

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

**MANEJO HÍDRICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A
QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS NATIVAS EM AMBIENTES
PROTEGIDOS**

RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA

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

BOTUCATU - SP
Julho - 2013

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

**MANEJO HÍDRICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A
QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS NATIVAS EM AMBIENTES
PROTEGIDOS**

RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Magali Ribeiro da Silva

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

BOTUCATU - SP
Julho - 2013

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

S586m Silva, Richardson Barbosa Gomes da, 1987-
Manejo hídrico sobre o desenvolvimento e a qualidade de mudas florestais nativas em ambientes protegidos / Richardson Barbosa Gomes da Silva. - Botucatu : [s.n.], 2013
v, 119 f. : tabs., grafs., fots. color.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Magali Ribeiro da Silva
Inclui bibliografia
1. *Piptadenia gonoacantha* - Irrigação. 2. *Calophyllum brasiliense* - Irrigação. 3. *Aspidosperma polyneuron* - Irrigação. 4. Água de irrigação. 5. Árvores - Mudas. I. Silva, Magali Ribeiro da. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

BIOGRAFIA DO AUTOR

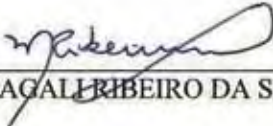
Richardson Barbosa Gomes da Silva nasceu em 9 de junho de 1987 na cidade de Ourinhos, SP. Gradou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Campus de Botucatu, no ano de 2010. Na graduação foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) por quatro anos consecutivos, quando começou, em 2008, pesquisar na área de viveiros florestais, orientado pela Professora Magali Ribeiro da Silva. Fruto desse período publicou os artigos: (I) Qualidade de mudas seminais de eucalipto em função dos substratos e fertilização de liberação controlada (Revista Interciencia, Caracas); (II) Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (Revista Ciência Florestal, Santa Maria); e (III) Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato (Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande) e recebeu os prêmios: (I) CREA-SP Formação Profissional; (II) Destaque Acadêmico em Engenharia Florestal; (III) Associação Paulista dos Engenheiros Florestais; (IV) Instituto de Engenharia; (V) Diploma Horácio Passos; (VI) Faculdade de Ciências Agrônomicas; (VII) FEPAF - Destaque em Pesquisa; e (VIII) 3º Melhor Trabalho na Categoria Meio Ambiente no V Congresso de Extensão Universitária da UNESP.

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

**TÍTULO: “MANEJO HÍDRICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A QUALIDADE
DE MUDAS FLORESTAIS NATIVAS EM AMBIENTES PROTEGIDOS”**

ALUNO: RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA
ORIENTADORA: PROFA. DRA. MAGALI RIBEIRO DA SILVA

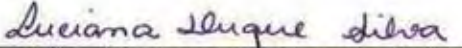
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROFA. DRA. MAGALI RIBEIRO DA SILVA



PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR



PROFA. DRA. LUCIANA DUQUE SILVA

Data da Realização: 02 de Julho de 2013.

AGRADECIMENTOS

Dois anos e meio atrás eu embarquei em uma viagem que inevitavelmente iria testar minha fé e determinação para alcançar um objetivo: concluir um mestrado. Professora Magali Ribeiro da Silva, minha orientadora, foi a força motriz e amiga que me guiou no caminho dessa realização e eu a agradeço por isso. Expresso também o meu apreço aos membros da comissão de qualificação Professores Isaac Stringueta Machado e Iraê Amaral Guerrini e aos membros da banca de defesa Professores Antonio Evaldo Klar e Luciana Duque Silva, pelo incentivo e conselhos.

Tive condições de conduzir o experimento na Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP de Botucatu e expresso minha gratidão a ela e aos seus técnicos Claudinho, Dicão, Elder e Seu João por terem tornado isso possível.

Nesse mesmo sentido, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo apoio financeiro concedido.

Expresso também meu muito obrigado a todas as pessoas que contribuíram com o seu tempo e energia nesse trabalho, incluindo Enzo, Fernando, Mariana e Gláucia.

Próximo ou à distância, o apoio dos meus amigos também foi fundamental para que eu seguisse sempre em frente. Muito obrigado Lucas, Ed, Gian, Renato, Danilo e Brener.

O incentivo e a generosidade que a minha família demonstrou nesse período foram inestimáveis. Obrigado especialmente à Ana Júlia, Jadir, Jayme, Lourdes, Nelson, Rosa e Osni por acreditarem em mim e confiarem nas decisões que tomei.

Por fim, por entender que existe uma grande diferença entre o “porquê” e o “como” das coisas, e a ciência é muito boa com o “como”, agradeço ao Deus do amor, da solidariedade, da generosidade e da tolerância.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	7
2.1 Irrigação em viveiros florestais	7
2.2 Qualidade de mudas florestais.....	13
2.3 Espécies florestais.....	17
2.3.1 <i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J. F. Macbr.	17
2.3.2 <i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	17
2.3.3 <i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll. Arg.	18
3. CAPÍTULO I: MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE <i>PIPTADENIA GONOACANTHA</i>	20
3.1 Introdução	23
3.2 Material e Métodos	25
3.3 Resultados e Discussão.....	30
3.4 Conclusões.....	35
3.5 Referências Bibliográficas.....	35
4. CAPÍTULO II: MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE <i>CALOPHYLLUM BRASILIENSE</i>	39
4.1 Introdução	42
4.2 Material e Métodos	43
4.3 Resultados e Discussão.....	48
4.4 Conclusões.....	53
4.5 Referências Bibliográficas.....	53
5. CAPÍTULO III: MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE <i>ASPIDOSPERMA POLYNEURON</i>	57
5.1 Introdução	60
5.2 Material e Métodos	61
5.3 Resultados e Discussão.....	66
5.4 Conclusões.....	70
5.5 Referências Bibliográficas.....	71
6. CAPÍTULO IV: RELAÇÃO ENTRE O MANEJO HÍDRICO APLICADO ÀS MUDAS NO VIVEIRO E O DESENVOLVIMENTO PÓS-PLANTIO EM VASO	74
6.1 Introdução	77
6.2 Material e Métodos	79
6.3 Resultados e Discussão.....	81
6.4 Conclusões.....	88
6.5 Referências Bibliográficas.....	89
7. CONCLUSÕES	94
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
APÊNDICE	109

MANEJO HÍDRICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E A QUALIDADE DE MUDAS FLORESTAIS NATIVAS EM AMBIENTES PROTEGIDOS. Botucatu, 2013. 119p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA

Orientadora: MAGALI RIBEIRO DA SILVA

RESUMO

Consequência de um longo histórico de degradação, a cobertura florestal original do Bioma Mata Atlântica foi reduzida, majoritariamente, a pequenos e isolados fragmentos. Nesses casos, o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é uma das opções para acelerar a reabilitação desses ambientes. A produção de mudas de qualidade, ou seja, aquelas que sobreviverão e atingirão um nível desejado de crescimento após o plantio, depende, dentre outros fatores, da quantidade de água aplicada e da forma como ela é distribuída ao longo do dia. Este estudo foi dividido em quatro experimentos e teve como objetivo avaliar o efeito de três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação (duas e quatro vezes ao dia) sobre a qualidade das mudas das espécies arbóreas nativas *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Pau-jacaré), *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Guanandi) e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (Peroba-rosa), bem como a eficiência desses manejos hídricos e o desenvolvimento pós-plantio em vaso. A qualidade das mudas foi avaliada 120 dias após o início dos tratamentos por meio dos parâmetros morfológicos altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea, radicular e total, índice de qualidade de Dickson e qualidade do sistema radicular. A eficiência do manejo hídrico foi avaliada 120 dias após o início dos tratamentos, medindo-se os volumes de água aplicados no substrato e escoados pelo fundo do tubete após cada irrigação do dia. O desenvolvimento pós-plantio em vaso foi avaliado em intervalos de 30 dias, durante 120 dias, através dos parâmetros morfológicos altura da parte aérea e diâmetro do colo, além da massa seca aérea e radicular somente aos 120 dias. O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x2. Os dados foram submetidos à análise de

variância e nos casos em que houve diferença significativa foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$). Nas três espécies: o aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos. Quando o manejo hídrico aplicado no viveiro não atende a necessidade das mudas, ocorre redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos e na qualidade do sistema radicular, prejudicando o desenvolvimento morfológico 120 dias após o plantio. A lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação de duas vezes ao dia, comparada à lâmina bruta 14 mm nessa mesma frequência, promove maior ou igual desenvolvimento dos parâmetros morfológicos e qualidade do sistema radicular das mudas na fase de viveiro, o que se mantém 120 dias após o plantio. Sendo assim, para evitar o desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas com qualidade, capazes de reduzir a frequência de manutenção após o plantio, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação de duas vezes ao dia nas mudas das espécies *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron*.

Palavras-chave: água, irrigação, *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense*, *Aspidosperma polyneuron*, lâmina de água, frequência de irrigação, desenvolvimento inicial

WATER MANAGEMENT ON THE DEVELOPMENTS AND QUALITY OF TREE SEEDLINGS IN PROTECTED ENVIRONMENTS. Botucatu, 2013. 119p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RICHARDSON BARBOSA GOMES DA SILVA

Adviser: MAGALI RIBEIRO DA SILVA

SUMMARY

The Brazilian Atlantic forest tree cover has been reduced to small and isolated fragments due to a long history of degradation. Tree seedling plantings are a potential option to accelerate environmental restoration. The quality of the seedlings produced (i.e., those that survive and reach a desired level of growth after planting) depends upon, among other factors, the amount of water applied and how the water is distributed throughout the day. This study was divided into four experiments and evaluated the effect of three water levels (8, 11 and 14 mm) applied daily and divided into two irrigation frequencies (two and four times a day) on the quality of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (“Pau-jacaré”), *Calophyllum brasiliense* Cambess. (“Guanandi”) e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (“Peroba-rosa”) seedlings, as well as the efficiency of these methods of water management and development after planting in pot. To assess seedling quality, the following parameters of the seedlings were measured 120 days after the start of the treatment: height, stem diameter, shoot, root and total dry weight, the Dickson quality index and root system quality. The efficiency of each water management treatment was assessed at 120 days after the start of the treatment measuring the amount of water applied to the substrate and drained from the plastic tube after each irrigation day. The development after planting in pot was assessed at intervals of 30 days for 120 days through parameters height and stem diameter beyond the shoot and root dry weight only at 120 days. The study was completely randomized in a 3x2 factorial design. The data were subjected to analysis of variance, and where significant differences existed, a Tukey test was performed ($p < 0.05$). In three species: increases in water management efficiency do not necessarily produce a greater development of morphological parameters. When water management

applied in the nursery does not meet the needs of seedlings, reductions in morphological development parameters and root system quality occur, harming the morphological development 120 days after planting. The 11 mm water level applied in the irrigation frequency two times the day promoted the same or greater morphological development and root system quality as the seedlings treated with the 14 mm water level in the nursery, which remains 120 days after planting. To avoid wasting water and electricity and to produce high quality seedlings, able to reduce the maintenance frequency after planting, we recommended that an 11 mm water level is applied in the irrigation frequency two times the day to *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron* seedlings.

Keywords: water, irrigation, *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense*, *Aspidosperma polyneuron*, water level, irrigation frequency, initial development

1. INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica se estende por 1.481.946 km², cerca de 17,4% do território brasileiro, incluindo uma grande variedade de fisionomias florestais distribuídas por mais de 3300 km ao longo da costa atlântica brasileira, de 3° S a 30° S, a partir do nível do mar até 2700 m (METZGER, 2009). Consequência de um longo histórico de degradação, apenas 11,7% da cobertura florestal original desse bioma foi mantida (RIBEIRO et al., 2009). Como agravante dessa situação, a maioria desses remanescentes é constituída por pequenos fragmentos (<100 ha; RANTA et al., 1998) isolados uns dos outros, o que requer um manejo específico para facilitar sua recuperação (ENGEL; PARROTA, 2001).

O plantio de mudas de espécies arbóreas é uma das opções para acelerar a reabilitação desses ambientes e prevenir o agravamento dos danos ambientais (MODNA et al., 2010). Nesse cenário, um estímulo importante tem sido dado à melhoria da qualidade morfológica, fisiológica e genética das mudas florestais (WILSON; JACOBS, 2006), a fim de aumentar a sobrevivência e o crescimento após o plantio (MATTSSON, 1997).

Nos viveiros, os principais fatores que afetam a qualidade das mudas são os materiais genéticos, os manejos hídricos e nutricionais, as embalagens e os substratos

(SILVA et al., 2012). De todos os recursos que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2004), entretanto, ainda hoje, na maioria dos viveiros florestais brasileiros, o manejo hídrico (lâmina bruta de água e frequência da irrigação) é determinado apenas através do exame visual das mudas.

Uma irrigação excessiva ou deficitária nas mudas pode ter consequências negativas. O excesso de água pode levar à lixiviação dos nutrientes, afetando a qualidade ambiental e aumentando os custos de produção, enquanto o déficit hídrico pode resultar em baixo crescimento e morte das mudas (BAURLE et al., 2002; MONTAGUE; KJELGREN, 2006).

Indiscutivelmente, a quantidade de água disponível para irrigação em viveiros florestais está prevista para diminuir ao longo da próxima década. A menor disponibilidade de água, associada a maiores custos e problemas de escoamento da irrigação, levará os viveiros a adotar procedimentos e tecnologia para aumentar a eficiência no uso da água de irrigação (BEESON et al., 2004). Somado a isso, os silvicultores estão exigindo, cada vez mais, mudas bem adaptadas às condições ambientais do local onde o reflorestamento será realizado (BAYLEY; KIETZLKA, 1997). As espécies nativas *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr., *Calophyllum brasiliense* Cambess. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg., pertencentes a diferentes grupos sucessionais, podem ser utilizadas para recuperação de terrenos erodidos com baixa fertilidade e restauração de áreas ciliares degradadas (CARVALHO, 2003).

A partir dessas constatações foram formuladas as seguintes hipóteses: a) o efeito do manejo hídrico sobre o desenvolvimento e a qualidade das mudas é influenciado pelo grupo sucessional a que a espécie pertence; b) existe um manejo hídrico ótimo que corresponde a uma produtividade e qualidade máxima das mudas no viveiro e influencia o desenvolvimento após o plantio.

Dessa forma, buscou-se avaliar o efeito de três lâminas brutas diárias de água aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação sobre a qualidade de mudas de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron*, bem como a eficiência desses manejos hídricos e o desenvolvimento após o plantio em vaso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Irrigação em viveiros florestais

A expansão das áreas urbanas através do desenvolvimento suburbano aumentou a concorrência pelos recursos hídricos. Isso se aplica não só para as águas subterrâneas, mas também para as águas de superfície, como lagos e rios. A disponibilidade da água também é limitada por sua qualidade (BEESON et al., 2004), podendo se tornar um dos principais entraves ao desenvolvimento da irrigação no futuro (IRMAK et al., 2001).

Um desafio enfrentado pelos viveiristas é o de conservar a água enquanto atende as exigências de irrigação da planta (STABLER; MARTIN, 2000), uma vez que os viveiros de produção também enfrentam restrições de água e aumento da pressão para melhorar suas práticas de manejo hídrico e desenvolver pesquisas de conservação da água, consideradas fundamentais para a sustentabilidade do viveiro (BAUERLE et al., 2002; MANGIAFICO et al., 2008; MATHERS et al., 2005; TAYLOR et al., 2006).

A irrigação em viveiros florestais será forçada a se tornar mais eficiente na próxima década, entretanto, não haverá uma solução universal aplicável a um

viveiro inteiro ou a todos os viveiros. Assim, pesquisas para fornecer soluções aos problemas de eficiência no uso da água e gestão de nutrientes têm sido conduzidas e estão crescendo nessa direção (BEESON et al., 2004).

A principal finalidade da irrigação em viveiros é atender as necessidades hídricas das mudas, visando à qualidade, menor tempo de produção e maior retorno econômico (IRMAK et al., 2001; MORAIS et al., 2012).

Sistemas de irrigação por aspersão, microaspersão, gotejamento e subirrigação são facilmente automatizados. Contudo, uma fraqueza potencial dos sistemas automatizados é que eles são comumente acionados por controladores programados para realizar uma irrigação pré-determinada - executar a irrigação em um determinado momento do dia por um tempo definido - e não com base em medições reais de umidade. Muitas vezes, os sistemas automatizados irrigam o substrato próximo à saturação, independentemente da exigência hídrica da planta e resultam em desperdício de água de boa qualidade por escoamento. Para minimizar o desperdício de água a partir de sistemas de irrigação automatizados, existe a necessidade de desenvolver controladores de irrigação melhorados, que podem irrigar o substrato a uma umidade desejada (NEMIALI; VAN IERSEL, 2006). Vários instrumentos estão disponíveis para monitorar a umidade do solo, mas nenhum deles foi amplamente adotado pelos viveiros de produção de mudas (ABRAHAM et al., 2000; NEMIALI; VAN IERSEL, 2006). Em resumo, tecnologias e procedimentos estão em desenvolvimento para o manejo de irrigação com base na demanda da planta, onde a irrigação é aplicada somente quando necessário e na quantidade de água necessária, no entanto, a disponibilidade comercial destas opções é limitada ou inexistente (BEESON et al., 2004).

No Brasil, o sistema de irrigação de viveiros mais usual é a microaspersão, sistema que gera desperdício de água em razão de fatores como vento, espaços vazios e má distribuição dos aspersores em relação às mudas (AUGUSTO et al., 2007). Muitas vezes, a uniformidade de aplicação da irrigação é baixa e a precisão dos volumes de água aplicados é incerta (FAIN et al., 2000).

Nestas circunstâncias, os viveiristas, muitas vezes, erram pelo excesso de cautela e aplicam à muda mais água do que é realmente necessário, devido aos temores de um declínio no crescimento e na produção. A probabilidade de se fazer uma irrigação

excessiva é especialmente grande durante os estágios iniciais de crescimento da muda, quando as taxas de evapotranspiração são menores (WEATHERSPOON; HARRELL, 1980; BEESON; KNOX, 1991; BRIGGS et al., 1998; BAUERLE et al., 2002).

De todos os recursos que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O déficit hídrico pode resultar em baixo crescimento e morte da planta (MONTAGUE; KJELGREN, 2006), pois ele afeta primeiro as raízes, a partir da qual se desencadeia uma série de efeitos em toda a planta, afetando principalmente o crescimento celular (FERREIRA et al., 1999; TAIZ; ZEIGER, 2004). O estresse hídrico mais severo conduz à inibição da divisão celular, à inibição da síntese de proteínas e de parede, ao acúmulo de solutos, ao fechamento estomático e à inibição da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em mudas de eucalipto, o estresse hídrico moderado durante longos períodos foi mais prejudicial para o acúmulo de massa seca do que o estresse severo por períodos curtos (MYERS; LANDSBERG, 1989).

O excesso de água pode levar à lixiviação dos nutrientes provocando danos ao ambiente, baixo crescimento da planta e aumento nos custos (MONTAGUE; KJELGREN, 2006). O maior crescimento das plantas nem sempre está associado a taxas elevadas de irrigação, que poderia ser economizada durante o crescimento das mudas em viveiro (FOX; MONTAGUE, 2009).

Sem diretrizes científicas para aplicação adequada de água e nutrientes nas espécies do viveiro, futuras escolhas serão limitadas (BEESON et al., 2004), fazendo com que os viveiristas, muitas vezes, acabem aplicando água às mudas simplesmente ligando as válvulas do sistema de irrigação, sem saber a quantidade de água que é perdida através de escoamento (ZHU et al., 2005).

A água é um componente integral da equação do manejo nutricional, particularmente onde a irrigação ou precipitação tem a capacidade de mover nutrientes solúveis com facilidade (LEA-COX et al., 2001). Os nutrientes são lixiviados quando o volume de irrigação excede a capacidade de retenção de água do substrato (THOMAS; PERRY, 1980).

O maior impacto dos nutrientes presentes na água de escoamento, oriunda das operações do viveiro, está em seu potencial para causar a eutrofização de rios, lagos e estuários a jusante. Nesses casos, o excesso de nutrientes nas águas estimularia o crescimento de mais fitoplâncton, que bloqueariam a luz solar e, durante sua decomposição, reduziriam o oxigênio dissolvido para níveis potencialmente prejudiciais aos peixes e invertebrados aquáticos. Dois dos principais nutrientes nos fertilizantes que podem levar ao aumento de fitoplâncton são o N e o P (TAYLOR et al., 2006).

Muitos viveiros que utilizam recipientes pequenos possuem, ou estão instalando, estruturas para coletar o escoamento da água de irrigação e precipitação para reutilização. Quando necessária, a tecnologia para o tratamento eficaz da água está disponível para lidar com esses problemas, embora isso aumente o custo de produção das mudas (BEESON et al., 2004).

A aplicação de água e fertilizantes durante a produção de mudas coloca sobre os viveiros o ônus de minimizar os efeitos potencialmente nocivos da contaminação da água de escoamento pelos nutrientes. Experimentos e técnicas que quantificam o volume de escoamento durante a produção das mudas fornecem informações relacionadas às diferentes práticas utilizadas na aplicação de água e nutrientes (ZHU et al., 2005; MILLION et al., 2007a).

A umidade do substrato pode ser monitorada por gravimetria para reduzir significativamente o volume de escoamento da irrigação, sem comprometer a qualidade da planta. Futuras pesquisas são necessárias para investigar os efeitos da redução da fração de escoamento no crescimento das mudas (SAMMONS; STRUVE, 2008).

A fração de escoamento é definida como a quantidade de água que escoou pelo fundo do recipiente dividida pela quantidade total de água aplicada no recipiente. É uma medida da quantidade de água aplicada em excesso durante um evento de irrigação, utilizada para avaliar a eficiência das práticas de irrigação. A fração de escoamento depende da arquitetura da muda, do estágio de desenvolvimento, das propriedades físicas do substrato, da altura do recipiente e da duração da irrigação (LEA-COX et al., 2001; MATHERS et al., 2005).

Reduzir a fração de escoamento pode diminuir a perda de nutrientes e permitir mais tempo para que a solução de nutrientes no substrato seja absorvida pela planta (BIERNBAUM, 1992). Baixas frações de escoamento diminuíram o conteúdo de NO_3 , NH_4 , e P no efluente em 66%, 62% e 57%, respectivamente (TYLER et al., 1996a).

Um objetivo ideal seria zerar a quantidade de água escoada pelo fundo do tubete, no entanto, é muito difícil manter a quantidade de água adequada com zero de água escoada, uma vez que a eficiência de aplicação de água é sempre inferior a 100% e algum escoamento ocorre ao tentar substituir 100% da água perdida do recipiente (WARREN; BILDERBACK, 2005). Além disso, zerar a quantidade de água escoada pelo fundo do tubete não implica simplesmente em reduzir o volume de irrigação, pois se baixos volumes de água são aplicadas para eliminar o escoamento, sem ter em conta a manutenção adequada de água no recipiente, poderá ocorrer o fechamento dos estômatos, redução da fotossíntese e, conseqüentemente, redução do crescimento das plantas (GROVES et al., 1998; WARREN; BILDERBACK, 2005). Assim, se a água é aplicada de forma suficiente para substituir o déficit de umidade, ocorrerá algum escoamento. No entanto, pesquisadores estão explorando a possibilidade de se reduzir as frações de escoamento, a fim de obter ganhos significativos na conservação da água e produzir as mudas com sucesso (WARREN; BILDERBACK, 2005), sendo que o monitoramento gravimétrico é o método mais fácil e menos caro, comparado ao uso de sensores de umidade (NEMIALI; VAN IERSEL, 2006) ou modelagem para manejar o volume de irrigação (BAUERLE et al., 2002).

Para reduzir as perdas por escoamento e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de irrigação, técnicas como a irrigação cíclica (FARE et al., 1996; TYLER et al., 1996a) e substratos com maior retenção de água (BANKO; STEFANI, 1991) tem sido usadas e recomendadas.

A irrigação cíclica é um método prático, implementado facilmente em qualquer sistema de irrigação, que consiste em dividir uniformemente o volume de rega diária, distribuindo-o diversas vezes durante o dia (FAIN et al., 1998). Os ciclos podem variar de 2 a 12 por dia, mas cerca de dois, em um tempo de aplicação apropriado, já são adequados. A chave para aumentar a eficiência de aplicação de água usando a irrigação cíclica está no controle da taxa de aplicação, tempo de aplicação e o intervalo entre as aplicações (WARREN;

BILDERBACK, 2005), pois, mesmo com o aumento da eficiência da irrigação cíclica, volumes substanciais de água, N e P são perdidos a partir dos recipientes irrigados com volumes elevados (TYLER et al., 1996b).

Além da irrigação cíclica, substratos com maior capacidade de retenção de água, que é função das propriedades físicas, podem aumentar a eficiência da irrigação (SAMMONS; STRUVE, 2008). A turfa pode ser usada para aumentar a capacidade de retenção de água dos substratos, diminuindo o escoamento (MATHERS et al., 2005).

Manejo da irrigação é definido como o processo de determinação do volume de água a ser aplicado e o seu tempo de aplicação. A eficiência do manejo hídrico tende a aumentar com a diminuição do tempo de aplicação (WARREN; BILDERBACK, 2005) e pode ser calculada a partir da equação: $[(\text{volume de água aplicado} - \text{volume de água lixiviado}) / \text{volume de água aplicado}] \times 100$ (FAIN et al., 1998).

Com base nesse conceito, a eficiência do manejo hídrico no viveiro pode ser melhorada através do agrupamento das mudas com característica semelhante de uso da água e por irrigações baseadas nas necessidades reais da planta. O uso da água pelas plantas é uma função da evaporação e da transpiração, portanto, ela flutua com as condições climáticas como a radiação solar, temperatura, umidade e vento. Além disso, ela depende da espécie e do tamanho das plantas (NIU et al., 2006), podendo o uso da água variar também dentro e entre os grupos de plantas (BEESON; YEAGER, 2003).

