

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

PAULO RICARDO LIMA

EFEITO DO MANEJO HÍDRICO DURANTE A RUSTIFICAÇÃO EM MUDAS DE
***Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms E *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.)**
Mattos

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2014

PAULO RICARDO LIMA

**EFEITO DO MANEJO HÍDRICO DURANTE A RUSTIFICAÇÃO EM MUDAS DE
Galesia integrifolia (Spreng.) Harms E *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.)
Mattos**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Ubirajara Contro Malavasi
Co-orientadora: Marlene de Matos Malavasi

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE - Campus de Marechal Cândido Rondon - PR., Brasil)

L732e	Lima, Paulo Ricardo Efeito do manejo hídrico durante a rustificação em mudas de <i>Galesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms e <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos / Paulo Ricardo Lima. - Marechal Cândido Rondon, 2014. 75 p. Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi Coorientadora: Prof. Dr. Marlene Matos Malavasi Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2014. 1. Árvores - Brasil. 2. Ipê-Roxo - Mudas. 3. Pau-d'alho - Mudas. 4. Déficit hídrico. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título. CDD 22. ed. 582.160981 CIP-NBR 12899
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação do Engenheiro Agrônomo **PAULO RICARDO LIMA**. Aos vinte e um dias do mês de fevereiro de 2014, às 14h, sob a presidência do Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Julgadora da Defesa da Dissertação do Engenheiro Agrônomo Paulo Ricardo Lima, discente do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Agronomia – Nível Mestrado e Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof. Dr. Juliano Cordeiro (UFPR), Prof.^a Dr.^a Marlene de Matos Malavasi (Unioeste) e Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador).

Iniciados os trabalhos, o candidato apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: **"Efeito do manejo hídrico durante a rustificação em mudas de *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

Prof. Dr. Juliano Cordeiro.....Aprovado
Prof.^a Dr.^a Marlene de Matos Malavasi.....Aprovado
Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador).....Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que o candidato foi habilitado, fazendo jus, portanto, ao título de **"MESTRE EM AGRONOMIA"**, área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Marechal Cândido Rondon, 21 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Juliano Cordeiro

Prof.^a Dr.^a Marlene de Matos Malavasi

Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi (Orientador)

AGRADECIMENTOS

A DEUS por dar-nos a oportunidade de evoluirmos, com o dom da vida, pela proteção diária, força e paciência nas horas de fraqueza e pelos ensinamentos recebidos como filho dele.

Ao Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi que abriu as portas do laboratório de sementes e de ciências florestais e, acima de tudo com seriedade e profissionalismo me orientou durante esse período.

À minha co-orientadora Prof. Dr^a. Marlene de Matos Malavasi pelos ensinamentos repassados em sala de aula;

A todos os professores do departamento de mestrado/doutorado que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

Ao pessoal do laboratório de sementes e de ciências florestais que sempre se dispôs a me ajudar de alguma forma e em todos os momentos;

Ao Núcleo de Estações Experimentais pelo auxílio na obtenção das sementes;

À todo o departamento de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, que oportunizou a realização deste trabalho;

Aos meus pais, Nilton Dias Lima e Vanda de Fátima Ferreira Lima (a maior incentivadora nos meus estudos) que se resumem nos melhores pais do mundo.

Ao meu irmão Sidney Dias Lima que sempre me apoio nos projetos da vida.

A minha namorada Cristiane Carlesso, pelo amor, compreensão e companheirismo nessa jornada da vida.

A família da minha namorada que ao passar de todos esses anos me apoiaram em todos meus desejos e angústias;

Aos meus amigos, em especial aos da pós-graduação em Agronomia da UNIOESTE.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho, ficam aqui meus agradecimentos.

LIMA, Paulo, R. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2014. **Efeito do manejo hídrico durante a rustificação em mudas de *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos.** Orientador: Ubirajara Contro Malavasi. Co-orientadora: Marlene de Matos Malavasi.

RESUMO

O conhecimento dos mecanismos morfofisiológicos que permitem a uma planta tolerar as condições de estresse hídrico constitui importante ferramenta para analisar a qualidade de mudas. O trabalho objetivou quantificar os efeitos do manejo hídrico no período de rustificação em mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms por meio da termometria foliar e por parâmetros morfométricos de qualidade e adicionalmente analisar o desempenho das mudas após a rustificação, em solo arenoso e argiloso. Conduziu-se o experimento em ambiente protegido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. Os tratamentos foram compostos por quatro regimes hídricos: irrigação diária (tratamento controle), a cada dois, três e a cada quatro dias, em 60 mudas por tratamento, durante quatro semanas. As mensurações envolveram a medição da temperatura foliar (TF), os incrementos na altura, no diâmetro de colo, na massa seca radicular, na massa seca da parte aérea e na área foliar. As mensurações da TF ocorreram ao final do ciclo de cada manejo de irrigação e para as demais variáveis realizaram-se as mensurações no início e final da rustificação. Após a imposição dos manejos hídricos, as mudas foram levadas para vasos contendo solo arenoso e argiloso, para verificar se há influencia dos diferentes manejos hídricos, bem como do tipo do solo na sobrevivência da muda. A análise entre os tratamentos controle e irrigação a cada dois dias resultou em diferenças ($P > 0,05$) apenas para área foliar, sendo que ambas as espécies estudadas apresentaram redução da área foliar com o aumento da restrição hídrica. Mudas de *H. impetiginosus* com ciclos de irrigação a cada três dias, apresentou redução na taxa de crescimento em diâmetro de 29%, de 58% para incremento da massa seca da parte aérea e de 32% para área foliar em comparação ao manejo controle. Mudas de *G. integrifolia* irrigadas a cada três dias não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) em relação às irrigadas diariamente. O manejo de irrigação a cada quatro dias em mudas de *H. impetiginosus* possibilitou maior velocidade de crescimento do sistema radicular e reduziu o crescimento aéreo, resultando no aquecimento foliar, enquanto que o manejo de irrigação a cada quatro

dias em mudas de *G. integrifolia* apresentou redução na velocidade de crescimento da parte aérea e não apresentou diferença ($P > 0,05$) no crescimento do sistema radicular e também resultou no aquecimento foliar. O uso da termometria infravermelho permite aferir a temperatura foliar na rustificação de mudas de *H. impetiginosus* e *G. integrifolia*. Houve influência dos solos na sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus* e *G. integrifolia*, e os sintomas de déficit hídrico sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não adaptadas ao estresse hídrico. Em ambas as espécies, as diferenças dos sintomas de déficit hídrico apresentadas pelas mudas dos diferentes manejos hídricos mostraram que mudas submetidas ao regime de irrigação a cada três e quatro dias, foram atenuando lentamente os sintomas de déficit hídrico em comparação aos demais manejos hídricos.

Palavras chave: Déficit hídrico. Espécies nativas. Ipê-roxo. Pau-d'alho. Temperatura foliar.

LIMA, Paulo R. State University of Western Paraná, in February 2014. **Effects of hydric management during the rustification in seedlings of *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms and *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos.** Advisor: Ubirajara Contro Malavasi. Co-Advisor: Marlene of Matos Malavasi.

ABSTRACT

The knowledge of Morphophysiological mechanisms that allow a plant tolerate water stress conditions constitutes important tool for analyzing the quality of seedlings, so it the work aimed to quantify the effects of water management in the period of rustification in seedlings of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos and *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms by means of foliar thermometry and parameters morphometric of quality and additionally analyze the performance of seedlings after the rustification, in soil sandy and loamy soil. The experiment was conducted in a protected ambient at the State University of West Paraná, campus Marechal Cândido Rondon - PR. The treatments were comprised of four hydric regimes: daily irrigation (control), every two, three and four days in 60 seedlings per treatment for four weeks. The mensurations involved the measurement of the leaf temperature (TF), the increments in height, the stem diameter, in the mass dry of root, in the mass dry of shoot and leaf area. The mensurations of TF occurred at the end of each irrigation management cycle and for the other variables were held measurements at the beginning and end of rustification. After the impositions of hydric managements, the seedlings were taken to pots containing sandy soil and clay soil to check the influence of different hydric management as well as soil type in the seedling survival. The analysis between the control treatment and irrigation every two days resulted in significant differences ($P > 0,05$) merely for leaf area, whereas in and both species studied presented decreased of leaf area with the increase of hydric restriction. Seedlings of *H. impetiginosus* with of irrigation cycles every three days, showed a reduction in the rate of growth in diameter of 29%, of 58% to increment the dry mass of shoots and 32% for leaf area compared to the management control. Seedlings of *G. integrifolia* irrigated every three days showed no significant differences ($P > 0,05$) compared with irrigated daily. The irrigation management every four days in seedlings of *H. impetiginosus* enabled higher speed of growth of the root system and reduced aerial growth, resulting in warming the leaf, whereas the irrigation management every four days in seedlings of *G. integrifolia* presented reduction in the rate of growth of the shoot and not presented

difference ($P > 0,05$) in the root system growth and also resulted in leaf warming. The use of the infrared thermometry allows benchmarking the leaf temperature during rustification of seedlings of *H. impetiginosus* and *G. integrifolia*. Was no influence of soils in the seedling survival of *H. impetiginosus* and *G. integrifolia*, and symptoms of hydric deficit always if manifested first in clay soil, mainly in seedlings not adapted to hydric stress. In both species, the symptoms of hydric deficit presented by the seedlings of different management hydrics showed that seedlings submitted to the irrigation regimes every three and four days, were attenuating slowly the symptoms of hydric deficit compared with others hydrics management.

Keywords: Hydric deficit. Native species. Ipê-purple. Pau-d'algo. Leaf temperature.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Manejo Hídrico.....	9
2.2 Rustificação	11
2.3 Termometria de infravermelho	13
2.4 Espécies Estudadas	14
2.4.1 <i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	14
2.4.2 <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	15
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
4 CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MUDAS DE <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS	21
RESUMO	22
ABSTRACT	23
4.1 Introdução.....	24
4.2 Material e Métodos.....	26
4.3 Resultados e Discussão.....	31
4.4 Conclusões.....	44
4.5 Referências Bibliográficas.....	45
5 CAPÍTULO 2 - AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MUDAS DE <i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS	49
RESUMO	50
ABSTRACT	51
5.1 Introdução.....	52
5.2 Material e Métodos.....	54
5.3 Resultados e Discussão.....	59
5.4 Conclusões.....	70
5.5 Referências Bibliográficas.....	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país característico de vocação florestal, que ocupam 64% do território nacional, o maior elemento de identidade natural da nação. Trata-se do único país do mundo cujo nome deriva de uma árvore e que teve como primeiro produto uma madeira, explorada à exaustão por portugueses e franceses, o pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) (QUEIROZ e BARRICHELO, 2007).

Atualmente a crescente demanda por mudas de espécies lenhosas decorre do aumento significativo de sua utilização em áreas degradadas, matas ciliares, reflorestamento e plantios comerciais. Entretanto, não se sabe com exatidão estimar a quantidade de mudas para suprir tal demanda, uma vez que há uma carência de informações relacionadas à quantidade de mudas nativas que são produzidas no país e a quantidade de áreas a serem reflorestadas. Dessa forma, a demanda por mudas de espécies lenhosas observada nos últimos anos mostra a necessidade do desenvolvimento de protocolos que otimizem a produção de mudas, a baixo custo e com qualidade morfo-fisiológica capazes de atender as necessidades dos plantios (LELES et al., 2006).

No ato do plantio, as mudas devem estar aptas para enfrentar uma diversidade de efeitos desfavoráveis ao estabelecimento. Para que as mudas produzidas possam superar tais adversidades, é necessário que apresentem o mínimo de tolerância aos estresses do local de plantio.

As mudas deverão estar preparadas, com reserva nutricional que lhes possibilite o pronto crescimento, bem como a tolerância aos estresses (falta de água, retirada dos tubetes e transporte). Algumas práticas de rustificação das mudas, envolvendo controle do regime de água e adubação, podem minimizar esses problemas. A rustificação das mudas refere-se ao conjunto de práticas operacionais adotadas durante a sua formação, com finalidade de prepará-las, fisiologicamente, a fim de aumentar sua tolerância às adversidades edafo-climáticas do local do plantio definitivo.

Contudo, o conhecimento do manejo hídrico no processo de produção de mudas dentro dos viveiros, é de extrema importância para racionalizar a utilização do recurso hídrico, além de ser um fator determinante para se produzir mudas de qualidade, tendo como hipótese que espécies diferentes entre si em função da classificação ecológica apresentam respostas diferentes durante o processo de produção.

Portanto os objetivos do trabalho foram:

a) Quantificar os efeitos do manejo hídrico (frequências de irrigação) durante a rustificação de mudas de Ipê-roxo - *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos e Pau-d'alho - *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms;

b) Aferir o uso da técnica de medição da temperatura da folha pela termometria de infravermelho, na qualidade de mudas.

c) Mensurar a sobrevivência de mudas de *H. impetiginosus* e *G. integrifolia*, aclimatadas por meio de irrigações na fase de rustificação, transplantadas para dois tipos de solo (arenoso e argiloso).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manejo Hídrico

Na natureza, os fatores ambientais exercem uma grande influência no desenvolvimento dos plantios florestais, apresentando forte dependência das disponibilidades hídricas e energéticas do meio ambiente (PEREIRA et al., 2002). Portanto, a água tem importância fundamental no desenvolvimento dos vegetais e um papel essencial no processo fotossintético, assim como a temperatura e o déficit pressão de vapor, uma vez que influenciam diretamente na evapotranspiração das plantas (SCHWIDER et al., 2013).

Dos variados fatores do meio ambiente que podem ocasionar estresse em uma planta, como a temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica, a água é provavelmente o fator ambiental mais limitante ao estabelecimento e desenvolvimento das mudas (KERBAUY, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2009), pois afeta as relações hídricas, alterando o metabolismo nas plantas, causando perdas na produção. Para Flexas et al. (2002) o estresse hídrico é a principal causa de perdas na produtividade florestal.

Em resposta a deficiência hídrica, as plantas alteram seus processos fisiológicos e morfológicos, influenciando a capacidade de tolerar as condições adversas do meio (PIMENTEL, 2005). Com isso, a produção de biomassa é prejudicada tanto no crescimento inicial das plantas como também nos estádios mais tardios, limitando o crescimento dos ramos, o crescimento do caule, o número de folhas e a área foliar.

A quantidade de água necessária para a prática da irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o custo da energia necessária à sua aplicação, tem aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas no meio (FREITAG, 2007). O manejo de irrigação depende de um programa bem elaborado de pesquisa e desenvolvimento, que por sua vez, depende de muitos fatores como o clima, o tipo de irrigação, o substrato e as características de cada espécie.

A deficiência de água ocasiona respostas nas plantas que podem ser tanto reversíveis quanto irreversíveis (LARCHER, 2000) sendo algumas espécies mais tolerantes a ausência de água, outras menos. À medida que a planta tolera mais a situação imposta, se torna aclimatada. A aclimação a condição ambiental imposta resulta de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular (TAIZ e ZEIGER, 2009). Não há processo vital que não seja afetado de alguma forma pelo declínio da disponibilidade hídrica (LARCHER, 2000).

O manejo hídrico racional consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas (MAIA, 2005). Aplicações insuficientes ou em excesso podem resultar em perdas ou prejuízos consideráveis nas plantas e no solo. Aplicações excessivas causam o encharcamento do substrato, dificultam a aeração e as atividades de microrganismos, provocando a lixiviação de nutrientes e o surgimento de doenças (RODRIGUES et al., 2011). Por outro lado a aplicação de água abaixo dos requisitos exigidos pelas plantas, denominada déficit de irrigação (CARVALHO, 2010), pode reduzir a capacidade metabólica do vegetal, podendo levar a planta a atingir o ponto de murcha permanente e a sua morte (RODRIGUES et al., 2011).

Quando a deficiência hídrica apresenta evolução suficientemente lenta para permitir mudanças nos processos de desenvolvimento, tem vários efeitos sobre o crescimento e as plantas podem apresentar diferentes resistências à deficiência de água no solo (TATAGIBA et al., 2007, LOPES et al., 2011).

Conforme Santos e Carlesso (1998), os mecanismos de resistência à falta de água nas plantas podem ser de três tipos: "evitar", "tolerar" e "escapar". No "evitar", as plantas fecham os estômatos e aprofundam o sistema radicular para explorar um volume maior de solo, diminuindo o tamanho das células, aumentando o espessamento das paredes celulares e a cerosidade da cutícula; no "tolerar" a planta mantém o equilíbrio de suas funções fisiológicas em condições de deficiência hídrica e no "escapar" a planta antecipa o ciclo de desenvolvimento.

A perda de turgidez é o primeiro efeito biofísico da carência hídrica e as atividades relacionadas com a turgidez são as mais sensíveis ao déficit hídrico (TAIZ e ZEIGER, 2009). O crescimento celular é um processo dependente da turgidez e conseqüentemente é extremamente sensível à deficiência hídrica, podendo provocar alterações na área foliar, no sistema radicular, na abertura estomática, na fotossíntese, na translocação de carboidratos, no ajustamento osmótico, resistência à condução de água e alterações na cutícula. São os chamados mecanismos de tolerância (KERBAUY, 2008; TAIZ e ZEIGER, 2009).

A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas por controlar a abertura dos estômatos e, conseqüentemente, a produção de biomassa seca. O decréscimo de água no solo diminui o potencial de água na folha e sua condutância estomática, promovendo o fechamento total ou parcial dos estômatos. Esse fechamento tende a bloquear o fluxo de CO₂ para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados (KERBAUY, 2008).

