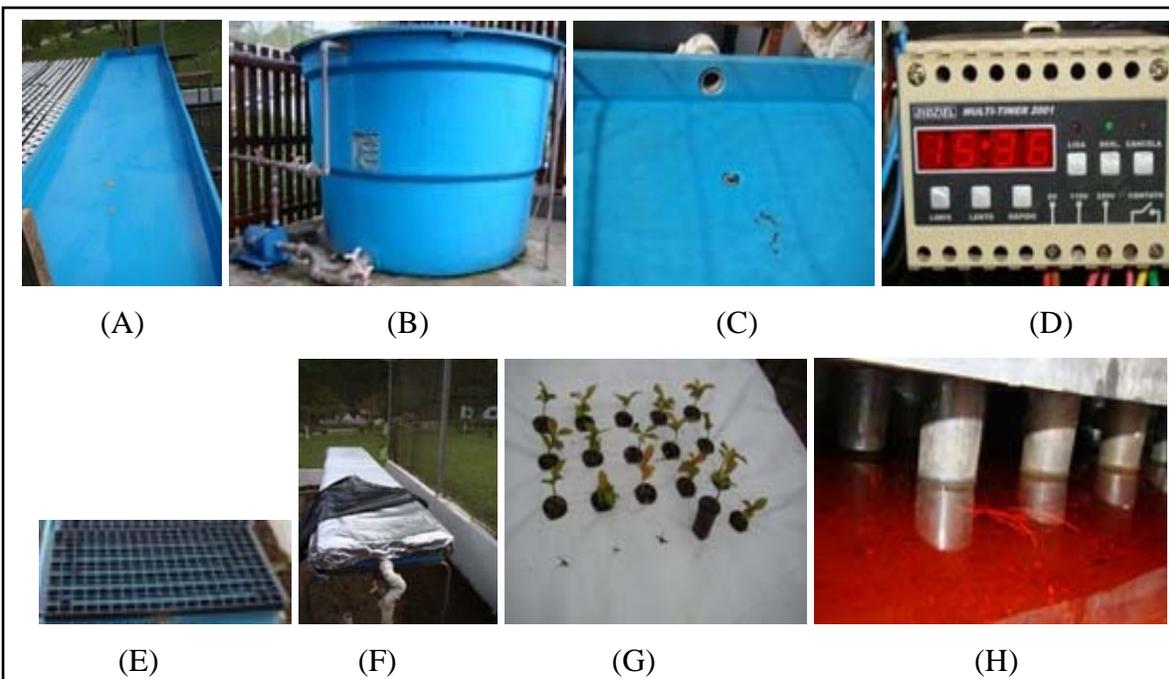
selecionando-se apenas as plântulas entre 4 a 5 cm de altura.

No dia 17/07/2010 foram selecionadas 200 mudas de 4 a 5 cm de altura e com 4 pares de folhas. Estas foram separadas aleatoriamente em 4 parcelas com 25 plantas e no dia 18/07/2010 levadas aos sistemas para iniciar o ensaio, sendo efetuada a primeira medição da altura e do diâmetro do coleto.

A estrutura física para a produção das mudas neste sistema hidropônico é fechado, permitindo o reaproveitamento da solução nutritiva. Funciona fazendo encher temporariamente com solução nutritiva a bancada de cultura que consiste em: uma caixa de fibra de vidro (Figura 1-A) com 70 cm de largura, 10 cm de altura e 420 cm de comprimento, com 1m de altura em relação ao piso. A solução é retirada de um reservatório de fibra de vidro com capacidade para 3000 litros, através de um conjunto moto-bomba 2 HP (Figura 1-B), conduzida a bancada de cultura e uma vez paralisado o bombeamento, retorna ao depósito escoando através dos drenos (Figura 1-C). Um controlador de tempo digital (*timer* – Figura 1-D) foi programado para acionar o conjunto da moto bomba para o fornecimento da solução nutritiva durante 15 minutos contínuos, com intervalos de 60 minutos, entre o período das 5:00 às 20:00 horas, ficando os tubetes submersos em 4 cm de solução nutritiva (Figura 1-H).

Utilizou-se suporte em polietileno para os tubetes de 70 cm de comprimento por 40 cm de largura e espaçamento de 10 X 10 cm (Figura 1-E), além de manta isolante térmica de alumínio e plástico dupla face (preto e branco) para cobertura das caixas de fibra (Figura 1-F).

Para colocação dos tubetes com as mudas no sistema, foram realizadas pequenas aberturas na manta térmica e no plástico, suficiente para que o tubete fosse inserido (Figura 1-G). Utilizou-se o espaçamento de 10 cm entre plantas e 20 cm entre parcelas.



**Figura 1.** Detalhe das instalações, equipamentos e metodologia de produção em sistema hidropônico, sendo: (A) caixa de fibra de vidro, (B) reservatório de fibra de vidro e conjunto de moto bomba, (C) drenos do sistema, (D) timer digital, (E) suporte para tubete de polipropileno, (F) manta térmica e plástico dupla face, (G) inserção das mudas no sistema hidropônico e (H) visão dos tubetes imersos na solução nutritiva.

No sistema de Fertirrigação os testes utilizaram como apoio para o suporte de tubetes, uma caixa de fibra de vidro com 1 metro de altura em relação ao piso e com dimensão de 70 cm de largura, 10 cm de altura e 420 cm de comprimento.

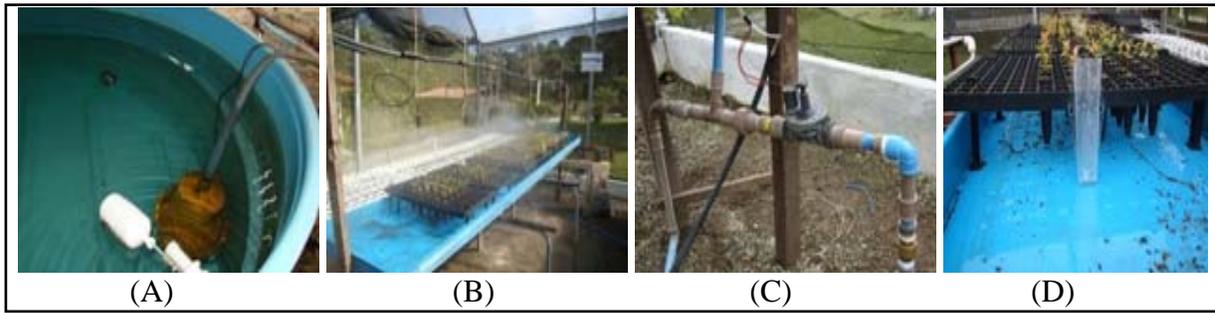
Foi utilizado para irrigação um reservatório de fibra de vidro com capacidade para 500 litros, onde a água foi armazenada e o nível mantido por uma boia de plástico e uma bomba submersa Anauger 700 (Figura 2-A).

Para aspersão, foram utilizados 6 bicos com defletor modular e válvulas antigotas (Figura 2-B). O controle do sistema foi efetuado por dois controladores de tempo (*timer*), que para a irrigação aciona bomba Submersa e na fertirrigação acionava válvula solenoide (Figura 2-C).