No entanto, são poucas as pesquisas que buscam relacionar o manejo hídrico com a qualidade de mudas de espécies arbóreas (SILVA et al., 2004; LOPES et al., 2005; LOPES et al., 2007) e mais raras ainda, quando envolvem as espécies nativas brasileiras (MORAIS et al., 2012), uma vez que a maioria desses estudos foi realizado em culturas agronômicas ou gramados (KJELGREN et al., 2000; MONTAGUE; KJELGREN, 2006; KJELGREN; CERNY-KOENIG, 2006). Essa situação obriga os viveiristas a sempre equilibrar dois riscos: o de produzir mudas inferiores através da aplicação de muito pouco fertilizante e água, com o risco de aumentar os problemas potenciais decorrentes da aplicação de quantidades excessivas desses insumos (MILLION et al., 2007b).

Programas educacionais e transferência de tecnologia são necessários para ensinar os viveiristas, principalmente os menos sofisticados, a avaliar e melhorar seus

sistemas de irrigação, determinar as necessidades hídricas das plantas, aplicar a água de forma a minimizar ou eliminar o escoamento e selecionar o sistema de irrigação com maior custo-benefício. Aliadas a essas medidas, pesquisas de longo prazo devem se concentrar em melhorar os sistemas atuais e desenvolver novas técnicas de irrigação que atendam as demandas hídricas das plantas sem produzir escoamento (KABASHIMA, 1993).

Diante desse contexto, fica evidente a necessidade de redefinir os procedimentos de manejo do viveiro, principalmente o hídrico, para se adequar às normas ambientais e melhorar a qualidade das mudas florestais (SILVA et al., 2004).

2.2 Qualidade de mudas florestais

O reflorestamento na América Latina é uma atividade cada vez mais popular devido ao abandono de pastagens improdutivas para o gado e programas de incentivo governamentais que apoiam o plantio de árvores (SCHELHAS et al., 1997). Com isso, houve um aumento na demanda por mudas florestais nos últimos anos, não só para a produção de madeira, mas também associada à conservação do solo e dos recursos hídricos, a fim de aumentar o habitat dos animais selvagens e estabelecer legados para as futuras gerações (ROSS-DAVIS et al., 2005).

A demanda por mudas para programas de reflorestamento tende a variar significativamente de ano para ano e os viveiros normalmente têm de fornecer um grande número de mudas em um tempo muito curto (CLEWELL; RIEGER, 1997). Além disso, os silvicultores estão exigindo, cada vez mais, mudas bem adaptadas às condições ambientais do local onde o reflorestamento será realizado (BAYLEY; KIETZLKA, 1997), haja vista que o desempenho inconsistente dos plantios de mudas, associado a esse aumento da demanda, renovou o interesse em programas de pesquisa e cooperativas que buscam avançar na melhoria das práticas de regeneração. Estes programas são muitas vezes parcerias de colaboração entre os governos locais e nacionais, universidades e grupos industriais que tem por objetivo expandir conhecimentos básicos e aplicados sobre as espécies. Nesse cenário, um estímulo importante tem sido dado à melhoria da qualidade morfológica, fisiológica e genética das mudas florestais (WILSON; JACOBS, 2006), especialmente em condições adversas,

torna-se cada vez mais óbvio que é necessária uma mudança de foco da quantidade para a qualidade das mudas (LINDQVIST; ONG, 2005).

Apesar deste progresso, ainda é relevante perguntar quando é que vamos ser capazes de recomendar valores limites sólidos para descartar mudas, de acordo com diferentes classes de potencial crescimento em campo dentro de um lote de mudas. Este problema é baseado principalmente em dois fatores: como definir a qualidade de mudas e como convencer os viveiristas a investir em rotinas mais sofisticadas de avaliação de qualidade, que não só identifiquem a viabilidade da muda por morta, danificada ou viva (MATTSSON, 1997).

A expressão "qualidade da muda" é muitas vezes utilizada sem uma definição do significado, uma vez que é difícil encontrar um. Todos aqueles que produzem mudas de espécies florestais visam à sobrevivência e crescimento após o plantio (MATTSSON, 1997), portanto, mudas de qualidade são aquelas que sobreviverão e atingirão um nível desejado de crescimento após o plantio (DIERAUF; GARNER, 1996; MATTSSON, 1997; STAPE et al., 2001; CAMPBELL; HAWKINS, 2004; OLIVO; BUDUBA, 2006) a um custo acessível (WILSON; JACOBS, 2006).

Vários esforços foram feitos no campo de pesquisa de avaliação da qualidade das mudas (SUTTON, 1979; CHAVASSE, 1980; BURDETT, 1983; PUTTONEN, 1989; GROSSNICKLE; FOLK, 1993; MATTSSON, 1997; MOHAMMED, 1997; PUTTONEN, 1997; SAMPSON et al., 1997; TANAKA et al., 1997). As possibilidades de prever o desempenho em campo através de algum tipo de avaliação da qualidade da muda no viveiro também aumentaram substancialmente, permitindo utilizar diferentes medições no viveiro para a identificação de mudas que não são aptas a sobreviver ou crescerão muito pouco no campo (MATTSSON, 1997).

A qualidade das mudas, expressa por parâmetros morfológicos e fisiológicos, pode ser manipulada por meio da composição genética e das práticas culturais no viveiro, a fim de produzir mudas aclimatadas às condições ambientais do local de plantio visando um desenvolvimento vigoroso (LAVENDER et al., 1980; O'REILLY et al., 1989; TOMLINSON et al., 1996; VILLAR-SALVADOR et al., 2004; WILSON; JACOBS, 2006).

O uso dos parâmetros morfológicos continua sendo uma ferramenta comum para medir a vitalidade das mudas (MATTSSON, 1997), sendo a altura da parte aérea e o diâmetro do colo os parâmetros mais utilizados na grande escala operacional de classificação de qualidade das mudas em viveiros (SUTTON, 1979; CHAVASSE, 1980; DEANS et al., 1989; DEY; PARKER, 1997; JACOBS et al., 2005; ZIDA et al., 2008) e, em muitos casos, foram correlacionados com a sobrevivência e o crescimento das mudas após o plantio (BAYLEY; KIETZKA, 1997; JACOBS et al., 2005). A altura da parte aérea da muda é um dos mais antigos parâmetros utilizados na classificação de qualidade, por ser de fácil e estável medição, porém, isoladamente não é muito informativo (BIRCHLER et al., 1998), haja vista que, muitas vezes, a sua correlação com o desempenho inicial em campo é contraditória (ANSTEY, 1971; MULLIN; SVATON, 1972; PAWSEY, 1972).

O diâmetro do colo e a massa seca estão relacionados com o desempenho das mudas no campo (SWITZER; NELSON, 1963; MULLIN; SVATON, 1972; SLUDER, 1979; SOUTH et al., 1985; MITCHELL et al., 1988; SOUTH, 1993), indicando indiretamente as condições de transporte de água, resistência mecânica e capacidade relativa de tolerar temperaturas elevadas na superfície do solo (BIRCHLER et al., 1998), predizendo bem a capacidade de sobrevivência e crescimento da muda após o plantio (MULLIN; CHRISTL, 1981; MULLIN; CHRISTL, 1982; DIERAUF; GARNER, 1996).

Entretanto, uma vez que nem sempre a altura da parte aérea e o diâmetro do colo isoladamente estão correlacionados com o desempenho da muda no campo (CHAVASSE, 1977; THOMPSON; SCHULTZ, 1995; JACOBS et al., 2005), discutiu-se com frequência ao longo desses anos se as avaliações de qualidade envolvendo parâmetros morfológicos realmente tem um papel importante na determinação da capacidade de sobrevivência das mudas após o plantio (MATTSSON, 1997).

Encontrar um único parâmetro que sempre corresponderá ao estabelecimento bem sucedido da muda em campo é um pensamento atraente, mas irreal (MATTSSON, 1997), pois nenhum parâmetro morfológico isolado é confiável para explicar a variação no resultado de estabelecimento da muda após o plantio, devendo ser utilizado com cautela e em combinação com outros parâmetros nas avaliações de qualidade (MATTSSON, 1997; LINDQVIST, 2001; DAVID; JACOBS, 2005).

Alguns índices como o "índice de qualidade de Dickson" (DICKSON et al., 1960), onde características morfológicas são combinadas e os valores mais altos são melhores para prever o potencial de sobrevivência e crescimento da muda no campo já existem (MAÑAS et al., 2009).

É possível perceber que grande parte das revisões da literatura científica tem focado em discutir mais a morfologia e o vigor fisiológico da muda como um todo do que a qualidade do sistema radicular (DAVIS; JACOBS, 2005). Isso pode ter ocorrido porque as medições e análises do sistema radicular são difíceis, demoradas e muitas vezes imprecisas (BOUMA et al., 2000; COSTA et al., 2001). Avaliar o efeito de diferentes regimes de cultivo em viveiro sobre a qualidade do sistema radicular das mudas é um requisito essencial (SIMPSON, 1990; FOLK; GROSSNICKLE, 1996; STAPE et al., 2001), haja vista que o sucesso do plantio é, em grande parte, dependente da capacidade das mudas gerarem rapidamente novas raízes para maximizar a absorção de água e competir com a vegetação no local (BURDETT, 1990; HAASE; ROSE, 1993; GROSSNICKLE, 2005; MÁFIA et al., 2005; RILEY; STEINFELD, 2005; MAÑAS et al., 2009), a fim de reduzir o choque do plantio - termo usado para descrever o crescimento reduzido das mudas causado pela aclimação às novas condições ambientais - e aumentar as taxas de sobrevivência e crescimento (RIETVELD, 1989; McKAY, 1997; DAVIS; JACOBS, 2005; FREITAS et al., 2005).

A morfologia do sistema radicular pode ser influenciada pela fertilização (JACOBS et al., 2004), irrigação (WILLIAMS et al., 1988; BAYLEY; KIETZKA, 1997), substrato e suas propriedades físicas (ARNOLD; STRUVE, 1993), tamanho e forma dos recipientes (FUNK, 1971; APHALO; RIKALA, 2003) e espaçamento dos recipientes (APHALO; RIKALA, 2003). A partir disso, muitas ferramentas estão disponíveis para avaliar a qualidade do sistema radicular das mudas, no entanto, não existe um teste único que provou ser adequado para diferentes espécies e condições (DAVIS; JACOBS, 2005).

Portanto, a chave para superar os muitos obstáculos na construção de um programa de testes de qualidade para mudas é se engajar em programas de pesquisa básica e aplicada com foco em características específicas das espécies e sua produção (WILSON; JACOBS, 2006). Inicialmente, deve ser dada ênfase nas espécies mais produzidas no viveiro ou nas problemáticas, considerando, ao mesmo tempo, a capacidade de transferir as

informações obtidas para outras espécies e gêneros. É provável, no entanto, que existam soluções variáveis, baseadas nas grandes diferenças de resposta ao crescimento, tanto no viveiro quanto nas condições de campo, entre os gêneros e as espécies (FARMER, 1980; LONG; JONES, 1996; ZIDA et al., 2008).

2.3 Espécies florestais

2.3.1 *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.

A espécie *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Leguminosae Mimosoideae), popularmente conhecida no Brasil como Pau-jacaré, ocorre no Bioma Mata Atlântica na Floresta Ombrófila Densa, na zona de contato entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista, onde é menos frequente, e no Cerradão, onde é rara. Os frutos amadurecem de junho a dezembro no Estado de São Paulo e devem ser colhidos quando mudam de coloração. As sementes não apresentam dormência (CARVALHO, 2003).

De acordo com as características apresentadas por Swaine e Whitmore (1988), é uma espécie pertencente ao grupo sucessional das pioneiras, sendo recomendada, segundo Carvalho (2003) para recuperação de terrenos erodidos e de baixa fertilidade, bem como para restauração da mata ciliar, em solos não sujeitos à inundação, na forma de plantios puros e mistos a pleno sol.

2.3.2 *Calophyllum brasiliense* Cambess.

A espécie *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae), popularmente conhecida no Brasil como Guanandi, ocorre em todas as bacias brasileiras, sempre em planícies inundadas temporariamente, nos Biomas Mata Atlântica e Amazônia. É também encontrada no Cerradão, no Estado de São Paulo, nas matas ciliares do Brasil Central, no Pantanal e na Restinga. Os frutos amadurecem de abril a outubro no Estado de São Paulo e a coleta de sementes é feita geralmente no chão. É comum encontrar nos guanandizais montes de frutos e sementes já despolidos, principalmente, por morcegos. O Guanandi apresenta

dormência tegumentar causada pelo endocarpo rígido ou causada por substância inibidora da germinação, sendo recomendada escarificação mecânica ou estratificação em areia úmida por 60 dias. Contudo, sementes despulpadas por morcegos não necessitam de tratamento pré-germinativo, já que a remoção do pericarpo acelera a protusão da radícula (CARVALHO, 2003).

Embora ainda frequentes em algumas localidades, as populações de Guanandi estão sofrendo forte pressão, seja pela exploração ilegal de madeira nas florestas da planície do litoral norte do Paraná ou pela destruição da mata ciliar, que ocorre principalmente no interior do Estado de São Paulo, devido ao avanço das áreas agrícolas (MARQUES; JOLY, 2000).

É uma espécie clímax tolerante à sombra (CARVALHO, 2003) ou simplesmente clímax, de acordo com as características apresentadas por Swaine e Whitmore (1988), sendo recomendada, segundo Carvalho (2003), principalmente, para o reflorestamento misto de áreas ciliares degradadas, bem como para áreas com solo permanentemente encharcado, na forma de plantios mistos a pleno sol, associado com espécies pioneiras e clímax.

2.3.3 *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg.

A espécie *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (Apocynaceae), popularmente conhecida no Brasil como Peroba-rosa, ocorre nos Biomas Mata Atlântica e Amazônia, no extremo noroeste de Mato Grosso, na Floresta Ombrófila Mista, no sul do Paraná, onde é rara e esporadicamente no domínio da Caatinga, em Minas Gerais e no Pantanal. Os frutos amadurecem de junho a novembro no Estado de São Paulo e suas sementes são dispersas quase imediatamente após as modificações da coloração do verde para o marrom-escuro e devem ser coletados antes da dispersão, para evitar a perda de sementes. A coleta dos frutos geralmente é trabalhosa, devido à altura das árvores, sendo necessário o uso de cinto de segurança e esporões para subir a copa da árvore, procedendo-se assim a coleta com o uso de podões ou ganchos metálicos. Após a coleta os frutos são postos em ambiente

ventilado, para deiscência e extração das sementes. As sementes não apresentam dormência (CARVALHO, 2003).

A Peroba-rosa foi, provavelmente, a mais explorada nas florestas do Estado de São Paulo, tanto que raramente se encontra um exemplar de grande porte que tenha sobrevivido à exploração. Apresenta características de estágios sucessionais finais, como crescimento muito lento, tolerância à sombra e regeneração abundantemente sob o dossel (DURIGAN et al., 2002) ou simplesmente clímax, de acordo com as características apresentadas por Swaine e Whitmore (1988), sendo recomendada para recuperação de ecossistemas e restauração de matas ciliares em locais sem inundação (CARVALHO, 2003), na forma de plantio misto, associado com espécies pioneiras (KAGEYAMA; CASTRO, 1989).

3. **CAPÍTULO I: MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE
*PIPTADENIA GONOACANTHA***

MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE *PIPTADENIA GONOACANTHA*

Resumo: Consequência de um longo histórico de degradação, a cobertura florestal original do Bioma Mata Atlântica foi reduzida, majoritariamente, a pequenos e isolados fragmentos. Nesses casos, o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é uma das opções para acelerar a reabilitação desses ambientes. A produção de mudas de qualidade, ou seja, aquelas que sobreviverão e atingirão um nível desejado de crescimento após o plantio, depende, dentre outros fatores, da quantidade de água aplicada e da forma como ela é distribuída ao longo do dia. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação (duas e quatro vezes ao dia) sobre a qualidade das mudas da espécie arbórea nativa *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Pau-jacarê), bem como a eficiência desses manejos hídricos. As mudas foram produzidas em tubetes de 92 cm³ contendo substrato composto por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1) e adubação de base. Para avaliar a qualidade das mudas foram medidos, 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos, os seguintes parâmetros: altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea, radicular e total, índice de qualidade de Dickson e qualidade do sistema radicular. Além desses parâmetros, foi medida a eficiência dos manejos hídricos. O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, com 4 repetições de 30 mudas, sendo consideradas úteis as 12 mudas centrais. Os dados foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve diferença significativa foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$). O aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos. A lâmina bruta 8 mm aplicada nas frequências de irrigação duas e quatro vezes ao dia e a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia não atendem a necessidade hídrica das mudas, provocando redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos. A lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia forma a mesma quantidade de mudas com sistemas radiculares ótimos e promove igual desenvolvimento dos parâmetros morfológicos que a lâmina bruta 11 mm nessa mesma frequência de irrigação, entretanto, utiliza 21% mais água, reduzindo a eficiência do manejo

hídrico. Para evitar o desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas de *Piptadenia gonoacantha* com qualidade, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação duas vezes ao dia.

Palavras-chave: irrigação, Pau-jacaré, água, lâmina de água, frequência de irrigação

WATER MANAGEMENT ON THE QUALITY OF *PIPTADENIA GONOACANTHA* SEEDLINGS

Abstract: The Brazilian Atlantic forest tree cover has been reduced to small and isolated fragments due to a long history of degradation. Tree seedling plantings are a potential option to accelerate environmental restoration. The quality of the seedlings produced (i.e., those that survive and reach a desired level of growth after planting) depends upon, among other factors, the amount of water applied and how the water is distributed throughout the day. This study evaluated the effect of three water levels (8, 11 and 14 mm) applied daily and divided into two irrigation frequencies (two and four times a day) on the quality of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Pau-jacaré) seedlings, as well as the efficiency of these methods of water management. The seedlings were grown in 92 cm³ tubes containing substrate composed of *Sphagnum* peat + vermiculite + carbonized rice chaff (2:1:1) and fertilizer. To assess seedling quality, the following parameters of the seedlings were measured 120 days after the start of the treatment application: height, stem diameter, shoot, root and total dry weight, the Dickson quality index and root system quality. We also measured the efficiency of the water managements. The study was completely randomized in a 3x2 factorial design, with 4 replicates of 30 seedlings, considered useful the 12 central seedlings. The data were subjected to analysis of variance, and where significant differences existed, a Tukey test was performed ($p < 0.05$). Increases in water management efficiency do not necessarily produce a greater development of morphological parameters. The 8 mm water level applied in the irrigation frequency two and four times the day and the 11 mm water level applied in the irrigation frequency four times the day does not meet the needs of seedlings, leading to a reduction in morphological development. The 14 mm water level applied in the irrigation frequency two

times the day produced the same number of seedlings with optimum roots systems and promoted the same morphological development as the seedlings treated with the 11 mm water level in the same irrigation frequency, but it used 21% more water, reducing water management efficiency. To avoid wasting water and electricity and to produce high quality of *Piptadenia gonoacantha* seedlings, we recommended that an 11 mm water level is applied in the irrigation frequency two times the day to seedlings.

Keywords: irrigation, Pau-jacaré, water, water level, irrigation frequency

3.1 Introdução

O bioma Mata Atlântica se estende por 1.481.946 km², cerca de 17,4% do território brasileiro, incluindo uma grande variedade de fisionomias florestais distribuídas por mais de 3300 km ao longo da costa atlântica brasileira, de 3° S a 30° S, a partir do nível do mar até 2700 m (METZGER, 2009). Consequência de um longo histórico de degradação, apenas 11,7% da cobertura florestal original desse bioma foi mantida (RIBEIRO et al., 2009). Como agravante dessa situação, a maioria desses remanescentes é constituída por pequenos fragmentos (<100 ha; RANTA et al., 1998) isolados uns dos outros, o que requer um manejo específico para facilitar sua recuperação (ENGEL; PARROTA, 2001). O plantio de mudas de espécies arbóreas é uma das opções para acelerar a reabilitação desses ambientes e prevenir o agravamento dos danos ambientais (MODNA et al., 2010). Nesse cenário, um estímulo importante tem sido dado à melhoria da qualidade morfológica, fisiológica e genética das mudas florestais (WILSON; JACOBS, 2006), a fim de aumentar a sobrevivência e o crescimento após o plantio (MATTSSON, 1997).

Para recuperação de terrenos erodidos com baixa fertilidade e restauração de áreas ciliares degradadas, em solos não sujeitos à inundação, é recomendada a espécie nativa *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Leguminosae Mimosoideae), na forma de plantios puros e mistos a pleno sol. Essa espécie é popularmente conhecida no Brasil como Pau-jacaré, ocorrendo no Bioma Mata Atlântica na Floresta Ombrófila Densa, na zona de contato entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista, onde é menos

frequente e no Cerradão, onde é rara (CARVALHO, 2003). De acordo com as características apresentadas por Swaine e Whitmore (1988), é uma espécie pertencente ao grupo sucessional das pioneiras.

Nos viveiros, os principais fatores que afetam a qualidade das mudas são os materiais genéticos, os manejos hídricos e nutricionais, as embalagens e os substratos (SILVA et al., 2012). De todos os recursos que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2004), entretanto, ainda hoje, na maioria dos viveiros florestais brasileiros o manejo hídrico (lâmina bruta de água e frequência da irrigação) é determinado apenas através do exame visual das mudas.

Uma irrigação excessiva ou deficitária nas mudas pode ter consequências negativas. O excesso de água pode levar à lixiviação dos nutrientes, afetando a qualidade ambiental e aumentando os custos de produção, enquanto o déficit hídrico pode resultar em baixo crescimento e morte das mudas (BAUERLE et al., 2002; MONTAGUE; KJELGREN, 2006).

Indiscutivelmente, a quantidade de água disponível para irrigação em viveiros florestais está prevista para diminuir ao longo da próxima década. Junto com a disponibilidade em declínio, o custo da água para irrigação está previsto para aumentar substancialmente para a maioria dos viveiros. A menor disponibilidade de água associada a maiores custos e problemas de escoamento da irrigação levarão os viveiros a adotar procedimentos e tecnologia para aumentar a eficiência no uso da água de irrigação (BEESON et al., 2004).

Para produzir mudas florestais de qualidade, devem-se buscar manejos hídricos que minimizem os impactos negativos ambientais, econômicos e sociais causados pelo fornecimento inadequado de água. Nesse contexto, foi avaliado o efeito de três lâminas brutas diárias de água aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação sobre a qualidade de mudas de *Piptadenia gonoacantha*, bem como a eficiência desses manejos hídricos.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro de 2011 e abril de 2012, em um viveiro suspenso e setorizado de Botucatu, região centro-sul do Estado de São Paulo (48°25'O; 22°51'S), com clima do tipo Cwa, segundo classificação de Wilhelm Köppen.

A coleta dos frutos de *Piptadenia gonoacantha* foi realizada por meio da derrubada manual dos galhos, com ferramenta cortante, em um fragmento florestal de Botucatu. Após a coleta, os frutos acondicionados em embalagens de polietileno e transportados até o viveiro para serem beneficiados.

No viveiro, a secagem dos frutos foi realizada em local sombreado para facilitar a abertura. Após abertos, a retirada das sementes foi realizada manualmente. As sementes foram acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas em câmara fria a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 8 e 12%, onde permaneceram por 7 dias até o momento da semeadura.

Os recipientes utilizados na produção das mudas foram tubetes cilindro-cônico de polietileno com volume de 92 cm^3 e oito estrias internas salientes. Os tubetes foram acondicionados nas 108 células de cada bandeja de polipropileno e preenchidos com substrato constituído por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1; base volume).

As características físicas do substrato foram determinadas de acordo com Guerrini e Trigueiro (2004) e as características químicas de acordo com Brasil (2008) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento

Características físicas	Porosidade (%)			Retenção de água (mL/tubete)
	Macro	Micro	Total	
	24,2	59,3	83,4	54,6
Características químicas	Condutividade elétrica (mS cm^{-1})			pH
	0,5			6,5

Os fertilizantes solúveis Yoorin[®] Master 1S e Fosmag[®] 500B e o fertilizante de liberação controlada Osmocote[®] com formulação N-P-K (19:6:10) foram adicionados ao substrato. O conjunto desses fertilizantes forneceram macronutrientes nas dosagens de 42,3; 69; 31,3; 25,2; 48,2 e 18 mg/tubete de N, P, K, S, Ca e Mg, respectivamente e micronutrientes nas dosagens de 0,3; 0,1; 0,6; 18,4 e 1 mg/tubete de B, Cu, Mn, Si e Zn, respectivamente.

A semeadura foi realizada no mês de outubro de 2011, colocando uma semente, manualmente, em cada tubete. As bandejas foram alocadas em casa de vegetação, com temperatura (≤ 30 °C) e umidade relativa do ar ($> 80\%$) controladas pelo sistema de irrigação por nebulização, com vazão por bocal de 7 L h^{-1} , acionado automaticamente por painel elétrico durante 10 segundos a cada 15 minutos, das 9 às 16 horas. Após a semeadura, a espécie permaneceu nesse setor por 14 dias, quando as plântulas foram transferidas para casa de sombra. Na casa de sombra, composta por tela de sombreamento de 50%, as plântulas foram irrigadas por microaspersores com vazão por bocal de 200 L h^{-1} , acionados automaticamente por painel elétrico durante 20 segundos a cada 30 minutos, das 9 às 16 horas, e permaneceram por 42 dias, tempo suficiente para aclimação das mudas, quando foram definidos os tratamentos.

Os tratamentos foram definidos em esquema fatorial 3x2: três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação [duas (2x) e quatro vezes (4x) ao dia] por um sistema de irrigação localizada do tipo microaspersão (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	Composições
L8F2	4 mm às 10 h e 4 mm às 14 h
L8F4	2 mm às 9 h, 2 mm às 11 h, 2 mm às 13 h e 2 mm às 15 h
L11F2	5,5 mm às 10 h e 5,5 mm às 14 h
L11F4	2,75 mm às 9 h, 2,75 mm às 11 h, 2,75 mm às 13 h e 2,75 mm às 15 h
L14F2	7 mm às 10 h e 7 mm às 14 h
L14F4	3,5 mm às 9 h, 3,5 mm às 11 h, 3,5 mm às 13 h e 3,5 mm às 15 h

L - lâmina bruta diária (mm); F - frequência de irrigação (vezes ao dia)

Cada tratamento foi constituído por 4 repetições (bandejas). Em cada bandeja, a percentagem de ocupação das mudas foi de 25%, sendo que as 12 mudas centrais constituíram as plantas úteis e as outras 18 mudas circundantes constituíram a bordadura, totalizando 48 mudas úteis por tratamento.