Desta forma, a energia destinada ao crescimento da parte aérea é direcionada ao desenvolvimento do sistema radicular, acarretando no engrossamento e no aumento da biomassa das raízes e servindo como órgão de armazenamento de fotossintatos que serão utilizados para o estabelecimento e crescimento após o plantio (CARNEIRO, 1995; JACOBS e LANDIS, 2009).

Embora o déficit hídrico possa enfraquecer as funções vitais das plantas, ele pode estimular o desenvolvimento de características que as capacitem para sobrevivência em períodos prolongados de secas no campo. Contudo, é importante ressaltar que o manejo hídrico não pode ser de natureza fixa e sim flexível para todas as espécies. Portanto, o desenvolvimento de pesquisas que visem aclimatar plantas a partir do manejo hídrico adequado torna-se importante para a indicação das técnicas mais viáveis que as adaptem às condições ambientais inóspitas.

2.2 Rustificação

Quando submetidas ao plantio a campo, as mudas devem estar preparadas com reserva nutricional que lhes possibilite o pronto crescimento, bem como a tolerância aos estresses. No viveiro, as mudas passam por várias etapas até estarem prontas para expedição a campo e a rustificação, também conhecida por aclimatação ou endurecimento (DAVIDE e FARIA, 2008) é uma delas. A rustificação é o conjunto de práticas que objetiva induzir na muda maior

resistência aos estresses advindos do transporte, manejo, plantio e pós-plantio, sendo essas práticas conhecida como a preparação da muda, ou seja, fornecer as condições inóspitas oferecidas pelo campo, tais como deficiência hídrica (JACOBS e LANDIS, 2009).

Durante o processo de produção de mudas, a fase de rustificação trata de preparar a muda fisiologicamente para o plantio nas primeiras semanas que o sucedem. Nesse período, as mudas deverão resistir ao estresse provocado pelas atividades de plantio, como a escassez hídrica, a retirada dos tubetes e o transporte (D'ÁVILA et al., 2011). A rustificação é uma fase extremamente crítica e reflete diretamente na qualidade final das mudas (D'ÁVILA, 2008).

Na rustificação por deficiência hídrica, boa parte da energia destinada ao crescimento da parte aérea é direcionada ao desenvolvimento do sistema radicular, acarretando no engrossamento e no aumento da biomassa das raízes e servindo como órgão de armazenamento de fotossintatos que serão utilizados para o estabelecimento e crescimento após o plantio (CARNEIRO, 1995; JACOBS e LANDIS, 2009).

Na categorização da qualidade das mudas aptas ao plantio, os parâmetros utilizados baseiam-se comumente em aspectos morfológicos que se constituem basicamente de medidas de crescimento, por serem não destrutivas e de fácil repetibilidade no viveiro. Entre as variáveis morfológicas encontram-se a altura da parte aérea, diâmetro de colo, área foliar, biomassa seca da parte aérea, biomassa seca radicular e ainda morfologia das raízes. Sendo a altura da parte aérea e o diâmetro de colo as variáveis mais utilizadas. (CARNEIRO, 1995; ALMEIDA, 2005).

Para Gomes e Paiva (2004) a rustificação pode ser avaliada pela relação da altura da muda com seu respectivo diâmetro de coleto. O valor resultante da divisão do primeiro pelo segundo, exprime um equilíbrio de crescimento também denominado quociente de robustez, que mostra o quão delgada a muda se encontra. Quanto menor o valor, maior será a capacidade das mudas de estabelecerem em campo (CARNEIRO, 1995; D'ÁVILA, 2008).

Trabalhos envolvendo a morfologia de raízes são menos frequentes, pois são muito onerosos, mas a importância que a raiz exerce sobre a muda faz com que seja dada maior ênfase a esta região da planta (CARNEIRO, 1995; ALMEIDA, 2005). O sistema radicular determina com que eficiência a planta pode aproveitar a água e os nutrientes presentes no solo/substrato (ALMEIDA, 2005).

Para Silva (2004), o conceito de qualidade baseado no comportamento morfológico não é absoluto e necessita da avaliação das características fisiológicas da planta. Pois, dentre outros, o êxito na formação de florestas de alta produção depende, em grande parte, da

qualidade fisiológica das mudas plantadas, que além de terem que resistir e sobreviver às condições adversas encontradas no campo após o plantio deverão, por fim, produzir árvores com crescimento volumétrico economicamente desejável (GOMES et al., 1991), evitando gastos desnecessários com replantios (GOMES et al., 2002).

2.3 Termometria de infravermelho

O déficit de água no solo é reconhecida como uma das principais limitações para o estabelecimento de mudas no campo. A medição remota de temperatura do dossel vegetativo por meio de um transdutor de temperatura a infravermelho tem-se mostrado uma tecnologia eficiente para avaliação e acompanhamento, de uma maneira rápida e não destrutiva, das respostas das plantas submetidas ao estresse hídrico. Recentemente, as medições de temperatura do dossel das plantas, utilizando termometria de infravermelho têm sido amplamente relacionados ao estresse hídrico de espécies vegetais (PAZZETI et al., 1992; SAADALLA e ALDERFASI, 2000; LOBO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2005; TRENTIN et al., 2011).

Termômetro infravermelho com pontos de laser oferece leituras mais rápidas, fáceis e precisas para a maioria das medições de temperatura de superfície. Por se tratar de uma técnica simples, mostrou-se útil na avaliação do estado hídrico da planta (GUIMARÃES et al., 2006; SEPULCRE-CANTO et al., 2006; TESTI et al., 2008). O uso da temperatura do dossel para detectar plantas com deficiência hídrica é baseado no fato de que, quando elas transpiram, normalmente a temperatura das folhas estará abaixo da temperatura do ar. Na medida em que a água se torna limitante, a transpiração é reduzida, ocorrendo o aumento da temperatura foliar pela absorção da radiação solar incidente e fechamento dos estômatos (EMEKLI et al., 2007; GONTIA e TIWARI, 2008; WANG e GARTUNG, 2010).

Dados mostram que, sob condições de déficit hídrico, a temperatura foliar apresenta, comumente, mais elevada do que a temperatura do ar, resultando em aumento na relação temperatura foliar/ambiente (MENDES et al., 2007). De acordo com Nascimento et al. (2011) o estresse hídrico determinou aumento tanto na temperatura da folha como na relação temperatura foliar/ambiente e reduziu o potencial hídrico foliar.

Segundo Trentin et al., (2011) na ausência de estresse hídrico, a temperatura foliar acompanhou as oscilações da radiação solar global, causadas por condições de céu parcialmente nublado, entretanto, em condições de céu completamente nublado, observadas

no período compreendido entre 12 e 16h, o valor médio do diferencial “temperatura do dossel - temperatura do ar” foi de -2,9 °C, e sob condições de estresse hídrico severo e valores elevados de radiação solar global, a temperatura foliar da cana-de-açúcar atingiu até 6,6 °C acima da temperatura do ar. Utilizando termômetro de infravermelho, Dantas e Ramana Rao (1994) verificaram que é possível distinguir quando a cultura está, ou não, com deficiência hídrica, através de sua resposta no que se refere à temperatura foliar.

Esses estudos estabelecem condições de contorno para a temperatura foliar das plantas e indicam que são imprescindíveis para o desenvolvimento de índices de estresse hídrico que poderão ser utilizados no manejo de irrigação das mudas florestais visando o uso eficiente da água e na procura por modelos de estimativa de qualidade de mudas.

2.4 Espécies Estudadas

2.4.1 *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms (Pau-d’alho)

A *Gallesia integrifolia* popularmente conhecida como Pau d’alho, pertence à família Phytolacaceae, é uma árvore característica da mata fluvial atlântica e da floresta semidecidual, ocorre naturalmente em vários estados brasileiros, desde o Ceará até o Paraná. Sua madeira é moderadamente pesada (densidade 0,66 g cm⁻³), sendo empregada principalmente em serrarias e em produção de energia, prestando-se também para a fabricação de celulose e papel (CARVALHO 2003; LORENZI, 2008).

O pau-d’alho apresenta-se como árvore de 15-30 m de altura, dotada de copa ampla e densa, com tronco de 70-140 cm de diâmetro, revestido por casca acinzentada. Folhas alternadas espiraladas de 10-19 cm de comprimento por 2,7-8,7 cm de largura, seus frutos são do tipo sâmara, de coloração paleácea e todas as partes da planta exalam cheiro de alho, mais forte em dias com alta umidade do ar, no qual pode ser sentido à distância. Floresce de fevereiro até abril e seus frutos amadurecem no período de setembro-outubro (LORENZI, 2008).

Ainda de acordo com Lorenzi, (2008) e Carvalho, (2003), a árvore é frondosa e proporciona ótima sombra, sendo muito utilizada na arborização rural, em sistemas silvipastoris, como árvore de sombra para o gado, pois os insetos não gostam do seu cheiro, podendo ser também empregado em paisagismo de parques e grandes jardins. O pau-d’alho é

uma planta pioneira e de rápido crescimento, sendo ótima para reflorestamentos heterogêneos destinados a preservação de áreas degradadas e preservação permanente.

Carvalho, (2003) menciona que a madeira de pau d'alho até bem pouco tempo era pouco explorada, mas atualmente é empregada em substituição ao pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*). O pau d'alho está na lista das espécies que correm perigo de extinção no Estado de São Paulo (SIQUEIRA e NOGUEIRA, 1992), e encontra-se também na lista das espécies arbóreas em risco de extinção da Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (FAO, 1996), devido à forte pressão antrópica em sua área de ocorrência natural. Apesar de sua utilidade, poucos esforços vêm sendo feitos para conservar populações desta importante espécie arbórea endêmica brasileira (FREITAS et al., 2008).

2.4.2 *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Ipê-roxo)

O Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*) é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae (GROSE e OLMSTEAD, 2007), alcançando alturas de 8-12 m (20-30 m no interior da floresta), com tronco de 60-90 cm de diâmetro (LORENZI, 2008). A casca externa é grisácea, levemente áspera, desprendendo-se em escamas retangulares e grossas. A casca interna é fibrosa, marrom-clara e levemente rosada. As folhas são opostas digitadas, apresentando pecíolo de até 11 cm de comprimento, geralmente com cinco folíolos, com margem inteira ou levemente serrada. As flores são grandes, rosadas a lilás, tubulares, vistosas, reunidas em panícula terminal. O fruto é silíquo cilíndrico estreito, deiscente, com numerosas sementes. As sementes são codiformes, tendendo à oblonga plana, apresentam superfície lisa lustrosa de cor marrom-clara, com presença de asa membranácea nas duas extremidades de cor marrom clara transparente de até 3 cm de comprimento, sendo sua dispersão anemocórica (REITZ et al., 1988; CARVALHO, 1994).

Segundo Schneider et al. (2000) essa espécie apresenta uma madeira de excelente qualidade, maleável, resistente, com massa específica aparente de 0,92 a 1,08 g cm⁻³ a 15% de umidade, massa específica básica de 0,79 g cm⁻³, cerne de coloração marrom e alburno pardo-acastanhado, sendo considerada de lei ou de qualidade. Esta espécie pode ser encontrada com frequência em áreas de vegetação nativa do Nordeste e Sudeste brasileiros, possuindo madeira muito apreciada e utilizada para várias finalidades nobres, como na fabricação de móveis e assoalhos finos (GEMAQUE et al., 2002).

A árvore é extremamente ornamental quando em floração, prestando-se admiravelmente bem ao paisagismo em geral. É a espécie de ipê-roxo mais cultivada na arborização urbana nas cidades do Sudeste e Centro-Oeste. Sendo também ótima para compor reflorestamentos com fins ecológicos (LORENZI, 2008). Por esses fatos, ela tem sido indicada nos trabalhos de restauração de ecossistemas florestais e de paisagismo (GEMAQUE et al., 2002).

Por sua floração ser abundante, tomando toda a copa das árvores, proporcionando um efeito paisagístico de rara beleza. Esta espécie foi intensamente explorada nas regiões de sua ocorrência natural, restando poucas árvores isoladas. O ipê roxo está na relação das espécies que precisam ser conservadas geneticamente (SIQUEIRA e NOGUEIRA, 1992).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L.S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (a. St.-Hil., a. Juss. & Cambess.) Radl. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) produzidas em diferentes substratos.** 2005. 96 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/UENF/FUPEF, 1995. 415p.

CARVALHO, M. **Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *Ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado.** 2010. 106 p. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, Ilhéus, Bahia, 2010.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica: Colombo: Embrapa Floresta. v. 1, 2003. 739p.

DANTAS, R.T.; RAMANA RÃO, T.V. Monitoramento da deficiência hídrica na cultura do milho com termômetro infravermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1743-1749, 1994.

DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Viveiros Florestais. In: DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A. (Eds) **Produção de sementes e mudas de espécies florestais.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, p. 175, 2008.

D'AVILA, F.S. **Efeito do fósforo, nitrogênio e potássio na produção de mudas clonais de Eucalipto.** 2008. 53 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

D'AVILA, F.S.; PAIVA, H.N.P.; LEITE, H.G.; BARROSO, N.F.; LEITE, F.P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 13-19, 2011.

EMEKLI, Y.; BASTUG, R.; BUYUKTAS, D.; EMEKLI, N.Y. Evaluation of a crop water stress index for irrigation scheduling of bermudagrass. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 90, n. 3, p. 205-212, 2007.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J.M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations. **Functional Plant Biology**, v. 29, n. 4, p. 461-471, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Panel of experts and forest gene resources.** Ninth session. Rome, 1996. 64p.

FREITAG, A.S. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro.** 2007. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M.; ZANATTO, A.C.S.; MORAES, E.; MORAES, M.A. Variação genética para caracteres quantitativos em população de *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 165-173, 2008.

GEMAQUE, R.C.R.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de Ipê-Roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 84-91, 2002.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.G.; FONSECA, E.P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

GONTIA, N.K.; TIWARI, K.N. Development of crop water stress index of wheat crop for scheduling irrigation using infrared thermometry. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, n. 10, p.1.144-1.152, 2008.

GROSE, S.O.; OLMSTEAD, R.G. Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany**, Laramie, v. 32, n. 3, p. 660-670, 2007.

JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D. Hardening. In: DUMROESE, R.K.; LUNA, T.; LANDIS, T.D. (Eds.) **Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries**. v.1. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. United States Department of Agriculture, Forest Service, p. 217-227, 2009.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 2008. 431p.

LARCHER, W. Plantas sob estresse. In: LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, p. 341-430. 2000.

LELES, P.S.S.; LISBOA, A.C.; OLIVEIRA NETO, S.N.; GRUGIKI, M.A.; FERREIRA, M.A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente**. v. 13, n. 1, p. 69-78. 2006.

LOBO, F.A.; OLIVA, M.A.; RESENDE, M.; LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Termometria de infravermelho para programar a irrigação do feijoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 113-121, 2004.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SILVA, M.R.; SAAD, J.C.C.; LOPES, C.F. Estresse hídrico em plantio de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, em função do solo, substrato e manejo hídrico de viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 31-39, 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1. 368 p.

MAIA, E.L. **Comportamento vegetativo de três espécies florestais sob estresse hídrico, com adubação orgânica em solos da região semi-árida nordestina**. 2005. 53 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2005.

MENDES, R.M.S.; TÁVORA, F.J.A.F.; PINHO, J.L.N.; PITOMBEIRA, J.B. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

NASCIMENTO, S.P.; BASTOS, E.A.; ARAÚJO, E.C.E.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, E.M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

OLIVEIRA, A.D.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D.; Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**. v. 25, n. 1, p. 86-95, 2005.

PAZZETI, G.A.; OLIVA, M.A.; LOPES, N.F. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): parâmetros fisiológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.4, n. 1, p. 27-31, 1992.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. 247-267 p..

PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E. de L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T.; (Ed.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Impr. Universitária, 2005. 13-21 p.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 70-75, 2006.

QUEIROZ, L.R.S.; BARRICHELO, L.E.G. **O eucalipto - Um século no Brasil**. São Paulo: Neoband Soluções Gráficas, 2007. 127p.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1988. 524p.

RODRIGUES, S.B.S.; MANTOVANI, E.C.; OLIVEIRA; R.A.; PAIVA, H.N.; ALVES, M.E.B. Necessidades hídricas de mudas de Eucalipto na Região Centro-Oeste de Minas Gerais. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 212-223, 2011.

SAADALLA, M.M.; ALDERFASI, A.A. Infrared-Thermal sensing as screening criterion for drought tolerance in wheat. **Annals of Agricultural Science**, v. 5, p. 421-437, 2000.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHWIDER, Y.S.; PEZZOPANE, J.E.M.; CÔRREA, V.B.; TOLEDO, J.V.; XAVIER, T.M.T. Efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de eucalipto em diferentes condições

microclimáticas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n. 16, p. 888-900, 2013.

SCHNEIDER, P.S.P.; SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G. Crescimento de ipê-roxo, *Tabebuia impetiginosa* Martius ex A.P. de Condolle, na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 91-100. 2000.

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

SIQUEIRA, A.C.M.F.; NOGUEIRA, J.C.B. Essências brasileiras e sua conservação genética no Instituto Florestal de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. 4, p. 1187, 1992. In: Anais... CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, São Paulo, 1992. Edição especial.