Neste sistema, a fertirrigação foi programada para ser acionada às 6:00 horas da manhã, durante 2 minutos contínuos para fornecer 2 mm diários da solução nutritiva. Posteriormente, a irrigação também foi acionada às 11:00 horas e às 16:00 horas,

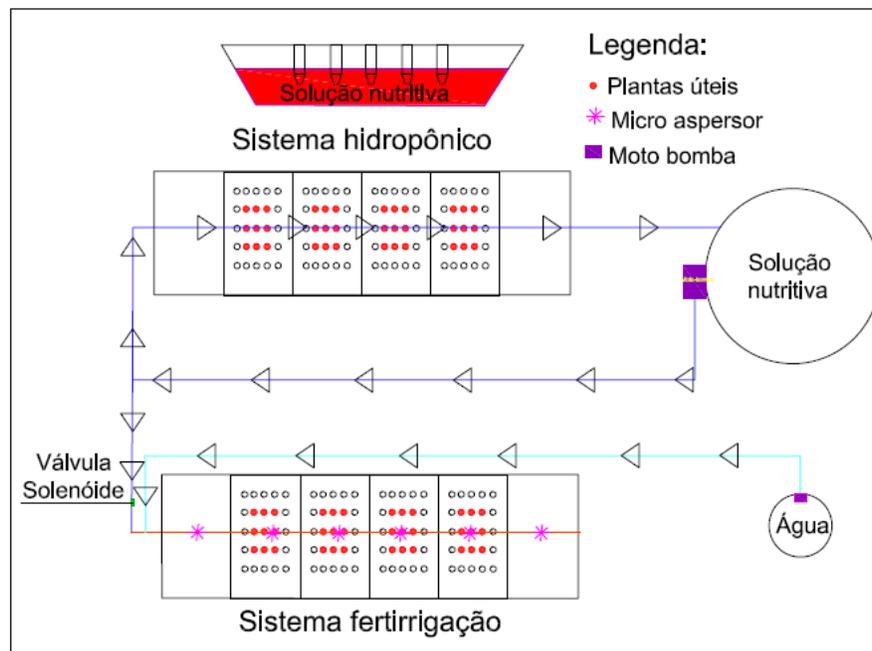
durante 4 minutos, fornecendo 3 mm de água, totalizando 6 mm diários \*(SCARASSATI, 2011).

Com auxílio de um pluviômetro de plástico foi efetuada a regulagem do tempo da fertirrigação e irrigação (Figura 2-D).



**Figura 2.** Ilustração do sistema de irrigação: reservatório de fibra de vidro (500 litros) e bomba submersa Anauger, sistema de irrigação, válvula solenoide e pluviômetro.

Para um melhor entendimento, a Figura 3 demonstra de maneira esquemática os sistemas de hidroponia e fertirrigação.



**Figura 3.** Esquemática dos sistemas hidropônico e da fertirrigação.

\*SCARASSATI, A. (Faculdade Integral Cantareira, FIC – Câmpus Belenzinho). Comunicação pessoal, 2011.

#### 5.4. Solução nutritiva

As concentrações de macro e micronutrientes presentes na solução nutritiva para os dois sistemas estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Concentração de nutrientes da solução nutritiva em miligrama por litro ( $\text{mg L}^{-1}$ ), utilizadas no presente trabalho.

NUTRIENTES	CONCENTRAÇÃO	
	$\text{mg L}^{-1}$	%
N	111,20	15,59
P	129,00	18,08
K	269,75	37,81
Ca	76,00	10,65
Mg	49,50	6,94
S	71,29	9,99
B	0,52	0,07
Cu	0,10	0,01
Zn	0,30	0,04
Mn	1,27	0,18
Mo	0,20	0,03
Fe	4,20	0,59
Na	0,10	0,01
<b>Total</b>	<b>713,42</b>	<b>100,00</b>

No Tabela 3 estão relacionados os fertilizantes utilizados para a formulação da solução nutritiva e as concentrações de nutrientes em porcentagem (%).

**Tabela 3.** Composição e quantidade dos sais utilizados na solução nutritiva.

Fertilizantes	g	%												
		NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Fosfato Monobásico	750	-	-	51,6	34,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potássio														
Nitrato de Cálcio	1.200	15,5	-	-	-	19,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrato de Potássio	1.230	12,0	-	-	45	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Magnésio	1.650	-	-	-	-	-	9,0	11,9	-	-	-	-	-	-
Ácido Bórico	8,8	-	-	-	-	-	-	-	17,0	-	-	-	-	-
Ferrilene EDDHA	210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	-	-	-
Molibdato de Sódio	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39,0	-
Sulfato Cobre	1,2	-	-	-	-	-	-	11,0	-	24,0	-	-	-	-
Sulfato de Manganês	10,5	-	-	-	-	-	-	18,0	-	-	-	31,0	-	-
Sulfato de Zinco	4,5	-	-	-	-	-	-	9,0	-	-	-	-	-	20,0

As quantidades de fertilizantes, em gramas, indicadas na Tabela 3, foram diluídas em 3.000 litros de água, compondo a solução nutritiva para os dois sistemas.

O monitoramento da solução nutritiva foi realizado diariamente com um peagâmetro e condutivímetro de bolso da *Hanna* mod. HI 98.129, e quinzenalmente foram retiradas amostras da solução e levadas ao laboratório de solos da Faculdade Cantareira para análise de pH e de condutividade elétrica (CE).

A solução nutritiva foi mantida sempre no mesmo nível adotado inicialmente e a reposição da água perdida pela evaporação e pela evapotranspiração foi realizada sempre que necessário. A substituição da solução foi realizada a cada 30 dias.

### **5.5. Características avaliadas**

As plantas foram avaliadas, a cada 14 dias, quanto às suas características de desenvolvimento (altura da parte aérea e diâmetro do coleto) ao longo do experimento (análise não destrutiva). A altura da parte aérea (H) foi determinada do coleto até a inserção da última folha e o diâmetro do coleto (D) na borda do tubete, logo acima do substrato. Estes dados foram mensurados com o uso de trena de metal em centímetros e paquímetro digital.

A análise destrutiva foi realizada ao término do experimento, quando as mudas no sistema hidropônico alcançaram uma altura média de 20 cm. As plantas consideradas úteis, com as folhas ainda frescas, foram levadas para o Laboratório, (UNESP/FCA – Produção Vegetal/Área de Agricultura- Laboratório de Solo e Planta) para determinação da área foliar utilizando o aparelho Li-COR mod. LI - 3100C, e separadas em raiz e parte aérea (folhas + caule). Após a lavagem com água, as raízes sofreram remoção completa do substrato, sendo que a parte aérea e o sistema radicular foram secas e acondicionadas separadamente em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura de 65°C, até massa constante, e, em seguida, foram determinadas as biomassas secas da parte aérea e raiz (laboratório no *campus* da Faculdade Integral Cantareira – Belenzinho-SP).