Antes de iniciar a aplicação dos tratamentos foi realizada uma seleção das mudas, a fim de garantir que a média da altura da parte aérea e do diâmetro do colo não diferisse estatisticamente ($p < 0,05$) entre todas as repetições. Os valores médios/desvios da altura da parte aérea e diâmetro do colo foram 6,3/0,7 cm e 1,24/0,15 mm, respectivamente.

Para determinar o tempo de irrigação necessário para aplicar cada tratamento, 114 coletores foram instalados, de forma equidistante, ao longo dos canteiros a pleno sol, seguindo uma disposição quadricular e formando uma malha em torno dos microaspersores testados. O sistema de irrigação ficou ativado por 6 minutos e o volume de água nos coletores foi medido com proveta graduada, chegando-se ao valor de 40 mm h⁻¹ de intensidade média de aplicação de água.

Para iniciar a aplicação dos tratamentos, as repetições foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso em três canteiros suspensos, cobertos com plástico difusor de luz, na área a pleno sol do viveiro com irrigação automatizada.

As adubações de crescimento foram realizadas duas vezes por semana durante 85 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelos fertilizantes monoamôniofosfato purificado, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ureia nas concentrações de 488; 155,4; 328,1; 312; 72,2 e 98,8 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês, zinco, cobre e ferro nas concentrações de 3; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3 e 48 mg L⁻¹ de B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

As adubações de rustificação foram realizadas duas vezes por semana dos 85 até os 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelo fertilizante cloreto de potássio na concentração de 750 mg L⁻¹ e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês,

zinco, cobre e ferro nas concentrações de 4,2; 5,5; 1,7; 0,8; 0,4 e 67 mg L⁻¹ de K, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

Para avaliar a qualidade das mudas, os seguintes parâmetros morfológicos foram medidos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos: altura da parte aérea (cm), com uma régua milimetrada, medindo-se da base do colo até a gema apical que deu origem à última folha; diâmetro do colo (mm), por meio de um paquímetro digital, sendo esses dois parâmetros avaliados nas 12 mudas úteis de cada repetição; massa seca da parte aérea e radicular (g), obtidas a partir do seccionamento do caule próximo ao substrato, sendo os sistemas radiculares lavados em água corrente sobre peneira e, em seguida, ambas as partes, colocadas em sacos de papel e levadas à estufa a 70 °C até atingirem massa constante, as quais foram medidas em balança eletrônica de precisão de duas casas em 6 mudas úteis de cada repetição. A partir da combinação dos parâmetros morfológicos, foram determinados os parâmetros massa seca total (g) e o índice de qualidade de Dickson (IQD = massa seca total / [(altura da parte aérea / diâmetro do colo) + (massa seca da parte aérea / massa seca radicular)]). Além disso, a qualidade do sistema radicular (%) foi avaliada nas mesmas mudas utilizadas para obtenção das massas secas aos 120 dias após o início dos tratamentos. A este parâmetro foram atribuídas três categorias: “ótimo”, ao sistema radicular formado por um torrão sem nenhuma flexibilidade e com presença de raízes novas (Figura 1A); “bom”, ao sistema radicular formado por um torrão com alguma flexibilidade e com poucas raízes novas (Figura 1B). Essas duas categorias foram consideradas aptas para o plantio. A categoria “ruim” foi atribuída ao sistema radicular formado por um torrão desagregado e, portanto, inapto para plantio no campo (Figura 1C).



Figura 1. Conceitos de qualidade atribuídos aos sistemas radiculares da espécie *Piptadenia gonoacantha*: ótima qualidade do sistema radicular (A), boa qualidade do sistema radicular (B) e qualidade ruim do sistema radicular (C) aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

A eficiência de cada manejo hídrico (%) foi avaliada aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos, nas duas mudas úteis centrais de cada repetição, totalizando oito mudas por tratamento, a partir da equação: $[(\text{volume de água aplicado} - \text{volume de água escoado}) / \text{volume de água aplicado}] \times 100$ (FAIN et al., 1998). A massa do conjunto tubete+muda foi medida antes e depois de cada irrigação em balança eletrônica de precisão de duas casas para quantificar o volume de água aplicado no substrato. O volume de água escoado pelo fundo do tubete após cada irrigação foi coletado por sacos plásticos presos com elástico e medido em balança eletrônica de precisão de duas casas.

A análise de variância foi utilizada para comparar o efeito dos tratamentos nos parâmetros analisados. Quando o valor do teste F indicou efeito significativo foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparar as diferenças entre os tratamentos.

3.3 Resultados e Discussão

A frequência de irrigação não influenciou a eficiência do manejo hídrico. As lâminas brutas 8 e 11 mm, cujos tempos de irrigação foram menores que os da lâmina 14 mm, aumentaram a eficiência do manejo hídrico (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito das lâminas brutas sobre a eficiência do manejo hídrico quando aplicadas em mudas de *Piptadenia gonoacantha* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

Lâminas brutas (mm)	Eficiência do manejo hídrico (%)	CV (%)
8	85,2 a	16,5
11	85,2 a	16,5
14	72,8 b	19,3

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Isso pode estar relacionado à arquitetura da parte aérea da muda de *Piptadenia gonoacantha*, que não favorece o escoamento da água pelo caule até o substrato, fazendo com que apenas na maior lâmina houvesse redução da eficiência do manejo hídrico (Figura 2).



Figura 2. Arquitetura da parte aérea da muda de *Piptadenia gonoacantha*

Segundo Lea-Cox et al. (2001) e Mathers et al. (2005), a eficiência do manejo hídrico depende da arquitetura da muda, do estágio de desenvolvimento, das propriedades físicas do substrato, da altura do recipiente e da duração da irrigação.

As lâminas brutas 11 e 14 mm aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia formaram mudas maiores em altura da parte aérea e diâmetro do colo, comparadas às mesmas lâminas aplicadas na frequência quatro vezes ao dia. Nos demais parâmetros morfológicos, apenas a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência duas vezes ao dia diferiu da frequência quatro vezes ao dia (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da interação entre as lâminas brutas e as frequências de irrigação sobre a altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Piptadenia gonoacantha* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

Lâminas brutas (mm)	Altura da parte aérea (cm)			Diâmetro do colo (mm)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	13,4 Ba	14,4 Ba	23,8	2,96 Bb	3,28 Ba	13,6
11	17,7 Aa	14,4 Bb	20,2	3,81 Aa	3,37 Bb	13,2
14	18,7 Aa	17,2 Ab	19,5	4,01 Aa	3,75 Ab	13,9
CV (%)	21,1	20,8		12,4	14,9	
Lâminas brutas (mm)	MSA (g)			MSR (g)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	0,89 Ba	0,98 Ba	29,7	0,61 Ba	0,68 Ba	31
11	1,36 Aa	0,98 Bb	25,4	0,97 Aa	0,70 Bb	25,6
14	1,42 Aa	1,53 Aa	24,3	1,11 Aa	0,99 Aa	27,5
CV (%)	26,9	25,7		27,5	28,9	
Lâminas brutas (mm)	MST (g)			IQD		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	1,50 Ba	1,66 Ba	28,5	0,25 Ba	0,29 Ba	34,3
11	2,33 Aa	1,68 Bb	22,2	0,39 Aa	0,29 Bb	26,4
14	2,53 Aa	2,52 Aa	23,8	0,43 Aa	0,42 Aa	31,9
CV (%)	24,7	24,9		30	33,2	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna, dentro do mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

As mudas irrigadas com a lâmina bruta 8 mm aplicada em ambas frequências de irrigação e a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia produziram mudas menores em todos os parâmetros morfológicos. Esse comportamento foi verificado porque, provavelmente, foram molhados apenas alguns centímetros abaixo da camada superficial do substrato, acarretando déficits hídricos ao longo do período de produção das mudas. Além disso, esses resultados mostraram que nem sempre os manejos hídricos que produzem menor escoamento de água pelo fundo do tubete são os melhores, haja vista que se a necessidade hídrica da muda não for suprida, haverá redução do crescimento. De acordo com Groves et al. (1998) e Warren e Bilderback (2005), se baixos volumes de água são aplicados, sem ter em conta a manutenção adequada de água no recipiente, poderá ocorrer o fechamento dos estômatos, redução da fotossíntese e, conseqüentemente, redução do crescimento das plantas. Dessa forma, esses resultados estão de acordo com Warren e Bilderback (2005), que afirmaram que os ciclos podem variar de dois a doze por dia, mas cerca de dois, em um tempo de aplicação apropriado, já são adequados.

As lâminas brutas 11 e 14 mm aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia proporcionaram o mesmo desenvolvimento às mudas em todos os parâmetros morfológicos. Segundo Fox e Montague (2009), o maior crescimento das plantas nem sempre está associado a taxas elevadas de irrigação, que poderia ser economizada durante o crescimento das mudas em viveiro. Além disso, considerando os resultados de eficiência do manejo hídrico, a lâmina bruta 11 mm gerou menor escoamento de água do que a lâmina bruta 14 mm. Para Montague e Kjelgren (2006), o excesso de água pode levar à lixiviação dos nutrientes provocando danos ao ambiente, baixo crescimento da planta e aumento nos custos.

A lâmina bruta 14 mm produziu menor quantidade de mudas com sistemas radiculares ruins e maior quantidade de aptos, entretanto, não diferiu da lâmina bruta 11 mm (Figura 3).

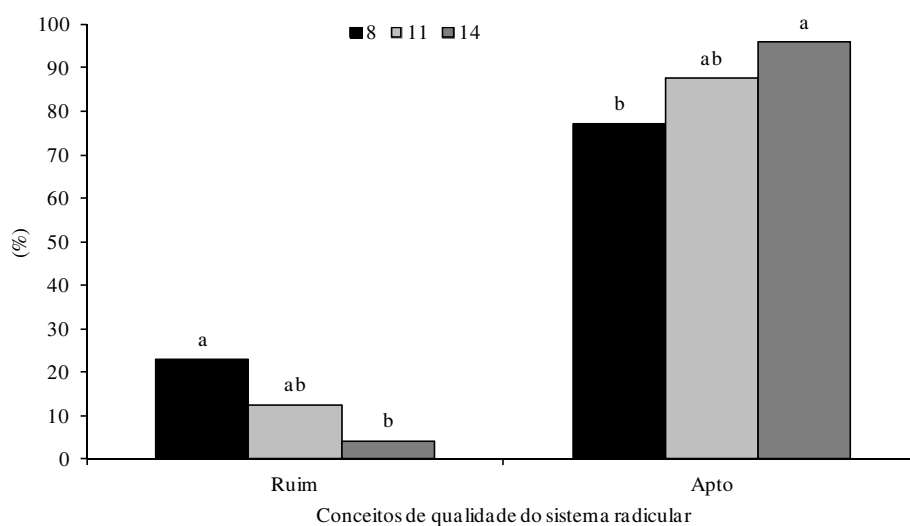


Figura 3. Efeito das lâminas brutas (mm) sobre os conceitos de qualidade “ruim” e “apto” do sistema radicular de mudas de *Piptadenia gonoacantha* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos; Médias seguidas de letras iguais, dentro do mesmo conceito, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

De acordo com Beeson et al. (2004), sem diretrizes científicas para aplicação adequada de água e nutrientes nas espécies do viveiro, futuras escolhas serão limitadas, fazendo com que, segundo Zhu et al. (2005), os viveiristas acabem aplicando água às mudas simplesmente ligando as válvulas do sistema de irrigação, sem saber a quantidade de água que é perdida através de escoamento. Além disso, de acordo com Thomas e Perry (1980), os nutrientes são lixiviados quando o volume de irrigação excede a capacidade de retenção de água do substrato.

A lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia proporcionou maior quantidade mudas com sistemas radiculares bons, entretanto, não diferiu da lâmina bruta 14 mm. Na frequência de irrigação quatro vezes ao dia, não houve diferença entre as lâminas brutas nesse mesmo conceito (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito da interação entre as lâminas brutas e as frequências de irrigação sobre os conceitos de qualidade “bom” e “ótimo” do sistema radicular de mudas de *Piptadenia gonoacantha* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos

Lâminas brutas (mm)	Bom		Ótimo	
	Frequências		Frequências	
	2x	4x	2x	4x
8	70,8 Aa	54,2 Aa	8,3 Ba	20,8 Ba
11	33,3 Bb	62,5 Aa	66,7 Aa	12,5 Bb
14	45,8 ABa	29,2 Aa	50 Aa	66,7 Aa

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna, dentro do mesmo conceito, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Comparando as duas frequências de irrigação na formação de mudas com sistema radicular ótimo, foi verificada diferença apenas na lâmina 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia. Isso pode ter ocorrido porque, provavelmente, as lâminas brutas 8 mm nas duas frequências de irrigação e a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia umedeceram apenas alguns centímetros abaixo da camada superficial do substrato ao longo do período de produção das mudas, prejudicando a qualidade do sistema radicular em sua totalidade. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a proliferação das raízes depende da disponibilidade de água e nutrientes no microambiente que circunda a raiz, a chamada rizosfera, sendo que, se a rizosfera é pobre em nutrientes ou muito seca, o crescimento radicular é lento.

As lâminas brutas 11 e 14 mm aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia proporcionaram a mesma quantidade de mudas com sistemas radiculares ótimos, demonstrando ser possível reduzir em 21% a quantidade de água aplicada, sem causar prejuízos à qualidade do sistema radicular.

3.4 Conclusões

O aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos.

A lâmina bruta 8 mm aplicada nas frequências de irrigação duas e quatro vezes ao dia e a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia não atendem a necessidade hídrica das mudas, provocando redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos.

A lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes, comparada à lâmina bruta 11 mm nessa mesma frequência de irrigação, forma a mesma quantidade de mudas com sistemas radiculares ótimos e promove igual desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, entretanto, utiliza 21% mais água, reduzindo a eficiência do manejo hídrico.

Sendo assim, para evitar o desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas de *Piptadenia gonoacantha* com qualidade, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação duas vezes ao dia.

3.5 Referências Bibliográficas

BAUERLE, W. L.; POST, C. J.; McLEOD, M. F.; DUDLEY, J. B.; TOLER, J. E.

Measurement and modeling of the transpiration of a temperate red maple container nursery.

Agricultural and Forest Meteorology, v. 114, n. 1, p. 45-57, 2002.

BEESON, R. C. Jr.; BILDERBACK, T. E.; BOLUSKI, B.; CHANDLER, S.; GRAMLING, H.

M.; LEA-COX, J. D.; HARRIS, R. R.; KLINGER, P. J.; MATHERS, H. M. Strategic vision

of container irrigation in the next ten years. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 113-115, 2004.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA n. 31**: Métodos analíticos oficiais para análise de

substratos para plantas e condicionadores de solo. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. 7 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 169-181, 2001.

FAIN, G. B.; TILT, K. M.; GILLIAM, C. H.; PONDER, H. G.; SIBLEY, J. F. Effects of cyclic micro-irrigation and substrate in pot-in-pot production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 215-218, 1998.

FOX, L.; MONTAGUE, T. Influence of irrigation regime on growth of select field-grown tree species in a semi-arid climate. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 27, n. 3, p. 134-138, set. 2009.

GROVES, K. M.; WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. Irrigation volume, application and controlled-release fertilizers: I. Effect on plant growth and mineral nutrient content in containerized plant production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 3, p. 176-181, 1998.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bioossólidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

LEA-COX, J. D.; ROSS, D. S.; TEFFEAU, K. M. A water and nutrient management planning process for container nursery and greenhouse production systems in Maryland. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 4, p. 226-229, 2001.

MATHERS, H. M.; YEAGER, T. H.; CASE, L. T. Improving irrigation water use in container nurseries. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p. 8-12, 2005.

- MATTSSON, A. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 223-248, 1997.
- METZGER, J. P. Conservation Issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009.
- MODNA, D.; DURIGAN, G. ; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora da regeneração natural em mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.
- MONTAGUE, T.; KJELGREN, R. Use of thermal dissipation probes to estimate water loss of containerized landscape trees. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 24, n. 2, p. 95-104, 2006.
- RANTA P.; BLOM, T.; NIEMELÄ, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 3, p. 385-403, 1998.
- RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p.1141-1153, 2009.
- SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, n.1-2, p. 81-86, 1988.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMAS, S.; PERRY, F. B. Ammonium nitrogen accumulation and leaching from an all pine bark medium. **HortScience**, v. 15, n. 6, p. 824-825, 1980.

ZHU, H.; KRAUSE, C. R.; ZONDAG, R. H.; BRAZEE, R. D.; DERKSEN, R. C.; REDING, M. E.; FAUSEY, N. R. New system to monitor water and nutrient use in pot-in-pot nursery production systems. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 23, n. 1, p. 47-53, 2005.

WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. More plant per gallon: getting more out of your water. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p.14-18, 2005.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006.

**4. CAPÍTULO II: MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE
*CALOPHYLLUM BRASILIENSE***

MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE *CALOPHYLLUM* *BRASILIENSE*

Resumo: Houve um aumento na demanda por mudas florestais nos últimos anos, não só para a produção de madeira, mas também associada à conservação do solo e dos recursos hídricos devido ao abandono de pastagens improdutivas para o gado e programas de incentivo governamentais. A produção de mudas de qualidade, ou seja, àquelas que sobreviverão e atingirão um nível desejado de crescimento após o plantio, depende, dentre outros fatores, da quantidade de água aplicada e da forma como ela é distribuída ao longo do dia. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação (duas e quatro vezes ao dia) sobre a qualidade das mudas das espécies arbóreas nativas *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Guanandi), bem como a eficiência desses manejos hídricos. As mudas foram produzidas em tubetes de 92 cm³ contendo substrato composto por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1) e adubação de base. Para avaliar a qualidade das mudas foram medidos, 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos, os seguintes parâmetros morfológicos: altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea, radicular e total e o índice de qualidade de Dickson, além da qualidade do sistema radicular. Além desses parâmetros, foi medida a eficiência dos manejos hídricos. O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, com 4 repetições de 30 mudas, sendo consideradas úteis as 12 mudas centrais. Os dados foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve diferença significativa foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$). O aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos. A lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia não atende a necessidade hídrica das mudas, levando à redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos e qualidade do sistema radicular. A lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia, comparada à lâmina bruta 11 mm nessa mesma frequência de irrigação, utiliza 21% mais água e promove maior ou igual desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, bem como não difere na eficiência do manejo hídrico e na quantidade de mudas com sistemas radiculares aptos para o plantio. Para evitar o

desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas de *Calophyllum brasiliense* com qualidade, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação duas vezes ao dia.

Palavras-chave: irrigação, Guanandi, água, lâmina de água, frequência de irrigação

WATER MANAGEMENT ON THE QUALITY OF *CALOPHYLLUM BRASILIENSE* SEEDLINGS

Abstract: There was an increase in demand for tree seedlings in recent years, not only for timber production but also associated with soil conservation and water resources due to an abandonment of unproductive pasture for cattle and government incentive programs. The quality of the seedlings produced (i.e., those that survive and reach a desired level of growth after planting) depends upon, among other factors, the amount of water applied and how the water is distributed throughout the day. This study evaluated the effect of three water levels (8, 11 and 14 mm) applied daily and divided into two irrigation frequencies (two and four times a day) on the quality of *Calophyllum brasiliense* Cambess. (“Guanandi”) seedlings, as well as the efficiency of these methods of water management. The seedlings were grown in 92 cm³ tubes containing substrate composed of *Sphagnum* peat + vermiculite + carbonized rice chaff (2:1:1) and fertilizer. To assess seedling quality, the following parameters of the seedlings were measured 120 days after the start of the treatment application: height, stem diameter, shoot, root and total dry weight, the Dickson quality index and root system quality. We also measured the efficiency of the water managements. The study was completely randomized in a 3x2 factorial design, with 4 replicates of 30 seedlings, considered useful the 12 central seedlings. The data were subjected to analysis of variance, and where significant differences existed, a Tukey test was performed ($p < 0.05$). Increases in water management efficiency do not necessarily produce a greater development of morphological parameters. The 8 mm water level applied in the irrigation frequency two times the day does not meet the needs of seedlings, leading to a reduction in morphological development parameters and root system quality. The 14 mm water level applied in the irrigation frequency two times the day,

compared to 11 mm water level in the same irrigation frequency, used 21% more water and produced the same or less morphological development parameters and are not significantly different in the water management efficiency and in the number of seedlings with able roots systems for planting. To avoid wasting water and electricity and to produce high quality of *Calophyllum brasiliense* seedlings, we recommended that an 11 mm water level is applied in the irrigation frequency two times the day.

Keywords: irrigation, Guanandi, water, water level, irrigation frequency

4.1 Introdução

O reflorestamento na América Latina é uma atividade cada vez mais popular devido ao abandono de pastagens improdutivas para o gado e programas de incentivo governamentais (SCHELHAS et al., 1997). Com isso, houve um aumento na demanda por mudas florestais nos últimos anos, não só para a produção de madeira, mas também associada à conservação do solo e dos recursos hídricos, a fim de aumentar o habitat dos animais selvagens e estabelecer legados para as futuras gerações (ROSS-DAVIS et al., 2005).

Nesse cenário, um estímulo importante tem sido dado à melhoria da qualidade morfológica, fisiológica e genética das mudas florestais (WILSON; JACOBS, 2006), especialmente em condições adversas, torna-se cada vez mais óbvio que é necessária uma mudança de foco da quantidade para a qualidade das mudas (LINDQVIST; ONG, 2005).

Para reflorestamento em áreas ciliares degradadas, bem como para áreas com solo permanentemente encharcados, na forma de plantios mistos a pelo sol, associada com espécies pioneiras e clímax, é recomendada a espécie nativa *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae). Essa espécie é popularmente conhecida no Brasil como Guanandi, ocorrendo em todas as bacias brasileiras, sempre em planícies inundadas temporariamente, nos Biomas Mata Atlântica e Amazônia. É também encontrada no Cerradão, no Estado de São Paulo, nas matas ciliares do Brasil Central, no Pantanal e na Restinga (CARVALHO, 2003). Embora ainda frequentes, em algumas localidades as populações de Guanandi estão sofrendo forte pressão, seja pela exploração ilegal de madeira nas florestas da

planície do litoral norte do Paraná ou pela destruição da mata ciliar, que ocorre principalmente no interior do Estado de São Paulo, devido ao avanço das áreas agrícolas (MARQUES; JOLY, 2000). É uma espécie clímax tolerante à sombra (CARVALHO, 2003) ou, de acordo com as características apresentadas por Swaine e Whitmore (1988), é uma espécie pertencente ao grupo sucessional das espécies climáticas.

Nos viveiros, os principais fatores que afetam a qualidade das mudas são os materiais genéticos, os manejos hídricos e nutricionais, as embalagens e os substratos (SILVA et al., 2012). A principal finalidade da irrigação em viveiros é atender as necessidades hídricas das mudas, visando à qualidade, menor tempo de produção e maior retorno econômico (IRMAK et al., 2001; MORAIS et al., 2012).

Na próxima década, a irrigação em viveiros florestais será forçada a se tornar mais eficiente, entretanto, não haverá uma solução universal aplicável a um viveiro inteiro ou a todos os viveiros. Assim, pesquisas para fornecer soluções aos problemas de eficiência no uso da água e gestão de nutrientes têm sido conduzidas e estão crescendo nessa direção. Sem diretrizes científicas para aplicação adequada de água e nutrientes nas espécies do viveiro, futuras escolhas serão limitadas (BEESON et al., 2004).

Para produzir mudas florestais de qualidade, devem-se buscar manejos hídricos que minimizem os impactos negativos ambientais, econômicos e sociais causados pelo fornecimento inadequado de água. Nesse contexto, foi avaliado o efeito de três lâminas brutas diárias de água aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação sobre a qualidade de mudas de *Calophyllum brasiliense*, bem como a eficiência desses manejos hídricos.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro de 2011 e abril de 2012, em um viveiro suspenso e setorizado de Botucatu, região centro-sul do Estado de São Paulo (48°25'O; 22°51'S), com clima do tipo Cwa, segundo classificação de Wilhelm Köppen.

A coleta dos frutos de *Calophyllum brasiliense* foi realizada no chão de um fragmento florestal de Botucatu. Após a coleta, os frutos acondicionados em embalagens de polietileno e transportados até o viveiro para serem beneficiados.

No viveiro, a retirada do mesocarpo dos frutos foi realizada manualmente. Após o beneficiamento, as embalagens de polietileno contendo as sementes foram armazenadas em câmara fria a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 8 e 12%, onde permaneceram por 110 dias até o momento da semeadura.

Os recipientes utilizados na produção das mudas foram tubetes cilindro-cônico de polietileno com volume de 92 cm^3 e oito estrias internas salientes. Os tubetes foram acondicionados nas 108 células de cada bandeja de polipropileno e preenchidos com substrato constituído por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1; base volume).

As características físicas do substrato foram determinadas de acordo com Guerrini e Trigueiro (2004) e as características químicas de acordo com Brasil (2008) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento

Características físicas	Porosidade (%)			Retenção de água (mL/tubete)
	Macro	Micro	Total	
	24,2	59,3	83,4	54,6
Características químicas	Condutividade elétrica (mS cm^{-1})			pH
	0,5			6,5

Os fertilizantes solúveis Yoorin[®] Master 1S e Fosmag[®] 500B e o fertilizante de liberação controlada Osmocote[®], com formulação N-P-K (19:6:10), foram adicionados ao substrato. O conjunto desses fertilizantes forneceram macronutrientes nas dosagens de 42,3; 69; 31,3; 25,2; 48,2 e 18 mg/tubete de N, P, K, S, Ca e Mg, respectivamente e micronutrientes nas dosagens de 0,3; 0,1; 0,6; 18,4 e 1 mg/tubete de B, Cu, Mn, Si e Zn, respectivamente.

A sementeira foi realizada no mês de outubro de 2011, colocando uma semente, manualmente, em cada tubete. As bandejas foram alocadas em casa de vegetação, com temperatura (≤ 30 °C) e umidade relativa do ar ($> 80\%$) controladas pelo sistema de irrigação por nebulização, com vazão por bocal de 7 L h^{-1} , acionado automaticamente por painel elétrico durante 10 segundos a cada 15 minutos, das 9 às 16 horas. Após a sementeira, a espécie permaneceu nesse setor por 48 dias, quando as plântulas foram transferidas para casa de sombra. Na casa de sombra, composta por tela de sombreamento de 50%, as plântulas foram irrigadas por microaspersores, com vazão por bocal de 200 L h^{-1} , acionados automaticamente por painel elétrico durante 20 segundos a cada 30 minutos, das 9 às 16 horas e permaneceram por 31 dias, tempo suficiente para aclimatar as mudas, quando foram definidos os tratamentos.