SEPULCRE-CANTO, G.; ZARCO-TEJADA, P.J.; JIMENEZ-MUNOZ, J.C.; SOBRINO, J.A.; MIGUEL, E.; VILLALOBOS, F.J. "Detection of water stress in an olive orchard with thermal remote sensing imagery", **Agric. Forest Meteorol.**, vol. 136, p. 31-44, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TATAGIBA, S.D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2006. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

TESTI, L.; GOLDHAMER, D.; INIESTA, F.; SALINAS, M. Crop water stress index is a sensitive water stress indicator in pistachio trees. **Irrigation Science**, v. 26, p. 395-405, 2008.

TRENTIN, R.; ZOLNIER, S.; RIBEIRO, A.; STEIDLE NETO, A. J. Transpiração e temperatura foliar da cana-de-açúcar sob diferentes valores de potencial matricial. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 31, n. 6, p. 1085-1095, 2011.

WANG, D.; GARTUNG, J. Infrared canopy temperature of early-ripening peach trees under postharvest deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 11, p. 1.787-1.794, 2010.

CAPÍTULO I

**AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MUDAS DE *Handroanthus impetiginosus*
(Mart. ex DC.) Mattos SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS**

AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MUDAS DE *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

Resumo: Este trabalho objetivou quantificar os efeitos do manejo hídrico no período de rustificação em mudas de *H. impetiginosus* por meio da termometria foliar e por parâmetros morfométricos de qualidade e adicionalmente analisar o desempenho das mudas após a rustificação em solo arenoso e argiloso. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. Os tratamentos foram compostos por quatro regimes hídricos: irrigação diária (tratamento controle), a cada dois, três e a cada quatro dias, em 60 mudas por tratamento, durante quatro semanas. As mensurações envolveram a medição da temperatura foliar (TF), os incrementos na altura, no diâmetro de colo, na massa seca radicular, na massa seca da parte aérea e na área foliar. As mensurações da TF ocorreram ao final do ciclo de cada manejo de irrigação e para as demais variáveis realizaram-se as mensurações no início e final da rustificação. Após a imposição dos manejos hídricos, as mudas foram levadas para vasos contendo solo arenoso e argiloso, para verificar se a influência dos diferentes manejos hídricos, bem como do tipo do solo na sobrevivência da muda. A análise entre os tratamentos controle e irrigação a cada dois resultou em diferenças significativas ($P > 0,05$) apenas para área foliar. Com ciclos de irrigação a cada três dias, a redução na taxa de crescimento em diâmetro foi de 29%, de 58% para IMSPA e de 32% para área foliar em comparação ao manejo controle. O manejo de irrigação a cada quatro dias em mudas de *H. impetiginosus* possibilitou maior velocidade de crescimento do sistema radicular e reduziu o crescimento aéreo, resultando no aquecimento foliar. O uso da termometria infravermelho permite aferir a temperatura foliar na rustificação de mudas de *H. impetiginosus*. Houve influência dos solos na sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus*, e os sintomas de déficit hídrico sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não adaptadas ao estresse hídrico. Mudas de *H. impetiginosus* irrigadas a cada quatro dias têm melhor qualidade já que apresentam um sistema radicular mais desenvolvido e os sintomas de déficit hídrico foram se atenuando mais lentamente em relação aos demais tratamentos.

Palavras chave: déficit hídrico; espécie nativa; ipê-roxo; temperatura foliar.

Abstract: This work aimed to quantify the effects of hydric management in the period of rustification in seedlings of *H. impetiginosus* by means of foliar thermometry and parameters morphometric of quality and additionally analyze the performance of seedlings after the rustification, in soil sandy and loamy soil. The experiment was conducted in a protected ambient at the State University of West Paraná, campus Marechal Cândido Rondon - PR. The treatments were comprised of four hydric regimes: daily irrigation (control), every two, three and four days in 60 seedlings per treatment for four weeks. The mensurations involved the measurement of the leaf temperature (TF), the increments in height, the stem diameter, in the mass dry of root, in the mass dry of shoot and leaf area. The mensurations of TF occurred at the end of each irrigation management cycle and for the other variables were held measurements at the beginning and end of rustification. After the impositions of hydric managements, the seedlings were taken to pots containing sandy soil and clay soil to check the influence of different hydric management as well as soil type in the seedling survival. The analysis between the control treatment and irrigation every two days resulted in significant differences ($P > 0,05$) merely for leaf area. With irrigation cycles every three days, there was reduction in the rate of growth in diameter of 29%, of 58% to increment the dry mass of shoots and 32% for leaf area compared to the management control. The irrigation management every four days in seedlings of *H. impetiginosus* enabled higher speed of growth of the root system and reduced aerial growth, resulting in warming the leaf. The use of the infrared thermometry allows benchmarking the leaf temperature during rustification of seedlings of *H. impetiginosus*. Was no influence of soils in the seedling survival of *H. impetiginosus*, and the symptoms of hydric deficit always if manifested first in clay soil, mainly in seedlings not adapted to hydric stress. Seedlings of *H. impetiginosus* irrigated every four days have better quality since they have a more developed root system and the symptoms of hydric stress were attenuated more slowly compared to other treatments.

Keywords: hydric deficit; native species; ipê-purple; leaf temperature.

INTRODUÇÃO

A espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC) Mattos, conhecida popularmente como ipê-roxo, é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae (GROSE e OLMSTEAD, 2007) podendo ser comumente encontrado em áreas de vegetação nativa do Nordeste e Sudeste brasileiro. Esta espécie arbórea é muito apreciada para fabricação de móveis e assoalhos finos, além de apresentar propriedades farmacológicas com ação antiinflamatória, analgésica, antibiótica e antineoplásica. Foi intensamente explorada nas regiões de ocorrência natural, restando poucas árvores isoladas, justificando sua inclusão em trabalhos de restauração de ecossistemas florestais e de paisagismo (GEMAQUE et al., 2002).

A intensificação da utilização de espécies lenhosas nativas para recuperação de áreas degradadas, matas ciliares, reflorestamento e plantios comerciais, torna a produção de mudas de qualidade uma prática fundamental para o êxito dessas atividades (BRIENZA JÚNIOR, 2008; FERRAZ e ENGEL, 2011; SANTOS et al., 2012). A crescente demanda por mudas de espécies lenhosas observada nos últimos anos mostra a necessidade do desenvolvimento de protocolos que otimizem a produção de mudas, a baixo custo e com qualidade morfo-fisiológica capaz de atender as necessidades dos plantios (NIETSCHE et al., 2004; LELES et al., 2006).

No ato do plantio, as mudas devem estar aptas para enfrentar uma diversidade de efeitos desfavoráveis ao estabelecimento. Danos operacionais no manuseio antes e durante o plantio, períodos de deficiência ou saturação hídrica, velocidade do vento e mato competição são os principais agravantes para o sucesso do plantio de mudas de espécies lenhosas (CLOSE et al., 2005). Para que as mudas produzidas possam superar tais adversidades, é necessário que apresentem o mínimo de tolerância aos estresses do local de plantio (D'AVILA et al., 2011).

Para obter maior eficiência na sobrevivência e desenvolvimento das plantas a campo é importante realizar um processo de aclimação das mudas às condições de campo, chamada rustificação. Este processo é realizado entre 15 e 30 dias antes da expedição a campo, refere-se ao conjunto de práticas operacionais adotadas durante a formação das mudas com finalidade de preparar as mudas fisiologicamente para suportar o choque do plantio e das adversidades ambientais a que estão sujeitas nas primeiras semanas que o sucedem (FERRARI e SHIMIZU, 2005).

A rustificação promove mudas com crescimento volumétrico desejável (GOMES et al., 1991) e com qualidade tal que permita a sobrevivência no campo, evitando replantios e consequentes gastos desnecessários (GOMES et al., 2002). Algumas práticas envolvem a manipulação da adubação, do regime de luz, poda de raízes e parte aérea, e o manejo da irrigação (JACOBS e LANDIS, 2009).

A maneira como as plantas respondem a redução de água é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas. Essas modificações, muitas vezes, refletem em mecanismos de adaptação a baixa quantidade de água no substrato. A escassez de água no solo faz com que as plantas estabeleçam estratégias para minimizar as necessidades fisiológicas, como transpiração e fotossíntese para sobreviver com perda mínima do conteúdo de água (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O déficit hídrico pode afetar a condutância estomática, mesmo que moderadamente, e desencadear a síntese do ácido abscísico (PIMENTEL, 2004), pois a absorção e a perda de água nas células-guarda modificam o turgor afetando a abertura e fechamento estomático, e consequentemente a redução da capacidade de trocas gasosas, interferindo no desenvolvimento da planta (TAIZ e ZEIGER, 2009). A severidade do déficit hídrico é, provavelmente, indicada pela magnitude da elevação na temperatura foliar, ou seja, quanto maior for a elevação da temperatura foliar, maior é o dano causado pelo déficit hídrico (CLAWSON e BLAD, 1982).

Segundo Pazzetti et al. (1993) o uso da temperatura do dossel vegetativo é uma ferramenta de grande importância na determinação do estresse hídrico, baseado na hipótese de que a água transpirada pela folha, ao evaporar-se contribui para o seu resfriamento. A termometria infravermelha por se tratar de uma técnica simples e acessível, pode assim, inferir o estado hídrico da planta (BASCUR et al., 1985).

A avaliação da qualidade das mudas aptas ao plantio baseia-se comumente em aspectos morfológicos que se constituem basicamente de medidas lineares de crescimento, por serem não destrutivas e de fácil repetibilidade no viveiro (GOMES et al., 2002). Contudo, essa avaliação é insuficiente, fazendo-se necessária a análise das características fisiológicas da planta (SILVA, 2004).

O conhecimento dos mecanismos morfofisiológicos que permitem a uma planta tolerar as condições de estresse hídrico constitui importante ferramenta para analisar a qualidade de mudas. O presente trabalho objetivou quantificar os efeitos do manejo hídrico no período da rustificação em mudas de *H. impetiginosus* por meio da termometria foliar e por parâmetros

morfométricos de qualidade e adicionalmente analisar o desempenho das mudas após a rustificação em solo arenoso e argiloso.

MATERIAL E MÉTODOS

Características Gerais da Área Experimental

O experimento foi conduzido de Out/2012 a Jun/2013, em ambiente protegido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon – PR, com coordenadas de latitude: 24° 33' S e longitude: 54° 04' W, com altitude média de 420 m.

O clima da região segundo Koppen é caracterizado como sendo do tipo Cfa, subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. A precipitação pluviométrica anual é em torno de 1.600 a 1.800 mm, o que mantém a alta umidade relativa do ar na maior parte do ano, ao contrário do período seco que não é bem definido (CAVIGLIONE et al., 2000).

Produção das mudas

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes provenientes da espécie *H. impetiginosus* (RNC: 23326) coletadas de árvores matrizes localizadas no município de Pato Bragado-PR.

As mudas de *H. impetiginosus* foram propagadas via semeadura direta (05/10/2012) em tubetes de 120 cm³ preenchidos com substrato comercial (Plantmax[®]) a base de casca de pinus e acomodados em suportes plásticos com capacidade para 96 tubetes sobre bancadas a 1,2 m do solo. A fertilização constou de 200 g de fertilizante de liberação controlada (Basacote[®] Plus 6M) da formulação N₂-P₂O₅-K₂O (16-8-12) incorporado em 25 kg de substrato, com auxílio de uma betoneira. Entre 45 e 60 dias realizou-se raleios das mudas, deixando apenas uma muda por tubete.

Durante a fase de crescimento das mudas (05/10/2012 a 02/03/2013), as irrigações foram efetuadas diariamente, por aspersão até a saturação do substrato, ou seja, até o escoamento da água pela abertura inferior do tubete.

Rustificação das mudas

Após 148 dias, no início do mês de mar/2013, quando as mudas estavam com altura de $17,1 \pm 2,6$ cm e $4,34 \pm 0,29$ mm de diâmetro do coleto iniciou-se a rustificação que perdurou por quatro semanas. As regas ocorreram sempre por volta das 14 e 15h (com o auxílio de mangueira), até a saturação do substrato. Os diferentes manejos foram constituídos por quatro regimes hídricos aplicados em 60 mudas de cada tratamento: irrigação diária (controle); irrigação a cada dois dias; irrigação a cada três dias e irrigação a cada quatro dias.

Variáveis analisadas

A altura das mudas foi obtida com régua graduada (± 1 mm) a partir do nível do substrato até a inserção da última folha. O diâmetro do coleto foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital ($\pm 0,1$ mm). Ambas as variáveis foram avaliadas antes e após as quatro semanas de implantação dos regimes hídricos para cálculo dos incrementos.

Antes do início da rustificação foi realizada a análise da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em 12 mudas, e ao término da rustificação, determinou-se o incremento na MSPA e MSR, utilizando 24 mudas por tratamento. Para avaliação da massa seca, as mudas foram separadas em parte aérea (caule e folhas) e raiz, e colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 65°C , por um período de 72 horas.

A área foliar foi estimada por meio do método de imagem digital. O método consistiu da captura de imagens das folhas por meio de uma câmera fotográfica digital de 10,1 mega pixels e seu processamento pelo software de Quantificação de Doenças em Plantas – Quant ver. 1.0 (VALE et al., 2001). A estimativa da área foliar foi calculada através da multiplicação do número de folhas pela área média de uma folha e os resultados expressos em cm^2 . Para determinação do número de unidades amostrais representativas para a obtenção da área média da folha, foi utilizada a técnica de amostragem simples, com base na variância média da área

foliar obtida de 20 folhas de diferentes idades por tratamento e repetição, admitindo o limite de erro de 10% a 95% de probabilidade pelo teste t – Student.

Adicionalmente, foi analisada a temperatura do limbo foliar durante a rustificação das mudas. Os valores da temperatura do limbo foliar foram aferidos com auxílio de um pirômetro infravermelho (HOMIS[®] mod. 466A), trabalhando com emissividade ($\epsilon\lambda$) de 95% conforme a recomendação do fabricante. Procedeu-se aos cuidados de rotina preconizados para o manuseio do equipamento, como calibragem, antes do início das leituras. A quantificação da temperatura foliar foi obtida tangendo o equipamento sobre o limbo foliar (face abaxial) da última folha recém-expandida. As mensurações foram efetuadas ao final do ciclo do manejo da irrigação, ou seja, diariamente para o tratamento controle, a cada dois, três e quatro dias de interrupção da irrigação, sempre entre 12:00 a 13:00 horas do dia antes de se iniciar a irrigação, conforme cada tratamento.

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa durante a rustificação das mudas foi efetuado utilizando-se de um Termo-higrômetro digital (Mod. TH439 da Equitherm), sendo obtidas sempre durante a leitura da temperatura foliar (12:00 e 13:00h). O déficit de pressão de vapor (DPV) foi calculado a partir dos dados de temperatura do ar e da umidade relativa, segundo metodologia adotada por Landsberg (1986). Durante as leituras a temperatura média do ambiente propagativo manteve-se a 35,6 °C, a umidade relativa do ar em 52 %, e o DPV em 2,89 Kpa (Figura 1).

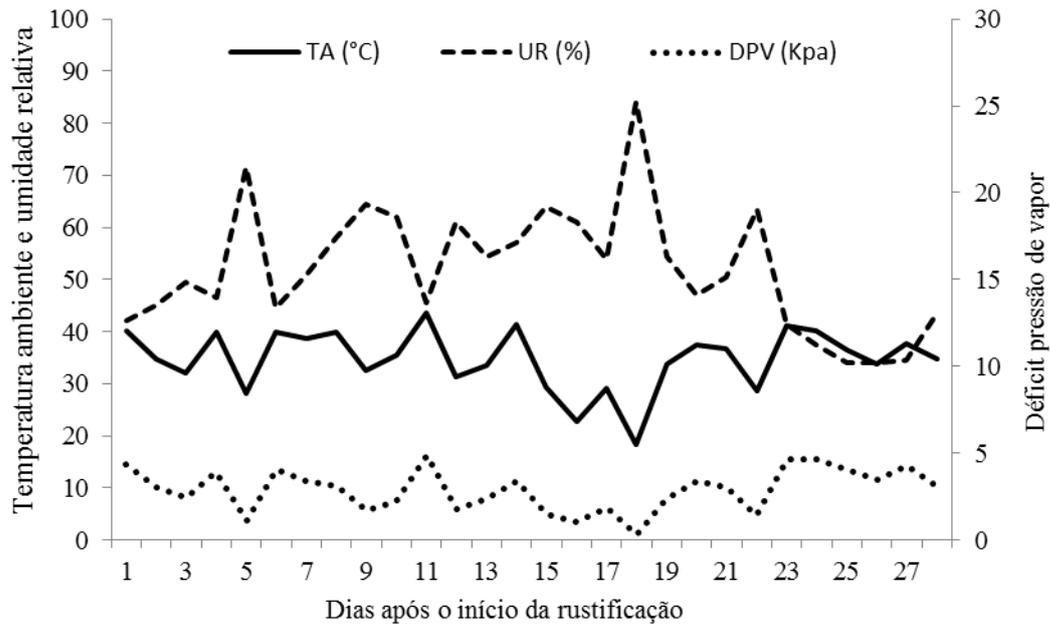


Figura 1. Variação da temperatura média do ambiente propagativo (TA), umidade média relativa (UR) e déficit de pressão de vapor (DPV) durante o período em que as mudas foram submetidas à rustificação.

Delineamento experimental e análise dos dados

Duzentos e quarenta mudas foram arranjadas em quatro grupos de 60 mudas para facilitar a aplicabilidade do manejo hídrico. É importante ressaltar que para a aplicação dos diferentes manejos hídricos não foi possível agrupar as mudas em um delineamento experimental comumente utilizado, visto que isso dificultaria a imposição dos manejos hídricos.