Com os dados obtidos, foram calculados a massa seca da parte aérea (MSPA), a massa seca do sistema radicular (MSR) e os diferentes índices de qualidade de

mudas, como massa seca total (MSPA+MSR), relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto (H/D), relação altura / massa seca da parte aérea (H/MSPA), relação massa seca da parte aérea/ massa seca das raízes (MSPA/MSR) e o índice de qualidade de Dickson (IDQ) (DICKSON et al. 1960):

$$IQD = \frac{MST}{H/D + MSPA/MSR}$$

Onde:

MST = Massa seca total (g)

H = Altura da parte aérea (cm)

D = Diâmetro do coleto (mm)

MSR = Massa seca de raiz (g)

MSPA = Massa seca da parte aérea (g)

## 5.6. Análise estatística

Os resultados obtidos foram tabulados no programa *Microsoft Excel for Windows*, versão 2007, e as análises foram obtidas pelo *MINITAB for Windows*, versão 15 (© 2007 *Minitab Inc.*).

Os dados foram submetidos ao teste de Ryan-Joiner para verificar a normalidade dos dados. As médias foram comparadas através do teste *t* de *Student*, a 95% de probabilidade. Foram também elaboradas as equações de regressão a partir dos valores de altura e diâmetro do coleto.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Monitoramento da solução**

Na solução nutritiva utilizada para o sistema hidropônico e para a fertirrigação, a condutividade elétrica manteve-se em 1,8 mS/cm e o pH em torno de 6,4, ou seja, dentro dos valores recomendados por FURLANI et al. (1999). A pouca alteração na condutividade elétrica pode ser explicada pelo volume de solução nutritiva utilizada (3.000 litros) e disponibilizada para as mudas.

Furlani et al. (1995), para o sistema NFT, recomendam que o volume da solução nutritiva por planta cultivada não deve ser inferior a 1 litro, pois quanto maior o volume por planta, menores alterações nas concentrações de nutrientes ocorrerão na solução. Garlet e Santos (2008), em estudo realizado com plantas medicinais do gênero *Mentha*, utilizaram um volume de 4L planta<sup>-1</sup> no sistema hidropônico.

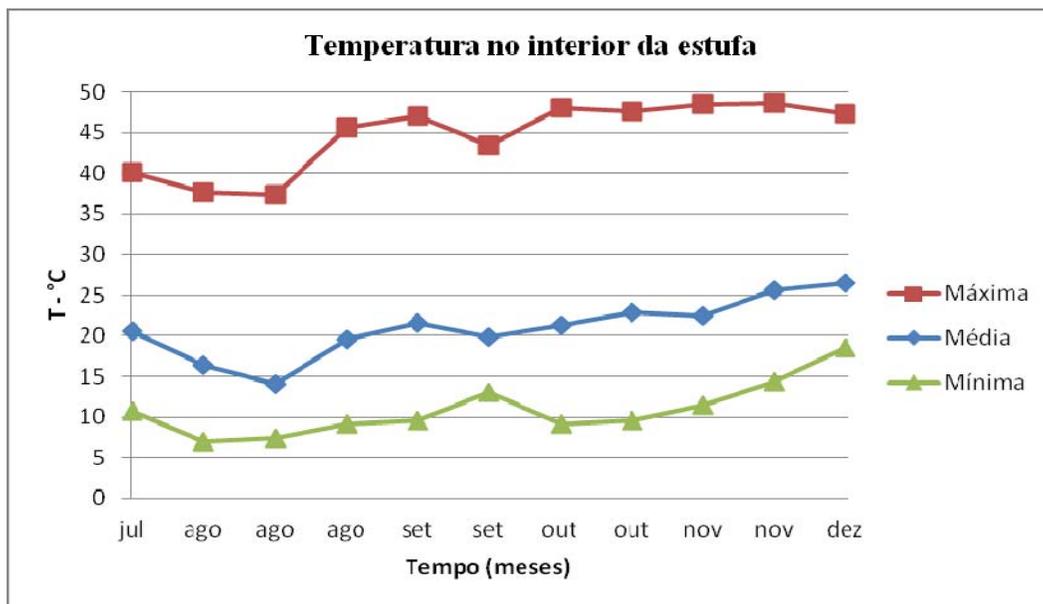
No presente estudo, o volume da solução nutritiva no sistema hidropônico com 100 plantas foi de 30L planta<sup>-1</sup>.

### **6.2. Temperatura e umidade relativa do ar**

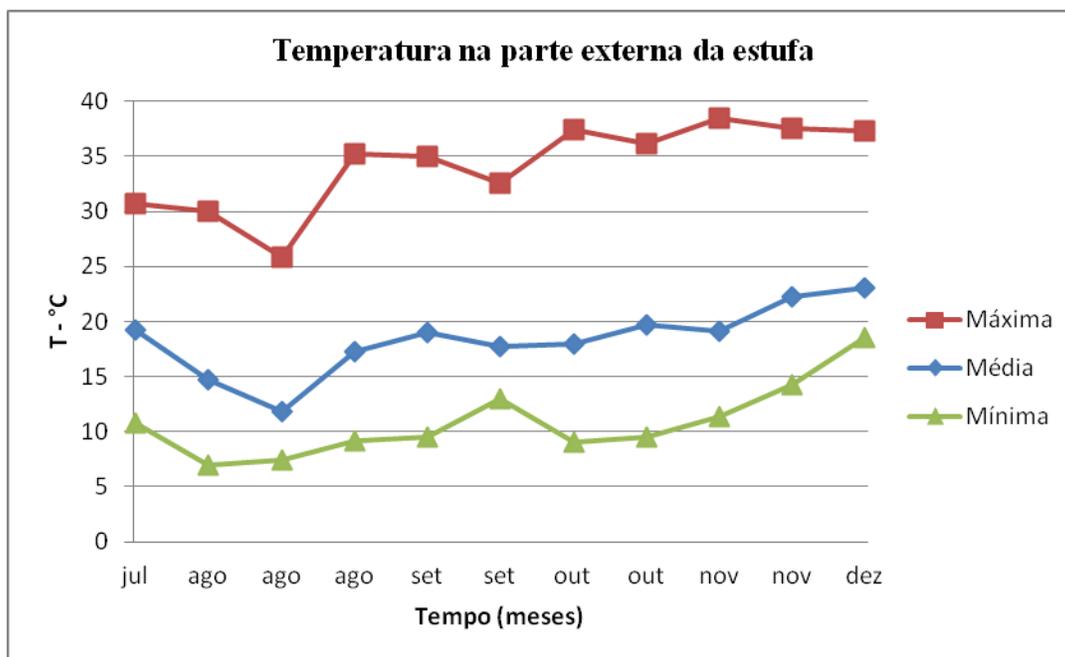
A temperatura média no interior da estufa foi de 21 °C, variando entre mínima de 7 °C e a máxima de 48,7 °C (Figura 4), e a temperatura na parte externa

(Figura 5) variou entre a mínima de 5,7 °C e a máxima de 38,5 °C, com média de 18,4 °C. A máxima temperatura registrada no interior da estufa ocorreu no dia 05 de dezembro, marcando 48,7 °C, e a mínima, tanto a interna como a externa, ocorreu na madrugada do dia 08 de agosto.