Os tratamentos foram definidos em esquema fatorial 3x2: três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação [duas (2x) e quatro vezes (4x) ao dia] por um sistema de irrigação localizada do tipo microaspersão (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	Composições
L8F2	4 mm às 10 h e 4 mm às 14 h
L8F4	2 mm às 9 h, 2 mm às 11 h, 2 mm às 13 h e 2 mm às 15 h
L11F2	5,5 mm às 10 h e 5,5 mm às 14 h
L11F4	2,75 mm às 9 h, 2,75 mm às 11 h, 2,75 mm às 13 h e 2,75 mm às 15 h
L14F2	7 mm às 10 h e 7 mm às 14 h
L14F4	3,5 mm às 9 h, 3,5 mm às 11 h, 3,5 mm às 13 h e 3,5 mm às 15 h

L - lâmina bruta diária (mm); F - frequência de irrigação (vezes ao dia)

Cada tratamento foi constituído por 4 repetições (bandejas). Em cada bandeja, a percentagem de ocupação das mudas foi de 25%, sendo que as 12 mudas centrais constituíram as plantas úteis e outras 18 mudas circundantes constituíram a bordadura, totalizando 48 mudas úteis por tratamento e 288 no total.

Antes de iniciar a aplicação dos tratamentos foi realizada uma seleção das mudas, a fim de garantir que a média da altura da parte aérea e do diâmetro do colo não

diferisse estatisticamente ($p < 0,05$) entre todas as repetições. Os valores médios e desvios da altura da parte aérea e diâmetro do colo foram 12,0/1,3 cm e 2,32/0,26 mm, respectivamente.

Para determinar o tempo de irrigação necessário para aplicar cada tratamento, 114 coletores foram instalados, de forma equidistante, ao longo dos canteiros a pleno sol, seguindo uma disposição quadricular e formando uma malha em torno dos microaspersores testados. O sistema de irrigação ficou ativado por 6 minutos e o volume de água nos coletores foi medido com proveta graduada, chegando-se ao valor de 40 mm h⁻¹ de intensidade média de aplicação de água.

Para iniciar a aplicação dos tratamentos, as repetições foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso em três canteiros suspensos, cobertos com plástico difusor de luz, na área a pleno sol do viveiro com irrigação automatizada.

As adubações de crescimento foram realizadas duas vezes por semana durante 85 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelos fertilizantes monoamôniofosfato purificado, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ureia nas concentrações de 488; 155,4; 328,1; 312; 72,2 e 98,8 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês, zinco, cobre e ferro nas concentrações de 3; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3 e 48 mg L⁻¹ de B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

As adubações de rustificação foram realizadas duas vezes por semana dos 85 até os 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelo fertilizante cloreto de potássio na concentração de 750 mg L⁻¹ e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês, zinco, cobre e ferro nas concentrações de 4,2; 5,5; 1,7; 0,8; 0,4 e 67 mg L⁻¹ de K, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

Para avaliar a qualidade das mudas, os seguintes parâmetros morfológicos foram medidos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos: altura da parte aérea (cm), com uma régua milimetrada, medindo-se da base do colo até a gema apical que deu origem à última folha; diâmetro do colo (mm), por meio de um paquímetro digital,

sendo esses dois parâmetros avaliados nas 12 mudas úteis de cada repetição; massa seca da parte aérea e radicular (g), obtidas a partir do seccionamento do caule próximo ao substrato, sendo os sistemas radiculares lavados em água corrente sobre peneira e, em seguida, ambas as partes, colocadas em sacos de papel e levadas à estufa a 70 °C até atingirem massa constante, as quais foram medidas em balança eletrônica de precisão de duas casas em 6 mudas úteis de cada repetição. A partir da combinação dos parâmetros morfológicos, foram determinados os parâmetros massa seca total (g) e o índice de qualidade de Dickson (IQD = massa seca total / [(altura da parte aérea / diâmetro do colo) + (massa seca da parte aérea / massa seca radicular)]). Além disso, a qualidade do sistema radicular (%) foi avaliada nas mesmas mudas utilizadas para obtenção das massas secas aos 120 dias após o início dos tratamentos. A este parâmetro foram atribuídas três categorias: “ótimo”, ao sistema radicular formado por um torrão sem nenhuma flexibilidade e com presença de raízes novas (Figura 1A); “bom”, ao sistema radicular formado por um torrão com alguma flexibilidade e com poucas raízes novas (Figura 1B). Essas duas categorias foram consideradas aptas para o plantio. A categoria “ruim” foi atribuída ao sistema radicular formado por um torrão desagregado e, portanto, inapto para plantio no campo (Figura 1C).

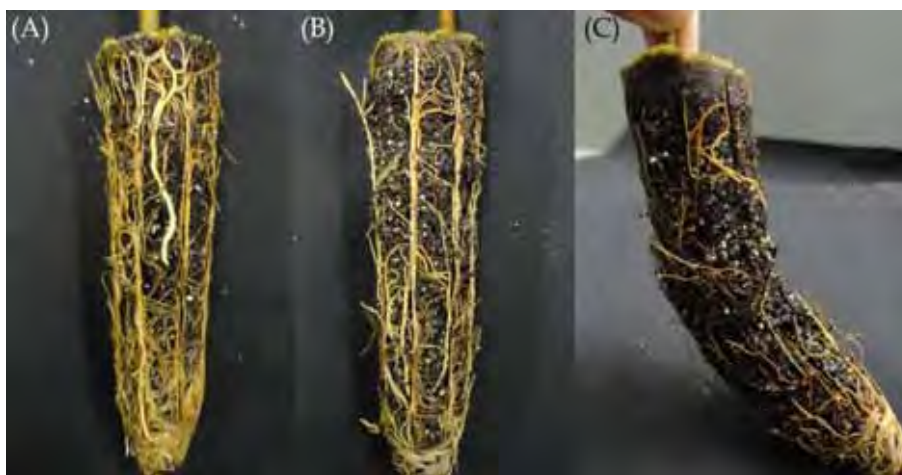


Figura 1. Conceitos de qualidade atribuídos aos sistemas radiculares da espécie *Calophyllum brasiliense*: ótima qualidade do sistema radicular (A), boa qualidade do sistema radicular (B) e qualidade ruim do sistema radicular (C) aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

A eficiência de cada manejo hídrico (%) foi avaliada aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos, nas duas mudas úteis centrais de cada repetição, totalizando oito mudas por tratamento, a partir da equação: $[(\text{volume de água aplicado} - \text{volume de água escoado}) / \text{volume de água aplicado}] \times 100$ (FAIN et al., 1998). A massa do conjunto tubete+muda foi medida antes e depois de cada irrigação em balança eletrônica de precisão de duas casas para quantificar o volume de água aplicado no substrato. O volume de água escoado pelo fundo do tubete após cada irrigação foi coletado por sacos plásticos presos com elástico e medido em balança eletrônica de precisão de duas casas.

A análise de variância foi utilizada para comparar o efeito dos tratamentos nos parâmetros analisados. Quando o valor do teste F indicou efeito significativo foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparar as diferenças entre os tratamentos.

4.3 Resultados e Discussão

As lâminas brutas 11 e 14 mm aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia formaram mudas maiores em altura da parte aérea, massa seca aérea e massa seca total, comparadas às mesmas lâminas aplicadas na frequência de irrigação quatro vezes ao dia. Nos parâmetros morfológicos massa seca radicular e IQD, essas mesmas lâminas brutas aplicadas na frequência duas vezes ao dia não diferiram da frequência de irrigação quatro vezes ao dia. Com relação ao diâmetro do colo, apenas a lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência duas vezes ao dia superou a frequência de irrigação quatro vezes ao dia (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da interação entre as lâminas brutas e as frequências de irrigação sobre a altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Calophyllum brasiliense* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

Lâminas brutas (mm)	Altura da parte aérea (cm)			Diâmetro do colo (mm)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	22,1 Cb	26,7 Aa	16,6	4,80 Bb	5,30 Ba	12,8
11	35,2 Aa	26,9 Ab	15	5,89 Aa	5,61 Aa	12,3
14	30,9 Ba	26 Ab	15	5,91 Aa	5,65 Ab	8,6
CV (%)	15,1	16		11,7	10,8	
Lâminas brutas (mm)	MSA (g)			MSR (g)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	2,91 Cb	3,92 Aa	16,4	1,44 Bb	1,72 Aa	18,9
11	5,27 Aa	3,54 Ab	20,4	1,81 Aa	1,62 Aa	20,5
14	4,52 Ba	3,87 Ab	16,2	1,76 Aa	1,68 Aa	17,3
CV (%)	19,5	16,2		19,6	18,3	
Lâminas brutas (mm)	MST (g)			IQD		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	4,35 Cb	5,64 Aa	15,8	0,67 Bb	0,78 Aa	20,3
11	7,07 Aa	5,16 Ab	19,5	0,82 Aa	0,76 Aa	24,6
14	6,28 Ba	5,56 Ab	15,1	0,81 Aa	0,81 Aa	19
CV (%)	18,4	15,6		22,8		

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna, dentro do mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na frequência de irrigação duas vezes ao dia, a lâmina bruta 11 mm foi superior à lâmina bruta 8 mm no desenvolvimento de todos os parâmetros morfológicos e comparada à lâmina bruta 14 mm proporcionou maior ou igual desenvolvimento em todos os parâmetros. Isso indica que a lâmina bruta 8 mm não foi capaz de suprir a necessidade hídrica das mudas e que a lâmina bruta 14 mm foi excessiva durante a aplicação dos tratamentos, o que pode ter ocasionado maiores perdas de nutrientes por lixiviação. A água é um componente integral da equação do manejo nutricional, particularmente onde a irrigação ou precipitação tem a capacidade de mover nutrientes solúveis com facilidade (LEA-COX et al., 2001). Os nutrientes são lixiviados quando o volume de irrigação excede capacidade de retenção de água do substrato (THOMAS; PERRY, 1980).

Com relação à qualidade do sistema radicular, a lâmina bruta 8 mm, apesar de não diferir da lâmina bruta 14 mm no conceito ótimo, produziu maior quantidade de mudas com sistemas radiculares ruins e menor quantidade de aptos, mostrando que esse volume de água foi insuficiente para produzir mudas com sistemas radiculares adequados (Figura 2).

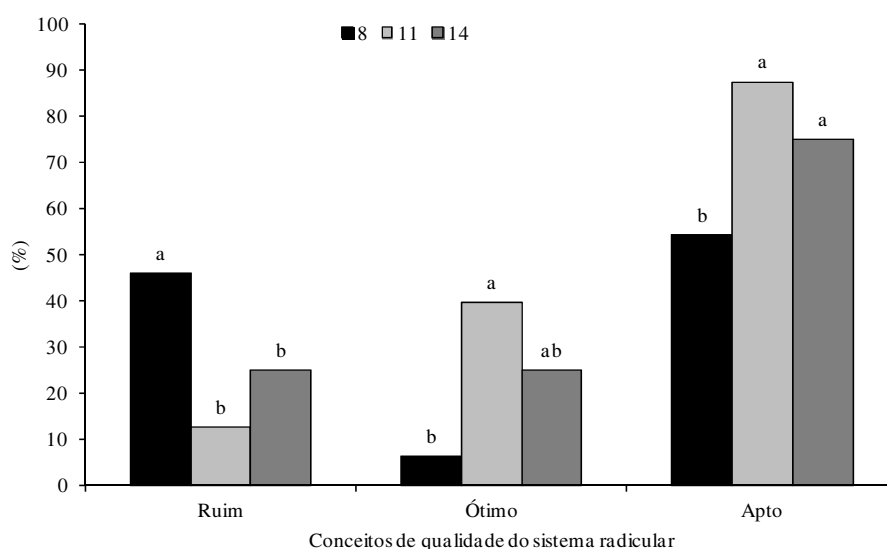


Figura 2. Efeito das lâminas brutas (mm) sobre os conceitos de qualidade “ruim”, “ótimo” e “apto” do sistema radicular de mudas de *Calophyllum brasiliense* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos; Médias seguidas de letras iguais, dentro do mesmo conceito, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A proliferação das raízes depende da disponibilidade de água e nutrientes no microambiente que circunda a raiz, a chamada rizosfera, sendo que, se a rizosfera é pobre em nutrientes ou muito seca, o crescimento radicular é lento (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As lâminas brutas 11 e 14 mm, que não diferiram entre si, formaram menor quantidade de mudas com sistemas radiculares ruins e maior quantidade de aptos. Isso demonstra que a lâmina bruta 14 mm é excessiva, sendo desnecessária sua utilização. O maior crescimento das plantas nem sempre está associado a taxas elevadas de irrigação, que poderia ser economizada durante o crescimento das mudas em viveiro (FOX; MONTAGUE, 2009). O excesso de água pode favorecer a lixiviação dos nutrientes e também proporcionar um

microclima favorável ao desenvolvimento de doenças, além das questões socioambientais relativas à economia de água e o acúmulo de lixiviados no solo (LOPES et al., 2005). Sem diretrizes científicas para aplicação adequada de água e nutrientes nas espécies do viveiro, futuras escolhas serão limitadas (BEESON et al., 2004), fazendo com que os viveiristas, muitas vezes, acabem aplicando água às mudas simplesmente ligando as válvulas do sistema de irrigação, sem saber a quantidade de água que é perdida através de escoamento (ZHU et al., 2005).

O aumento das lâminas brutas na frequência de irrigação quatro vezes ao dia reduziu a eficiência do manejo hídrico. Por outro lado, na frequência de irrigação duas vezes ao dia, as lâminas brutas 11 e 14 mm não diferiram nesse mesmo parâmetro (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da interação entre as lâminas brutas e as frequências de irrigação sobre a eficiência do manejo hídrico em mudas de *Calophyllum brasiliense* aos 120 dias após o início dos tratamentos.

Lâminas brutas (mm)	Eficiência do manejo hídrico (%)		
	Frequências		CV (%)
	2x	4x	
8	63,8 Aa	66,1 Aa	6,6
11	60,2 Ba	62,0 Ba	8,2
14	59,2 Ba	54,8 Cb	4,7
CV (%)	6,4	6,8	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Em ambas as frequências de irrigação, isso pode estar relacionado à arquitetura da *Calophyllum brasiliense*, que favorece o escoamento da água pelo caule até o substrato, associado ao desenvolvimento da parte aérea dessas mudas em seus respectivos tratamentos (Figura 3).

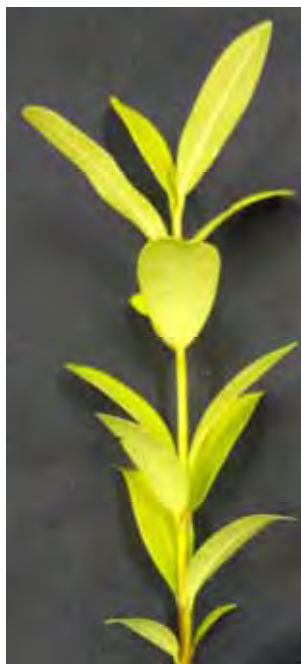


Figura 3. Arquitetura da parte aérea da muda de *Calophyllum brasiliense*

Na frequência de irrigação quatro vezes ao dia, a redução da eficiência com o aumento das lâminas brutas pode ser explicado pelo fato das mudas produzidas nesses tratamentos possuírem a mesma quantidade de parte aérea. Na frequência de irrigação duas vezes ao dia, o comportamento idêntico das lâminas brutas 11 e 14 mm com relação à eficiência só foi possível porque as mudas produzidas na lâmina 14 mm, mesmo recebendo mais água, dispunham de menor desenvolvimento da parte aérea, o que reduziu a captação de água e, conseqüentemente, o escoamento pelo fundo do tubete. A eficiência do manejo hídrico depende da arquitetura da muda, do estágio de desenvolvimento, das propriedades físicas do substrato, da altura do recipiente e da duração da irrigação (LEA-COX et al., 2001; MATHERS et al., 2005).

A lâmina bruta 8 mm aplicada em ambas frequências de irrigação aumentou a eficiência do manejo hídrico. Isso ocorreu porque, provavelmente, foram molhados apenas alguns centímetros abaixo da camada superficial do substrato. Nas demais lâminas brutas, a frequência de irrigação duas vezes ao dia se igualou ou superou a frequência de irrigação quatro vezes ao dia. A chave para aumentar a eficiência de aplicação de água usando a irrigação cíclica está no controle da taxa de aplicação, do tempo de aplicação e do intervalo entre as aplicações (WARREN; BILDERBACK, 2005).

4.4 Conclusões

O aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos.

A lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia não atende a necessidade das mudas, levando à redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos e qualidade do sistema radicular.

A lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia, comparada à lâmina bruta 11 mm nessa mesma frequência, utiliza 21% mais água e promove maior ou igual desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, bem como não difere na eficiência do manejo hídrico e na quantidade de mudas com sistemas radiculares aptos para o plantio.

Sendo assim, para evitar o desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas de *Calophyllum brasiliense* com qualidade, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação duas vezes ao dia.

4.5 Referências Bibliográficas

BEESON, R. C. Jr.; BILDERBACK, T. E.; BOLUSKI, B.; CHANDLER, S.; GRAMLING, H. M.; LEA-COX, J. D.; HARRIS, R. R.; KLINGER, P. J.; MATHERS, H. M. Strategic vision of container irrigation in the next ten years. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 113-115, 2004.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA n. 31**: Métodos analíticos oficiais para análise de substratos para plantas e condicionadores de solo. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. 7 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

FAIN, G. B.; TILT, K. M.; GILLIAM, C. H.; PONDER, H. G.; SIBLEY, J. F. Effects of cyclic micro-irrigation and substrate in pot-in-pot production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 215-218, 1998.

FOX, L.; MONTAGUE, T. Influence of irrigation regime on growth of select field-grown tree species in a semi-arid climate. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 27, n. 3, p. 134-138, set. 2009.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por bioossólidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

IRMAK, S.; HAMAN, D. Z.; YEAGER, T. H.; LARSEN, C. Seasonal irrigation water use efficiency of multi-pot box system. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 1, p. 4-10, 2001.

LEA-COX, J. D.; ROSS, D. S.; TEFFEAU, K. M. A water and nutrient management planning process for container nursery and greenhouse production systems in Maryland. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 4, p. 226-229, 2001.

LINDQVIST, H.; ONG, C. K. Using morphological characteristics for assessing seedling vitality in small-scale tree nurseries in Kenya. **Agroforestry Systems**, v. 64, n. 2, p. 89-98, 2005.

- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 97-106, 2005.
- MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 1, p.113-120, 2000.
- MATHERS, H. M.; YEAGER, T. H.; CASE, L. T. Improving irrigation water use in container nurseries. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p. 8-12, 2005.
- MORAIS, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 23-28, 2012.
- ROSS-DAVIS A. L.; BROUSSARD S. R.; JACOBS, D. F.; DAVIS, A. S. Afforestation behavior of private landowners: an examination of hardwood tree plantings in Indiana. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 22, n. 3, p. 149-153, 2005.
- SCHELHAS, J.; JANTZI T., KLEPPNER, C.; O'CONNOR, K.; TRATCHER, T. Meeting farmers' need through forest stewardship. **Journal of Forestry**, v. 95, n. 2, p. 33-38, 1997.
- SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012.
- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, n.1-2, p. 81-86, 1988.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

THOMAS, S.; PERRY, F. B. Ammonium nitrogen accumulation and leaching from an all pine bark medium. **HortScience**, v. 15, n. 6, p. 824-825, 1980.

ZHU, H.; KRAUSE, C. R.; ZONDAG, R. H.; BRAZEE, R. D.; DERKSEN, R. C.; REDING, M. E.; FAUSEY, N. R. New system to monitor water and nutrient use in pot-in-pot nursery production systems. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 23, n. 1, p. 47-53, 2005.

WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. More plant per gallon: getting more out of your water. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p.14-18, 2005.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006.

**5. CAPÍTULO III: MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE
*ASPIDOSPERMA POLYNEURON***

MANEJO HÍDRICO NA QUALIDADE DE MUDAS DE *ASPIDOSPERMA* *POLYNEURON*

Resumo: O aumento na demanda por mudas para reflorestamento tem obrigado os viveiros a fornecer um grande número de mudas em um tempo muito curto. Além disso, cada vez mais, exige-se que essas mudas suportem as condições ambientais do local de plantio. A produção de mudas de qualidade, ou seja, àquelas que sobreviverão e atingirão um nível desejado de crescimento após o plantio, depende, dentre outros fatores, da quantidade de água aplicada e da forma como ela é distribuída ao longo do dia. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação (duas e quatro vezes ao dia) sobre a qualidade de mudas de *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (Peroba-rosa), bem como a eficiência desses manejos hídricos. As mudas foram produzidas em tubetes de 92 cm³ contendo substrato composto por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1). Para avaliar a qualidade das mudas foram medidos, 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos, os seguintes parâmetros morfológicos: altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea, radicular e total, índice de qualidade de Dickson e qualidade do sistema radicular. Além desses parâmetros, foi medida a eficiência dos manejos hídricos. O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x2, com 4 repetições de 30 mudas, sendo consideradas úteis as 12 mudas centrais. Os dados foram submetidos à análise de variância e nos casos em que houve diferença significativa foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$). O aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos. A lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia e a lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia não atendem a necessidade hídrica das mudas, levando à redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos. A lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia, comparada à lâmina bruta 11 mm nessa mesma frequência de irrigação, utiliza 21% mais água e promove o mesmo desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, eficiência do manejo hídrico e quantidade de mudas com sistemas radiculares ótimos para o plantio. Para evitar o desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas de *Aspidosperma polyneuron*

com qualidade, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação duas vezes ao dia.

Palavras-chave: irrigação, Peroba-rosa, água, lâmina de água, frequência de irrigação

WATER MANAGEMENT ON THE QUALITY OF *ASPIDOSPERMA POLYNEURON* SEEDLINGS

Abstract: The increase in demand for seedlings for reforestation has obliged the nurseries to provide a large number of seedlings in a very short time. In addition, increasingly, it is required that these seedlings support the environmental conditions for the place of planting. The quality of the seedlings produced (i.e., those that survive and reach a desired level of growth after planting) depends upon, among other factors, the amount of water applied and how the water is distributed throughout the day. This study evaluated the effect of three water levels (8, 11 and 14 mm) applied daily and divided into two irrigation frequencies (two and four times a day) on the quality of *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (“Peroba-rosa”) seedlings, as well as the efficiency of these methods of water management. The seedlings were grown in 92 cm³ tubes containing substrate composed of *Sphagnum* peat + vermiculite + carbonized rice chaff (2:1:1) and fertilizer. To assess seedling quality, the following parameters of the seedlings were measured 120 days after the start of the treatment application: height, stem diameter, shoot, root and total dry weight, the Dickson quality index and root system quality. We also measured the efficiency of the water managements. The study was completely randomized in a 3x2 factorial design, with 4 replicates of 30 seedlings, considered useful the 12 central seedlings. The data were subjected to analysis of variance, and where significant differences existed, a Tukey test was performed ($p < 0.05$). Increases in water management efficiency do not necessarily produce a greater development of morphological parameters. The 8 mm water level applied in the irrigation frequency two times the day and the 14 mm water level applied in the irrigation frequency four times the day does not meet the needs of seedlings, leading to a reduction in morphological development parameters. The 14 mm water level applied in the irrigation frequency two times the day,

compared to 11 mm water level in this same irrigation frequency, used 21% more water and produced the same morphological development parameters, water management efficiency and number of seedlings with optimum roots systems for planting. To avoid wasting water and electricity and to produce high quality of *Aspidosperma polyneuron* seedlings, we recommended that an 11 mm water level is applied in the irrigation frequency two times the day to seedlings.

Keywords: irrigation, Peroba-rosa, water, water level, irrigation frequency

5.1 Introdução

A demanda por mudas para programas de reflorestamento tende a variar significativamente de ano para ano e os viveiros normalmente têm de fornecer um grande número de mudas em um tempo muito curto (CLEWELL; RIEGER, 1997). Além disso, os silvicultores estão exigindo, cada vez mais, mudas bem adaptadas às condições ambientais do local onde o reflorestamento será realizado (BAYLEY; KIETZLKA, 1997). Nesse cenário, um estímulo importante tem sido dado à melhoria da qualidade morfológica, fisiológica e genética das mudas florestais (WILSON; JACOBS, 2006), a fim de aumentar a sobrevivência e o crescimento após o plantio (MATTSSON, 1997).

Para recuperação de ecossistemas e restauração de matas ciliares em locais sem inundação (CARVALHO, 2003), na forma de plantio misto associado com espécies pioneiras (KAGEYAMA; CASTRO, 1989), é recomendada a espécie nativa *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (Apocynaceae). Essa espécie é popularmente conhecida no Brasil como Peroba-rosa, ocorrendo nos Biomas Mata Atlântica e Amazônia, no extremo noroeste de Mato Grosso, na Floresta Ombrófila Mista, no sul do Paraná, onde é rara e esporadicamente no domínio da Caatinga, em Minas Gerais e no Pantanal (CARVALHO, 2003). Esta espécie foi, provavelmente, a mais explorada nas florestas do Estado de São Paulo, tanto que raramente se encontra um exemplar de grande porte que tenha sobrevivido à exploração. Apresenta crescimento muito lento, tolerância à sombra e regeneração abundantemente sob o dossel

(DURIGAN et al., 2002) sendo, de acordo com as características apresentadas por Swaine e Whitmore (1988), uma espécie pertencente ao grupo sucessional das clímax.