Para a análise de todas as variáveis foi utilizado o teste de médias para dois níveis independentes de X, baseado no princípio de se testar as médias de duas populações independentes (X_1 e X_2) com variâncias desconhecidas (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2008). Para isso foram realizadas separadamente 3 análises de comparações: irrigação diária (controle) com irrigação a cada dois dias; irrigação diária (controle) com irrigação a cada três dias; e irrigação diária (controle) com irrigação a cada quatro dias.

Os resultados obtidos foram verificados quanto à suposição de normalidade pelo teste de Lilliefors, e as médias comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade com o auxílio do software SAEG 9.0. Para a comparação de médias da temperatura foliar utilizou-

se a temperatura obtida no último dia de interrupção da irrigação com a obtida no tratamento controle.

Plantio em vasos

Em abril de 2013, após as quatro semanas de manejo hídrico nas 240 mudas de cada espécie, 80 mudas de *H. impetiginosus* (20 mudas de cada tratamento) foram selecionadas aleatoriamente e transplantadas para vasos de 5L, sendo 40 mudas (10 mudas por tratamento) em vasos contendo solo classificado como arenoso e 40 mudas (10 mudas por tratamento) em vasos contendo solo classificado como argiloso (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise granulométrica (textura) dos solos utilizados nos vasos.

Textura (descrição)	Argila	Silte	Areia
	----- % -----		
Franco Arenosa	21,4	9,55	69,55
Muito Argilosa	60,1	32,35	7,55

No momento do transplante das mudas, foi realizada uma irrigação nos vasos, até atingirem a capacidade de campo de cada solo, 24,18 mL (argiloso) e 22,53 mL (arenoso) de água para cada 100 g de solo, simulando precipitação pluviométrica. Os vasos foram arranjados sobre bancadas a 1,2 m do solo em ambiente protegido. As mudas foram submetidas à completa restrição hídrica até o total aparecimento dos sintomas de murcha. Semanalmente, foram observadas 100% das mudas, avaliando individualmente os níveis de estresse que afetaram a sobrevivência das plantas nos dois tipos de solo.

As respostas dos vegetais aos níveis de déficit hídrico foram definidos previamente em uma escala de I a V, baseando-se em Saad et al., (2009). As avaliações visuais em cada planta incluíram: I - sem sintomas; II - déficit brando – gemas apicais da planta com leve murchamento; III - déficit moderado – planta em ponto de murcha; IV - déficit severo - planta com pelo menos uma folha seca; e V - déficit extremo - folhas totalmente seca.

Durante o período em que as mudas permaneceram nos vasos, a temperatura média do ambiente propagativo foi de 19,8 °C e a umidade relativa do ar de 77,6 %, a oscilação do ambiente esta demonstrada na Figura 2.

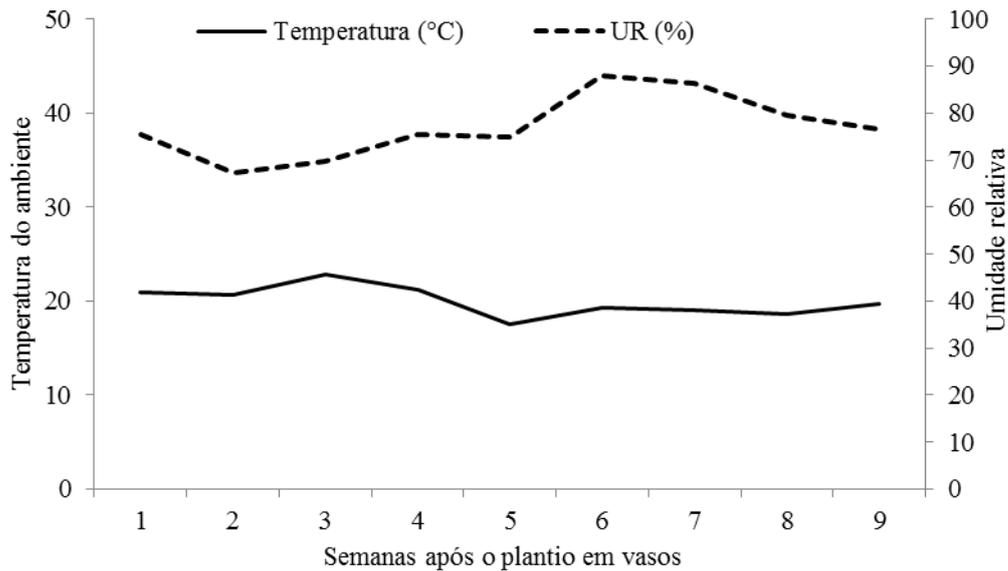


Figura 2. Temperatura média semanal e umidade relativa do ar (UR) do ambiente propagativo durante o período de estresse hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rustificação de mudas de *H. impetiginosus*

O fornecimento de irrigação a cada dois dias resultou em menor área foliar para as mudas de *H. impetiginosus* em relação às mudas irrigadas diariamente, não apresentando diferenças ($P > 0,05$) para os demais parâmetros avaliados (Figura 3). O tratamento controle induziu incremento na altura (IA) da muda de 1,13 cm (Figura 2A), incremento no diâmetro do coleto (IDC) de 0,59 mm (Figura 2B), incremento na massa seca da raiz (IMSR) de 1,33 g (Figura 2C), incremento na massa seca da parte aérea (IMSPA) de 1,00 g (Figura 3D) e área foliar de 756,39 cm² (Figura 2E). Com irrigação a cada dois dias, as médias dos incrementos obtidos durante a fase de rustificação foram de 1,14 cm, 0,59 mm, 1,28 g, 0,50 g e 602,53 cm² respectivamente.

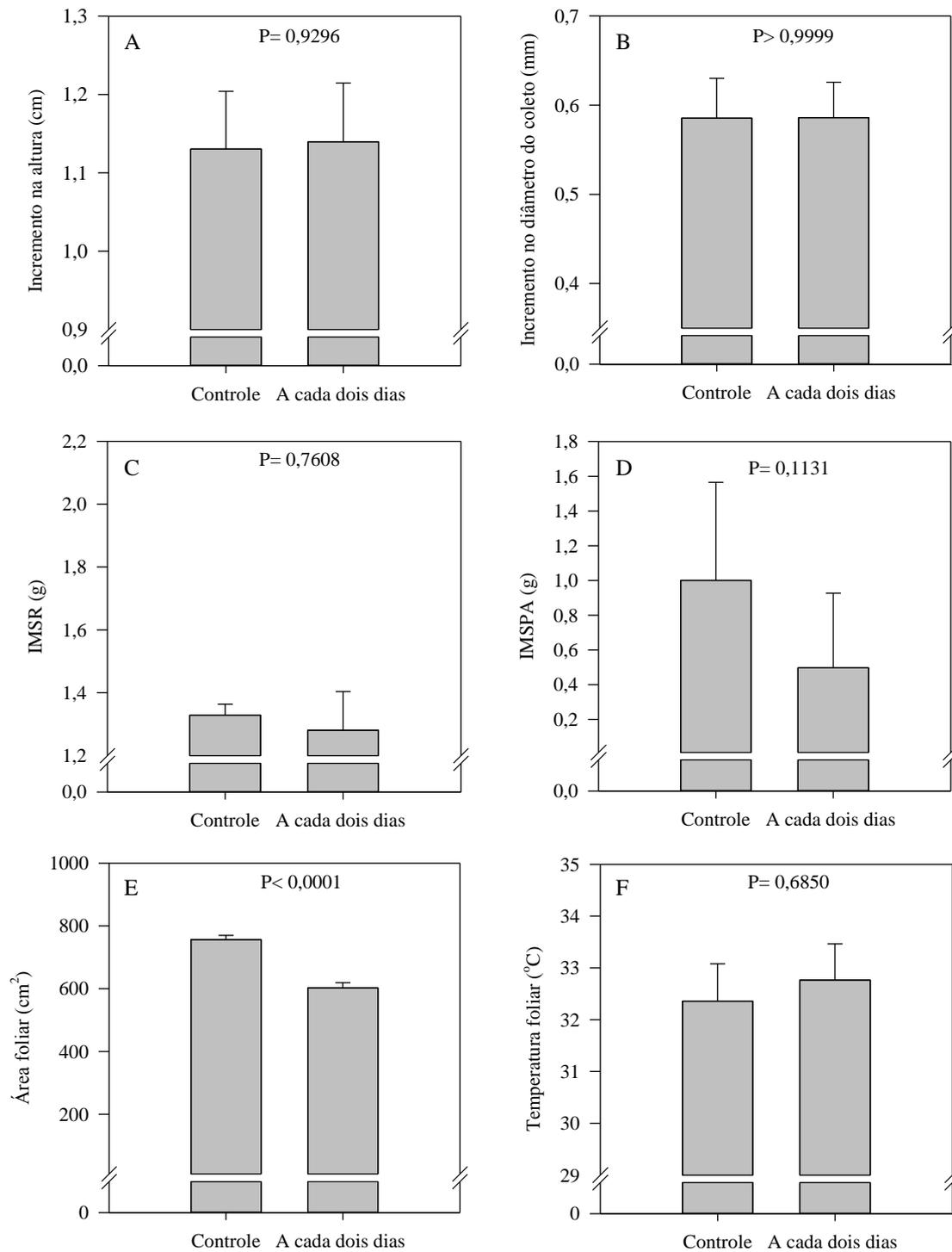


Figura 3. Incrementos na altura (A), no diâmetro do coleto (B), na massa seca de raízes-IMSR (C), na massa seca da parte aérea-IMSPA (D), área foliar (E) e a temperatura foliar (F) em mudas de *H. impetiginosus impetiginosus* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada dois dias e mudas irrigadas diariamente (controle).

A redução da área foliar em mudas submetidas a menores disponibilidades de água é comumente observada em espécies florestais (LOPES et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2011; SCALON et al., 2011), sendo que essa redução na área foliar verificada em mudas irrigadas a cada dois dias, provavelmente contribuiu para a redução no IMSPA, que mesmo não diferindo estatisticamente do manejo controle, apresentou redução de 50%.

Trabalhando com dois sistemas de manejos hídricos (mudas irrigadas ao atingir as tensões de retenção de água pelo substrato de 0,01 MPa ou 1,5 MPa) na rustificação em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden. Silva et al. (2004) não verificaram diferenças em relação a altura da parte aérea, diâmetro de colo, e matéria seca total. Os autores relataram que tais resultados ocorreram devido ao nível de estresse hídrico utilizado não interferir no desenvolvimento da parte aérea da muda, uma vez que na fase de rustificação a muda em tubete já teria passado pela fase de crescimento rápido, pois o tamanho da embalagem e, conseqüentemente, a quantidade de substrato e nutrientes seriam limitantes.

A mesma justificativa aplica-se a inexistência de diferença estatística ($P > 0,05$) entre o tratamento controle em relação à rega a cada dois dias, quanto aos incrementos em altura e IMSPA em mudas de *H. impetiginosus*. É importante lembrar que a rustificação não objetiva o desenvolvimento da muda e sim, a aclimação para as condições de campo.

Na temperatura foliar (Figura 3F) houve pouca variação em função dos regimes hídricos, com a diferença de 0,4 °C entre o tratamento controle e a irrigação a cada dois dias. A restrição hídrica a cada dois dias não foi suficiente para mudas de *H. impetiginosus* apresentarem mecanismos de controle estomático.

Com o fornecimento de irrigação a cada três dias (Figura 4) houve menor IDC, IMSPA e área foliar nas mudas de *H. impetiginosus* em relação às mudas irrigadas diariamente, não sendo detectadas diferenças ($P < 0,05$) para as demais variáveis morfológicas analisadas. Com ciclos de irrigação a cada três dias, a redução na taxa de crescimento em diâmetro foi de 29%, 58% para IMSPA e 32% para área foliar em comparação ao manejo controle (Figura 4). Essa diferença expressiva do IMSPA do manejo controle em relação ao manejo de irrigação a cada três dias se deve principalmente à diferença do IDC das mudas dos dois manejos hídricos, visto que, para o incremento em altura não houve diferença ($P < 0,05$) entre ambos. O incremento na altura (Figura 4A) foi de 1,06 cm para mudas irrigadas a cada três dias.

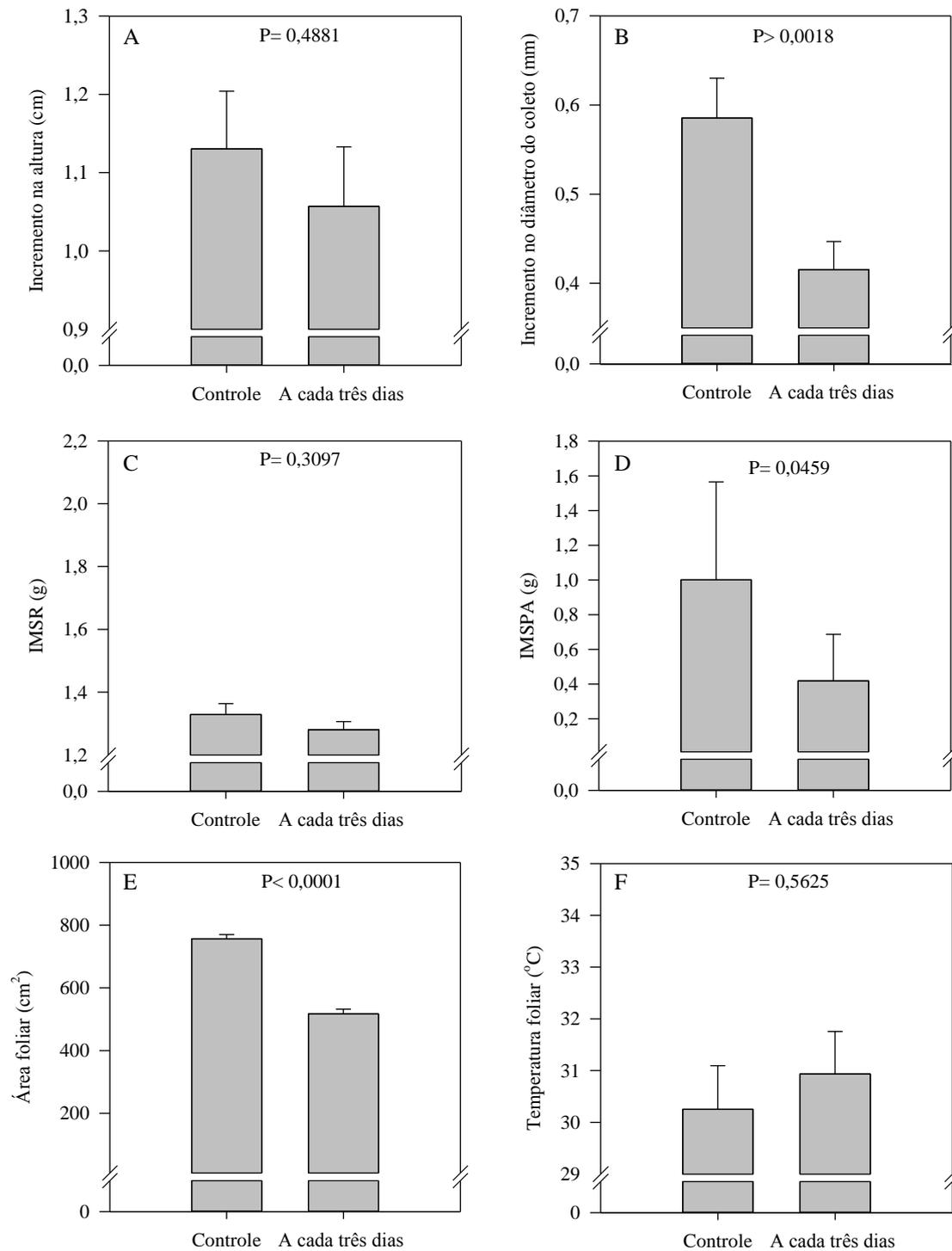


Figura 4. Incrementos na altura (A), no diâmetro do coleto (B), na massa seca de raízes-IMSR (C), na massa seca da parte aérea-IMSPA (D), área foliar (E) e a temperatura foliar (F) em mudas de *H. impetiginosus* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada três dias e mudas irrigadas diariamente (controle).

Para o IMSR (Figura 4C) o valor foi de 1,28 g para mudas irrigadas a cada três dias, sem contudo, diferir do tratamento controle ($P>0,05$). Contudo, é importante ressaltar que há evidências que o crescimento de raízes é menos afetado pela restrição hídrica do que a parte aérea, pois sob deficiência de água, o crescimento e a expansão celular são inibidas e prontamente o crescimento da raiz é favorecida em relação à parte aérea (HSIAO e XU, 2000). Ainda de acordo com os mesmos autores, quando o potencial de água é repentinamente reduzido nas raízes, ocorre rapidamente o ajuste osmótico para permitir a recuperação parcial de turgescência e, tais ajustes, permitem que as raízes retomem o crescimento mesmo em baixo potencial de água. Em contraste, sob reduções semelhantes de potencial de água, o ajuste osmótico na parte aérea ocorre lentamente, levando à inibição do seu crescimento.