Avaliando-se o comportamento das temperaturas máximas e mínimas dentro da casa de vegetação e as temperaturas máximas e mínimas da parte externa no período do experimento, percebe-se que os valores são muito similares para as temperaturas mínimas com variação interna de 1,3 °C a mais, e para a temperatura máxima a diferença é de 10,2 °C. Nas avaliações de temperatura externa, embora o comportamento seja similar, a diferença média obtida para o período do experimento foi de 2,6 graus centígrados a mais no interior da estufa. CUNHA e ESCOBEDO (2003) encontraram diferenças diárias de até 3,31 °C entre as temperaturas médias dos dois ambientes, sendo que a casa de vegetação apresentou os maiores valores na maioria dos dias do período analisado.



**Figura 4.** Temperatura (T) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados no interior da estufa de produção de mudas.

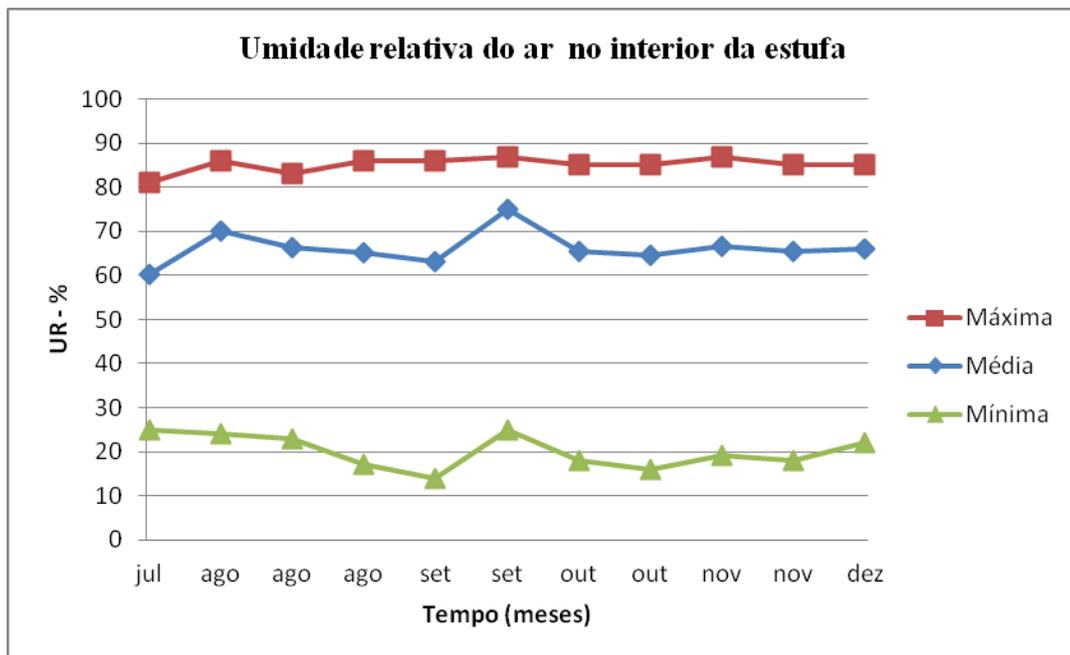


**Figura 5.** Temperatura (T) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados na parte externa da estufa de produção de mudas.

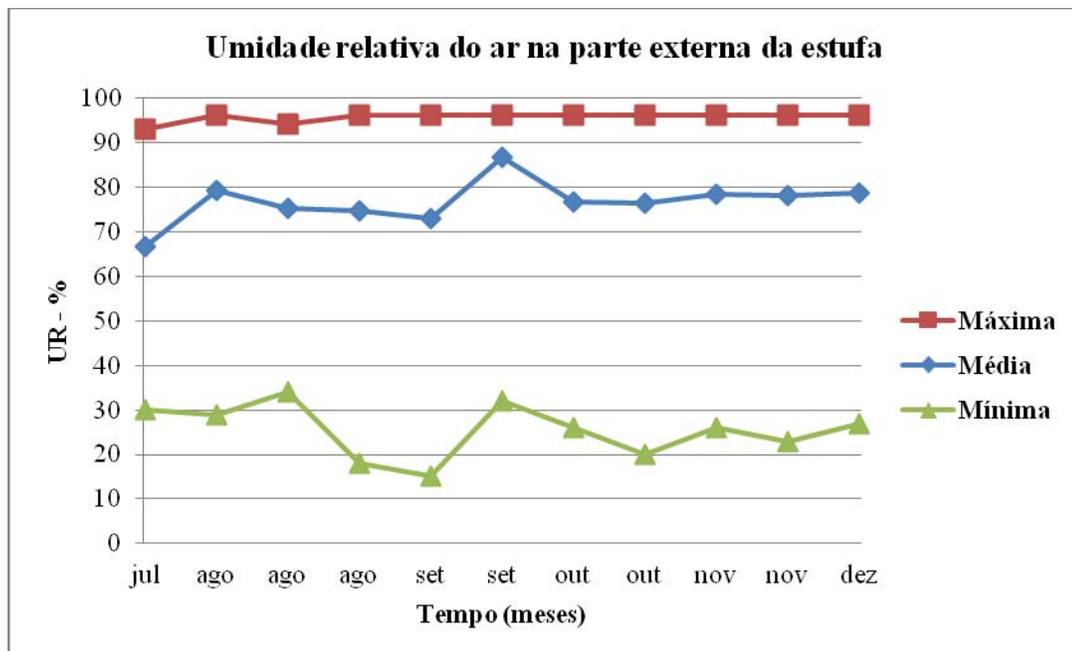
Conforme pode ser observado nas Figuras 6 e 7, a umidade relativa do ar média no interior da estufa foi de 66,2%, variando entre 14 e 87%, e a média na parte externa foi 76,6%, variando 25,7 a 95,5%.

Observa-se que a umidade relativa média interna foi menor que a umidade relativa média externa durante o período do experimento. A umidade relativa do ar foi inversamente proporcional à temperatura do ar. Desta forma, na estufa, a elevação da temperatura do ar durante o dia, reduz os valores de umidade relativa do ar, tornando os, nas horas mais quentes do dia, inferior aos valores observados na parte externa da estufa, concordando com Santos (2001).

Considerando que a estufa plástica apresenta um menor volume de ar em relação à condição externa, ocorre, então, a inibição do processo convectivo devido à barreira imposta pela presença do filme plástico usado na estufa (CUNHA e ESCOBEDO, 2003).



**Figura 6.** Umidade relativa do ar (UR) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados no interior da estufa de produção de mudas.



**Figura 7.** Umidade relativa do ar (UR) mínima, média e máxima por intervalo de coleta de dados na parte externa da estufa de produção de mudas.