Nos viveiros, os principais fatores que afetam a qualidade das mudas são os materiais genéticos, os manejos hídricos e nutricionais, as embalagens e os substratos (SILVA et al., 2012). O manejo da irrigação é definido como o processo de determinação do volume de água a ser aplicado e o seu tempo de aplicação (WARREN; BILDERBACK, 2005). Um desafio enfrentado pelos viveiristas é o de conservar a água enquanto atende as exigências de irrigação da planta (STABLER; MARTIN, 2000), uma vez que os viveiros de produção também enfrentam restrições de água e aumento da pressão para melhorar suas práticas de manejo hídrico e desenvolver pesquisas de conservação da água, consideradas fundamentais para a sustentabilidade do viveiro (BAUERLE et al., 2002; MANGIAFICO et al., 2008; MATHERS et al., 2005; TAYLOR et al., 2006).

Para produzir mudas florestais de qualidade, devemos buscar manejos hídricos que minimizem os impactos negativos ambientais, econômicos e sociais causados pelo fornecimento inadequado de água. Nesse contexto, foi avaliado o efeito de três lâminas brutas diárias de água aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação sobre a qualidade de mudas de *Aspidosperma polyneuron*, bem como a eficiência desses manejos hídricos.

5.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro de 2011 e abril de 2012, em um viveiro suspenso e setorizado de Botucatu, região centro-sul do Estado de São Paulo (48°25'O; 22°51'S), com clima do tipo Cwa, segundo classificação de Wilhelm Köppen.

A coleta dos frutos de *Aspidosperma polyneuron* foi realizada em matrizes localizadas no município de Botucatu através de escalada e derrubada manual dos galhos com ferramenta cortante.

No viveiro, a secagem dos frutos foi feita em local sombreado para facilitar a abertura. Após abertos, a retirada das sementes foi realizada manualmente. As

sementes foram acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas em câmara fria a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 8 e 12%, onde permaneceram por 30 dias até o momento da semeadura.

Os recipientes utilizados na produção das mudas foram tubetes cilindro-cônico de polietileno com volume de 92 cm^3 e oito estrias internas salientes. Os tubetes foram acondicionados nas 108 células de cada bandeja de polipropileno e preenchidos com substrato constituído por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1; base volume).

As características físicas do substrato foram determinadas de acordo com Guerrini e Trigueiro (2004) e as características químicas de acordo com Brasil (2008) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físicas e químicas do substrato utilizado no experimento

Características físicas	Porosidade (%)			Retenção de água (mL/tubete)
	Macro	Micro	Total	
	24,2	59,3	83,4	54,6
Características químicas	Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)			pH
	0,5			6,5

Foram adicionados os fertilizantes solúveis Yoorin® Master 1S e Fosmag® 500B e o fertilizante de liberação controlada Osmocote®, com formulação N-P-K (19:6:10). O conjunto desses fertilizantes forneceram macronutrientes nas dosagens de 42,3; 69; 31,3; 25,2; 48,2 e 18 mg/tubete de N, P, K, S, Ca e Mg, respectivamente e micronutrientes nas dosagens de 0,3; 0,1; 0,6; 18,4 e 1 mg/tubete de B, Cu, Mn, Si e Zn, respectivamente.

A semeadura foi realizada no mês de outubro de 2011 colocando uma semente, manualmente, em cada tubete. As bandejas foram alocadas em casa de vegetação, com temperatura ($\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar ($> 80\%$) controlada pelo sistema de irrigação por nebulização, com vazão por bocal de 7 L h^{-1} , acionado automaticamente por painel elétrico durante 10 segundos a cada 15 minutos, das 9 às 16 horas. Após a semeadura, a espécie permaneceu na casa de vegetação por 37 dias, quando as plântulas foram transferidas

para casa de sombra. Na casa de sombra, composta por tela de sombreamento de 50%, as plântulas foram irrigadas por microaspersores, com vazão por bocal de 200 L h⁻¹, acionados automaticamente por painel elétrico durante 20 segundos a cada 30 minutos, das 9 às 16 horas e permaneceram por 42 dias, tempo suficiente para aclimatar as mudas, quando foram definidos os tratamentos.

Os tratamentos foram definidos em esquema fatorial 3x2: três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação [duas (2x) e quatro vezes (4x) ao dia] por um sistema de irrigação localizada do tipo microaspersão (Tabela 2).

Tabela 2. Composição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	Composições
L8F2	4 mm às 10 h e 4 mm às 14 h
L8F4	2 mm às 9 h, 2 mm as 11 h, 2 mm às 13 h e 2 mm às 15 h
L11F2	5,5 mm às 10 h e 5,5 mm às 14 h
L11F4	2,75 mm às 9 h, 2,75 mm as 11 h, 2,75 mm às 13 h e 2,75 mm às 15 h
L14F2	7 mm às 10 h e 7 mm às 14 h
L14F4	3,5 mm às 9 h, 3,5 mm as 11 h, 3,5 mm às 13 h e 3,5 mm às 15 h

L - lâmina bruta diária (mm); F - frequência de irrigação (vezes ao dia)

Cada tratamento foi constituído por 4 repetições (bandejas). Em cada bandeja, a porcentagem de ocupação das mudas foi de 25%, sendo que as 12 mudas centrais constituíram as plantas úteis e outras 18 mudas circundantes constituíram a bordadura.

Antes de iniciar a aplicação dos tratamentos foi realizada uma seleção das mudas, a fim de garantir que a média da altura da parte aérea e do diâmetro do colo não diferisse estatisticamente ($p < 0,05$) entre todas as repetições. Os valores médios e desvios da altura da parte aérea e diâmetro do colo foram 5,3/0,8 cm e 1,33/0,16 mm, respectivamente.

Para determinar o tempo de irrigação necessário para aplicar cada tratamento, 114 coletores foram instalados, de forma equidistante, ao longo dos canteiros a pleno sol, seguindo uma disposição quadricular e formando uma malha em torno dos microaspersores testados. O sistema de irrigação ficou ativado por 6 minutos e o volume de água nos coletores foi medido com proveta graduada, chegando-se ao valor de 40 mm h⁻¹ de intensidade média de aplicação de água.

Para iniciar a aplicação dos tratamentos, as repetições foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso em três canteiros suspensos, cobertos com plástico difusor de luz, na área a pleno sol do viveiro com irrigação automatizada.

As adubações de crescimento foram realizadas duas vezes por semana durante 85 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelos fertilizantes monoamôniofosfato purificado, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ureia nas concentrações de 488; 155,4; 328,1; 312; 72,2 e 98,8 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês, zinco, cobre e ferro nas concentrações de 3; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3 e 48 mg L⁻¹ de B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

As adubações de rustificação foram realizadas duas vezes por semana dos 85 até os 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelo fertilizante cloreto de potássio na concentração de 750 mg L⁻¹ e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês, zinco, cobre e ferro nas concentrações de 4,2; 5,5; 1,7; 0,8; 0,4 e 67 mg L⁻¹ de K, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

Para avaliar a qualidade das mudas, os seguintes parâmetros morfológicos foram medidos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos: altura da parte aérea (cm), com uma régua milimetrada, medindo-se da base do colo até a gema apical que deu origem à última folha; diâmetro do colo (mm), por meio de um paquímetro digital, sendo esses dois parâmetros avaliados nas 12 mudas úteis de cada repetição; massa seca da parte aérea e radicular (g), obtidas a partir do seccionamento do colo, sendo os sistemas radiculares lavados em água corrente sobre peneira e, em seguida, ambas as partes, colocadas em sacos de papel e levadas à estufa a 70 °C até atingirem massa constante, as quais foram medidas em balança eletrônica de precisão de duas casas em 6 mudas úteis de cada repetição. A partir da combinação dos parâmetros morfológicos, foram determinados os parâmetros massa seca total (g) e o índice de qualidade de Dickson (IQD = massa seca total / [(altura da parte aérea / diâmetro do colo) + (massa seca da parte aérea / massa seca radicular)]). Além

disso, a qualidade do sistema radicular (%) foi avaliada nas mesmas mudas utilizadas para obtenção das massas secas aos 120 dias após o início dos tratamentos. A este parâmetro foram atribuídas três categorias: “ótimo”, ao sistema radicular formado por um torrão sem nenhuma flexibilidade e com presença de raízes novas (Figura 1A); “bom”, ao sistema radicular formado por um torrão com alguma flexibilidade e com poucas raízes novas (Figura 1B). Essas duas categorias foram consideradas aptas para o plantio. A categoria “ruim” foi atribuída ao sistema radicular formado por um torrão desagregado e, portanto, inapto para plantio no campo (Figura 1C).

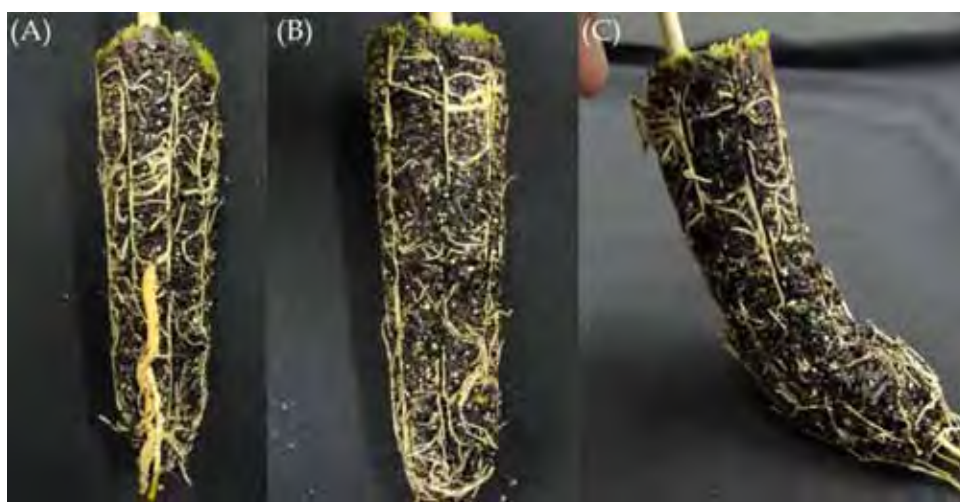


Figura 1. Conceitos de qualidade atribuídos aos sistemas radiculares da espécie *Aspidosperma polyneuron*: ótima qualidade do sistema radicular (A), boa qualidade do sistema radicular (B) e qualidade ruim do sistema radicular (C) aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

A eficiência de cada manejo hídrico (%) foi avaliada aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos, nas duas mudas úteis centrais de cada repetição, totalizando oito mudas por tratamento, a partir da equação: $[(\text{volume de água aplicado} - \text{volume de água escoado}) / \text{volume de água aplicado}] \times 100$ (FAIN et al., 1998). A massa do conjunto tubete+muda foi medida antes e depois de cada irrigação em balança eletrônica de precisão de duas casas para quantificar o volume de água aplicado no substrato. O volume de água escoado pelo fundo do tubete após cada irrigação foi coletado por sacos plásticos presos com elástico e medido em balança eletrônica de precisão de duas casas.

A análise de variância foi utilizada para comparar o efeito dos tratamentos nos parâmetros analisados. Quando o valor do teste F indicou efeito significativo foi utilizado o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparar as diferenças entre os tratamentos.

5.3 Resultados e Discussão

As lâminas brutas 11 e 14 mm aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia formaram mudas maiores em altura da parte aérea, diâmetro do colo e massa seca aérea, radicular e total comparadas às mesmas lâminas aplicadas na frequência de irrigação quatro vezes ao dia (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da interação entre as lâminas brutas e as frequências de irrigação sobre a altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Aspidosperma polyneuron* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

Lâminas brutas (mm)	Altura da parte aérea (cm)			Diâmetro do colo (mm)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	14,1 Bb	19,1 Aa	15,4	4,01 Bb	4,78 Aa	9,21
11	24,3 Aa	18,9 Ab	15,3	5,18 Aa	4,77 Ab	9,8
14	23,5 Aa	17,0 Bb	19,3	5,36 Aa	4,52 Bb	12,4
CV (%)	15,1	19		9	12,2	
Lâminas brutas (mm)	MSA (g)			MSR (g)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	1,67 Bb	2,59 Aa	13,9	0,86 Bb	1,07 Aa	17,2
11	3,58 Aa	2,57 Ab	17,8	1,17 Aa	1,11 Aa	19,6
14	3,54 Aa	2,23 Bb	20,8	1,33 Aa	0,99 Ab	21,6
CV (%)	20,3	15,4		21,3	18,1	
Lâminas brutas (mm)	MST (g)			IQD		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	2,53 Bb	3,66 Aa	14,2	0,46 Bb	0,58 Aa	18,7
11	4,75 Aa	3,68 Ab	17,7	0,63 Aa	0,59 Aa	22,1
14	4,87 Aa	3,22 Bb	20,5	0,70 Aa	0,53 Ab	23,2
CV (%)	20,1	15,5		23,5	19,7	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna, dentro do mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Segundo Fox e Montague (2009), o maior crescimento das plantas nem sempre está associado a taxas elevadas de irrigação, que poderia ser economizada durante o crescimento das mudas em viveiro.

As mudas irrigadas com a lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia e a lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia apresentaram menor altura da parte aérea, diâmetro do colo e massa seca aérea e total. Além disso, a lâmina bruta 8 mm produziu maior quantidade de mudas com sistemas radiculares ruins e menor quantidade de aptos, mostrando que esse volume foi insuficiente para suprir as necessidades hídricas das mudas (Figura 2).

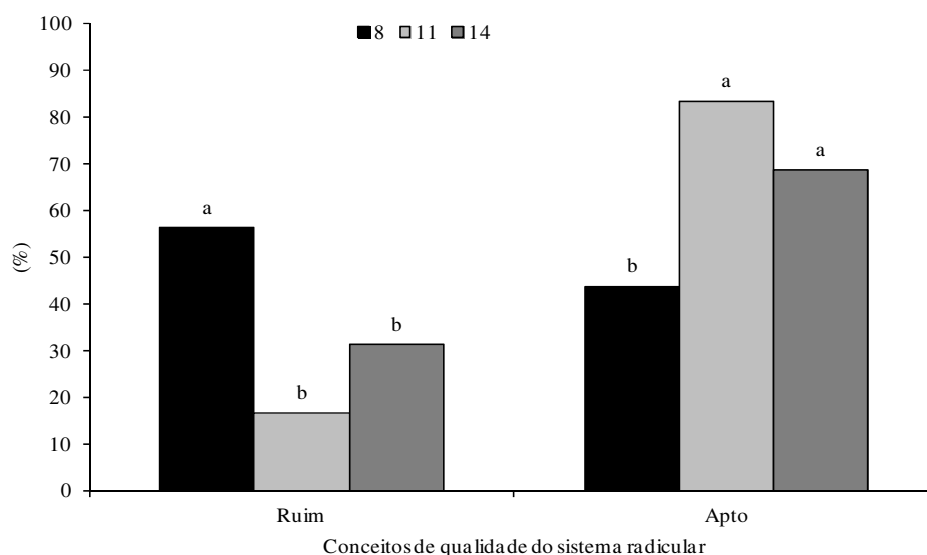


Figura 2. Efeito das lâminas brutas (mm) sobre os conceitos de qualidade “ruim” e “apto” do sistema radicular de mudas de *Aspidosperma polyneuron* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos; Médias seguidas de letras iguais, dentro do mesmo conceito, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A proliferação das raízes depende da disponibilidade de água e nutrientes no microambiente que circunda a raiz, a chamada rizosfera, sendo que, se a rizosfera é pobre em nutrientes ou muito seca, o crescimento radicular é lento (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As lâminas brutas 11 e 14 mm, que não diferiram entre si, formaram mais mudas com sistemas radiculares aptos ao plantio e menos mudas com sistemas radiculares ruins, demonstrando que a irrigação utilizando a maior lâmina bruta é excessiva. De acordo com Beeson et al. (2004), sem diretrizes científicas para aplicação adequada de água e nutrientes nas espécies do viveiro, futuras escolhas serão limitadas.

Os manejos hídricos não influenciaram o conceito de qualidade “bom”. As lâminas brutas 11 e 14 mm aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia formaram maior quantidade de mudas com sistemas radiculares ótimos que as aplicadas na frequência de irrigação quatro vezes ao dia. Na lâmina bruta 8 mm as frequência de irrigação não influenciaram esse conceito (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da interação entre as lâminas brutas e as frequências de irrigação sobre o conceito de qualidade “ótimo” do sistema radicular de mudas de *Aspidosperma polyneuron* aos 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos

Lâminas brutas (mm)	Ótimo	
	Frequências	
	2x	4x
8	8,3 Ba	25 Aa
11	58,3 Aa	29,2 Ab
14	62,5 Aa	12,5 Ab

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

As lâminas brutas 11 e 14 mm, aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia, proporcionaram a mesma quantidade de mudas com sistemas radiculares ótimos, evidenciando a possibilidade de economizar água na irrigação das mudas de *Aspidosperma polyneuron*. Segundo Montague e Kjelgren (2006), o excesso de água pode levar à lixiviação dos nutrientes provocando danos ao ambiente, baixo crescimento da planta e aumento nos custos.

A frequência de irrigação não influenciou a eficiência do manejo hídrico (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito das lâminas brutas sobre a eficiência do manejo hídrico em mudas de *Aspidosperma polyneuron* aos 120 dias após o início dos tratamentos.

Lâminas brutas (mm)	Eficiência do manejo hídrico (%)	CV (%)
8	62,2 a	8,2
11	59,2 b	8,7
14	57,2 b	9,0

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

O fato das lâminas brutas 11 e 14 mm não diferirem pode estar relacionado à arquitetura da *Aspidosperma polyneuron*, que favorece o escoamento da água pelo caule até o substrato, bem como ao nível de desenvolvimento da parte aérea dessas mudas (Figura 3).



Figura 3. Arquitetura da parte aérea da muda de *Aspidosperma polyneuron*

As mudas produzidas na lâmina bruta 14 mm, mesmo recebendo mais água que as mudas produzidas na lâmina bruta 11 mm, considerando a média das duas frequências de irrigação, dispunham de menor desenvolvimento da parte aérea, o que reduziu a captação de água e, conseqüentemente, o escoamento pelo fundo do tubete. Um objetivo ideal

seria zerar a quantidade de água lixiviada, no entanto, é muito difícil manter a quantidade de água adequada com zero de água lixiviada, uma vez que a eficiência de aplicação de água é sempre inferior a 100% e alguma lixiviação ocorre ao tentar substituir 100% da água perdida do recipiente. Nesse sentido, pesquisadores estão explorando a possibilidade de se reduzir as frações de escoamento, a fim de obter ganhos significativos na conservação da água e cultivar as plantas com sucesso (WARREN; BILDERBACK, 2005).

A lâmina 8 mm aumentou a eficiência do manejo hídrico. Isso demonstra que nem sempre a lâmina que produz menor escoamento de água pelo fundo do tubete é a melhor, uma vez que se a necessidade hídrica da muda não for suprida, haverá redução do crescimento. De acordo com Groves et al. (1998) e Warren e Bilderback (2005), zerar a quantidade de água escoada pelo fundo do tubete não implica simplesmente em reduzir o volume de irrigação, pois se baixos volumes de água são aplicadas para eliminar o escoamento, sem ter em conta a manutenção adequada de água no recipiente, poderá ocorrer o fechamento dos estômatos, redução da fotossíntese e, conseqüentemente, redução do crescimento das plantas.

5.4 Conclusões

O aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos.

A lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia e a lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia não atendem a necessidade hídrica das mudas, levando à redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos.

A lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia, comparada à lâmina bruta 11 mm nessa mesma frequência de irrigação, utiliza 21% mais água e promove o mesmo desenvolvimento dos parâmetros morfológicos, eficiência do manejo hídrico e quantidade de mudas com sistemas radiculares ótimos para o plantio.

Sendo assim, para evitar o desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas de *Aspidosperma polyneuron* com qualidade, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação duas vezes ao dia.

5.5 Referências Bibliográficas

- BAUERLE, W. L.; POST, C. J.; McLEOD, M. F.; DUDLEY, J. B.; TOLER, J. E. Measurement and modeling of the transpiration of a temperate red maple container nursery. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 114, n. 1, p. 45-57, 2002.
- BAYLEY, A. D.; KIETZKA, J. W. Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 341-356, 1997.
- BEESON, R. C. Jr.; BILDERBACK, T. E.; BOLUSKI, B.; CHANDLER, S.; GRAMLING, H. M.; LEA-COX, J. D.; HARRIS, R. R.; KLINGER, P. J.; MATHERS, H. M. Strategic vision of container irrigation in the next ten years. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 113-115, 2004.
- BRASIL. **Instrução Normativa SDA n. 31**: Métodos analíticos oficiais para análise de substratos para plantas e condicionadores de solo. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. 7 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- CLEWELL, A.; RIEGER, J. P. What practitioners need from restoration ecologists. **Restoration Ecology**, v. 5, n. 4, p. 350-354, 1997.
- DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 22 p.

FAIN, G. B.; TILT, K. M.; GILLIAM, C. H.; PONDER, H. G.; SIBLEY, J. F. Effects of cyclic micro-irrigation and substrate in pot-in-pot production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 215-218, 1998.

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

FOX, L.; MONTAGUE, T. Influence of irrigation regime on growth of select field-grown tree species in a semi-arid climate. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 27, n. 3, p. 134-138, set. 2009.

GROVES, K. M.; WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. Irrigation volume, application and controlled-release fertilizers: I. Effect on plant growth and mineral nutrient content in containerized plant production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 3, p. 176-181, 1998.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, v. 41-42, p.83-93, 1989.

MANGIAFICO, S. S.; ZURAWSKI, D.; MOCHIZUKI, M. J.; NEWMAN, J. P. Adoption of sustainable practices to protect and conserve water resources in container nurseries with greenhouse facilities. **Acta Horticulturae**, v. 797, p. 367-372, 2008.

MATHERS, H. M.; YEAGER, T. H.; CASE, L. T. Improving irrigation water use in container nurseries. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p. 8-12, 2005.

MATTSSON, A. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 223-248, 1997.

MONTAGUE, T.; KJELGREN, R. Use of thermal dissipation probes to estimate water loss of containerized landscape trees. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 24, n. 2, p. 95-104, 2006.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012.

STABLER, L. B.; MARTIN, C. A. Irrigation regimes differentially affect growth and water use efficiency of two Southwest landscape plants. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 18, n. 1, p. 66-70, 2000.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, n.1-2, p. 81-86, 1988.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAYLOR, M. D.; WHITE, S. A; CHANDLER, S. L.; KLAINÉ, S. J.; WHITWELL, T. Nutrient management of nursery runoff water using constructed wetland systems. **HortTechnology**, v. 16, n. 4, p. 610-614, 2006.

WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. More plant per gallon: getting more out of your water. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p.14-18, 2005.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006.

**6. CAPÍTULO IV: RELAÇÃO ENTRE O MANEJO HÍDRICO APLICADO ÀS
MUDAS NO VIVEIRO E O DESENVOLVIMENTO PÓS-PLANTIO EM VASO**

RELAÇÃO ENTRE O MANEJO HÍDRICO APLICADO ÀS MUDAS NO VIVEIRO E O DESENVOLVIMENTO PÓS-PLANTIO EM VASO

Resumo: Consequência de um longo histórico de degradação, a cobertura florestal original do Bioma Mata Atlântica foi reduzida, majoritariamente, a pequenos e isolados fragmentos. Nesses casos, o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas é uma das opções para acelerar a reabilitação desses ambientes. A produção de mudas de qualidade, ou seja, àquelas que sobreviverão e atingirão um nível desejado de crescimento após o plantio, depende, dentre outros fatores, da quantidade de água aplicada e da forma como ela é distribuída ao longo do dia. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação (duas e quatro vezes ao dia) nas mudas de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Pau-jacaré), *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Guanandi) e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (Peroba-rosa) na fase de viveiro sobre o desenvolvimento dessas mudas após o plantio. As mudas foram produzidas em tubetes de 92 cm³ contendo substrato composto por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1) e adubação de base. Após a finalização da fase de viveiro, seis mudas de cada tratamento foram plantadas em vasos de 7 L e dispostas em delineamento inteiramente ao acaso em estufa coberta com plástico transparente. Essas mudas foram irrigadas com 500 mL a cada nove dias. A altura da parte aérea e o diâmetro do colo foram avaliados imediatamente após o plantio e, posteriormente, em intervalos de 30 dias até 120 dias, quando a massa seca aérea e radicular foram medidas. A lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia nas mudas da espécie *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron* na fase de viveiro promove menor altura da parte aérea, diâmetro do colo e massa seca aérea e radicular 120 dias após o plantio em vaso. Esse mesmo manejo hídrico na espécie *Piptadenia gonoacantha* forma mudas com menor massa seca aérea e radicular 120 dias após o plantio em vaso. Nas mudas de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron*, a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia na fase de viveiro promove maior altura da parte aérea, diâmetro do colo e massa seca aérea e radicular que a lâmina bruta 14 mm nessa mesma frequência de irrigação 120 dias após o plantio em vaso, evidenciando a possibilidade de

economizar 21% de água e eletricidade na irrigação dessas espécies no viveiro, bem como reduzir a frequência de manutenção no povoamento.

Palavras-chave: irrigação, *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense*, *Aspidosperma polyneuron*, desenvolvimento inicial, qualidade de mudas

RELATION BETWEEN WATER MANAGEMENT APPLIED IN THE SEEDLINGS IN THE NURSERY AND DEVELOPMENT AFTER PLANTING IN POT

Abstract: The Brazilian Atlantic forest tree cover has been reduced to small and isolated fragments due to a long history of degradation. Tree seedling plantings are a potential option to accelerate environmental restoration. The quality of the seedlings produced (i.e., those that survive and reach a desired level of growth after planting) depends upon, among other factors, the amount of water applied and how the water is distributed throughout the day. This study evaluated the effect of three water levels (8, 11 and 14 mm) applied daily and divided into two irrigation frequencies (two and four times a day) on the quality of *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (“Pau-jacaré”), *Calophyllum brasiliense* Cambess. (“Guanandi”) e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (“Peroba-rosa”) seedlings at nursery on the development after outplanting. The seedlings were grown in 92 cm³ tubes containing substrate composed of *Sphagnum* peat + vermiculite + carbonized rice chaff (2:1:1) and fertilizer. After nursery phase, six seedlings from each treatment were planted in pots of 7 L and were arranged in a completely randomized design in a greenhouse covered with transparent plastic. These seedlings were irrigated with 500 mL each nine days. The height and stem diameter of seedlings were assessed immediately after planting and thereafter in the intervals of 30 days until 120 days after planting, when the root and shoot dry weight were measured. The 8 mm water level applied in the irrigation frequency two times the day in species *Calophyllum brasiliense* and *Aspidosperma polyneuron* seedlings in the nursery promoted smaller height, stem diameter, shoot and root dry weight 120 days after planting in pot. This same water management in *Piptadenia gonoacantha* species formed seedlings with smaller shoot and root dry weight 120 days after planting in pot. In three species seedlings, the 11 mm water level

applied in the irrigation frequency two times the day in the nursery promoted greater height, stem diameter, shoot and root dry weight as the seedlings treated with the 14 mm water level in this same irrigation frequency 120 days after planting in pot, showing the possibility to avoid wasting 21% of water and electricity in the irrigation of this species in nursery and to reduce the stand maintenance frequency.