Para a temperatura foliar (Figura 4F), os resultados externaram um aumento médio de $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ em comparação ao tratamento controle, não diferindo estatisticamente entre si. A variação de $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ em função dos regimes hídricos sugere, bem como a variação $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ da irrigação a cada dois dias, que também a restrição hídrica de três dias não foi suficiente para mudas de *H. impetiginosus* apresentar mecanismos de controle estomático a ponto de elevar significativamente a temperatura foliar. No entanto, nota-se que houve um aumento da temperatura foliar conforme se aumentou a restrição hídrica em dias.

As mudas de *H. impetiginosus* submetidas à irrigação a cada quatro dias (Figura 5) apontaram diferenças ($P<0,05$) em comparação ao tratamento controle, apresentando redução na taxa de crescimento em diâmetro de 35,2% (Figura 5B), de 70% no IMSPA, e de 39,33% na área foliar (Figura 5D e 5E) e aumento na taxa de crescimento do sistema radicular de 38,7% (Figura 5C). O incremento na altura (Figura 5A) não apresentou diferença ($P>0,05$) em comparação ao tratamento controle, contudo houve uma redução na taxa de crescimento de 15,5%.

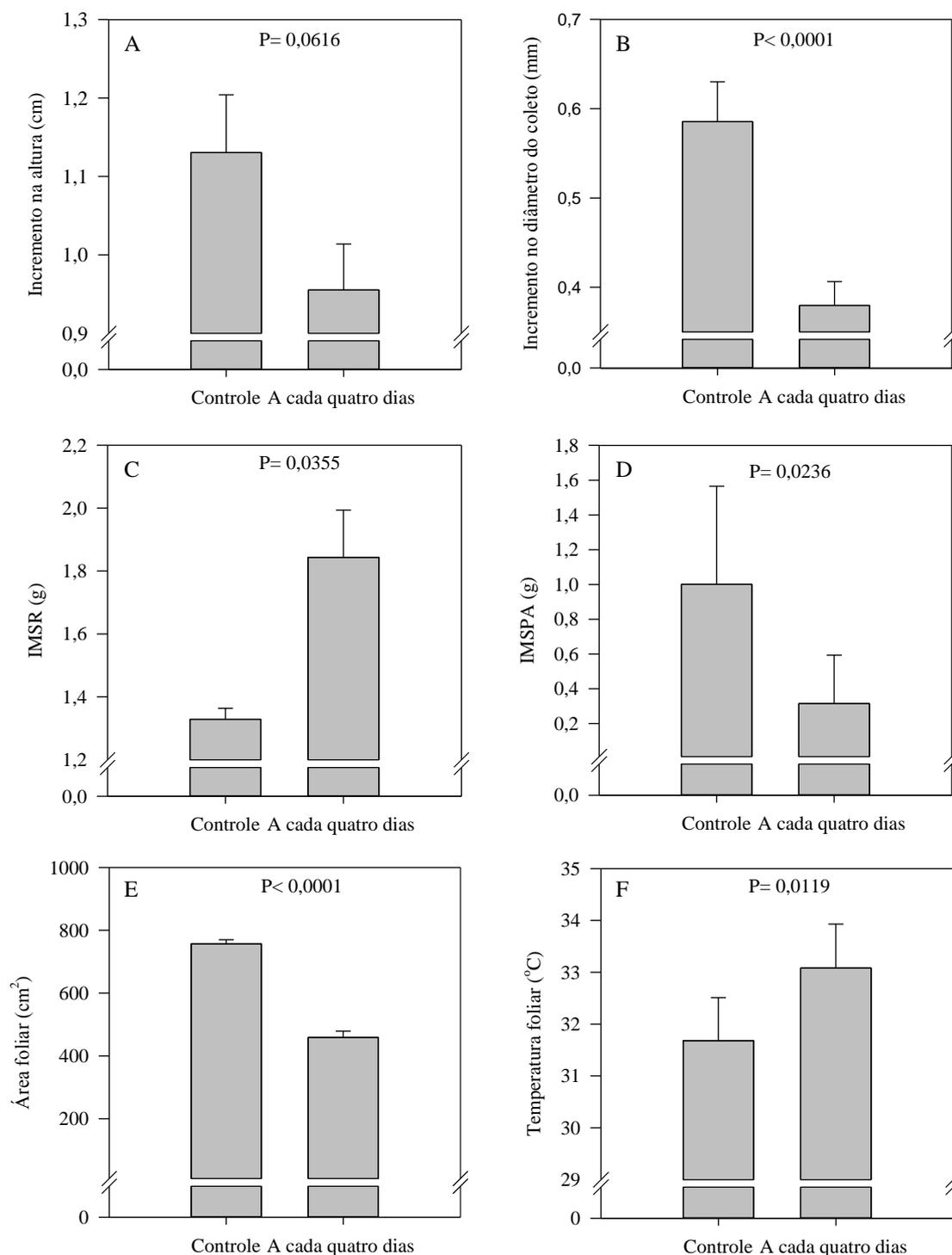


Figura 5. Incrementos na altura (A), no diâmetro do coleto (B), na massa seca de raízes-IMSR (C), na massa seca da parte aérea-IMSPA (D), área foliar (E) e a temperatura foliar (F) em mudas de *H. impetiginosus* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada quatro dias e mudas irrigadas diariamente (controle).

Segundo Scalon et al. (2011) a taxa de crescimento em diâmetro das mudas de *Guazuma ulmifolia* (Lam.) cultivadas com menor disponibilidade de água avaliada após

35 dias, foi o menor encontrado (4,2 mm). Lenhard et al. (2010) observaram maior diâmetro em mudas de *Caesalpinia ferrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth. submetidas a 70% da capacidade de campo (6,17 mm), enquanto que as mudas submetidas a menor disponibilidade de água (12,5%) apresentaram o menor diâmetro do coleto (3,67 mm).

Em ambos os trabalhos, Cabral et al. (2004) estudando o crescimento inicial de *Tabebuia aurea* [(Manso) Benth. & Hook f. ex S. Moore] sob irrigações a 100%, 50% e 25% da capacidade de campo (CC), e Figueirôa et al. (2004) estudando *Myracrodruon urundeuva* Allemão sob 25%, 50% e 75% da capacidade de campo constataram maior altura das plantas, quando submetidas à maior disponibilidade de água. Coopman et al. (2008) trabalhando com diferentes manejos hídricos na rustificação de mudas de *Eucalyptus globulus* Labill. verificaram também um incremento maior na altura das mudas no tratamento controle, no entanto, não diferiram estatisticamente dos demais tratamentos com restrições hídricas mais severas.

De acordo com Taiz e Zeiger, (2009) plantas submetidas a déficit hídrico têm por condições de sobrevivência, senescência acelerada das folhas, devido ao solo seco não poder fornecer nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da planta e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento. Podendo explicar a redução da parte aérea constata em mudas de *H. impetiginosus* submetidas ao maior manejo de restrição hídrica.

A área foliar estimada nas mudas controle foi maior em relação aos demais manejos hídricos, sendo que, conforme houve o aumento nos dias de restrição hídrica, se teve uma redução da área foliar em mudas de *H. impetiginosus* (Figura 3E, 4E e 5E). Tais resultados corroboram com os encontrados por Coopman et al. (2008), que encontraram redução da área foliar em mudas *Eucalyptus globulus* com o aumento da restrição hídrica durante a rustificação.

De acordo com Chaves (2001) houve redução de 68,6% e 31,7% na massa seca foliar de clones de eucalipto submetidos a estresse severo e moderado (respectivamente) em função da abscisão foliar e redução da expansão foliar. Em mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. cultivadas sob 100, 50 e 25% da capacidade de recipiente observaram aos 50 dias, quem em plantas sob restrição hídrica mais severa, a produção de massa seca foliar diminuiu (SANTIAGO et al., 2002). Scalon et al. (2011) constataram 50% de diminuição da massa seca foliar de *Guazuma ulmifolia* sob disponibilidade de água de 25 e 12,5% CC aos 35 dias de desenvolvimento.

As diferenças causadas pela restrição hídrica (Figura 5) denotam que o aumento da restrição hídrica resultou em menor alocação de massa seca para sustentar o crescimento da parte aérea, e os fotoassimilados passaram a ser direcionados para o crescimento do sistema radicular. Tais resultados corroboram ao obtido por Coopman et al. (2008), que trabalhando com manejo hídrico durante a rustificação de mudas de *Eucalyptus globulus*, verificaram o aumento do número de novas raízes e do comprimento médio das três maiores raízes nas mudas sob deficiência hídrica.

Essa resposta está associada a um mecanismo de tolerância ao estresse hídrico, pois, sob condições de baixa disponibilidade de água no solo, as plantas tendem a investir mais massa seca no sistema radicular, permitindo maior crescimento das raízes (CORREIA e NOGUEIRA, 2004). Conforme Fritsche-Neto e Borém, (2011) uma característica marcante de plantas submetidas à deficiência hídrica é o aumento da alocação de biomassa para o sistema radicular.

Segundo Taiz e Zeiger, (2009) a redução da expansão celular pode se traduzir em uma estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração. Também, pode reduzir o consumo de carbono e energia, sem afetar completamente o sistema fotossintético e, assim, distribuir uma maior proporção de assimilados vegetais ao sistema radicular.

Em virtude do período de quatro dias sem irrigação, a temperatura foliar apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) em relação ao tratamento controle, com aumento em até $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 5F). O que provavelmente ocorre devido à restrição hídrica induzir o fechamento estomático da espécie *H. impetiginosus*, evitando a perda de água por transpiração estomática, resultando no aquecimento foliar em condições de déficit hídrico mais prolongado. A regulação estomática além de permitir trocas gasosas, possibilita a perda de calor latente resultante da radiação incidente na folha (STEPPUHN, 2001; CHAVES et al., 2002).

A elevação da temperatura foliar em resposta ao estresse hídrico pode ser explicada pela redução na perda de calor latente através da transpiração, exercendo efeitos importantes na agricultura tropical, visto que para evaporar da folha a água retira energia térmica, reduzindo a temperatura foliar de 2 a $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (MILBURN, 1979; OLIVEIRA et al. 2005; ENDRES et al. 2010). Além de que o aumento gradativo da temperatura foliar é um forte indicativo de déficit hídrico no substrato, uma vez que sinaliza o fechamento dos estômatos devido ao mecanismo de evitar maiores perdas de água por transpiração (STEPPUHN, 2001).

Segundo Silva (2013), após a imposição do déficit hídrico de 15 dias, houve uma queda significativa da temperatura foliar nas cultivares apirênicas de laranja 'lanelate, navelate e navelina' mantidas irrigadas, enquanto que para as cultivares submetidas ao déficit hídrico 'lanelate e navelina' não apresentaram queda na temperatura foliar. Cultivares comerciais de mamoeiro (Sunrise Solo e Calimosa) e dois acessos de mamoeiro (CMF-40 e CMF-234), oriundos do programa de melhoramento genético de mamão apresentaram correlação linear entre a condutância estomática e a temperatura foliar, explicando que as baixas temperaturas foliares podem ser influenciadas, em parte, por maiores condutâncias estomáticas (OLIVEIRA et al., 2011).

Trabalhando com restrição hídrica em *Vigna unguiculata* (L.) Walp., Nascimento et al. (2011) notaram uma elevação média de 3,5 °C na temperatura média foliar quando os genótipos foram submetidos à deficiência. A diferença de temperatura foliar entre plantas submetidas ou não ao estresse se fundamenta ao status hídrico, no comportamento estomático, e na perda de calor latente por meio da transpiração, apresentando variações quanto a tolerância em função da espécie, do ambiente, da intensidade, da duração, e da hora do dia (NOGUEIRA et al., 2001).

Outro fator que merece destaque é o aumento da temperatura do ar e por consequência do déficit de pressão de vapor que provavelmente interfere na transpiração, até o ponto em que a regulação estomática passa a atuar no sentido de não permitir uma perda excessiva de água, resultando no aquecimento foliar. Em plantas sob déficit hídrico, Oliveira et al. (2005) observaram uma elevação de 15% na temperatura foliar em comparação ao do ambiente, com leituras realizadas às 8 h da manhã e aumento de 60% quando as leituras foram realizadas ao meio-dia.

De acordo com Silva et al. (2004) ao analisarem a transpiração ao longo do dia em mudas de *E. grandis* verificaram que as mudas submetidas a diferentes manejos hídricos apresentaram "percepção" ao estresse hídrico e conseqüentemente a reação de defesa contra a desidratação, pelo rápido fechamento dos estômatos em relação as mudas menos estressadas, além disso, as mudas submetidas ao estresse apresentaram a menor variação da transpiração ao longo do dia. O uso desse conhecimento na prática pode resultar em diminuição significativa da utilização de água, pois a transpiração consome mais de 95% da água absorvida pela planta, ficando apenas o menor percentual para produção de frutos (quando for o caso) e crescimento vegetativo (COMSTOCK, 2002).

Mudas de *H. impetiginosus* em vasos

A porcentagem de mudas de *H. impetiginosus* que apresentaram sintomas devido à deficiência hídrica nos dois tipos de solo utilizado foi aumentando em função do tempo, bem como a severidade dos sintomas (Tabela 2), mostrando influência do tempo de restrição hídrica, do manejo hídrico adotado durante a rustificação e dos diferentes tipos de solo exercido sob as mudas.

Analisando o percentual de plantas afetadas por sintomas de deficiência hídrica, nota-se que mesmo aos 7 dias em solo argiloso, 100% das mudas irrigadas a cada três e quatro dias já apresentavam déficit moderado, com 50% das mudas controle apresentando déficit severo e aos 28 dias todas as mudas, independente do manejo hídrico ao qual foram submetidas na rustificação, já apresentavam déficit extremo no solo argiloso.

Ao analisar o percentual de plantas afetadas por sintomas de deficiência hídrica, nota-se que aos 7 dias em solo arenoso, as mudas que passaram pela rustificação mais severa (irrigação a cada quatro dias) 90% ainda não apresentavam sintomas, sendo que as mudas dos demais manejos hídricos, já apresentavam 50% de déficit brando. Aos 28 dias, verificou-se que mudas do manejo controle apresentaram a maior porcentagem (60%) de déficit extremo, que foi decrescendo conforme foi aumentando o intervalo de irrigação nas mudas, ou seja, 40, 30 e 20% para mudas irrigadas a cada 2, 3 e 4 dias respectivamente.

Aos 56 dias de restrição hídrica, as mudas com manejo hídrico controle e irrigação a cada dois dias transplantadas em solo arenoso apresentaram 100% com sintomas de déficit extremo e as mudas irrigadas a cada três e quatro dias apresentaram 90% com sintomas de déficit extremo.

As diferenças dos sintomas de déficit hídrico apresentadas pelas mudas dos diferentes manejos hídricos mostraram que mudas submetidas ao regime de irrigação a cada três e quatro dias, foram atenuando lentamente os sintomas de déficit hídrico em comparação aos demais manejos hídricos, independentemente do tipo de solo. No entanto, nota-se que as mudas irrigadas a cada quatro dias apresentaram ao final da avaliação (63 dias) 100% das mudas com sintomas de déficit extremo em solo arenoso, ou seja, 35 dias após ao apresentado no solo argiloso, demonstrando que plantas aclimatadas em

viveiro ao déficit hídrico e cultivadas no solo arenoso toleraram mais a deficiência hídrica, de modo que os sintomas manifestaram-se mais tardiamente.

Tabela 2 – Porcentagem de mudas de *H. impetiginosus* (ipê-roxo) afetadas pelo déficit hídrico em solos de texturas arenosa e argilosa aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56 e 63 dias após o plantio nos vasos, em função do manejo hídrico durante a rustificação.

Manejo hídrico	Sintomas aos 7 dias (%)										Sintomas aos 14 dias (%)									
	Solo arenoso					Solo argiloso					Solo arenoso					Solo argiloso				
	SS	DB	DM	DS	DE	SS	DB	DM	DS	DE	SS	DB	DM	DS	DE	SS	DB	DM	DS	DE
Controle	50	50	-	-	-	-	-	50	50	-	40	10	10	40	-	-	-	-	50	50
Irrigação a cada dois dias	50	50	-	-	-	-	-	80	20	-	40	10	10	40	-	-	-	-	60	40
Irrigação a cada três dias	50	50	-	-	-	-	-	100	-	-	50	30	10	10	-	-	-	10	50	40
Irrigação a cada quatro dias	90	10	-	-	-	-	-	100	-	-	60	40	-	-	-	-	-	10	50	40
	Sintomas aos 21 dias (%)										Sintomas aos 28 dias (%)									
Controle	-	10	20	70	-	-	-	-	-	100	-	-	-	40	60	-	-	-	-	100
Irrigação a cada dois dias	-	-	40	60	-	-	-	-	-	100	-	-	-	60	40	-	-	-	-	100
Irrigação a cada três dias	-	20	20	60	-	-	-	-	-	100	-	-	-	70	30	-	-	-	-	100
Irrigação a cada quatro dias	-	20	30	50	-	-	-	-	20	80	-	-	-	80	20	-	-	-	-	100
	Sintomas aos 35 dias (%)										Sintomas aos 42 dias (%)									
Controle	-	-	-	30	70	-	-	-	-	100	-	-	-	20	80	-	-	-	-	100
Irrigação a cada dois dias	-	-	-	30	70	-	-	-	-	100	-	-	-	20	80	-	-	-	-	100
Irrigação a cada três dias	-	-	-	40	60	-	-	-	-	100	-	-	-	30	70	-	-	-	-	100
Irrigação a cada quatro dias	-	-	-	80	20	-	-	-	-	100	-	-	-	50	50	-	-	-	-	100
	Sintomas aos 49 dias (%)										Sintomas aos 56 dias (%)									
Controle	-	-	-	20	80	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
Irrigação a cada dois dias	-	-	-	20	80	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
Irrigação a cada três dias	-	-	-	20	80	-	-	-	-	100	-	-	-	10	90	-	-	-	-	100
Irrigação a cada quatro dias	-	-	-	30	70	-	-	-	-	100	-	-	-	10	90	-	-	-	-	100
	Sintomas aos 63 dias (%)																			
Controle	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100										
Irrigação a cada dois dias	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100										
Irrigação a cada três dias	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100										
Irrigação a cada quatro dias	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100										

Legenda: sem sintomas (SS), déficit brando (DB), déficit moderado (DM), déficit severo (DS) e déficit extremo (DE).