### 6.3. Análises da planta

#### 6.3.1. Análise de desenvolvimento – método não destrutivo

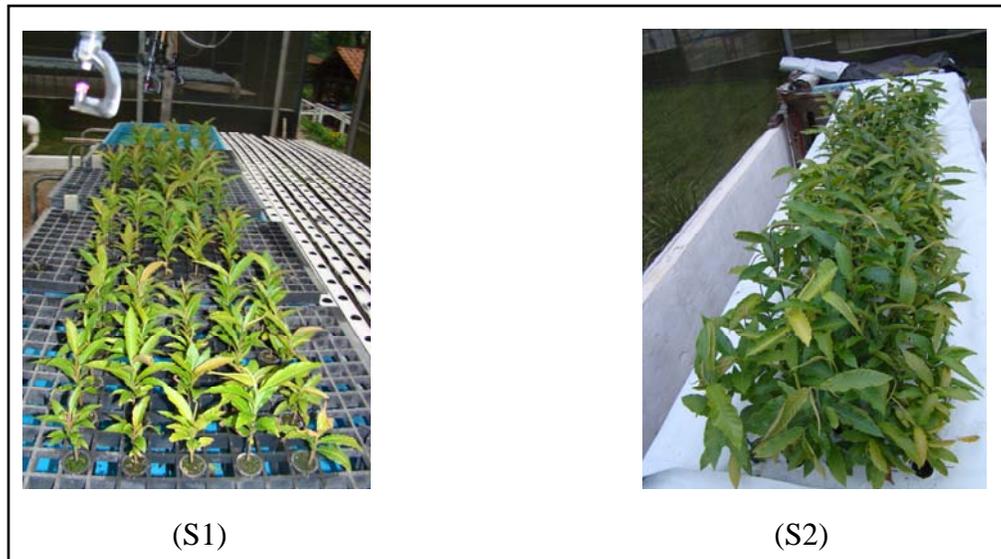
##### 6.3.1.1. Altura da parte aérea

A Tabela 4 indica que o desenvolvimento das mudas de *Cariniana estrellensis* em altura da parte aérea foi semelhante nos dois sistemas até o 56º dia. Após este período, as mudas em sistema hidropônico obtiveram melhor desempenho detectado pelo teste *t* de *student*. Uma visão geral das mudas aos 147 dias nos dois sistemas podendo ser observada na Figura 8.

**Tabela 4.** Resultado do teste *t* de *student* para o desenvolvimento da altura das plantas aferido, em intervalos em dias, para o sistema fertirrigação (S1) e hidropônico (S2).

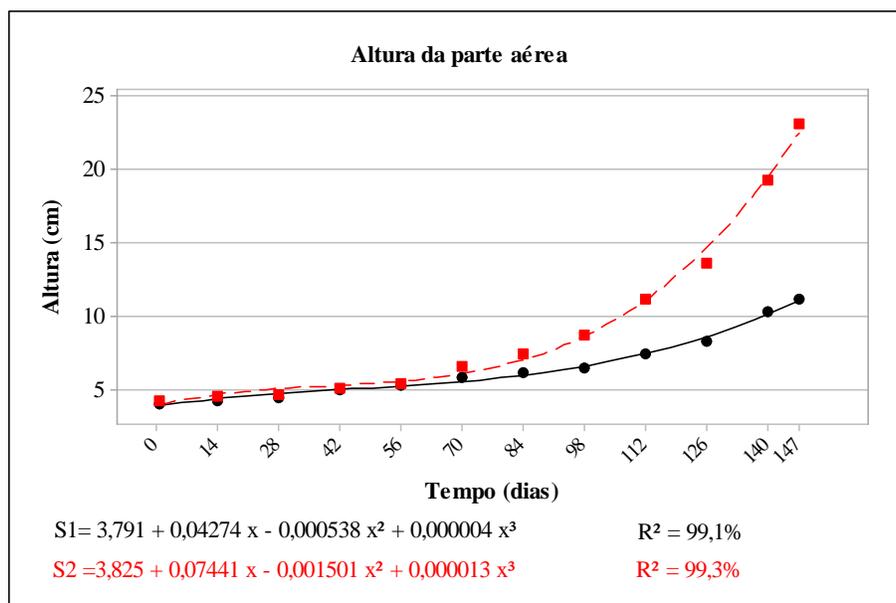
Média para 100 plantas em cada sistema por coleta de dados				
Intervalo	Altura média cm		Teste t	
	S1	S2	Valor t	p-value
Dias				
0	4,0	4,2	2,22	0,03*
14	4,2	4,5	2,56	0,01*
28	4,4	4,6	2,06	0,04*
42	4,9	5,0	1,00	0,32 ns
56	5,2	5,4	1,75	0,08 ns
70	5,8	6,5	6,42	**
84	6,1	7,4	10,13	**
98	6,4	8,7	12,54	**
112	7,4	11,1	13,97	**
126	8,2	13,6	14,75	**
140	10,2	19,2	16,12	**
147	11,1	23,0	17,31	**

NS – não significativo ( $p > 0,05$ ); \* significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* significativo ( $p < 0,01$ ).



**Figura 8.** Vista geral dos sistemas: (S1) de fertirrigação e (S2) de hidroponia, aos 147 dias.

A análise de regressão (Figura 9) demonstra que o desenvolvimento da altura da parte aérea das plantas nos dois sistemas teve comportamento semelhante no crescimento. O modelo descrito pelas funções do tipo polinomial cúbica, com  $R^2$  de 99%, foi o que melhor representou o crescimento.



**Figura 9.** Regressão demonstrando a evolução das médias nos sistemas estudados em relação aos dias de amostragem no crescimento em altura das mudas de *Cariniana estrellensis*.

Conforme os critérios de Parajara (2008), que estabeleceu valores de no mínimo 20 cm para altura média de mudas nativas como adequado para plantio, nesta pesquisa verificou-se que o sistema hidropônico foi o único que possibilitou às plantas altura média de 23,8 cm com 147 dias de cultivo (Tabela 5). Resultado semelhante foi encontrado por Azevedo et al. (2010), com *Simarouba amara* cultivada em diferentes sombreamentos com 182 dias de cultivo. Fanti et al. (2003), com mudas de *Hymenaea courbaril* crescida em solo com e sem adubação, sob diferentes intensidades luminosas, obtiveram valores de 24,3 cm com 180 dias após a emergência. Sabonaro (2006) encontrou valores médios de 11,50 cm da altura da parte aérea com 150 dias após a sementeira, em estudo com a *Cariniana legalis* utilizando tubetes com composto de lixo urbano em diferentes substratos, valor próximo ao observado para o sistema de fertirrigação.

Observou-se uma grande desuniformidade no crescimento em altura da parte aérea nos dois sistemas (Figura 10). As alturas mínimas e máximas das mudas de *Cariniana estrellensis* foram bem distantes da média (Tabela 5). Esta desuniformidade pode ter sido causada pela grande variabilidade genética da espécie estudada, tendo em vista que a produção das mudas partiu de sementes.

**Tabela 5.** Resultados de altura obtidos com as médias de 100 plantas aos 147 dias (S1 – fertirrigação e S2 – hidroponia).