Keywords: irrigation, *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense*, *Aspidosperma polyneuron*, initial development, quality of seedling

6.1 Introdução

Consequência de um longo histórico de degradação, apenas 11,7% da cobertura florestal original do bioma Mata Atlântica foi mantida (RIBEIRO et al., 2009). Como agravante dessa situação, a maioria desses remanescentes é constituída por pequenos fragmentos (<100 ha; RANTA et al., 1998) isolados uns dos outros, o que requer um manejo específico para facilitar sua recuperação (ENGEL; PARROTA, 2001). O plantio de mudas de espécies arbóreas é uma das opções para acelerar a reabilitação desses ambientes e prevenir o agravamento dos danos ambientais (MODNA et al., 2010).

As espécies *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. (Leguminosae Mimosoideae), *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae) e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (Apocynaceae), popularmente conhecidas por Pau-jacaré, Guanandi e Peroba-rosa, respectivamente, são importantes para recuperação de terrenos erodidos com baixa fertilidade e restauração de áreas ciliares degradadas, principalmente, do bioma Mata Atlântica (CARVALHO, 2003).

Nesse cenário, um estímulo importante tem sido dado à melhoria da qualidade morfológica, fisiológica e genética das mudas florestais (WILSON; JACOBS, 2006), a fim de aumentar a sobrevivência e o crescimento após o plantio. As possibilidades de prever o desempenho em campo através de algum tipo de avaliação da qualidade da muda no viveiro também aumentaram substancialmente nos últimos anos. É possível usar diferentes medições no viveiro para a identificação de mudas que não são aptas a sobreviver ou crescerão

muito pouco no campo (MATTSSON, 1997). A altura da parte aérea e o diâmetro do colo são os parâmetros mais utilizados na grande escala operacional de classificação de qualidade das mudas em viveiros (SUTTON, 1979; CHAVASSE, 1980; DEANS et al., 1989; DEY; PARKER, 1997; JACOBS et al., 2005; ZIDA et al., 2008) e, em muitos casos, foram correlacionados com a sobrevivência e o crescimento das mudas após o plantio (BAYLEY; KIETZKA, 1997; JACOBS et al., 2005).

A qualidade das mudas, expressa por parâmetros morfológicos e fisiológicos, pode ser manipulada por meio da composição genética e das práticas culturais no viveiro, a fim de produzir mudas aclimatadas às condições ambientais do local de plantio visando um desenvolvimento vigoroso (LAVENDER et al., 1980; O'REILLY et al., 1989; TOMLINSON et al., 1996; VILLAR-SALVADOR et al., 2004; WILSON; JACOBS, 2006).

Os principais tratamentos culturais que afetam a qualidade das mudas são os manejos hídricos e nutricionais, as embalagens e os substratos (SILVA et al., 2012). O manejo da irrigação é definido como o processo de determinação do volume de água a ser aplicado e o seu tempo de aplicação (WARREN; BILDERBACK, 2005), sendo que a principal finalidade da irrigação em viveiros, visando à qualidade, é atender as necessidades hídricas das mudas, reduzir o tempo de produção e gerar maior retorno econômico (IRMAK et al., 2001; MORAIS et al., 2012). Além disso, um desafio enfrentado pelos viveiristas é o de conservar a água enquanto atende as exigências de irrigação da planta (STABLER; MARTIN, 2000).

Para produzir mudas florestais de qualidade, com maior sobrevivência e menor frequência de tratamentos culturais após o plantio, devemos buscar manejos hídricos adequados, capazes de minimizar os impactos negativos ambientais, econômicos e sociais causados pelo fornecimento inadequado de água. Nesse contexto, foi avaliado o efeito do manejo de irrigação nas mudas de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron* na fase de viveiro sobre o desenvolvimento dessas mudas após o plantio.

6.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro de 2011 e outubro de 2012 no município de Botucatu, região centro-sul do Estado de São Paulo (48°25'O; 22°51'S), com clima do tipo Cwa, segundo classificação de Wilhelm Köppen.

As sementes de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron* foram coletadas no município de Botucatu e semeadas em tubetes cilindro-cônico de polietileno com volume de 92 cm³, utilizando um substrato constituído por turfa de *Sphagnum*+vermiculita+casca de arroz carbonizada (2:1:1; base volume).

Os fertilizantes solúveis Yoorin® Master 1S e Fosmag® 500B e o fertilizante de liberação controlada Osmocote® com formulação N-P-K (19:6:10) foram adicionados ao substrato. O conjunto desses fertilizantes forneceram macronutrientes nas dosagens de 42,3; 69; 31,3; 25,2; 48,2 e 18 mg/tubete de N, P, K, S, Ca e Mg, respectivamente e micronutrientes nas dosagens de 0,3; 0,1; 0,6; 18,4 e 1 mg/tubete de B, Cu, Mn, Si e Zn, respectivamente.

A semeadura das espécies *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron* foi realizada no mês de outubro de 2011 e a da espécie *Piptadenia gonoacantha* no mês de novembro de 2011 em casa de vegetação com temperatura (≤ 30 °C) e umidade relativa do ar ($> 80\%$) controlada pelo sistema de irrigação por nebulização. Neste ambiente as plântulas de *Piptadenia gonoacantha* permaneceram por 14 dias, as de *Calophyllum brasiliense* 48 dias e as de *Aspidosperma polyneuron* 37 dias. Após esta fase, foram transferidas para casa de sombra com tela de sombreamento de 50%, onde as espécies *Piptadenia gonoacantha* e *Aspidosperma polyneuron* permaneceram por 42 dias e a espécie *Calophyllum brasiliense* 31 dias. Durante esse período foram irrigadas, via microaspersão, com lâmina média de 6 mm. Na sequência, foram transferidas para os canteiros cobertos para aplicação dos tratamentos.

Os tratamentos foram definidos em esquema fatorial 3x2: três lâminas brutas diárias de água (8, 11 e 14 mm) aplicadas parceladamente em duas frequências de irrigação [duas (2x) e quatro vezes (4x) ao dia] por um sistema de irrigação localizada do tipo microaspersão (Tabela 1).

Tabela 1. Composição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	Composições
L8F2	4 mm às 10 h e 4 mm às 14 h
L8F4	2 mm às 9 h, 2 mm as 11 h, 2 mm às 13 h e 2 mm às 15 h
L11F2	5,5 mm às 10 h e 5,5 mm às 14 h
L11F4	2,75 mm às 9 h, 2,75 mm as 11 h, 2,75 mm às 13 h e 2,75 mm às 15 h
L14F2	7 mm às 10 h e 7 mm às 14 h
L14F4	3,5 mm às 9 h, 3,5 mm as 11 h, 3,5 mm às 13 h e 3,5 mm às 15 h

L - lâmina bruta diária (mm); F - frequência de irrigação (vezes ao dia)

Para iniciar a aplicação dos tratamentos, as repetições foram distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso em três canteiros suspensos, cobertos com plástico difusor de luz, na área a pleno sol do viveiro com irrigação automatizada.

As adubações de crescimento foram realizadas duas vezes por semana durante 85 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelos fertilizantes monoamôniofosfato purificado, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ureia nas concentrações de 488; 155,4; 328,1; 312; 72,2 e 98,8 mg L⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês, zinco, cobre e ferro nas concentrações de 3; 3,9; 1,2; 0,6; 0,3 e 48 mg L⁻¹ de B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

As adubações de rustificação foram realizadas duas vezes por semana dos 85 até os 120 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Em cada adubação, a lâmina bruta de 4 mm de solução nutritiva foi aplicada via ferti-irrigação em todos os tratamentos. A solução foi composta pelo fertilizante cloreto de potássio na concentração de 750 mg L⁻¹ e a solução de micronutrientes por ácido bórico, molibdato de sódio e sulfatos de manganês, zinco, cobre e ferro nas concentrações de 4,2; 5,5; 1,7; 0,8; 0,4 e 67 mg L⁻¹ de K, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, respectivamente.

Após a finalização da fase de viveiro (162 dias após o início dos tratamentos), seis mudas de cada tratamento foram plantadas em vasos de 7 L, contendo 8 kg de solo cada. O solo utilizado foi coletado da camada superficial (0-20 cm de profundidade), correspondendo, segundo Carvalho et al. (1983), a um Latossolo Vermelho distrófico, textura média. Esse solo recebeu adubação de base contendo fertilizante com formulação N-P-K

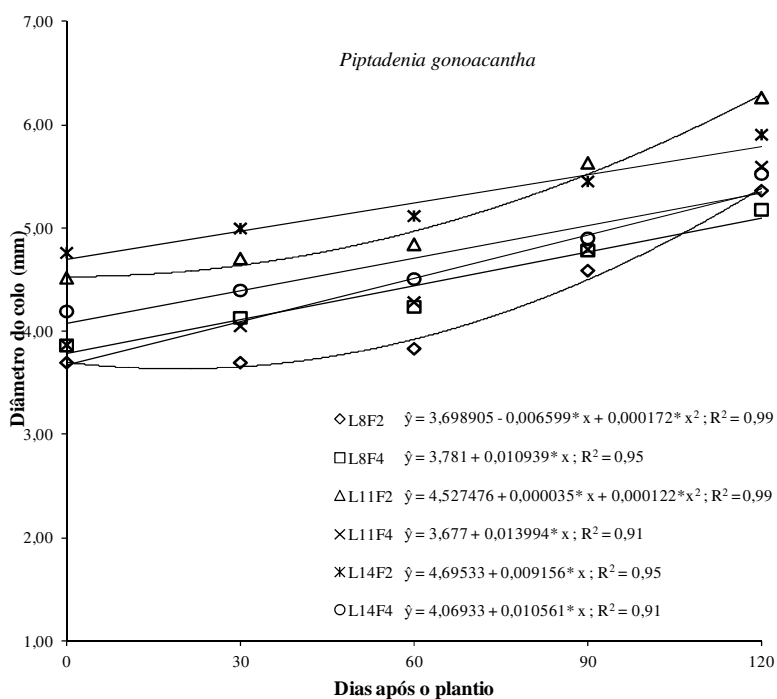
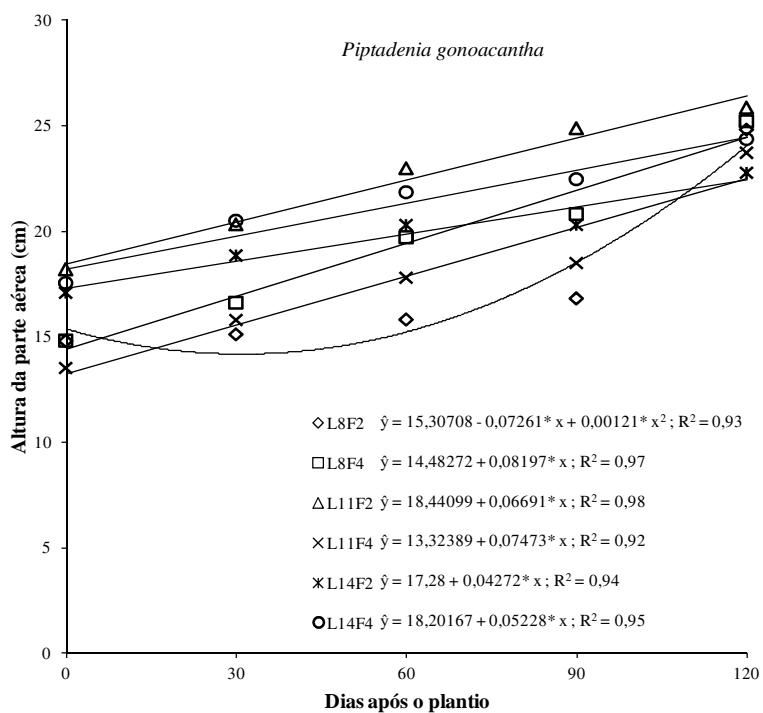
(4:14:8) na dosagem 2 kg de fertilizante por metro cúbico de solo e calcário dolomítico, na mesma dosagem, misturados por 5 minutos em betoneira. Antes e logo após o plantio, cada vaso foi irrigado, respectivamente, com 2 e 1 L de água. As plantas foram mantidas a pleno sol, dispostas em delineamento inteiramente ao acaso, em estufa coberta com plástico transparente por 120 dias e irrigadas com 500 mL a cada nove dias.

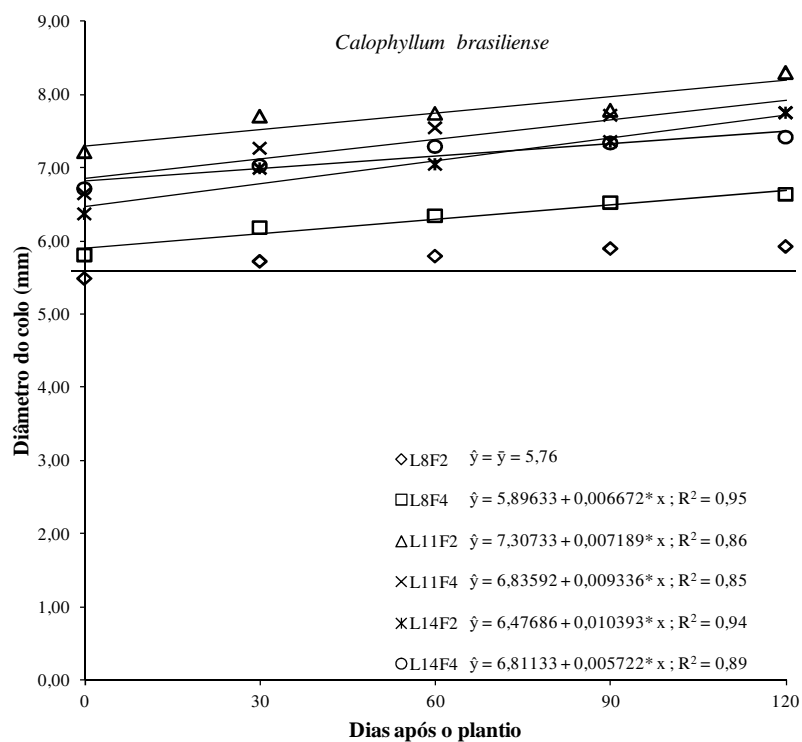
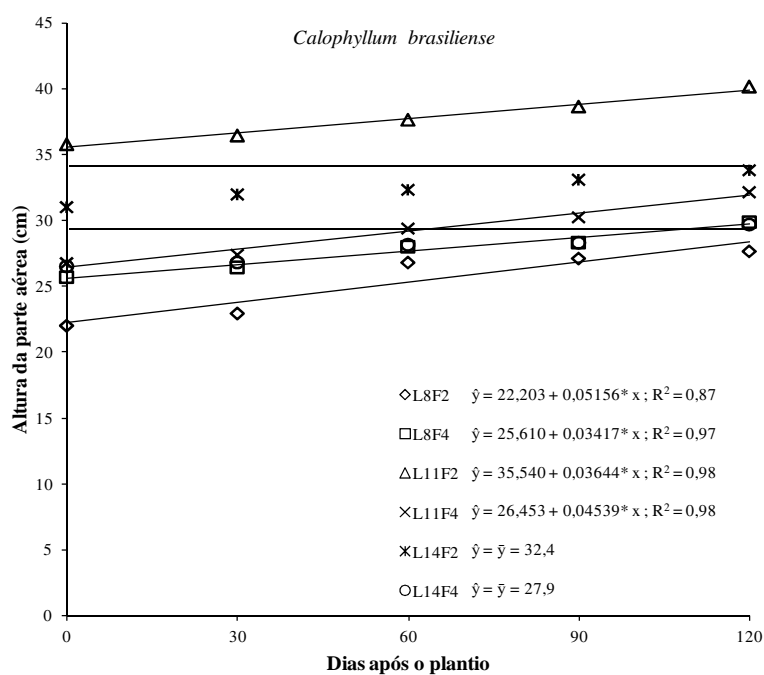
As plantas foram avaliadas imediatamente após o plantio e, posteriormente, em intervalos de 30 dias, quanto à altura da parte aérea (cm), com uma régua milimetrada, medindo-se da base do colo até a gema apical e o diâmetro do colo (mm), por meio de um paquímetro digital. Aos 120 dias após o plantio, foi determinada a massa seca aérea e radicular das plantas (g) a partir do seccionamento do caule próximo ao solo. Os sistemas radiculares foram lavados em água corrente. As partes aéreas e os sistemas radiculares foram colocados em sacos de papel e levados à estufa a 70 °C até atingirem massa constante. A massa seca da parte aérea e radicular foi medida em balança eletrônica de precisão de duas casas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os que apresentaram significância foram comparados por meio de análise de regressão ao longo do tempo (altura da parte aérea e diâmetro do colo) e teste de Tukey ($p < 0,05$) (massa seca aérea e radicular).

6.3 Resultados e Discussão

Nas três espécies, o efeito dos tratamentos sobre a altura da parte aérea e o diâmetro do colo das mudas apresentou comportamento linear, a exceção da lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia (altura da parte aérea e diâmetro do colo) e da lâmina bruta 11 mm aplicada nessa mesma frequência de irrigação (diâmetro do colo) na espécie *Piptadenia gonoacantha* (Figura 1).





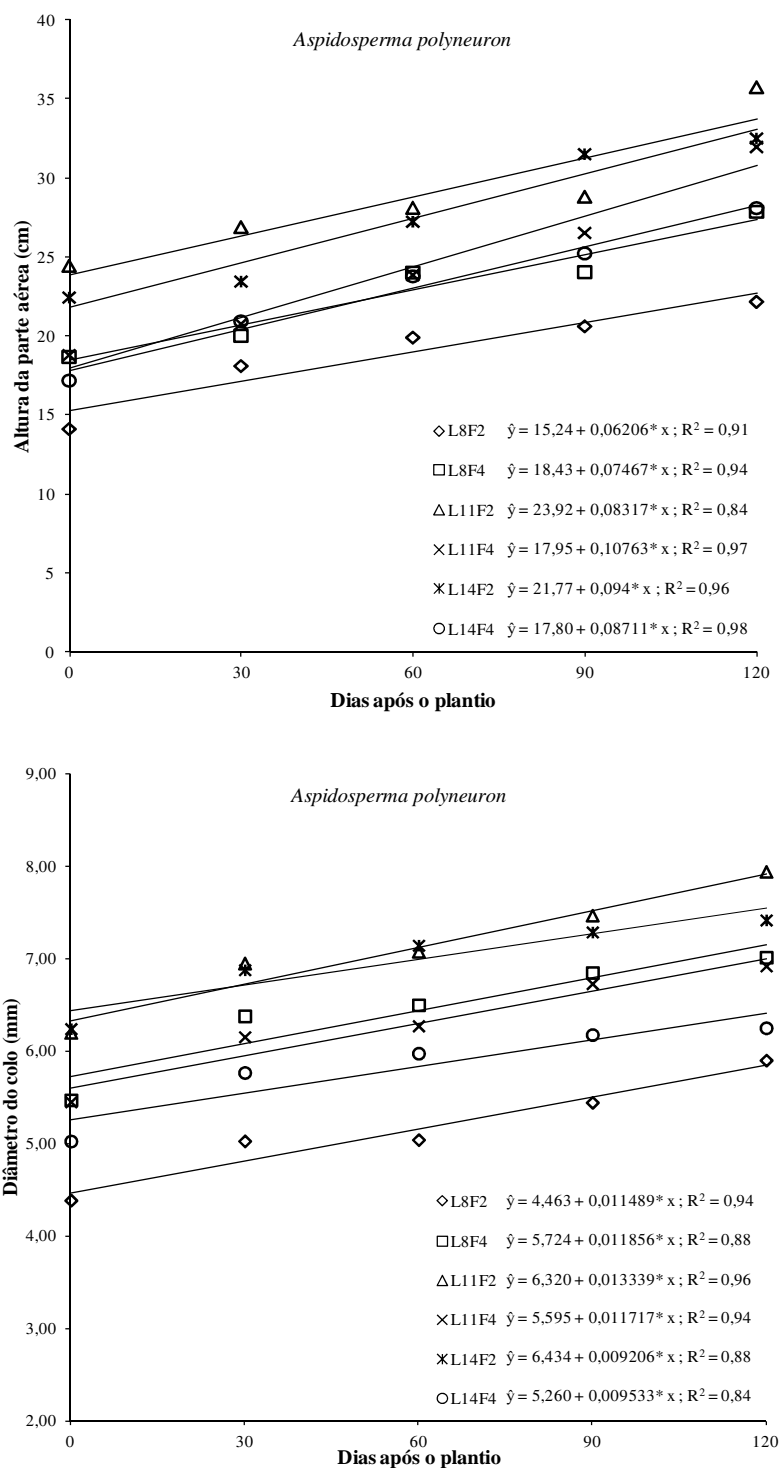


Figura 1. Efeito das lâminas brutas e frequências de irrigação aplicadas às mudas na fase de viveiro sobre a altura da parte aérea e o diâmetro do colo de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron* aos 120 dias após o plantio.

*Significativo de acordo com o teste F ($p < 0,05$)

Nas três espécies, a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia, que formou mudas maiores ao final da fase de viveiro, continuou proporcionando maiores alturas da parte aérea após o plantio. Isso demonstra a influência da qualidade da muda no desenvolvimento após o plantio. Com o maior desenvolvimento das mudas, nos meses subsequentes ao plantio, tem-se verificado uma diminuição na necessidade de limpeza do povoamento, o que implica em considerável redução de custos de implantação (CARNEIRO, 1995).

Nas mudas da espécie *Calophyllum brasiliense*, a lâmina bruta 14 mm nas duas frequências de irrigação, mesmo tendo apresentado bons resultados ao final da fase de viveiro, sofreu o choque do plantio e estagnou o crescimento em altura da parte aérea. Choque de plantio é o termo usado para descrever o crescimento reduzido das mudas causado pela aclimação às novas condições ambientais (RIETVELD, 1989; McKAY, 1997; DAVIS; JACOBS, 2005; FREITAS et al., 2005).

Nas mudas das espécies *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron*, as menores alturas da parte aérea e diâmetros do colo proporcionados pela lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia no viveiro se mantiveram após o plantio. Ainda com relação a esse mesmo tratamento, nas mudas da espécie *Piptadenia gonoacantha*, apesar da recuperação do crescimento em altura da parte aérea e diâmetro do colo após o 30º dia, não superou os resultados promovidos pela lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia aos 120 dias após o plantio.

Quanto ao diâmetro do colo na espécie *Calophyllum brasiliense*, a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia, que formou mudas maiores ao final da fase de viveiro, continuou proporcionando maiores valores após o plantio. Nas espécies *Aspidosperma polyneuron* e *Piptadenia gonoacantha*, as mudas produzidas com lâmina bruta 14 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia apresentaram diâmetros do colo superiores até o 30º e 90º dia, respectivamente, entretanto, a partir desses períodos, foram superadas pelas mudas produzidas na lâmina bruta 11 mm aplicada na mesma frequência de irrigação, evidenciando a possibilidade de economizar água na irrigação dessas espécies no viveiro. Indiscutivelmente, a quantidade de água disponível para irrigação em viveiros florestais está prevista para diminuir ao longo da próxima década. Junto com a

disponibilidade em declínio, o custo da água para irrigação está previsto para aumentar substancialmente para a maioria dos viveiros. A menor disponibilidade de água associada a maiores custos e problemas de escoamento da irrigação levarão os viveiros a adotar procedimentos e tecnologia para aumentar a eficiência no uso da água de irrigação (BEESON et al., 2004).

Com relação à massa seca aérea e radicular, a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia na fase de viveiro proporcionou maior desenvolvimento após o plantio, comparada à mesma lâmina aplicada na frequência de irrigação quatro vezes ao dia (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito das lâminas brutas e frequências de irrigação aplicadas às mudas na fase de viveiro sobre a massa seca aérea (MSA) e a massa seca radicular (MSR) de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron*, 120 dias após o plantio.

<i>Piptadenia gonoacantha</i>						
Lâminas brutas (mm)	MSA (g)			MSR (g)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	2,50 Ba	2,14 Aa	25,7	1,30 Ba	1,16 Aa	26,1
11	4,21 Aa	2,46 Ab	13,5	3,38 Aa	1,82 Ab	19,9
14	2,40 Ba	2,97 Aa	11,6	1,88 Ba	2,00 Aa	23
CV (%)	14,2	17,7		24,3	25,7	
<i>Calophyllum brasiliense</i>						
Lâminas brutas (mm)	MSA (g)			MSR (g)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	3,28 Ba	4,49 Aa	25,9	1,58 Bb	2,53 Aa	14,9
11	9,10 Aa	4,94 Ab	14,7	3,84 Aa	2,62 Ab	12,6
14	5,56 Ba	5,31 Aa	15,9	3,04 Aa	3,45 Aa	25,6
CV (%)	17,5	18,5		24,8	13,2	
<i>Aspidosperma polyneuron</i>						
Lâminas brutas (mm)	MSA (g)			MSR (g)		
	Frequências			Frequências		
	2x	4x	CV (%)	2x	4x	CV (%)
8	3,98 Ba	4,64 Aa	10,8	1,13 Bb	1,73 Aa	16,4
11	7,09 Aa	3,56 Ab	29,6	2,72 Aa	1,79 Ab	18,2
14	6,84 Aa	3,97 Aa	13,4	2,57 Aa	1,90 Ab	8,9
CV (%)	21	17,4		14,9	15	

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha e maiúsculas na coluna, dentro do mesmo parâmetro, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

As mudas das três espécies produzidas na lâmina bruta 14 mm não diferiram em relação aos parâmetros massa seca aérea e radicular, independente da frequência de irrigação aplicada no viveiro, exceto a espécie *Aspidosperma polyneuron* no parâmetro massa seca radicular.