Provavelmente, no solo arenoso, a maior quantidade de água entre as tensões próximas à capacidade de campo resultou em menor esforço da planta para a absorção de água, garantindo que os sintomas fossem retardados, mesmo naquelas mais suscetíveis ao déficit hídrico (controle).

Avaliando a sobrevivência após o plantio de mudas de *Eucalyptus urograndis* aclimatadas de modo distinto, por meio de irrigações durante a rustificação das mudas e plantadas em dois tipos de solo, um arenoso e outro argiloso, Saad et al. (2009) verificaram que em solo argiloso, as plantas permaneceram vivas por menos tempo (14 dias para as mudas consideradas não tolerantes ao estresse hídrico e de 20 dias para mudas adaptadas ao estresse hídrico), e em solo arenoso as mudas se mantiveram vivas por 29 dias, independente da aclimação hídrica na rustificação, bem como os sintomas de déficit hídrico se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não adaptadas ao estresse hídrico.

Ainda de acordo com Saad et al. (2009), nas proximidades da capacidade de campo, a disponibilidade de água é maior no solo arenoso que no argiloso. Por exemplo, entre as tensões de -0,01 MPa e -0,03 MPa, tem-se intervalo de umidade de 7,4% para o solo arenoso e de 4% para o solo argiloso. Nimah et al. (1983) também verificaram que, em solos arenosos, obtiveram 125% de acréscimo na disponibilidade de água e, em solos argilosos, apenas de 25 a 30%. Demonstrando que a maior capacidade de retenção de água no solo arenoso a que as mudas ficaram submetidas pode explicar a constatação de que os sintomas de déficit hídrico sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso.

Apesar de cada espécie responder de maneira singular as diferentes condições do meio, o desenvolvimento do experimento em vasos em *H. impetiginosus* contou com temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar, o que podem ter contribuído para menores perdas de água da planta para o meio externo e maior manutenção do metabolismo interno e, conseqüentemente, maior período de sobrevivência.

Contudo, é importante ressaltar que com o uso de técnicas adequadas na produção das mudas pode-se alterar as características morfofisiológicas das plantas e realizar a seleção dos indivíduos mais vigorosos. Vários autores tem afirmado que a aclimação das mudas a partir do manejo hídrico, tem aumentado à sobrevivência das plantas em condições de campo (CHAVES, 2001; TATAGIBA, 2006; FREITAG, 2007; PEREIRA et al., 2010).

Considerando também a avaliação morfológica deste trabalho, as mudas irrigadas a cada quatro dias têm melhor qualidade já que apresentam um sistema

radicular mais desenvolvido. Segundo Silva et al. (2004), o sistema radicular bem desenvolvido é fundamental na silvicultura, pois proporciona melhores condições de suprimento da demanda de água pela planta, principalmente nas primeiras semanas onde as condições adversas do campo podem comprometer a sobrevivência das mudas. Complementarmente, o manejo do turno de regas a cada quatro dias possibilita a diminuição significativa da utilização de água.

A mensuração da temperatura foliar com o uso do pirômetro infravermelho se demonstrou eficaz, cujos resultados, mostram que ao se aumentar o manejo de restrição hídrica em mudas de *H. impetiginosus* foi possível observar o aumento gradativo da temperatura foliar e, portanto, se aprimorada essa técnica, o uso do pirômetro infravermelho pode auxiliar o viveirista na tomada de decisões sobre a qualidade de mudas no período de rustificação.

CONCLUSÕES

O manejo do turno de regas a cada quatro dias em mudas de *H. impetiginosus* aplicados na fase de rustificação, possibilita maior velocidade de crescimento do sistema radicular e reduz o crescimento aéreo, resultando no aquecimento foliar.

O uso de um pirômetro infravermelho possui acuidade na quantificação da temperatura foliar durante a rustificação de mudas de *H. impetiginosus*. Com o aprimoramento da técnica, o uso do pirômetro infravermelho pode auxiliar o viveirista na tomada de decisões sobre a qualidade de mudas no período de rustificação.

Houve influência dos solos na sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus*, e os sintomas de déficit hídrico sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não aclimatadas ao estresse hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIENZA JÚNIOR, J.; PEREIRA, J.F.; YARED, J.A.G.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GOLÇALVES, G.R.R. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. **Amazônia - ciência & desenvolvimento**. v. 4, n 7, p. 197-219, 2008.
- BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía. **Turrialba**. v. 35, n 1, p. 43-47, 1985.
- CABRAL, E.L.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Marsh) Benth. & Hook. F. ex s. Moore submetida a estresse hídrico. **Acta Botânica Brasileira**. v. 18, n. 2, p. 241-251, 2004.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. 2001. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M.L.; RICARDO, C.P.P.; OSÓRIO, M.L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**. v. 89 n. 1, p. 907-916, 2002.
- CLAWSON, K.L.; BLAD, B.L. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. **Agronomy Journal**, v. 74, n. 2 p. 311-316, 1982.
- CLOSE, D.C.; BEDLE, C.L.; BROWN, P.H. The physiological basis of containerised tree seedling ‘transplant shock’: a review. **Australian Forestry**. v. 68, n. 2, p. 113-121, 2005.
- COMSTOCK, J.P. Hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and transpiration. **Journal of Experimental Botany**. v. 53, n. 367, p. 195-200, 2002.
- COOPMAN, R.E.; JARA, J.C.; BRAVO, L.A.; SÁEZ, K.L.; MELLA, G.R.; ESCOBAR, R. Changes in morpho-physiological attributes of *Eucalyptus globulus* plants in response to different drought hardening treatments. **Electronic Journal of Biotechnology**. v. 11, n. 2, p. 1-10, 2008.
- CORREIA, K.G.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, p. 1-7, 2004.
- D’AVILA, F.S.; PAIVA, H.N.P.; LEITE, H.G.; BARROSO, N.F.; LEITE, F.P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p.13-19, 2011.

ENDRES, L.; SOUZA, J.L.; TEODORO, L.; MARROQUIM, P.M.G.; SANTOS, C.M.; BRITO, J.E.D. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n. 1, p. 11-16. 2010.

FERRAZ, A.V.; ENGEL, V.L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (benth.) brenan). **Revista Árvore**. v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FIGUEIROA, M.F.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**. v. 18, n. 3, p. 1-14, 2004.

FREITAG, A.S. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro**. 2007. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, v. 1, 2011. 250p.

GEMAQUE, R.C.R.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de Ipê-Roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 84-91, 2002.

GROSE, S.O.; OLMSTEAD, R.G. Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany**, Laramie, v. 32, n. 3, p. 660-670, 2007.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.G.; FONSECA, E.P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p. 655-664, 2002.

HSIAO, T.C.; XU, L.K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**. v. 51, n. 350, p. 1595-1616, 2000.

JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D. Hardening. In: DUMROESE, R.K.; LUNA, T.; LANDIS, T.D. (Eds.) **Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries**. v.1. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. United States Department of Agriculture, Forest Service, p. 217-227, 2009.

LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**. Academic Press, London, 1986. 198p.

LELES, P.S.S.; LISBOA, A.C.; OLIVEIRA NETO, S.N.; GRUGIKI, M.A.; FERREIRA, M.A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente**. v. 13, n. 1, p. 69-78. 2006.

LENHARD, N.R.; SCALON, S.P.Q.; NOVELINO, J.O. Crescimento inicial de mudas de Pau Ferro (*Caesalpinia érrea* MART. Ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

LOPES, J.L.W.; GUERRINI, I.A.; SAAS, J.C.C. Efeito de lâminas de irrigação na produção de mudas de *Eucaliptus grandis* W. (HILL ex. MAIDEN) em substrato de fibra de coco. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 123-134, maio-julho, 2005.

MILBURN, J. **Water flow in plants**. London: Longman; 1979. 225p.

NASCIMENTO, S.P.; BASTOS, E.A.; ARAÚJO, E.C.E.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, E.M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

NIETSCHÉ, S.; GONÇALVES, V.D.; PEREIRA, M.C.T.; SANTOS, F.A.; ABREU, S.C.; MOTA, W.F. Tamanho da semente e substratos na germinação e crescimento inicial de mudas de cagaiteira. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 28, n. 6, p. 1321-1325. 2004.

NIMAH, N.M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M.A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America**, Journal, Madison, v. 47, n. 1, p.742-745, 1983.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.Á.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, A.D.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**. v. 25, n. 1, p. 86-95, 2005.

OLIVEIRA, V.J.S.; SAMPAIO, A.H.R.; COELHO FILHO, M.A.; OLIVEIRA, E.J.; DANTAS, J.L.L.; DANTAS, A.C.V.L. Avaliação de condutância estomática e temperatura foliar em variedades de mamão submetidas a déficit hídrico. In: **V Simpósio do Papaya Brasileiro: Inovação e Sustentabilidade** [CD-ROM]; 2011; Porto Seguro. Bahia. Embrapa Mandioca e Fruticultura. ID 28052-1.

PAZZETTI, G.A.; OLIVA, M.A.; LOPES, N.F. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro: crescimento e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 28, n. 12, p. 1371-1377, 1993.

PIMENTEL, C. **A relação da água com a planta**. Seropédica: Edur; 2004. 191p.

PEREIRA, M.R.R.; SOUZA, G.S.F.; RODRIGUES, A.C.P.; MELHORANÇA FILHO, A.L.; KLAR, A.E. Análise de crescimento em clones de Eucalipto submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 98-110, 2010.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; MELO, A.L.P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa, MG, Folha, 2008. 288 p.

SAAD, J.C.C.; LOPES, J.L.W.; SANTOS, T.A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 404-411, 2009.

SANTIAGO, A.M.P.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; LOPES, E.C. Crescimento de plantas jovens de *Mimosa caesalpinifolia* Benth cultivada sob estresse hídrico. **Revista Ecosistema**, v. 26, n. 1, p. 23-30, 2002.

SANTOS, P.L.; FERREIRA, R.A.; ARAGÃO, A.G.; AMARAL, L.A.; OLIVEIRA, A.S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**. v. 36, n. 2, p. 237-245, 2012.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; EUZÉBIO, V.L.M.; KODAME, F.M.; KISSMAN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SILVA, E.A. **Trocas gasosas e potencial hídrico no desenvolvimento inicial de cultivares apirênicas de citros**. 2013. 73 p. Tese (Doutorado). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 98).

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

STEPPUHHN, H. Pre-irrigation of a severely-saline soil weth in-situ water to establish dryland forages. Transactions of the ASAE (**American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph**). v. 44, n. 6, p. 1543-1551, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2006. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

VALE, F.X.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; LIBERATO, J.R.; ZAMBOLIM, L. Quant – A software to quantify plant disease severity. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY, 1., 2001, Ouro Preto. **Proceedings...**, Ouro Preto, v. 8, 2001. p. 161.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MUDAS DE *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO MORFOFISIOLÓGICA EM MUDAS DE *Galesia integrifolia* (Spreng.) Harms SOB DIFERENTES MANEJOS HÍDRICOS

Resumo: O presente trabalho objetivou quantificar os efeitos do manejo hídrico no período de rustificação em mudas de *G. integrifolia* por meio da termometria foliar e por parâmetros morfométricos de qualidade e adicionalmente, analisar o desempenho das mudas após a rustificação em solo arenoso e argiloso. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon – PR. Os tratamentos foram compostos por quatro regimes hídricos: irrigação diária (tratamento controle), a cada dois, três e a cada quatro dias, com 60 mudas cada, durante quatro semanas. As mensurações envolveram a medição da temperatura foliar (TF), os incrementos na altura, no diâmetro de colo, na massa seca radicular, na massa seca da parte aérea e na área foliar. As mensurações da TF ocorreram ao final do ciclo de cada manejo de irrigação e para as demais variáveis realizaram-se as mensurações no início e final da rustificação. Após a imposição dos manejos hídricos, as mudas foram levadas para vasos contendo solo arenoso e argiloso, para verificar se a influência dos diferentes manejos hídricos, bem como do tipo do solo na sobrevivência da muda. A análise entre os tratamentos controle e irrigação a cada dois resultou em diferenças significativas ($P > 0,05$) apenas para área foliar. Mudas de *G. integrifolia* irrigadas a cada três dias não apresentaram diferenças em relação às irrigadas diariamente. O manejo de irrigação a cada quatro dias em mudas de *G. integrifolia* apresentou redução na velocidade de crescimento da parte aérea e não apresentou diferença ($P > 0,05$) no crescimento do sistema radicular, resultando no aquecimento foliar. O uso da termometria infravermelho permite aferir a temperatura foliar na rustificação de mudas de *G. integrifolia*. Houve influência dos solos na sobrevivência das mudas de *G. integrifolia*, e os sintomas de déficit hídrico sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não adaptadas ao estresse hídrico. Mudas de *G. integrifolia* irrigadas a cada três e quatro dias durante a rustificação apresentaram melhor qualidade em relação aos demais tratamentos, visto que, toleraram mais a deficiência hídrica, de modo que os sintomas manifestaram-se mais tardiamente em relação aos demais manejos hídricos.

Palavras chave: Déficit hídrico; espécies nativas; pau-d’alho; temperatura foliar.

Abstract: The present work aimed to quantify the effects of hydric management in the period of rustification in seedlings of *G. integrifolia* by means of foliar thermometry and parameters morphometric of quality and additionally analyze the performance of seedlings after the rustification, in soil sandy and loamy soil. The experiment was conducted in a protected ambient at the State University of West Paraná, campus Marechal Cândido Rondon - PR. The treatments were comprised of four hydric regimes: daily irrigation (control), every two, three and four days in 60 seedlings per treatment for four weeks. The mensurations involved the measurement of the leaf temperature (TF), the increments in height, the stem diameter, in the mass dry of root, in the mass dry of shoot and leaf area. The mensurations of TF occurred at the end of each irrigation management cycle and for the other variables were held measurements at the beginning and end of rustification. After the impositions of hydric managements, the seedlings were taken to pots containing sandy soil and clay soil to check the influence of different hydric management as well as soil type in the seedling survival. The analysis between the control treatment and irrigation every two days resulted in significant differences ($P > 0,05$) merely for leaf area. Seedlings of *G. integrifolia* irrigated every three days showed no significant differences ($P > 0,05$) compared with irrigated daily. The irrigation management every four days in seedlings of *G. integrifolia* presented reduction in the rate of growth of the shoot and not presented difference ($P > 0,05$) in the root system growth, resulting in leaf warming. The use of the infrared thermometry allows benchmarking the leaf temperature during rustification of seedlings of *G. integrifolia*. Was no influence of soils in the seedling survival of *G. integrifolia*, and the symptoms of hydric deficit always if manifested first in clay soil, mainly in seedlings not adapted to hydric stress. Seedlings of *G. integrifolia* irrigated every three and four days during the rustification showed better quality of compared to the other treatments, viewed that, have tolerated more the hydric deficiency, so that the symptoms manifested themselves later in relation to other hydric management.

Keywords: hydric deficit; native species; pau-d'alho; leaf temperature.

INTRODUÇÃO

A *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms é conhecida popularmente como pau d'alho e tem esse nome devido ao odor acentuado de alho que exala de todas as suas partes. Essa espécie de árvore apresenta naturalmente uma ampla distribuição na floresta atlântica brasileira, sendo encontrada principalmente nos estados de São Paulo e Paraná (CARVALHO, 1994).

Essa espécie é reconhecida por possuir grande importância medicinal (SCHMOURLO et al., 2005; AZEVEDO e SILVA, 2006), por sua capacidade de se estabelecer em áreas degradadas (CARVALHO, 1994), bem como, pela dinâmica florestal e regeneração, com capacidade de atrair animais nativos, como aves e mamíferos (CARVALHO, 1994; BARBOSA e PIZO, 2006). A madeira do pau d'alho era pouco explorada, mas atualmente é empregada em substituição ao pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) (CARVALHO, 2003) e encontra-se na lista de espécies em extinção da Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (FAO, 1996).

Com a intensificação da utilização de espécies lenhosas nativas para recuperação de áreas degradadas, matas ciliares, reflorestamento e plantios comerciais, a produção de mudas de qualidade é uma prática fundamental para o êxito dessas atividades (BRIENZA JÚNIOR, 2008; FERRAZ e ENGEL, 2011; SANTOS et al., 2012). A crescente demanda por mudas de espécies lenhosas observada nos últimos anos mostra a necessidade do desenvolvimento de protocolos que otimizem a produção de mudas, a baixo custo e com qualidade morfo-fisiológica capaz de atender as necessidades dos plantios (NIETSCHE et al., 2004; LELES et al., 2006).