Altura				
Sistema	Desvio padrão	Mínima (cm)	Média (cm)	Máxima (cm)
S1	3,3	6,0	11,5	22,0
S2	6,0	13,0	23,8	41,0



**Figura 10.** Desuniformidade das mudas nos sistemas (S1) Fertirrigação e (S2) Hidroponia, aos 147 dias.

### 6.3.1.2. Diâmetro do coleto

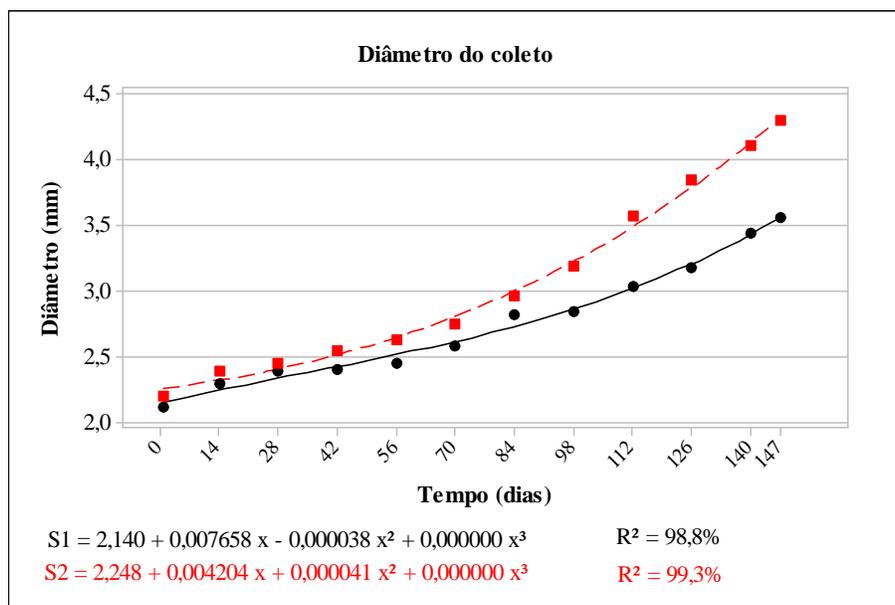
De acordo com a Tabela 6, o diâmetro do coleto variou pouco até o 42º dia, a partir do qual se observaram diferenças de comportamento entre o sistema hidropônico e a fertirrigação. Esta diferença foi detectada pelo teste *t* de *student* que indicou o sistema hidropônico como superior.

**Tabela 6.** Resultado do teste *t* de *student* no desenvolvimento em diâmetro do coleto das plantas aferido em intervalos (dias) para o sistema fertirrigação (S1) e hidropônico (S2).

Média para 100 plantas em cada sistema por coleta de dados					
Intervalo	Diâmetro do coleto (mm)		Teste t		
Dias	S1	S2	Valor t	p-value	
0	2,1	2,2	1,92	0,06 ns	
14	2,3	2,4	2,62	0,01*	
28	2,4	2,4	1,75	0,08 ns	
42	2,4	2,5	3,80	**	
56	2,4	2,6	4,47	**	
70	2,6	2,7	4,52	**	
84	2,8	3,0	3,67	**	
98	2,8	3,2	7,47	**	
112	3,0	3,6	10,58	**	
126	3,2	3,8	10,92	**	
140	3,4	4,1	9,67	**	
147	3,6	4,3	10,08	**	

NS – não significativo ( $p > 0,05$ ); \* significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* significativo ( $p < 0,01$ ).

A Figura 11 apresenta o gráfico de desenvolvimento do diâmetro do coleto das mudas, tanto no sistema de fertirrigação (S1) quanto no sistema hidropônico (S2). Pode-se observar que a equação resultante dos valores de crescimento está perfeitamente ajustada à função do tipo polinomial cúbica, com  $R^2$  em torno de 99%.



**Figura 11.** Regressão demonstrando a evolução das médias nos sistemas estudados em relação aos dias de amostragem no crescimento em diâmetro do coleto das mudas de *Cariniana estrellensis* (fertirrigação (S1) e hidropônia (S2)).

Parajara (2008) também estabeleceu padrões, indicando que as mudas para plantio deveriam ter no mínimo 3 mm para diâmetro do coleto. Neste contexto, verificou-se que os resultados obtidos pelos dois sistemas atingiram os padrões necessários estabelecidos (Tabela 7). O resultado observado de 4,5 mm por Aguiar et al. (2005), em *Caesalpinia echinata* com 12 meses em diversos níveis de sombreamento, são próximos aos obtidos neste trabalho pelo sistema hidropônico. Moraes Neto et al. (2002), em mudas de *Peltophorum dubium* com 120 dias em diferentes concentrações de adubação, encontraram 5,2 mm, superior aos 4,3 mm encontrado neste trabalho, enquanto que Fonseca et al. (2002) relataram valores de 3,1 mm em *Trema micrantha* com 150 dias de sombreamento. Sabonaro (2006) obteve valor médio de 3,02 mm no diâmetro do coleto com 150 dias após a semeadura, em estudo com a *Cariniana legalis*, utilizando tubetes com composto de lixo

urbano em diferentes substratos, resultados próximo ao observado no sistema de fertirrigação, ou seja, de 3,6 mm.

Nota-se grande desuniformidade no crescimento do diâmetro do coleto da parte aérea nos dois sistemas. O diâmetro mínimo e máximo das mudas de *Cariniana estrellensis* foram bem distantes da média (Tabela 7). Esta desuniformidade, conforme já discutido, pode ter sido causada pela grande variabilidade genética da espécie estudada, tendo em vista que a produção das mudas partiu de sementes.

**Tabela 7.** Resultados de diâmetro do coleto obtidos com as médias de 100 plantas aos 147 dias (S1 – fertirrigação e S2 – hidroponia).

<b>Diâmetro do coleto</b>				
<b>Sistema</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Mínima (mm)</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Máxima (mm)</b>
<b>S1</b>	0,4	2,4	3,6	4,6
<b>S2</b>	0,6	3,1	4,3	6,7

### **6.3.2. Análise de desenvolvimento – método destrutivo**

Para os resultados apresentados a seguir, foram utilizadas médias das plantas úteis aos 147 dias a partir do início dos trabalhos.

#### **6.3.2.1. Massa seca das plantas**

A Tabela 8. apresenta a produção de massa seca da parte área (MSPA) pelas plantas nos dois tratamentos. Observa-se que o sistema hidropônico favoreceu a produção de MSPA pelas plantas, sendo 156% superior em relação ao sistema de fertirrigação. Leles et al. (2006), estudando qualidade de mudas de florestais nativas produzidas em diferentes tubetes durante período de 180 dias após a semeadura, encontraram resultados diferentes para cada espécie cultivada. Segundo estes autores, a média foi de 5,20g de massa seca parte aérea (MSPA) para *Chorisia speciosa*, valor superior ao observado no presente trabalho para os dois sistemas, e 0,67g de MSPA para *Anadenanthera macrocarpa* - valor inferior ao indicado na Tabela 8. Entretanto, os valores

obtidos pelos sistemas neste trabalho foram superiores aos 0,59g observados por Sabonaro (2006), com *Cariniana legalis* utilizando tubetes com composto de lixo urbano em diferentes substratos após 150 dias da sementeira.