Nas três espécies não houve diferença entre as lâminas aplicadas na frequência de irrigação quatro vezes ao dia. Por outro lado, na frequência de irrigação duas vezes ao dia, a lâmina bruta 8 mm produziu mudas com menor massa seca aérea e radicular na

espécie *Aspidosperma polyneuron*. Nas espécies *Piptadenia gonoacantha* e *Calophyllum brasiliense*, as lâminas brutas 8 e 14 mm, aplicadas nessa mesma frequência de irrigação não diferiram e também produziram mudas com menor massa seca aérea e radicular. Mudas com sistema radicular reduzido são estressadas hidricamente porque não absorvem água suficiente pelas raízes para balancear as perdas pela transpiração (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). A partir disso, se desencadeia uma série de efeitos em toda a planta, afetando principalmente o crescimento celular (FERREIRA et al., 1999; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Na espécie *Aspidosperma polyneuron* as lâminas brutas 11 e 14 mm, aplicadas na frequência de irrigação duas vezes ao dia, proporcionaram a mesma massa seca aérea e radicular. Esse mesmo resultado se repetiu no parâmetro massa seca radicular na espécie *Calophyllum brasiliense*. Na espécie *Piptadenia gonoacantha* a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia superou às demais nos parâmetros massa seca aérea e radicular. A massa seca da parte aérea está relacionada com a qualidade e quantidade de folhas. Esta característica é muito importante porque as folhas constituem uma das principais fontes de fotoassimilados (açúcares, aminoácidos, hormônios) e nutrientes para adaptação da muda pós-plantio, a qual necessitará de boa reserva de fotoassimilados, que servirão de suprimento de água e nutrientes para as raízes no primeiro mês de plantio (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000). Por outro lado, o sucesso do plantio é, em grande parte, dependente da capacidade das mudas gerarem rapidamente novas raízes para maximizar a absorção de água e competir com a vegetação no local (BURDETT, 1990; HAASE; ROSE, 1993; GROSSNICKLE, 2005; MÁFIA et al., 2005; RILEY; STEINFELD, 2005; MAÑAS et al., 2009).

6.4 Conclusões

A lâmina bruta 8 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia nas mudas da espécie *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron* na fase de viveiro promove menor altura da parte aérea, diâmetro do colo e massa seca aérea e radicular 120 dias após o plantio em vaso. Esse mesmo manejo hídrico na espécie *Piptadenia*

gonoacantha forma mudas com menor massa seca aérea e radicular 120 dias após o plantio em vaso.

Nas mudas de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron*, a lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia na fase de viveiro promove maior altura da parte aérea, diâmetro do colo e massa seca aérea e radicular que a lâmina bruta 14 mm, nessa mesma frequência de irrigação, 120 dias após o plantio em vaso, evidenciando a possibilidade de economizar 21% de água e eletricidade na irrigação dessas espécies no viveiro, bem como reduzir a frequência de manutenção no povoamento.

6.5 Referências Bibliográficas

BAYLEY, A. D.; KIETZKA, J. W. Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 341-356, 1997.

BEESON, R. C. Jr.; BILDERBACK, T. E.; BOLUSKI, B.; CHANDLER, S.; GRAMLING, H. M.; LEA-COX, J. D.; HARRIS, R. R.; KLINGER, P. J.; MATHERS, H. M. Strategic vision of container irrigation in the next ten years. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 113-115, 2004.

BURDETT, A. N. Physiological processes in plantation establishment and development of specification for forest planting stock. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 20, n. 4, p. 415-427, 1990.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACOLLA, A. A. **Levantamento de solos da fazenda Lageado - estação experimental "Presidente Médice"**. Botucatu: UNESP-Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1983. 95 p.

CHAVASSE, C. G. R. Planting stock quality: A review of factors affecting performance. **New Zealand Journal of Forestry**, v. 25, n. 2, p. 144-171, 1980.

COSTA, C.; DWYER, L. M.; HAMAL, C.; MUAMBA, D. F.; WANG, X. L.; NANTAIS, L.; SMITH, D. L. Root contrast enhancement for measurement with optical scanner-based image analysis. **Canadian Journal of Botany**, v. 79, n. 1, p. 23-29, 2001.

DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 295-311, 2005.

DEANS, J. D.; MASON, W. L.; CANNELL, M. G. R.; SHARPRE, A. L.; SHEPPARD, L. J. Growing regimes for bare-root stock of Sitka spruce, Douglas fir and Scots pine. 1. Morphology at the end of the nursery phase. **Forestry Supplement**, v. 62, p. 53-60, 1989.

DEY, D. C.; PARKER, W. C. Morphological indicators of stock quality and field performance of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings under planted in a central Ontario shelterwood. **New Forests**, v. 14, n. 2, p. 145-156, 1997.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 169-181, 2001.

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

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

GONÇALVES, J. L. N.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

GROSSNICKLE, S. C. The importance of root growth in overcoming planting stress. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 273-294, 2005.

HAASE, D. L.; ROSE, R. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2 + 0 Douglas-fir seedlings of varying root volume. **Forest Science**, v. 39, n. 2, p. 275-294, 1993.

IRMAK, S.; HAMAN, D. Z.; YEAGER, T. H.; LARSEN, C. Seasonal irrigation water use efficiency of multi-pot box system. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 1, p. 4-10, 2001.

JACOBS, D. F.; SALIFU, K. F.; SEIFERT, J. R. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 235-251, 2005.

LAVENDER, D.; TINUS, R.; SUTTON, R.; POOLE, B. Evaluation of planting stock quality. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 10, n. 1, 293-300, 1980.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L.; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, v. 29, p. 947-953, 2005.

MAÑAS, P.; CASTRO, E.; DE LAS HERAS, J. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) seedlings using waste materials as nursery growing media. **New Forests**, v. 37, n. 3, p. 295-311, 2009.

MATTSSON, A. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 223-248, 1997.

MODNA, D.; DURIGAN, G. ; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora da regeneração natural em mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.

MORAIS, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 23-28, 2012.

O'REILLY, C.; ARNOTT, J. T.; OWENS, J. N. Effects of photoperiod and moisture availability on shoot growth, seedling morphology, and cuticle and epicuticular wax features of container-grown western hemlock seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 19, n. 1, p. 122-131, 1989.

RANTA P.; BLOM, T.; NIEMELÄ, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 3, p. 385-403, 1998.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p.1141-1153, 2009.

RIETVELD, W. J. Transplanting stress in bareroot conifer seedlings: its development and progression to establishment. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 6, n. 3, p. 99-107, 1989.

RILEY, L. E.; STEINFELD, D. Effects of bareroot nursery practices on tree seedling root development: an evolution of cultural practices at J. Herbert Stone nursery. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 107-126, 2005.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012.

STABLER, L. B.; MARTIN, C. A. Irrigation regimes differentially affect growth and water use efficiency of two Southwest landscape plants. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 18, n. 1, p. 66-70, 2000.

SUTTON, R. F. Planting stock quality and grading. **Forest Ecology and Management**, v. 2, p. 123-132, 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TOMLINSON, P. T.; BUCHSCHACHER, G. L.; TECLAW, R. M. Sowing methods and mulch affect 1+0 northern red oak seedling quality. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, 191-206, 1996.

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E.; PEÑUELAS-RUBIRA, J. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. **Forest Ecology and Management**, v. 196, n. 2-3, p. 257-266, 2004.

ZIDA, D.; TIGABU, M.; SAWADOGO, L.; ODEN, P. C. Initial seedling morphological characteristics and field performance of two Sudanian savanna species in relation to nursery production period and watering regimes. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 7, p. 2151-2162, 2008.

WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. More plant per gallon: getting more out of your water. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p.14-18, 2005.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006.

7. CONCLUSÕES

Nas mudas de *Piptadenia gonoacantha*, *Calophyllum brasiliense* e *Aspidosperma polyneuron*:

- 1) O efeito do manejo hídrico sobre o desenvolvimento e a qualidade das mudas não é influenciado pelo grupo sucessional a que a espécie pertence.
- 2) O aumento da eficiência do manejo hídrico não produz, necessariamente, maior desenvolvimento dos parâmetros morfológicos.
- 3) Quando o manejo hídrico aplicado não atende a necessidade das mudas, ocorre redução no desenvolvimento dos parâmetros morfológicos e na qualidade do sistema radicular, prejudicando o desenvolvimento morfológico 120 dias após o plantio em vaso.
- 4) A lâmina bruta 11 mm aplicada na frequência de irrigação duas vezes ao dia, comparada à lâmina bruta 14 mm nessa mesma frequência de irrigação, promove maior ou igual desenvolvimento dos parâmetros morfológicos e qualidade do sistema radicular das mudas na fase de viveiro, o que se mantém 120 dias após o plantio em vaso.

5) Para evitar o desperdício de água e energia elétrica e produzir mudas com qualidade, capazes de reduzir a frequência de manutenção após o plantio, recomenda-se a aplicação da lâmina bruta 11 mm na frequência de irrigação duas vezes ao dia.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, N.; HEMA, P. S.; SARITHA, E. K.; SUBRAMANNIAN, S. Irrigation based on soil electrical conductivity and leaf temperature. **Agricultural Water Management**, v. 45, n. 2, p.145-157, 2000.

ANSTEY, C. Survival and growth of 1/0 radiata pine seedlings. **New Zealand Journal of Forestry**, v. 16, n. 1, p.77-81, 1971.

APHALO, P.; RIKALA, R. Field performance of silver-birch planting-stock grown at different spacing and in containers of different volume. **New Forests**, v. 25, n. 2, p. 93-108, 2003.

ARNOLD, M. A.; STRUVE, D. K. Root distribution and mineral uptake of coarse-rooted trees grown in cupric hydroxide-treated containers. **HortScience**, v. 28, n. 10, p. 988-992, 1993.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL; V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 745-751, 2007.

BANKO, T. J.; STEFANI, M. A. Effects of container medium peat content and bed surface on plant growth during capillary irrigation. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 9, n. 1, p. 33-36, 1991.

BAUERLE, W. L.; POST, C. J.; McLEOD, M. F.; DUDLEY, J. B.; TOLER, J. E. Measurement and modeling of the transpiration of a temperate red maple container nursery. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 114, n. 1, p. 45-57, 2002.

BAYLEY, A. D.; KIETZKA, J. W. Stock quality and field performance of *Pinus patula* seedlings produced under two nursery growing regimes during seven different nursery production periods. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 341-356, 1997.

BEESON, R. C. Jr.; KNOX, G. W. Analysis of efficiency of overhead irrigation in container production. **HortScience**, v. 26, n. 7, p. 848-850, 1991.

BEESON, R. C. Jr.; YEAGER, T. H. Plant canopy affects sprinkler irrigation application efficiency of container-grown ornamentals. **HortScience**, v. 38, n. 7, p. 1373-1377, 2003.

BEESON, R. C. Jr.; BILDERBACK, T. E.; BOLUSKI, B.; CHANDLER, S.; GRAMLING, H. M.; LEA-COX, J. D.; HARRIS, R. R.; KLINGER, P. J.; MATHERS, H. M. Strategic vision of container irrigation in the next ten years. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 22, n. 2, p. 113-115, 2004.

BIERNBAUM, J. A. Root-zone management of greenhouse container-grown crops to control water and fertilizer use. **HortTechnology**, v. 2, n. 1, p. 127-132, 1992.

BIRCHLER, T.; ROSE, W.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 7, n. 1, p. 109-121, 1998.

BOUMA, T. J.; NIELSON, K. L.; KOUTSTAAL, B. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**, v. 218, n. 1-2, p. 185-196, 2000.

BRASIL. **Instrução Normativa SDA n. 31**: Métodos analíticos oficiais para análise de substratos para plantas e condicionadores de solo. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. 7 p.

BRIGGS, J.; WHITWELL, T.; RILEY, M. B.; LEE, T. Cyclic irrigation and grass waterways combine to reduce isoxaben losses from container plant nurseries. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 235-238, 1998.

BURDETT, A. N. Quality control in the production of forest planting stock. **The Forestry Chronicle**, v. 59, n. 3, p. 132-138, 1983.

BURDETT, A. N. Physiological processes in plantation establishment and development of specification for forest planting stock. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 20, n. 4, p. 415-427, 1990.

CAMPBELL, K. A.; HAWKINS, C. D. B. Effect of seed source and nursery culture on paper birch (*Betula papyrifera*) uprooting resistance and field performance. **Forest Ecology and Management**, v. 196, n. 2-3, p. 425-433, 2004.

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

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

CARVALHO, W. A.; ESPINDOLA, C. R.; PACOLLA, A. A. **Levantamento de solos da fazenda Lageado - estação experimental "Presidente Médice"**. Botucatu: UNESP-Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1983. 95 p.

CHAVASSE, C. G. R. The significance of planting height as an indicator of subsequent seedling growth. **New Zealand Journal of Forestry**, v. 22, n. 1, p. 283-296, 1977.

CHAVASSE, C. G. R. Planting stock quality: A review of factors affecting performance. **New Zealand Journal of Forestry**, v. 25, n. 2, p. 144-171, 1980.

CLEWELL, A.; RIEGER, J. P. What practitioners need from restoration ecologists. **Restoration Ecology**, v. 5, n. 4, p. 350-354, 1997.

COSTA, C.; DWYER, L. M.; HAMAL, C.; MUAMBA, D. F.; WANG, X. L.; NANTAIS, L.; SMITH, D. L. Root contrast enhancement for measurement with optical scanner-based image analysis. **Canadian Journal of Botany**, v. 79, n. 1, p. 23-29, 2001.

DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 295-311, 2005.

DEANS, J. D.; MASON, W. L.; CANNELL, M. G. R.; SHARPRE, A. L.; SHEPPARD, L. J. Growing regimes for bare-root stock of Sitka spruce, Douglas fir and Scots pine. 1. Morphology at the end of the nursery phase. **Forestry Supplement**, v. 62, p. 53-60, 1989.

DEY, D. C.; PARKER, W. C. Morphological indicators of stock quality and field performance of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings under planted in a central Ontario shelterwood. **New Forests**, v. 14, n. 2, p. 145-156, 1997.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DIERAUF, T. A.; GARNER, J. W. Effect of initial root collar diameter on survival and growth of yellow poplar seedlings over 17 years. **Tree Planters' Notes**, v. 47, n. 1, p. 30-33, 1996.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002. 22 p.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 152, n. 1-3, p. 169-181, 2001.

FAIN, G. B.; TILT, K. M.; GILLIAM, C. H.; PONDER, H. G.; SIBLEY, J. F. Effects of cyclic micro-irrigation and substrate in pot-in-pot production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 4, p. 215-218, 1998.

FAIN, G. B.; GILLIAM, C. H.; TILT, K. M.; OLIVE, J. B.; WALLACE, B. Survey of best management practices in container production nurseries. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 18, n. 3, p.142-144, 2000.

FARE, D. C.; GILLIAM, C. H.; KEEVER, G. J.; REED, R. B. Cyclic irrigation and media affect container leachate and ageratum growth. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 14, n. 1, p. 17-21, 1996.

FARMER, R. E. Jr. Comparative analysis of 1st-year growth in six deciduous tree species. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 10, n. 1, p. 35-41, 1980.

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

FOLK, R. S.; GROSSNICKLE, S. C. Determining field performance potential with the use of limiting environmental conditions. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 121-138, 1996.

FOX, L.; MONTAGUE, T. Influence of irrigation regime on growth of select field-grown tree species in a semi-arid climate. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 27, n. 3, p. 134-138, set. 2009.

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

FUNK, D. T. Pot size, pot shape, and soil mix all influence black walnut seedling growth. **Plant Propagator**, v. 17, n. 1, p. 10-14, 1971.

GONÇALVES, J. L. N.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427 p.

GROSSNICKLE, S. C. The importance of root growth in overcoming planting stress. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 273-294, 2005.

GROSSNICKLE, S. C.; FOLK, R. S. Stock quality assessment: forecasting survival or performance on a reforestation site. **Tree Planters' Notes**, v. 44, n. 3, p. 113-121, 1993.

GROVES, K. M.; WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. Irrigation volume, application and controlled-release fertilizers: I. Effect on plant growth and mineral nutrient content in containerized plant production. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 16, n. 3, p. 176-181, 1998.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004.

HAASE, D. L.; ROSE, R. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2 + 0 Douglas-fir seedlings of varying root volume. **Forest Science**, v. 39, n. 2, p. 275-294, 1993.

IRMAK, S.; HAMAN, D. Z.; YEAGER, T. H.; LARSEN, C. Seasonal irrigation water use efficiency of multi-pot box system. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 1, p. 4-10, 2001.

JACOBS, D. F.; ROSE, R.; HAASE, D. L.; ALZUGARAY, P. O. Fertilization at planting inhibits root system development and drought avoidance of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings. **Annals of Forest Science**, v. 61, n. 7, p. 643-652, 2004.

JACOBS, D. F.; SALIFU, K. F.; SEIFERT, J. R. Relative contribution of initial root and shoot morphology in predicting field performance of hardwood seedlings. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 235-251, 2005.

KABASHIMA, J. N. Innovative irrigation techniques in nursery production to reduce water usage. **HortScience**, v. 28, n. 4, p. 291-193, 1993.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, v. 41-42, p.83-93, 1989.

KJELGREN, R.; RUPP, L.; KILGREN, D. Water conservation in urban landscapes. **HortScience**, v. 35, n. 6, p. 1037-1040, 2000.

KJELGREN, R.; CERNY-KOENIG, T. Evaluating a line source irrigation system for determining water requirements of herbaceous perennials. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 24, n. 4, p. 225-229, 2006.

LAVENDER, D.; TINUS, R.; SUTTON, R.; POOLE, B. Evaluation of planting stock quality. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 10, n. 1, 293-300, 1980.

LEA-COX, J. D.; ROSS, D. S.; TEFFEAU, K. M. A water and nutrient management planning process for container nursery and greenhouse production systems in Maryland. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 19, n. 4, p. 226-229, 2001.

LINDQVIST, H. Effect of different lifting dates and different lengths of cold storage on plant vitality of silver birch and common oak. **Scientia Horticulturae**, v. 88, n. 2, p. 147-161, 2001.

LINDQVIST, H.; ONG, C. K. Using morphological characteristics for assessing seedling vitality in small-scale tree nurseries in Kenya. **Agroforestry Systems**, v. 64, n. 2, p. 89-98, 2005.

LONG, T. J.; JONES, R. H. Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats. **Trees**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 1996.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 97-106, 2005.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Nutrição mineral de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e substratos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 713-722, 2007.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L.; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, v. 29, p. 947-953, 2005.

MAÑAS, P.; CASTRO, E.; DE LAS HERAS, J. Quality of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait) seedlings using waste materials as nursery growing media. **New Forests**, v. 37, n. 3, p. 295-311, 2009.

MANGIAFICO, S. S.; ZURAWSKI, D.; MOCHIZUKI, M. J.; NEWMAN, J. P. Adoption of sustainable practices to protect and conserve water resources in container nurseries with greenhouse facilities. **Acta Horticulturae**, v. 797, p. 367-372, 2008.

MARQUES, M. C. M.; JOLY, C. A. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. **Acta Botanica Brasilica**, v. 14, n. 1, p.113-120, 2000.

MATHERS, H. M.; YEAGER, T. H.; CASE, L. T. Improving irrigation water use in container nurseries. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p. 8-12, 2005.

MATTSSON, A. Predicting field performance using seedling quality assessment. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 223-248, 1997.

McKAY, H. M. A review of the effect of stresses between lifting and planting on nursery stock quality and performance. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 369-399, 1997.

METZGER, J. P. Conservation Issues in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1138-1140, 2009.

MILLION, J.; YEAGER, T.; ALBANO, J. Effects of container spacing practice and fertilizer placement on runoff from overhead-irrigated sweet viburnum. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 25, n. 2, p. 61-72, 2007a.

MILLION, J.; YEAGER, T.; ALBANO, J. Consequences of excessive overhead irrigation on runoff during container production of sweet viburnum. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 25, n. 3, p. 117-125, 2007b.

MITCHELL, R. J.; ZUTTER, B. R.; SOUTH, D. B. Interaction between weed control and loblolly pine, *Pinus taeda*, seedling quality. **Weed Technology**, v. 2, n. 2, p. 191-195, 1988.

MODNA, D.; DURIGAN, G. ; VITAL, M. V. C. *Pinus elliottii* Engelm como facilitadora da regeneração natural em mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 73-83, 2010.

MOHAMMED, G. H. The status and future of stock quality testing. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 491-514, 1997.

MONTAGUE, T.; KJELGREN, R. Use of thermal dissipation probes to estimate water loss of containerized landscape trees. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 24, n. 2, p. 95-104, 2006.

MORAIS, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 23-28, 2012.

MULLIN, R. E.; SVATON, J. A grading study with white spruce nursery stock. **Commonwealth Forestry Review**, v. 51, n. 1, p.62-69, 1972.

MULLIN, R. E.; CHRISTL, C. Morphological grading of white spruce nursery stock. **The Forestry Chronicle**, v. 57, n. 3, p. 126-130, 1981.

MYERS, B. J.; LANDSBERG, J. J. Drought and seedling growth of two eucalypt species from contrasting habitats. **Tree Physiology**, v. 5, n. 1, p.207-218, 1989.

NEMIALI, K. S.; VAN IERSEL, M. W. An automated system for controlling drought stress and irrigation in potted plants. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 3, p. 292-297, 2006.

NIU, G.; RODRIGUEZ, D. S.; CABRERA, R.; MCKENNEY, C.; MACKAY, W. Determining water use and crop coefficients of five woody landscape plants. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 24, n. 3, p. 160-165. 2006.

OLIVO, V. B.; BUDUBA, C. G. Influence of six substrates in *Pinus ponderosa* grown in containers under greenhouse conditions. **Bosque**, v. 27, n. 3, p. 267-271, 2006.

O'REILLY, C.; ARNOTT, J. T.; OWENS, J. N. Effects of photoperiod and moisture availability on shoot growth, seedling morphology, and cuticle and epicuticular wax features of container-grown western hemlock seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 19, n. 1, p. 122-131, 1989.

PAWSEY, C. K. Survival and early development of *Pinus radiata* as influenced by size of planting stock. **Australian Forestry Research**, v. 5, n. 4, p.13-24, 1972.

PUTTONEN, P. Criteria for using seedling performance potential tests. **New Forests**, v. 3, n. 1, p. 67-87, 1989.

PUTTONEN, P. Looking for the 'silver bullet' – can one test do it all? **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 9-27, 1997.

RANTA P.; BLOM, T.; NIEMELÄ, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, v. 7, n. 3, p. 385-403, 1998.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p.1141-1153, 2009.

RIETVELD, W. J. Transplanting stress in bareroot conifer seedlings: its development and progression to establishment. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 6, n. 3, p. 99-107, 1989.

RILEY, L. E.; STEINFELD, D. Effects of bareroot nursery practices on tree seedling root development: an evolution of cultural practices at J. Herbert Stone nursery. **New Forests**, v. 30, n. 2-3, p. 107-126, 2005.

ROSS-DAVIS A. L.; BROUSSARD S. R.; JACOBS, D. F.; DAVIS, A. S. Afforestation behavior of private landowners: an examination of hardwood tree plantings in Indiana. **Northern Journal of Applied Forestry**, v. 22, n. 3, p. 149-153, 2005.

SAMMONS, J. D.; STRUVE, D. K. Monitoring effective container capacity: a method for reducing over-irrigation in container production systems. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 26, n. 1, p. 19-23, 2008.

SAMPSON, P. H.; TEMPLETON, C. W. G.; COLOMBO, S. J. An overview of Ontario's stock quality assessment program. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 469-487, 1997.

SCHELHAS, J.; JANTZI T., KLEPPNER, C.; O'CONNOR, K.; TRATCHER, T. Meeting farmers' need through forest stewardship. **Journal of Forestry**, v. 95, n. 2, p. 33-38, 1997.

SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Efeito do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Irriga**, v. 9, n. 1, p. 31-40, 2004.

SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012.

SIMPSON, D. G. Cold hardiness, root growth potential, and field performance relationships in interior spruce, lodgepole pine, Douglas fir, and western hemlock seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 20, n. 5, p. 566-572, 1990.

SLUDER, E. R. The effects of seed and seedling size on survival and growth of loblolly pine. **Tree Planters' Notes**, v. 30, n. 4, p. 25-28, 1979.

SOUTH, D. B.; BOYER, J. N.; BOSCH, L. Survival and growth of loblolly pine as influenced by seedling grade: 13 year results. **Southern Journal of Applied Forestry**, v. 9, n. 2, p. 76-81, 1985.

SOUTH, D. B. Rationale for growing southern pine seedlings at low seedbed densities. **New Forests**, v. 7, n. 1, p. 63-92, 1993.

STABLER, L. B.; MARTIN, C. A. Irrigation regimes differentially affect growth and water use efficiency of two Southwest landscape plants. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 18, n. 1, p. 66-70, 2000.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil. **New Forests**, v. 22, 1-2, p. 19-41, 2001.

SUTTON, R. F. Planting stock quality and grading. **Forest Ecology and Management**, v. 2, p. 123-132, 1979.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, n.1-2, p. 81-86, 1988.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Effects of nursery fertility and density on seedling characteristics, yield, and field performance of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). **Soil Science Society of America Journal**, v. 27, n. 4, p. 461-464, 1963.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TANAKA, Y.; BROTHERTON, P.; HOSTETTER, S.; CHAPMAN, D.; DYCE, S.; BELANGER, J.; JOHNSON, B.; DUKE, S. The operational planting stock quality testing program at Weyerhaeuser. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 423-437, 1997.

TAYLOR, M. D.; WHITE, S. A; CHANDLER, S. L.; KLAINE, S. J.; WHITWELL, T. Nutrient management of nursery runoff water using constructed wetland systems. **HortTechnology**, v. 16, n. 4, p. 610-614, 2006.

THOMAS, S.; PERRY, F. B. Ammonium nitrogen accumulation and leaching from an all pine bark medium. **HortScience**, v. 15, n. 6, p. 824-825, 1980.

THOMPSON, J. R.; SCHULTZ, R. C. Root system morphology of *Quercus rubra* L. planting stock and 3-year field performance in Iowa. **New Forests**, v. 9, n. 3, p. 225-236, 1995.