No ato do plantio, as mudas devem estar aptas para enfrentar uma diversidade de efeitos desfavoráveis ao estabelecimento. Danos operacionais no manuseio antes e durante o plantio, períodos de deficiência ou saturação hídrica, velocidade do vento e mato competição são os principais agravantes para o sucesso do plantio de mudas de espécies lenhosas (CLOSE et al., 2005). Para que as mudas produzidas possam superar tais adversidades, é necessário que apresentem o mínimo de tolerância aos estresses do local de plantio (D'AVILA et al., 2011).

Para obter maior eficiência na sobrevivência e desenvolvimento das plantas a campo é importante realizar um processo de aclimação das mudas às condições de

campo, chamada rustificação. Este processo é realizado entre 15 e 30 dias antes da expedição a campo, refere-se ao conjunto de práticas operacionais adotadas durante a formação das mudas com finalidade de preparar as mudas fisiologicamente para suportar o choque do plantio e das adversidades ambientais a que estão sujeitas nas primeiras semanas que o sucedem (FERRARI e SHIMIZU, 2005).

A rustificação promove mudas com crescimento volumétrico desejável (GOMES et al., 1991) e com qualidade tal que permita a sobrevivência no campo, evitando replantios e consequentes gastos desnecessários (GOMES et al., 2002). Algumas práticas envolvem a manipulação da adubação, do regime de luz, poda de raízes e parte aérea, e o manejo da irrigação (JACOBS e LANDIS, 2009).

Eventos de seca têm-se acentuado nas últimas décadas, estando provavelmente associado às mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global (FRITSCHENETO e BORÉM, 2011). A maneira como as plantas respondem a redução de água é bastante complexa, pois afeta praticamente todos os aspectos de crescimento, incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas que muitas vezes refletem em mecanismos de adaptação a baixa quantidade de água no substrato, além de que a escassez de água no solo faz com que as plantas estabeleçam estratégias para minimizar as necessidades fisiológicas, como transpiração e fotossíntese para sobreviver com perda mínima do conteúdo de água (TAIZ e ZEIGER, 2009).

O déficit hídrico pode afetar a condutância estomática, mesmo que moderadamente, e desencadear a síntese do ácido abscísico (PIMENTEL, 2004), pois a absorção e a perda de água nas células-guarda modificam o turgor afetando a abertura e fechamento estomático e consequentemente a redução da capacidade de trocas, interferindo no desenvolvimento da planta (TAIZ e ZEIGER, 2009). Pode também reduzir o influxo de CO₂ para o interior dos cloroplastos, causando redução nas taxas fotossintéticas e contribuindo para o menor acúmulo da biomassa pelo vegetal. Outro agravante da redução da condutância estomática está na redução da transpiração, que consequentemente, causa o aumento da temperatura foliar (FRITSCHENETO e BORÉM, 2011).

Segundo Pazzetti et al. (1993) o uso da temperatura do dossel vegetativo é uma ferramenta de grande importância na determinação do estresse hídrico, baseado na hipótese de que a água transpirada pela folha, ao evaporar-se produz o resfriamento da mesma. Com isso, a termometria infravermelha por se tratar de uma técnica simples e acessível, pode assim, inferir o estado hídrico da planta (BASCUR et al., 1985).

A avaliação da qualidade das mudas aptas ao plantio baseia-se comumente em aspectos morfológicos que se constituem basicamente de medidas lineares de crescimento, por serem não destrutivas e de fácil repetibilidade no viveiro (GOMES et al., 2002). Entretanto, essa avaliação é insuficiente, fazendo-se necessária a análise das características fisiológicas da planta (SILVA, 2004).

O conhecimento dos mecanismos morfofisiológicos que permitem a uma planta tolerar as condições de estresse hídrico constitui em importante ferramenta para analisar a qualidade de mudas. O presente trabalho objetivou quantificar os efeitos do manejo hídrico no período da rustificação em mudas de *G. integrifolia* por meio da termometria foliar e por parâmetros morfométricos de qualidade e adicionalmente analisar o desempenho das mudas após a rustificação em solo arenoso e argiloso.

MATERIAL E MÉTODOS

Características Gerais da Área Experimental

O experimento foi conduzido de out/2012 a jun/2013 em ambiente protegido não controlado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Marechal Cândido Rondon – PR, com coordenadas de latitude: 24° 33' S e longitude: 54° 04' W, com altitude média de 420 m.

O clima da região segundo Koppen é caracterizado como sendo do tipo Cfa, subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. A precipitação pluviométrica anual é em torno de 1.600 a 1.800 mm, o que mantém a alta umidade relativa do ar na maior parte do ano, ao contrário do período seco que não é bem definido (CAVIGLIONE et al., 2000).

Produção das mudas

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes provenientes da espécie *G. integrifolia* (RNC: 24092) coletadas de árvores matrizes localizadas no município de Marechal Cândido Rondon-PR.

As mudas de *G. integrifolia* foram propagadas via semeadura direta em 05/10/12, em tubetes de 120 cm³ preenchidos com substrato comercial (Plantmax[®]) a base de casca de pinus e acomodados em suportes plásticos com capacidade para 96 tubetes sobre bancadas a 1,2 m do solo. A adubação constou de 200 g de fertilizante de liberação controlada (Basacote[®] Plus 6M) da formulação N₂-P₂O₅-K₂O (16-8-12) incorporado em 25 kg de substrato, com auxílio de uma betoneira. Entre 45 e 60 dias após o plantio realizou-se raleios das mudas, deixando apenas uma muda por tubete.

Durante a fase de crescimento das mudas (05/10/2012 a 02/03/2013), as irrigações foram efetuadas diariamente, por aspersão até a saturação do substrato, ou seja, até o escoamento da água pela abertura inferior do tubete.

Rustificação das mudas

No início do mês de mar/2013, quando as mudas estavam com altura de $26,0 \pm 2,58$ cm e $5,17 \pm 0,35$ mm de diâmetro do coleto iniciou-se a rustificação que perdurou por quatro semanas. As regas ocorreram logo após a mensuração da temperatura foliar, entre as 14 e 15 horas, com o auxílio de mangueira até a saturação do substrato. Os diferentes manejos foram constituídos por quatro regimes hídricos aplicados em 60 mudas de cada tratamento: irrigação diária (controle); irrigação a cada dois dias; irrigação a cada três dias; e irrigação a cada quatro dias.

Variáveis analisadas

A altura das mudas foi obtida com régua graduada (± 1 mm) a partir do nível do substrato até a inserção da última folha. O diâmetro do coleto foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital ($\pm 0,1$ mm). Ambas as variáveis foram avaliadas antes

e após as quatro semanas de implantação dos regimes hídricos para cálculo dos incrementos.

Antes do início da rustificação foi realizada a análise da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em 12 mudas, e ao término da rustificação, determinou-se o incremento na MSPA e MSR, utilizando 24 mudas por tratamento. Para avaliação da massa seca, as mudas foram separadas em parte aérea (caule e folhas) e raiz, e colocadas para secar em estufa com circulação de ar a 65°C, por um período de 72 horas.

A área foliar foi estimada por meio do método de imagem digital. O método consistiu da captura de imagens das folhas por meio de uma câmera fotográfica digital de 10,1 mega pixels e seu processamento pelo software de Quantificação de Doenças em Plantas – Quant ver. 1.0 (VALE et al., 2001). A estimativa da área foliar foi calculada através da multiplicação do número de folhas pela área média de uma folha e os resultados expressos em cm^2 . Para determinação do número de unidades amostrais representativas para a obtenção da área média da folha, foi utilizada a técnica de amostragem simples, com base na variância média da área foliar obtida de 20 folhas de diferentes idades por tratamento e repetição, admitindo o limite de erro de 10% a 95% de probabilidade pelo teste t – Student.

Adicionalmente, foi analisada a temperatura do limbo foliar durante a rustificação das mudas. Os valores da temperatura do limbo foliar foram aferidos com auxílio de um pirômetro infravermelho (HOMIS[®] mod. 466A), trabalhando com emissividade ($\epsilon\lambda$) de 95% conforme a recomendação do fabricante. Procedeu-se aos cuidados de rotina preconizados para o manuseio do equipamento, como calibragem, antes do início das leituras. A quantificação da temperatura foliar foi obtida tangendo o equipamento sobre o limbo foliar (face abaxial) da última folha recém-expandida. As mensurações foram efetuadas ao final do ciclo do manejo da irrigação, ou seja, diariamente para o tratamento controle, a cada dois, três e quatro dias de interrupção da irrigação, sempre entre 12:00 a 13:00 horas do dia antes de se iniciar a irrigação, conforme cada tratamento.

O monitoramento da temperatura e da umidade relativa durante a rustificação das mudas foi efetuado utilizando-se de um Termo-higrômetro digital (Mod. TH439 da Equitherm), sendo obtidas sempre durante a leitura da temperatura foliar (12:00 e 13:00h). O déficit de pressão de vapor (DPV) foi calculado a partir dos dados de temperatura do ar e da umidade relativa, segundo metodologia adotada por Landsberg

(1986). Durante as leituras a temperatura média do ambiente propagativo manteve-se a 35,6 °C, a umidade relativa do ar em 52 %, e o DPV em 2,89 Kpa (Figura 1).

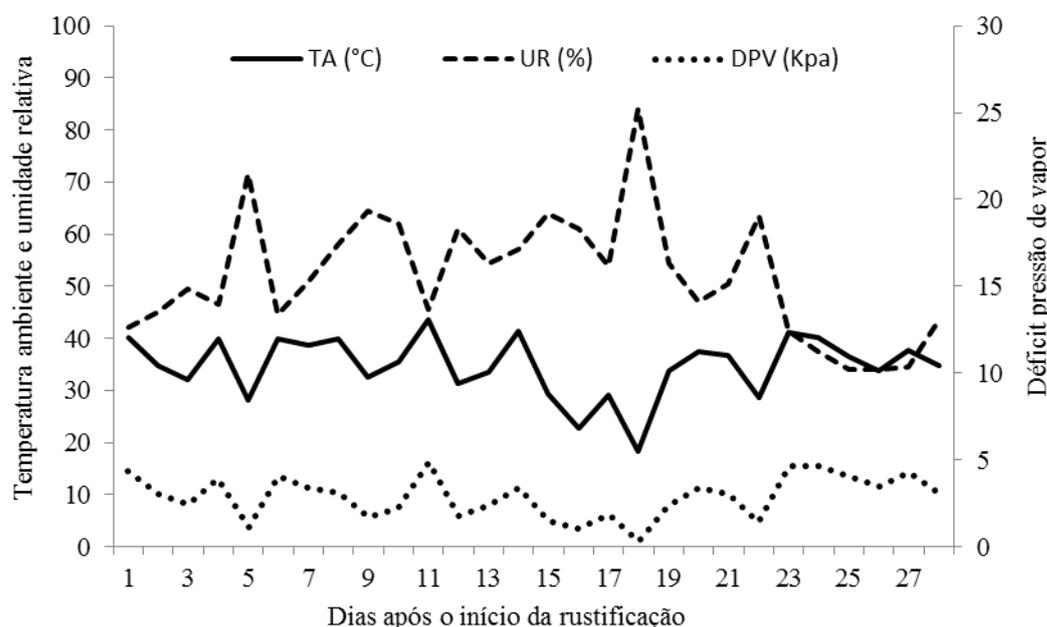


Figura 1. Variação da temperatura média do ambiente propagativo (TA), umidade média relativa (UR) e déficit de pressão de vapor (DPV) durante o período em que as mudas foram submetidas à rustificação.

Delineamento experimental e análise dos dados

As duzentas e quarenta mudas foram arranjadas em quatro grupos de 60 mudas ao acaso para facilitar a aplicabilidade do manejo hídrico. É importante ressaltar que para a aplicação dos diferentes manejos hídricos não foi possível agrupar as mudas em um delineamento experimental comumente utilizado, visto que isso dificultaria a imposição dos manejos hídricos.

Para a análise de todas as variáveis foi utilizado o teste de médias para dois níveis independentes de X, baseado no princípio de se testar as médias de duas populações independentes (X_1 e X_2) com variâncias desconhecidas (RIBEIRO JÚNIOR e MELO, 2008). Para isso foram realizadas separadamente 3 análises de comparações: irrigação diária (controle) com irrigação a cada dois dias; irrigação diária (controle) com irrigação a cada três dias; e irrigação diária (controle) com irrigação a cada quatro dias.

Os resultados obtidos foram verificados quanto à pressuposição de normalidade pelo teste de Lilliefors, e as médias comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade com o auxílio do software SAEG 9.0. Para a comparação de médias da temperatura foliar utilizou-se a temperatura obtida no último dia de interrupção da irrigação conforme cada manejo hídrico com a obtida no tratamento controle.

Plantio em vasos

Em abr/2013, após as quatro semanas de manejo hídrico nas 240 mudas de cada espécie, 80 mudas de *G. integrifolia* (20 mudas de cada tratamento) foram selecionadas aleatoriamente e transplantadas para vasos de 5L, sendo 40 mudas (10 mudas por tratamento) em vasos contendo solo classificado como arenoso e 40 mudas (10 mudas por tratamento) em vasos contendo solo classificado como argiloso (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise granulométrica (textura) dos solos utilizados nos vasos.

Textura (descrição)	Argila	Silte	Areia
	----- % -----		
Franco Arenosa	21,4	9,55	69,55
Muito Argilosa	60,1	32,35	7,55

No momento do transplante das mudas, foi realizada uma irrigação nos vasos, até atingirem a capacidade de campo de cada solo, 24,18 mL (argiloso) e 22,53 mL (arenoso) de água para cada 100 g de solo, simulando precipitação pluviométrica. Os vasos foram arranjados sobre bancadas a 1,2 m do solo em ambiente protegido. As mudas foram submetidas à completa restrição hídrica até o total aparecimento dos sintomas de murcha. Semanalmente, foram observadas 100% das mudas, avaliando individualmente os níveis de estresse que afetaram a sobrevivência das plantas nos dois tipos de solo.

As respostas dos vegetais aos níveis de déficit hídrico foram definidos previamente em uma escala de I a V, baseando-se em Saad et al., (2009). As avaliações visuais em cada planta incluíram: I - sem sintomas; II - déficit brando – gemas apicais da planta com leve murchamento; III - déficit moderado – planta em ponto de murcha; IV - déficit severo - planta com pelo menos uma folha seca; e V - déficit extremo - folhas totalmente seca.

Durante o período em que as mudas permaneceram nos vasos, a temperatura média do ambiente propagativo foi de 19,8 °C e a umidade relativa do ar de 77,6 %, a oscilação do ambiente esta demonstrada na Figura 2.

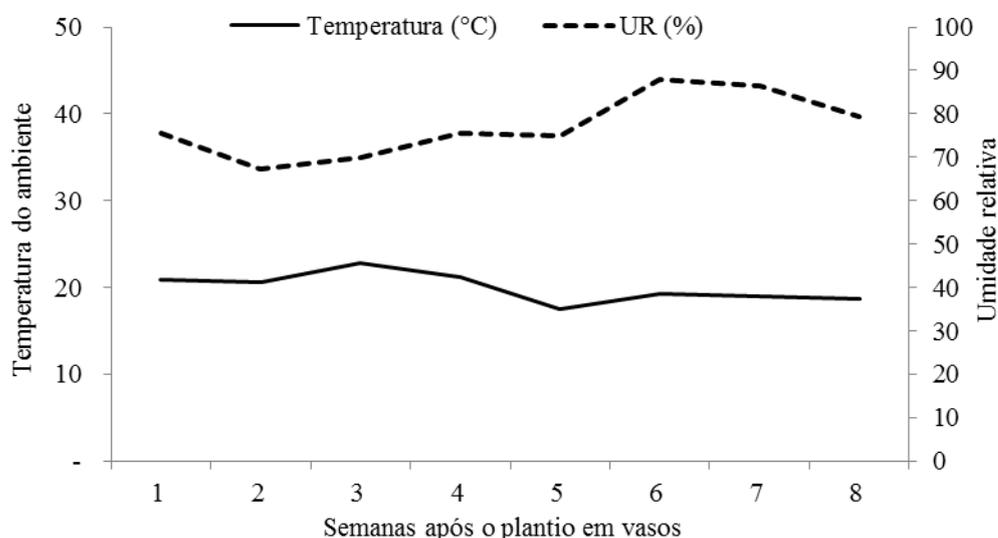


Figura 2. Temperatura média semanal e umidade relativa do ar (UR) do ambiente propagativo durante o período de estresse hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rustificação de mudas de *G. integrifolia*

O fornecimento de irrigação a cada dois dias resultou em maior área foliar ($P > 0,05$) para as mudas de *G. integrifolia* em relação às mudas irrigadas diariamente (Figura 3E). O tratamento controle externou área foliar média da muda em 240,97 cm², enquanto com irrigação a cada dois dias, a média da área foliar após a rustificação foi de 264,53 cm². Trabalhando com manejos hídricos em mudas de eucalipto Schwider et al. (2013) observaram que não houve diferença na área foliar em mudas sob os dois maiores níveis de água disponível, no entanto, foram as que apresentaram as melhores médias para a área foliar. Segundo Streck, (2004), a área foliar é um dos parâmetros importantes na avaliação do crescimento vegetal e sua expansão está relacionada com a interpretação da radiação solar, fotossíntese e acúmulo de biomassa.

Para os demais parâmetros avaliados, a análise entre os tratamentos controle e irrigação a cada dois dias (Figura 3) não resultou em diferenças significativas ($P > 0,05$). O tratamento controle externou incremento na altura (IA) de 3,07 cm (Figura 3A), 0,68

mm para o incremento no diâmetro do coleto (IDC) (Figura 3B), 0,48 g para o incremento na massa seca de raízes (IMSR) (Figura 3C) e 0,47 g para o incremento na massa seca da parte aérea (IMSPA) (Figura 3D). Com irrigação a cada dois dias, as médias dos incrementos obtidos durante a fase de rustificação foram de 2,79 cm, 0,70 mm, 0,45 g, 0,44 g, respectivamente.