Em relação à massa seca da raiz (MSR), a Tabela 8. indica maior produção no sistema hidropônico, embora não de forma significativa. O resultado obtido por Sabonaro (2006) foi de 0,60g, em estudo com a *Cariniana legalis* utilizando tubetes com composto de lixo urbano em diferentes substratos após 150 dias da sementeira, superior ao observado neste trabalho nos dois sistemas. Houve também a produção de raízes excedentes (MSR2) no sistema hidropônico, em virtude da imersão do tubete na água, o que não ocorreu na fertirrigação.

A produção de massa seca total (MST) pelas plantas indica que o sistema hidropônico foi altamente superior, com produção de 110% a mais de massa seca que o sistema de fertirrigação, além de reduzir o período de produção de mudas.

#### **6.3.2.2. Área foliar**

Para área foliar (AF), a fertirrigação apresentou resultados de 83,13 cm<sup>2</sup>, valores significativamente inferiores aos 292,88 cm<sup>2</sup> do sistema hidropônico (Tabela 8). Os valores obtidos em S2 foram superiores aos encontrados por Leles et al. (2006), onde o melhor resultado observado pelo autor foi de 253,10 cm<sup>2</sup> em *Chorisia speciosa* aos 180 dias após a sementeira. Valores médios de 540,2 cm<sup>2</sup> encontrados por Campos et al. (2002) com o *Jacarandá copaia*, sob diferentes níveis de sombreamento com 245 dias após a repicagem, foram superiores aos encontrados neste trabalho.

**Tabela 8.** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca do sistema radicular excedente da parte externa do tubete (MSR2), massa seca total (MST) e área foliar (AF) nos sistemas fertirrigação (S1) e hidropônico (S2), plantas uteis aos 147 dias.

Sistema	MSPA (g)	MSR (g)	MSR2 (g)	MST (g)	AF cm <sup>2</sup>
S1	0,69	0,35	-	1,04	83,13
S2	1,77	0,42	0,10	2,19	292,88
<b>Teste t.</b>	*	ns		*	*

Significância estatística =  $p < 0,05$  \* - significativo e ns - não significativo

### 6.3.2.3. Relação altura/diâmetro do coleto

Quanto à relação ao H/D (altura/diâmetro) presente na Tabela 9, verifica-se que o sistema hidropônico promoveu melhor desempenho das plantas, o que evidencia o maior equilíbrio no desenvolvimento das mudas. Segundo Carneiro (1995), os limites recomendados para a relação H/D variam de 5,4 a 8,1 para *Pinus taeda*. Extrapolando esse resultado para o presente trabalho, somente o sistema hidropônico atingiu esses parâmetros. Em trabalho realizado com *Cariniana legalis*, Sabonaro (2006), utilizando tubetes com composto de lixo urbano em diferentes substratos após 150 dias da semeadura, encontrou uma relação que variou de 3,63 a 4,74, resultados semelhantes aos de Chaves e Paiva (2004) com mudas de *Senna macranthera* em diferentes períodos de sombreamento, onde obtiveram valores 2,64 a 4,38.

### 6.3.2.4. Relação altura/massa seca da parte aérea

O índice obtido pela divisão da altura das plantas pela massa seca da parte aérea (H/MSPA) demonstra que o sistema de fertirrigação apresentou média maior que o sistema hidropônico Tabela 9. Este índice pode ser de grande valia se utilizado para prever o potencial de sobrevivência das mudas no campo, apesar de não ser comumente usado como um índice para avaliar o padrão de qualidade de mudas. Quanto menor for este índice, mais lignificada será a muda e maior deverá ser a capacidade de sobrevivência desta

no campo (GOMES, 2002). Sabonaro (2006) observou relação (H/MSPA) entre 17,22 a 33,35 para *Cariniana legalis* crescidas em composto de lixo urbano, valores próximos ao encontrado no sistema de fertirrigação e superiores ao do sistema hidropônico. Neste sentido, o sistema hidropônico foi seguinificamente superior ao de fertirrigação.

#### **6.3.2.5. Relação massa seca parte aérea/massa seca da raiz**

Brissette (1984 apud Cruz et al., 2009), afirmam que o valor de 2,0 é a melhor relação entre o peso de massa seca da parte aérea e o da raiz (MSPA/MSR) de uma mesma planta. Dentro deste contexto, o sistema de fertirrigação foi o que mais se aproximou desse valor. Já para o sistema hidropônico observou-se valores superiores a 2 para essa mesma relação. Valores inferiores ao relatado neste trabalho foi observado por Leles et al. (2006), com média de 0,69 para *Chorisia speciosa* com média de 0,69 e, 1,59 para *Anadenanthera macrocarpa*. Estes valores são semelhantes ao observado por Sabonaro (2006), com relação média de 1,0, em mudas de *Cariniana legalis* utilizando tubetes com composto de lixo urbano em diferentes substratos após 150 dias a semeadura. Chaves e Paiva (2004), em mudas de *Senna macranthera* em diferentes períodos de sombreamento, encontraram, em média, uma relação de 2,09 com 120 dias após a semeadura.

#### **6.3.2.6. Índice de qualidade Dickson**

O índice de Dickson é um bom indicador da qualidade das mudas (IQD), pois considera o vigor e o equilíbrio da distribuição de sua biomassa (Fonseca et al. 2002). Em termos de padrão, Hunt (1990) indicou como 0,20 o valor mínimo do índice de qualidade de Dickson, para as mudas produzidas em recipientes de 50 ou 60 ml. No presente estudo, o resultado encontrado para o IQD no sistema hidropônico foi de 0,23 (Tabela 9), sendo o único a atingir o padrão proposto por Hunt (1990).

Chaves e Paiva (2004), por sua vez, ao trabalharem com *Senna macranthera* com 150 dias de sombreamento, encontraram médias variando de 0,77 a 3,73 para o IQD, valores superiores aos encontrados neste trabalho. Fonseca et al. (2002), trabalhando com *Trema micrantha*, somente a partir dos 120 dias após a emergência

obtiveram valores para o padrão de qualidade das mudas indicado para IQD. Sabonaro (2006), em mudas de *Cariniana legalis*, encontrou valores de 0,13 a 0,25.

**Tabela 9.** Relação altura e diâmetro (H/D), relação entre altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA) relação entre massa seca da parte aérea, da raiz (MSPA/MSR) e índice de Qualidade Dickman (IQD) nos sistemas fertirrigação (S1) e hidropônico (S2), plantas uteis aos 147 dias.

<b>Sistema</b>	<b>H/D</b>	<b>H/ MSPA</b>	<b>MSPA/ MSR</b>	<b>IQD</b>
<b>S1</b>	3,26	18,44	2,02	0,14
<b>S2</b>	5,57	14,00	4,40	0,23
<b>Teste t</b>	*	*	*	*

Significância estatística =  $p < 0,05$  \* - significativo e ns - não significativo

## 7. CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, pode-se inferir que para *Cariniana estrellensis* (Mart.) Kuntze o sistema hidropônico proporcionou melhor desenvolvimento, reduzindo o período de produção das mudas.

A qualidade das mudas produzidas no sistema hidropônico foi superior àquelas do sistema de fertirrigação para os seguintes parâmetros e relações: diâmetro do coleto (D), altura da parte aérea (H), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), área foliar (AF), relação altura e diâmetro (H/D), relação altura e massa seca da parte aérea (H/MSPA), relação massa seca da parte aérea e do sistema radicular (MSPA/MSR) e o Índice de Qualidade Dickman (IQD).