TOMLINSON, P. T.; BUCHSCHACHER, G. L.; TECLAW, R. M. Sowing methods and mulch affect 1+0 northern red oak seedling quality. **New Forests**, v. 13, n. 1-3, p. 191-206, 1996.

TYLER, H. H.; WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. Cyclic irrigation increases irrigation application efficiency and decreases ammonium efficacy. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 14, n. 4, p. 194-198, 1996a.

TYLER, H. H.; WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. Reduced leaching fractions improve irrigation use efficiency and nutrient efficacy. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 14, n. 4, p. 199-204, 1996b.

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E.; PEÑUELAS-RUBIRA, J. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. **Forest Ecology and Management**, v. 196, n. 2-3, p. 257-266, 2004.

ZHU, H.; KRAUSE, C. R.; ZONDAG, R. H.; BRAZEE, R. D.; DERKSEN, R. C.; REDING, M. E.; FAUSEY, N. R. New system to monitor water and nutrient use in pot-in-pot nursery production systems. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 23, n. 1, p. 47-53, 2005.

ZIDA, D.; TIGABU, M.; SAWADOGO, L.; ODEN, P. C. Initial seedling morphological characteristics and field performance of two Sudanian savanna species in relation to nursery production period and watering regimes. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 7, p. 2151-2162, 2008.

WARREN, S. L.; BILDERBACK, T. E. More plant per gallon: getting more out of your water. **HortTechnology**, v. 15, n. 1, p.14-18, 2005.

WEATHERSPOON, D. M.; HARRELL, C. C. Evaluation of drip irrigation for container production of woody landscape plants. **HortScience**, v. 15, n. 4, p. 488-489, 1980.

WILLIAMS, H. M.; SOUTH, D. B.; WEBB, A. Effects of fall irrigation on morphology and root growth potential of loblolly pine seedlings growing in sand. **South African Forestry Journal**, v. 147, n. 1, p. 1-5, 1988.

WILSON, B. C.; JACOBS, D. F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006.

APÊNDICE

Data	TMín (°C)	TMáx (°C)	TMéd (°C)	Prec (mm)	UR (%)
01/10/2011	22,4	35,2	28,8	5,0	40,8
02/10/2011	16,8	27,6	22,2	4,1	88,8
03/10/2011	15,6	22,6	19,1	0,0	*
04/10/2011	14,8	*	14,8	0,0	69,5
05/10/2011	14,6	29,6	22,1	40,0	74,0
06/10/2011	17,6	30,0	23,8	0,0	66,8
07/10/2011	18,4	31,6	25,0	0,0	62,0
08/10/2011	16,8	30,6	23,7	6,9	69,2
09/10/2011	19,0	23,0	21,0	35,3	93,3
10/10/2011	18,0	26,0	22,0	4,4	82,4
11/10/2011	19,0	29,0	24,0	13,6	84,2
12/10/2011	17,0	28,0	22,5	19,8	77,0
13/10/2011	17,4	24,0	20,7	76,6	95,7
14/10/2011	17,6	21,2	19,4	39,1	100,0
15/10/2011	18,6	21,2	19,9	27,5	95,2
16/10/2011	16,0	24,6	20,3	11,4	95,0
17/10/2011	15,6	23,0	19,3	0,0	77,3
18/10/2011	14,0	24,0	19,0	0,0	65,4
19/10/2011	13,0	24,5	18,8	0,0	62,0
20/10/2011	13,0	25,2	19,1	0,0	67,3
21/10/2011	12,2	25,6	18,9	0,0	65,9
22/10/2011	14,0	26,2	20,1	0,0	62,7
23/10/2011	16,4	26,4	21,4	0,0	69,5
24/10/2011	17,0	30,0	23,5	0,0	65,1
25/10/2011	20,0	26,2	23,1	59,1	81,2
26/10/2011	16,8	27,0	21,9	0,0	71,8
27/10/2011	17,0	30,0	23,5	0,0	55,0
28/10/2011	20,4	31,2	25,8	0,0	48,8
29/10/2011	19,4	30,0	24,7	12,5	70,3
30/10/2011	16,8	25,0	20,9	4,4	84,2
31/10/2011	13,0	25,0	19,0	0,0	76,1
01/11/2011	11,2	23,6	17,4	0,0	65,6
02/11/2011	11,0	22,6	16,8	0,0	65,0

03/11/2011	11,0	24,6	17,8	0,0	69,4
04/11/2011	11,4	28,4	19,9	0,0	69,3
05/11/2011	13,4	30,6	22,0	0,0	64,6
06/11/2011	18,2	27,6	22,9	0,0	67,0
07/11/2011	17,0	27,4	22,2	1,3	77,0
08/11/2011	14,8	28,8	21,8	0,0	65,5
09/11/2011	17,4	30,4	23,9	0,0	53,9
10/11/2011	20,2	31,0	25,6	0,0	60,3
11/11/2011	20,4	32,0	26,2	13,1	71,3
12/11/2011	18,4	30,0	24,2	0,9	80,6
13/11/2011	17,2	27,8	22,5	23,4	83,4
14/11/2011	17,6	22,2	19,9	32,8	*
15/11/2011	16,0	22,4	19,2	7,6	83,0
16/11/2011	15,0	22,6	18,8	0,0	69,2
17/11/2011	12,8	25,0	18,9	0,0	63,5
18/11/2011	12,4	25,2	18,8	0,0	63,5
19/11/2011	12,8	27,4	20,1	0,0	72,1
20/11/2011	14,4	25,2	19,8	0,0	72,9
21/11/2011	15,6	30,4	23,0	7,4	84,7
22/11/2011	18,0	28,0	23,0	1,3	63,8
23/11/2011	16,0	26,8	21,4	0,0	65,6
24/11/2011	15,0	29,6	22,3	0,0	50,5
25/11/2011	15,2	30,4	22,8	0,0	63,9
26/11/2011	20,4	31,8	26,1	2,1	70,6
27/11/2011	16,4	29,6	23,0	0,0	63,9
28/11/2011	18,0	*	18,0	12,8	74,9
29/11/2011	17,0	29,6	23,3	0,0	78,7
30/11/2011	17,0	31,4	24,2	0,0	74,8
01/12/2011	18,0	30,8	24,4	0,0	80,3
02/12/2011	10,2	24,4	17,3	0,0	82,7
03/12/2011	13,0	28,2	20,6	0,0	74,2
04/12/2011	15,4	30,6	23,0	0,0	78,5
05/12/2011	16,4	31,4	23,9	18,8	80,8
06/12/2011	17,0	29,0	23,0	0,0	82,8
07/12/2011	19,2	31,2	25,2	16,1	81,2
08/12/2011	19,0	30,0	24,5	37,9	89,1
09/12/2011	18,4	26,6	22,5	43,1	91,9

10/12/2011	16,8	27,2	22,0	0,0	83,2
11/12/2011	15,2	29,8	22,5	0,0	70,3
12/12/2011	16,0	31,8	23,9	0,0	56,8
13/12/2011	18,8	33,6	26,2	0,0	55,8
14/12/2011	19,0	32,6	25,8	6,0	71,6
15/12/2011	19,6	29,4	24,5	0,0	72,4
16/12/2011	17,6	31,4	24,5	0,0	47,3
17/12/2011	19,8	32,0	25,9	0,0	45,3
18/12/2011	20,0	29,8	24,9	5,0	74,3
19/12/2011	17,8	32,4	25,1	0,0	55,0
20/12/2011	22,0	31,4	26,7	2,3	62,7
21/12/2011	20,8	34,4	27,6	0,0	51,0
22/12/2011	19,4	33,6	26,5	0,0	59,1
23/12/2011	20,6	33,2	26,9	0,0	63,6
24/12/2011	20,6	33,6	27,1	0,0	73,0
25/12/2011	19,4	31,2	25,3	0,0	77,1
26/12/2011	18,6	21,2	19,9	0,0	74,6
27/12/2011	17,6	30,2	23,9	0,0	74,6
28/12/2011	17,2	32,6	24,9	0,0	78,1
29/12/2011	16,2	32,0	24,1	0,0	76,7
30/12/2011	16,0	32,0	24,0	10,3	80,8
31/12/2011	16,0	29,2	22,6	4,0	89,2
01/01/2012	16,2	27,2	21,7	12,5	*
02/01/2012	15,8	28,6	22,2	5,6	71,4
03/01/2012	16,6	31,0	23,8	0,0	71,3
04/01/2012	19,2	32,2	25,7	3,5	67,7
05/01/2012	18,0	30,4	24,2	0,9	73,0
06/01/2012	17,8	31,4	24,6	18,1	77,8
07/01/2012	17,8	30,8	24,3	1,9	80,9
08/01/2012	18,8	30,4	24,6	0,0	76,9
09/01/2012	18,4	30,0	24,2	0,0	74,7
10/01/2012	17,8	23,6	20,7	25,6	96,3
11/01/2012	17,6	24,0	20,8	18,9	98,5
12/01/2012	16,2	27,2	21,7	0,0	77,1
13/01/2012	18,0	34,6	26,3	3,8	66,8
14/01/2012	19,0	25,4	22,2	7,5	94,6
15/01/2012	19,2	29,8	24,5	11,3	93,9

16/01/2012	19,0	29,4	24,2	0,4	78,5
17/01/2012	17,0	30,0	23,5	66,9	83,8
18/01/2012	17,8	30,0	23,9	13,8	88,5
19/01/2012	18,0	30,2	24,1	2,6	89,1
20/01/2012	18,0	29,4	23,7	1,6	89,5
21/01/2012	18,2	31,4	24,8	3,8	80,9
22/01/2012	17,0	30,8	23,9	0,0	87,3
23/01/2012	18,2	31,4	24,8	74,5	78,8
24/01/2012	18,0	28,8	23,4	27,8	89,6
25/01/2012	20,0	29,8	24,9	21,3	89,8
26/01/2012	19,4	27,4	23,4	11,3	94,9
27/01/2012	15,4	23,2	19,3	24,0	98,1
28/01/2012	15,0	26,8	20,9	0,0	74,1
29/01/2012	15,0	30,0	22,5	0,0	68,7
30/01/2012	15,0	30,4	22,7	0,0	50,8
31/01/2012	16	31,2	23,6	0,0	50,6
01/02/2012	18,0	31,6	24,8	0,0	65,1
02/02/2012	18,8	31,8	25,3	0,0	66,0
03/02/2012	21,4	33,0	27,2	0,0	62,3
04/02/2012	20,4	34,4	27,4	0,0	60,1
05/02/2012	21,4	33,6	27,5	0,0	55,1
06/02/2012	20,6	34,8	27,7	0,0	51,8
07/02/2012	21,0	36,0	28,5	0,0	57,1
08/02/2012	22,0	36,2	29,1	0,0	64,1
09/02/2012	22,4	35,0	28,7	3,8	82,6
10/02/2012	20,6	33,0	26,8	12,3	82,6
11/02/2012	19,0	29,2	24,1	39,1	91,8
12/02/2012	19,6	27,6	23,6	17,5	93,5
13/02/2012	18,8	29,4	24,1	21,5	93,2
14/02/2012	19,2	29,6	24,4	10,0	87,6
15/02/2012	18,8	30,6	24,7	0,0	75,4
16/02/2012	19,0	31,4	25,2	0,0	75,8
17/02/2012	19,2	32,0	25,6	0,0	73,2
18/02/2012	20,0	32,6	26,3	0,0	68,0
19/02/2012	21,0	32,0	26,5	0,0	71,6
20/02/2012	21,4	32,2	26,8	2,3	77,3
21/02/2012	17,6	31,0	24,3	38,1	82,7

22/02/2012	18,8	28,0	23,4	14,3	84,9
23/02/2012	20,2	30,4	25,3	0,0	81,0
24/02/2012	20,0	31,8	25,9	2,5	82,3
25/02/2012	20,2	32,2	26,2	0,0	80,2
26/02/2012	21,0	31,6	26,3	1,9	82,0
27/02/2012	20,6	32,0	26,3	3,6	83,3
28/02/2012	20,0	32,2	26,1	0,0	68,8
29/02/2012	21,8	34,6	28,2	0,0	63,5
01/03/2012	27,0	34,6	30,8	20,0	61,4
02/03/2012	19,6	33,2	26,4	1,9	80,3
03/03/2012	19,6	32,4	26,0	0,8	82,8
04/03/2012	18,8	31,4	25,1	0,0	77,8
05/03/2012	19,4	32,0	25,7	0,0	69,0
06/03/2012	19,0	32,2	25,6	0,0	71,9
07/03/2012	19,0	32,2	25,6	0,0	68,8
08/03/2012	17,4	32,0	24,7	0,0	68,4
09/03/2012	18,0	32,8	25,4	0,0	66,9
10/03/2012	19,0	32,6	25,8	0,0	*
11/03/2012	18,0	33,6	25,8	1,0	*
12/03/2012	19,0	32,0	25,5	0,0	63,2
13/03/2012	19,8	31,0	25,4	0,0	79,1
14/03/2012	18,4	32,0	25,2	2,5	73,8
15/03/2012	20,0	31,4	25,7	11,5	88,5
16/03/2012	19,4	26,6	23,0	0,0	85,3
17/03/2012	16,6	28,0	22,3	0,0	106,6
18/03/2012	15,8	29,6	22,7	0,0	71,1
19/03/2012	15,4	30,0	22,7	0,0	70,0
20/03/2012	16,6	31,0	23,8	0,0	66,7
21/03/2012	18,8	32,2	25,5	0,0	62,4
22/03/2012	20,6	*	20,6	21,0	71,5
23/03/2012	*	25,2	25,2	0,0	88,4
24/03/2012	18,0	30,2	24,1	0,0	*
25/03/2012	18,6	31,2	24,9	0,0	66,8
26/03/2012	19,6	32,2	25,9	0,0	69,3
27/03/2012	19,4	27,2	23,3	0,3	77,2
28/03/2012	19,0	27,0	23,0	0,0	84,0
29/03/2012	13,0	30,0	21,5	0,0	75,5

30/03/2012	13,0	29,0	21,0	0,0	82,8
31/03/2012	16,0	30,0	23,0	0,0	76,4
01/04/2012	16,8	29,0	22,9	0,0	76,0
02/04/2012	16,4	29,6	23,0	0,0	72,0
03/04/2012	17,4	31,0	24,2	0,0	75,5
04/04/2012	18,4	31,8	25,1	0,0	71,0
05/04/2012	19,2	32,6	25,9	2,4	68,1
06/04/2012	18,4	32,0	25,2	0,0	75,7
07/04/2012	19,0	33,2	26,1	0,0	73,1
08/04/2012	19,0	30,6	24,8	49,0	82,5
09/04/2012	16,4	29,0	22,7	10,0	86,5
10/04/2012	19,2	29,4	24,3	0,0	80,8
11/04/2012	18,8	30,6	24,7	0,0	78,6
12/04/2012	19,2	30,6	24,9	4,8	81,0
13/04/2012	20,0	31,6	25,8	0,0	74,8
14/04/2012	20,0	31,2	25,6	0,0	64,3
15/04/2012	19,8	31,2	25,5	0,0	75,2
16/04/2012	18,8	28,8	23,8	0,0	79,0
17/04/2012	15,4	28,8	22,1	0,0	74,4
18/04/2012	16,6	30,2	23,4	0,0	76,5
19/04/2012	16,0	30,0	23,0	36,3	77,0
20/04/2012	19,4	28,4	23,9	42,5	90,5
21/04/2012	18,0	22,8	20,4	0,0	100,0
22/04/2012	16,8	21,0	18,9	0,0	89,5
23/04/2012	15,4	27,0	21,2	0,0	*
24/04/2012	15,0	27,8	21,4	0,0	60,9
25/04/2012	16,0	30,4	23,2	0,0	72,7
26/04/2012	18,0	29,2	23,6	43,5	88,2
27/04/2012	19,0	25,2	22,1	0,0	93,8
28/04/2012	15,8	23,4	19,6	16,6	92,3
29/04/2012	16,0	21,0	18,5	44,1	99,6
30/04/2012	15,6	18,4	17,0	1,0	100,0
01/05/2012	10,0	21,0	15,5	0,0	71,7
02/05/2012	10,0	22,0	16	0,0	81,2
03/05/2012	10,6	25,0	17,8	0,0	78,9
04/05/2012	14,8	26,0	20,4	0,0	72,8
05/05/2012	15,0	27,0	21	0,0	75,3

06/05/2012	15,0	25,8	20,4	0,0	77,9
07/05/2012	15,4	26,0	20,7	0,0	75,3
08/05/2012	15,0	26,0	20,5	0,0	74,9
09/05/2012	14,6	26,0	20,3	0,0	74,7
10/05/2012	14,6	27,6	21,1	0,0	68,8
11/05/2012	15,6	30,0	22,8	54,4	61,3
12/05/2012	16,2	20,6	18,4	0,5	100,0
13/05/2012	6,2	*	6,2	0,0	91,8
14/05/2012	14,6	20,6	17,6	0,8	*
15/05/2012	13,2	20,2	16,7	0,0	83,8
16/05/2012	13,6	21,8	17,7	0,0	77,2
17/05/2012	13,6	21,2	17,4	0,0	89,3
18/05/2012	13,0	22,0	17,5	0,0	70,6
19/05/2012	13,0	21,4	17,2	0,0	76,7
20/05/2012	13,2	23,8	18,5	0,0	73,0
21/05/2012	14,0	23,2	18,6	0,0	72,2
22/05/2012	13,8	22,8	18,3	0,0	76,8
23/05/2012	13,8	23,6	18,7	0,0	75,1
24/05/2012	14,6	20,8	17,7	17,9	87,1
25/05/2012	15,8	22,4	19,1	0,0	87,0
26/05/2012	13,2	23,4	18,3	0,0	74,7
27/05/2012	13,6	24,8	19,2	1,8	81,0
28/05/2012	14,8	25,0	19,9	0,0	78,7
29/05/2012	15,6	27,0	21,3	0,0	77,6
30/05/2012	18,6	27,4	23,0	0,0	69,7
31/05/2012	16,8	24,6	20,7	2,9	86,3
01/06/2012	15,0	21,4	18,2	0,0	95,0
02/06/2012	15,2	24,8	20,0	0,0	87,8
03/06/2012	15,8	21,2	18,5	0,0	79,8
04/06/2012	18,4	27,0	22,7	15,9	70,9
05/06/2012	16,6	19,0	17,8	28,6	100,0
06/06/2012	16,8	19,2	18,0	19,1	100,0
07/06/2012	16,4	17,8	17,1	10,3	100,0
08/06/2012	10,2	13,2	11,7	2,0	100,0
09/06/2012	10,2	17,8	14,0	2,1	94,8
10/06/2012	12,0	20,2	16,1	1,6	95,6
11/06/2012	14,0	25,0	19,5	0,0	*

12/06/2012	16,0	24,8	20,4	0,0	83,6
13/06/2012	15,0	20,6	17,8	0,0	91,5
14/06/2012	14,4	23,0	18,7	0,0	94,3
15/06/2012	15,4	24,6	20,0	0,0	95,7
16/06/2012	14,0	24,8	19,4	0,0	90,2
17/06/2012	13,0	24,2	18,6	0,0	73,1
18/06/2012	14,2	24,0	19,1	0,6	75,8
19/06/2012	16,8	18,8	17,8	88,6	91,0
20/06/2012	15,4	18,6	17,0	23,9	100,0
21/06/2012	14,0	16,6	15,3	35,8	100,0
22/06/2012	14,0	19,2	16,6	0,0	100,0
23/06/2012	11,4	20,0	15,7	0,0	69,9
24/06/2012	12,8	23,0	17,9	0,0	85,8
25/06/2012	13,6	17,8	15,7	0,0	93,3
26/06/2012	11,6	21,2	16,4	0,0	75,7
27/06/2012	12,8	22,6	17,7	0,0	73,2
28/06/2012	14,0	24,6	19,3	0,0	69,8
29/06/2012	12,6	26,4	19,5	0,0	69,4
30/06/2012	14,2	25,0	19,6	0,0	60,0
01/07/2012	15,0	26,2	20,6	0,0	62,7
02/07/2012	15,0	26,6	20,8	0,0	61,5
03/07/2012	15,4	25,8	20,6	0,0	69,2
04/07/2012	13,2	25,0	19,1	0,0	67,5
05/07/2012	13,0	25,6	19,3	0,0	64,7
06/07/2012	10,6	25,8	18,2	0,0	64,8
07/07/2012	16,4	21,0	18,7	21,3	85,0
08/07/2012	11,6	17,0	14,3	0,0	89,7
09/07/2012	9,6	20,6	15,1	0,0	70,6
10/07/2012	11,6	23,6	17,6	0,0	73,8
11/07/2012	14,0	25,4	19,7	0,0	64,4
12/07/2012	15,6	21,2	18,4	0,0	79,1
13/07/2012	9,8	19,6	14,7	0,0	54,5
14/07/2012	6,0	20,8	13,4	0,0	61,5
15/07/2012	9,2	18,0	13,6	0,0	63,2
16/07/2012	11,0	16,2	13,6	0,0	81,4
17/07/2012	11,8	18,6	15,2	1,6	94,3
18/07/2012	8,6	17,6	13,1	0,0	80,0

19/07/2012	8,0	19,0	13,5	0,0	75,0
20/07/2012	9,0	21,4	15,2	0,0	65,7
21/07/2012	9,4	25,6	17,5	0,0	60,7
22/07/2012	9,4	27,8	18,6	0,0	52,5
23/07/2012	13,6	28,8	21,2	0,0	59,3
24/07/2012	17,2	27,6	22,4	0,0	57,5
25/07/2012	16,8	27,8	22,3	0,0	61,7
26/07/2012	15,0	27,4	21,2	0,0	55,3
27/07/2012	17,2	28,2	22,7	0,0	62,4
28/07/2012	14,6	26,4	20,5	0,0	73,8
29/07/2012	14,8	28,2	21,5	0,0	50,7
30/07/2012	14,6	22,2	18,4	0,0	81,5
31/07/2012	13,2	23,2	18,2	0,0	82,6
01/08/2012	14,4	23,8	19,1	0,0	83,8
02/08/2012	13,4	25,6	19,5	0,0	72,0
03/08/2012	15,0	26,4	20,7	0,0	59,9
04/08/2012	15,0	27,6	21,3	0,0	51,8
05/08/2012	17,0	26,4	21,7	0,0	68,2
06/08/2012	14,2	21,6	17,9	0,0	71,9
07/08/2012	9,6	23,6	16,6	0,0	67,2
08/08/2012	13,8	25,6	19,7	0,0	66,8
09/08/2012	13,6	26,0	19,8	0,0	62,1
10/08/2012	13,8	25,6	19,7	0,0	61,3
11/08/2012	12,8	26,0	19,4	0,0	60,5
12/08/2012	15,6	26,2	20,9	0,0	51,8
13/08/2012	13,6	26,8	20,2	0,0	56,5
14/08/2012	15,0	25,6	20,3	0,0	67,8
15/08/2012	18,5	26,6	22,55	0,0	64,9
16/08/2012	15,6	25,8	20,7	0,0	66,3
17/08/2012	16,1	26,4	21,25	0,0	68,8
18/08/2012	14,2	26,2	20,2	0,0	66,5
19/08/2012	15,4	26,2	20,8	0,0	64,3
20/08/2012	15,4	26,2	20,8	0,0	62,0
21/08/2012	14,6	26,8	20,7	0,0	50,9
22/08/2012	16,0	28,0	22	0,0	50,9
23/08/2012	15,6	25,4	20,5	0,0	47,9
24/08/2012	15,0	27,2	21,1	0,0	59,2

25/08/2012	16,0	27,8	21,9	0,0	57,9
26/08/2012	14,4	26,2	20,3	0,0	69,2
27/08/2012	15,2	27,4	21,3	0,0	67,0
28/08/2012	12,6	22,8	17,7	0,0	81,7
29/08/2012	12,2	24,6	18,4	0,0	74,6
30/08/2012	11,4	22,0	16,7	0,0	71,2
31/08/2012	11,2	26,8	19	0,0	57,6
01/09/2012	14,0	30,4	22,2	0,0	49,5
02/09/2012	15,6	30,0	22,8	0,0	42,4
03/09/2012	16,8	27,6	22,2	0,0	63,5
04/09/2012	13,8	24,4	19,1	0,0	76,4
05/09/2012	13,2	29,2	21,2	0,0	67,7
06/09/2012	15,6	31,0	23,3	0,0	53,6
07/09/2012	18,8	31,8	25,3	0,0	52,8
08/09/2012	19,8	31,5	25,65	0,0	41,9
09/09/2012	19,0	33,2	26,1	0,0	39,0
10/09/2012	11,6	32,6	22,1	0,0	37,3
11/09/2012	17,6	32,0	24,8	0,0	66,9
12/09/2012	16,0	31,4	23,7	0	71,5
13/09/2012	19,4	29,6	24,5	1,5	70,4
14/09/2012	16,0	29,0	22,5	0	74,3
15/09/2012	15,0	31,4	23,2	0	65,0
16/09/2012	16,8	33,4	25,1	0	56,2
17/09/2012	19,2	33,6	26,4	0,0	52,0
18/09/2012	22,0	33,8	27,9	0,0	45,2
19/09/2012	23,4	23,0	23,2	11,8	59,8
20/09/2012	20,0	33,0	26,5	9,3	97,3
21/09/2012	16,0	25,0	20,5	28,8	99,1
22/09/2012	13,6	24,8	19,2	0,0	74,8
23/09/2012	12,0	25,2	18,6	0,0	70,7
24/09/2012	13,6	24,6	19,1	0,0	81,0
25/09/2012	17,4	21,0	19,2	0,0	82,5
26/09/2012	12,6	16,6	14,6	0,0	71,0
27/09/2012	7,4	19,0	13,2	0,0	67,8
28/09/2012	9,2	22,6	15,9	0,0	51,6
29/09/2012	10,2	25,2	17,7	0,0	64,1
30/09/2012	12,0	27,8	19,9	0,0	61,4

01/10/2012	15,0	31,2	23,1	0,0	59,3
02/10/2012	15,4	32,6	24	0,0	51,5

TMin (°C) - temperatura mínima; TMax (°C) - temperatura máxima; TMéd (°C) - temperatura média; Prec (mm) - precipitação pluvial; UR (%) - umidade relativa do ar