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, F. A. A. et al. Germinação de sementes e formação de mudas de *Caesalpinia echinata* LAM. (Pau-Brasil): efeito de sombreamento. **Revista árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 871-875, 2005.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral**: princípios e técnicas. Santa Maria, UFSM, 2002. 158 p.

ARNON, D. I. The investigation of planta nutrition by artificial culture methods. **Biological Reviews**, California, v. 19, p. 55-67, 1944.

AUGUSTO, D. C. C. et al. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 745-751, 2007.

AZEVEDO, I. M. G. et al. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá *Simarouba amara* Aubl. em viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 157 – 164, 2010.

CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influencia no sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n.3, p. 281-288, 2002 .

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 621-627.

- CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V. Aspectos relevantes na fertirrigação de flores e hortaliças. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba, RS: Agropecuária, 1999. p. 11-154.
- CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 43 p.
- CHAVES, A. S.; PAIVA, H. N. Influencia de diferentes períodos de sombreamento sobre a qualidade de mudas de fedegoso *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 22-29, 2004.
- COOPER, A. **The ABC of NFT**. Narrabeen: Casper Publications, 1996. 171 p.
- CRUZ, C. A. F. et al. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 21, n. 66, p. 100-107, 2004.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke) **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p.537-546, 2006.
- CRUZ, C. A. F. et al. Resposta de mudas de *Senna macranthera* (DC. EX Collad.) H.S. Irwin & Barnaby (Fedegoso) cultivadas em latossolo vermelho amarelo distrófico a macronutrientes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 13-24, 2009.
- CUNHA, A. R.; ESCOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 1, p. 15-27, 2003.
- DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, Ontário, v. 36, p. 10-13, 1960.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Influencia do sombreamento artificial e da adubação química na produção de mudas de *Adenanthera pavonia* L. **Ciência florestal**, Santa Maria, RS, v. 13, n. 1, p. 49-56, 2003.
- FAQUIM, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, set./dez. 1999.
- FONSECA, E. P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, ago., p. 515-523, 2002.
- FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1995. 18 p. (Documentos, 55).

FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folha pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30p. (Boletim técnico, 168).

FURLANI, P. R. *Pythium* em sistemas hidropônicos - danos e perspectivas para o controle, In: XXXI Congresso Paulista de Fitopatologia, 2008, Campinas. Summa Phythopatologica. Botucatu: Grupo Paulista de Fitopatologia, 2008. v. 34. p. 95-95.

GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. Solução nutritiva e composição mineral de três espécies de menta cultivadas no sistema hidropônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 38, n. 5, p. 1233-1239, ago. 2008.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GRAAF, R. Influence of moisture deficit-air and cultural practies on transpiration of glasshouse roses. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 401, p. 545-552, 1995.

HIGASHI, N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONCALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. **Circular Técnica do IPEF**, Piracicaba, n. 194, 2002. 23 p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. A. Fertirrigação em viveiros de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: BOARETTO, A. E. et al. (Ed.). **Fertirrigação: teoria e prática**. Piracicaba: IPEF, 2004. v. 1, p. 677-725. 1 CD- ROM.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 32 p. (Circular, 347)

HUNT, G. A. Effect of styrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Departament of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of trees**. New York: McGraw –Hill Book, 1960. 642 p.

LELES, P. S. S. et al. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 13, p. 69-78, 2006.

LIMA, J. D.; et al. Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38 n. 1, p. 5-10, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 1997. n. 1, 137p. (Cadernos didáticos).

MARTINEZ, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 2002. 61 p. (Cadernos Didáticos 1).

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4th. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MORAES NETO, S. P. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e Prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 779-789, 2003.

NIELSEN, N. E. Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6., 1984, Lunteren, The Netherlands. **Proceedings...** Lunteren: International Society for Soilless Culture, 1984. p. 421-446.

NOORDEGRAAF, C. V. Production and marketing of high quality plants. **Acta Horticulturae**, Vertemate con minoprio, n. 353, p. 134-148, 1994.

PARAJARA, F. C. **Produção de mudas florestais nativas**: considerando a resolução SMA 08/08. In: CURSO DE CAPACITAÇÃO EM RECUPERAÇÃO ÁREAS DEGRADADAS COM ÊNFASE EM MATAS CILIARES, 2., 2008, São Paulo. Instituto de Botânica/SMA, 2008. Disponível em:

<[http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/Sigam2/Repositorio/222/Documentos/II%20Simposio%20RAD/20085\\_Apostila.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/Sigam2/Repositorio/222/Documentos/II%20Simposio%20RAD/20085_Apostila.pdf)>. Acesso em: 15 jan. 2011.

PEDROSO, S. G.; VARELA, V. P. Efeito do sombreamento no crescimento de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 17, n. 1, p. 47-51, jan. 1995.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343 p.

RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos**: nuevas técnicas de producción. 2. ed. Madri: Mundi Prensa, 1992. 318 p.

- RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de manejo ambiental no controle de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.
- SABONARO, D. Z. **Utilização de composto de lixo urbano na produção de mudas de espécies arbóreas nativas com dois níveis de irrigação**. Jaboticabal, 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Ciência do solo)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- SANTOS, R. F. **Híbridos de pimentão cultivados em ambiente protegido e convencional, fertirrigado com doses de N + K, e avaliação da distribuição da evaporação**. 2001. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- SCALON, S. P. Q.; ALVARENGA, A. A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platygyamus regnelli* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 17, n. 3, p. 265-270, 1993.
- SCALON, S. P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.
- SCHUBERT, M. **Manual práctico de hidrocultivo**. Barcelona: Omega, 1981. 225 p.
- SOARES, I. **Alface: cultivo hidropônico**. Fortaleza: UFC. 2002. 50 p. (Serie didática, 7).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre, Artmed, 2009. 820 p.
- TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas**. Guaíba: Agropecuária, 1996. 86 p.
- STEINER, A. A. The history of mineral plant nutrition about 1860 as source of the origin of soilless culture methods. **Journal Soilless Culture**, Beltsville, v. 1, p. 7-24, 1985.
- URBAN, I.; JAFFRIN, A.; BRUN, R. Control of salinity in the rhizoaphere of plants grown in soilless media. **Acta Horticulturae**, Shopia Antipolis, n. 408, p.73-80, 1995.
- VENTURA, A. Problemas Técnicos da Silvicultura Paulista. **Revista Técnica do Serviço Florestal do Estado de São Paulo**, São Paulo, Ano 3, p. 61-80, 1964.
- VERDONCK, O; De VLEESCHAUWER, D.; De BOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.126, p.251-258, 1981.
- VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, T. R. Fertirrigação: uso e manejo. In: SIMPÓSIO EM SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS NO SEMI-ÁRIDO, 1., 2008, Campina Grande.

**Anais...** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2008. p. 1-14.

VINCENZONI, A. **Coltivazione senza terra, idroponiche e aeroponiche**. 2.ed. Bologna: Agricola, 1989. 238 p.