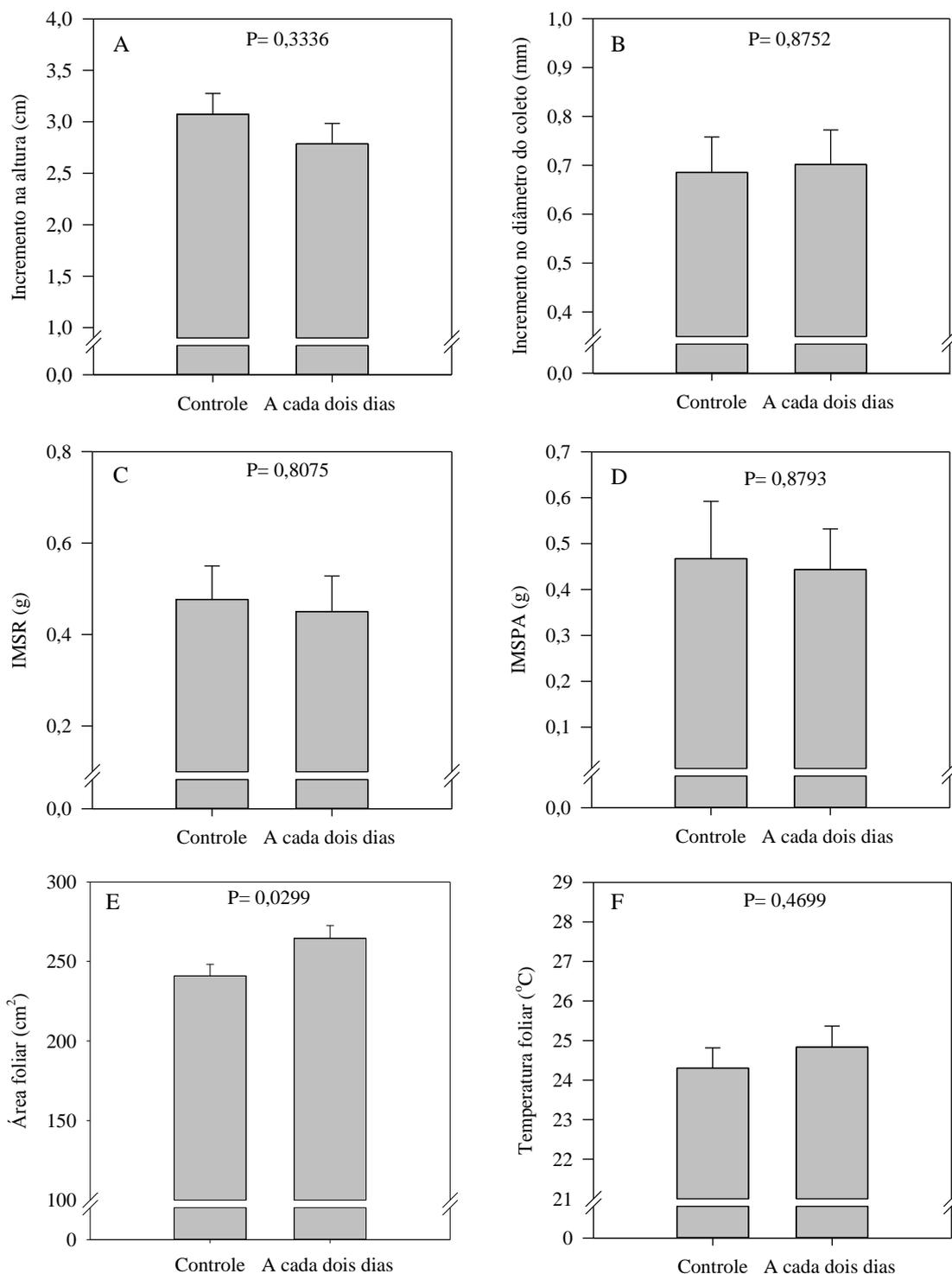


Figura 3. Incrementos na altura (A), no diâmetro do coleto (B), na massa seca de

raízes-IMSR (C), na massa seca da parte aérea-IMSPA (D), área foliar (E) e a temperatura foliar (F) em mudas de *G. integrifolia* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada dois dias e mudas irrigadas diariamente (controle).

Tais resultados ocorreram devido ao nível de estresse hídrico utilizado não interferir no desenvolvimento da maior parte dos parâmetros avaliados, uma vez que na fase de rustificação a muda em tubete já teria passado pela fase de crescimento rápido, pois o tamanho da embalagem e, conseqüentemente, a quantidade de substrato e nutrientes seriam então limitantes. A mesma justificativa explica a inexistência de diferença estatística ($P>0,05$) entre o tratamento controle em relação à rega a cada dois dias, quanto ao IA, IDC, IMSR e IMSPA em mudas de *G. integrifolia*. Contudo, importante lembrar que a rustificação não objetiva o desenvolvimento da muda e sim a aclimação para as condições de campo. Trabalhando com diferentes sistemas de manejos hídricos na rustificação em mudas de *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden. Silva et al. (2004) não verificaram diferenças em relação a altura da parte aérea, diâmetro de colo, e matéria seca total.

Na temperatura foliar (Figura 3F) houve pouca variação em função dos regimes hídricos, com diferença de 0,53 °C entre o tratamento controle e a irrigação a cada dois dias, sugerindo que a restrição hídrica de apenas um dia não foi suficiente para mudas de *G. integrifolia* apresentarem mecanismos de controle estomático.

Para a análise das mudas submetidas à irrigação controle com as submetidas à irrigação a cada três dias (Figura 4) os resultados não apontaram diferenças significativas ($P<0,05$) para as variáveis analisadas. Com ciclos de irrigação a cada três dias, as médias dos incrementos obtidos durante a fase de rustificação foram de 2,48 cm para altura (Figura 4A), 0,52 mm para diâmetro do coleto (Figura 4B), 0,43 g para IMSR (Figura 4C), 0,15 g para IMSPA (Figura 4D), e 251,39 cm² para à área foliar (Figura 4E).

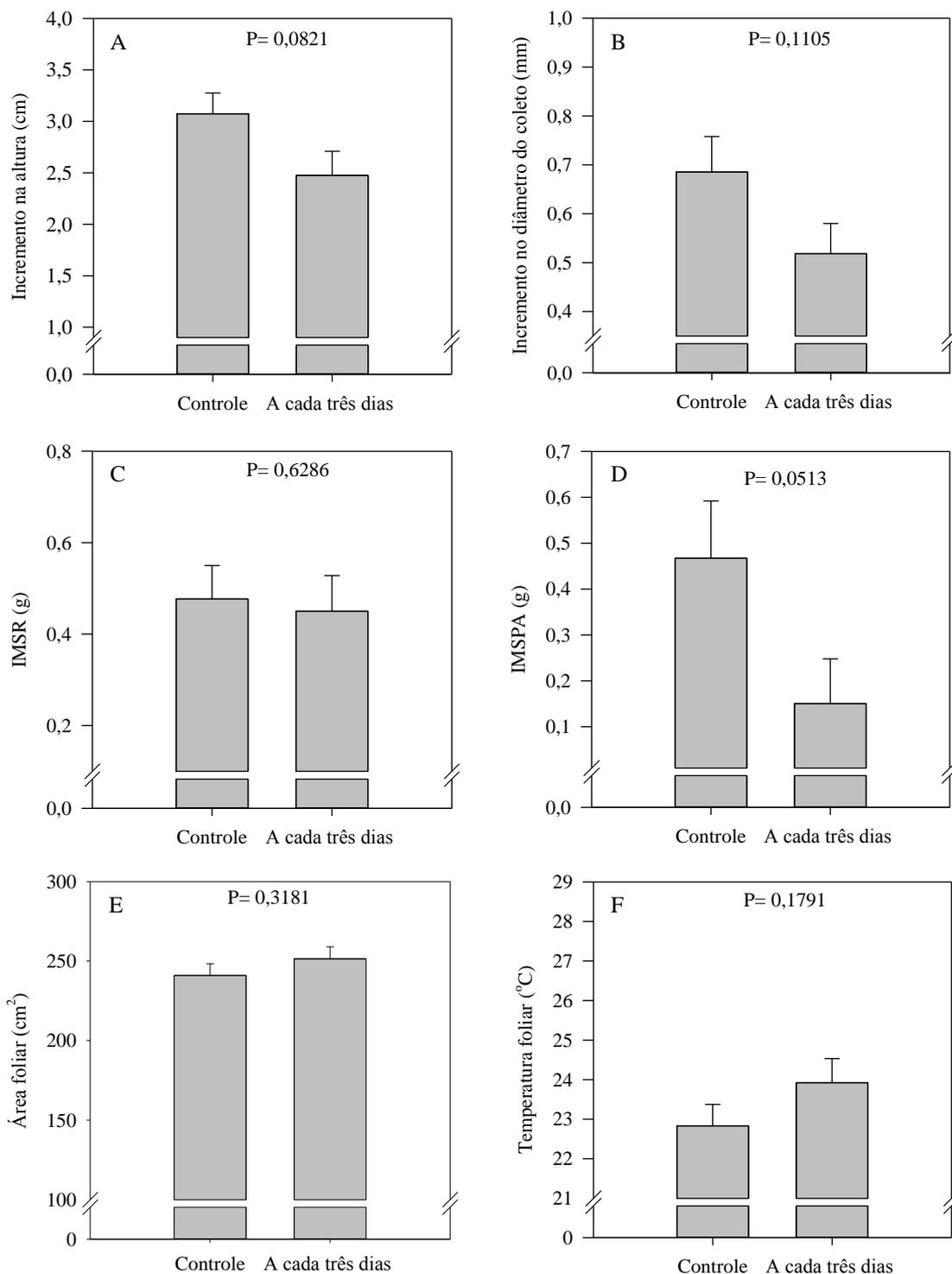


Figura 4. Incrementos na altura (A), no diâmetro do coleto (B), na massa seca de raízes-IMSR (C), na massa seca da parte aérea-IMSPA (D), área foliar (E) e a temperatura foliar (F) em mudas de *G. integrifolia* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada três dias e mudas irrigadas diariamente (controle).

Ao analisar as Figuras 3 e 4 é possível observar que houve variações entre o manejo controle e irrigação a cada dois dias (Figura 3) com os resultados do manejo controle com irrigação a cada três dias (Figura 4), porém, mesmo sem apresentar

diferença estatística ($P < 0,05$) foi possível verificar que houve uma redução nos parâmetros da parte aérea (IA, IDC e IMSPA) com aumento da restrição hídrica de dois para três dias. Segundo Hsiao e Xu, (2000) crescimento foliar tem sido conhecido por ser muito sensível à inibição por estresse hídrico, enquanto que o crescimento das raízes é mais resistente. Este é o resultado das plantas ter de manter o interior das suas folhas aberto para a atmosfera para a absorção adequada e assimilação de dióxido de carbono, com a consequência inevitável de vapor de água que sai das folhas, além de que, sob deficiência hídrica o ajuste osmótico na parede celular das folhas ocorre lentamente o que leva a uma inibição marcada do seu crescimento.

Para a temperatura foliar (Figura 4F), o manejo hídrico controle apresentou temperaturas média de 22,83 °C, enquanto que as mudas submetidas a manejo hídrico a cada três dias apresentaram temperaturas média de 23,92 °C, externando um aumento médio de 1,09 °C em comparação ao tratamento controle, não diferindo estatisticamente entre si ($P < 0,05$). Esta variação, juntamente como a variação 0,53 °C da irrigação controle e a cada dois dias indica que ambos os manejos de restrição, não foram suficiente para mudas de *G. integrifolia* apresentar mecanismos de controle estomático a ponto de elevar significativamente a temperatura foliar. No entanto, nota-se que houve um aumento da temperatura foliar conforme se aumentou a restrição hídrica de dois para três dias.

As mudas de *G. integrifolia* submetidas à irrigação a cada quatro dias (Figura 5) apontaram diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação ao tratamento controle, apresentando redução na taxa de crescimento em altura de 27,68% (Figura 5A), redução na taxa de crescimento em diâmetro de 30,43% (Figura 5B) e redução na área foliar de 15,25% (Figura 5E). Para as demais variáveis morfométricas analisadas (IMSR e IMSPA) não foram detectadas diferenças significativas ($P > 0,05$).

Mudas com irrigação a cada quatro dias em média apresentaram área foliar de 204,20 cm² (Figura 5C) após a rustificação. As médias dos incrementos obtidos durante a rustificação em mudas sob irrigação de quatro dias foram de 2,22 cm para altura (Figura 5A) e 0,48 mm para diâmetro do coleto (Figura 5B). Para os IMSR (Figura 5C) e IMSPA (Figura 5D) os valores foram de 0,35 g e 0,14 g respectivamente, contudo, sem diferir do tratamento controle ($P > 0,05$).

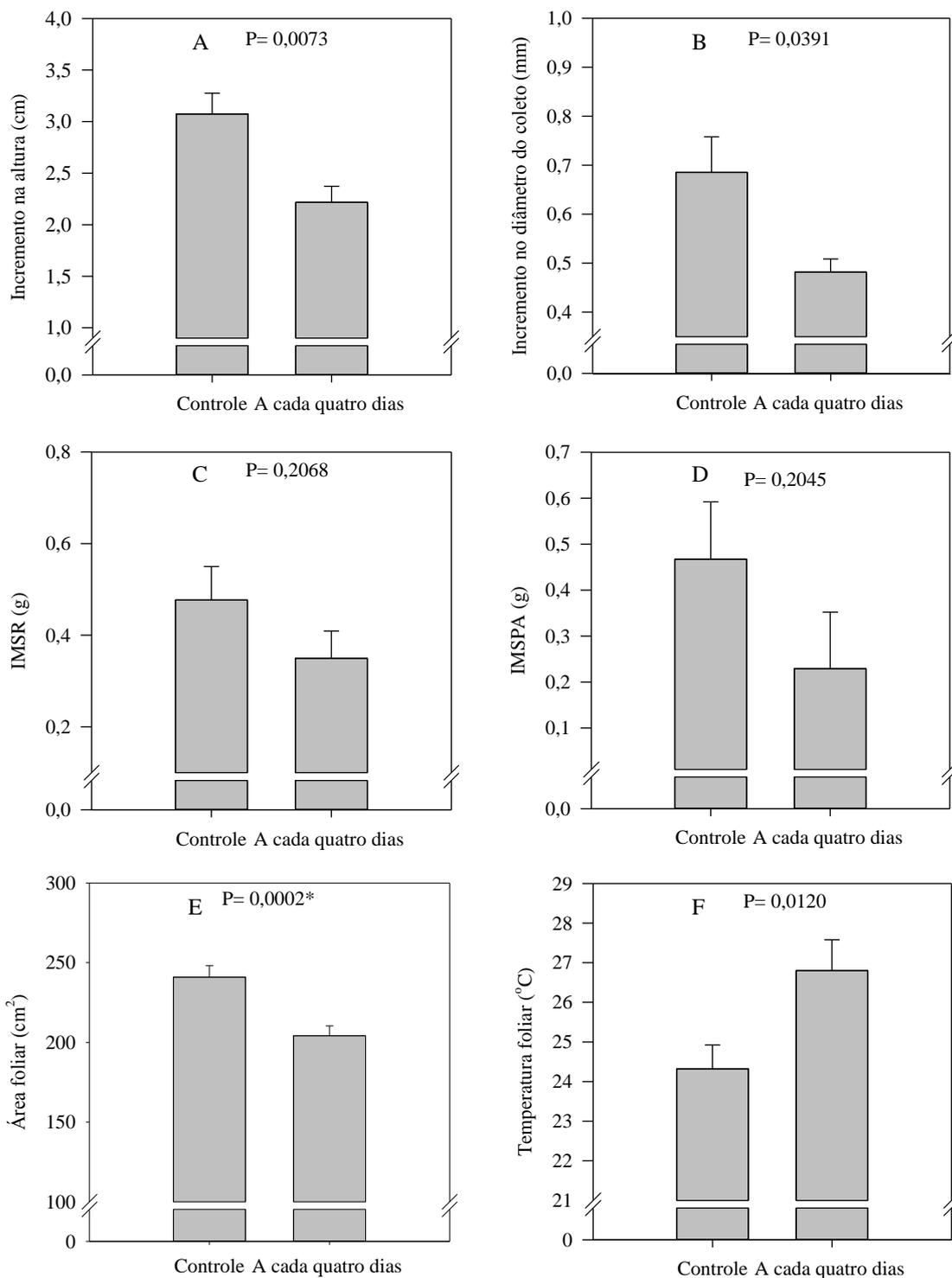


Figura 5. Incrementos na altura (A), no diâmetro do coleto (B), na massa seca de raízes-IMSR (C), na massa seca da parte aérea-IMSPA (D), área foliar (E) e a temperatura foliar (F) em mudas de *G. integrifolia* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada quatro dias e mudas irrigadas diariamente - controle (*Significativo pelo teste Wilcoxon a 5% de probabilidade de erro).

Embora a adaptabilidade e tolerância ao estresse hídrico sejam estratégias intrínsecas de diferentes espécies vegetais, resultado semelhante foi encontrado por Scalon et al. (2011) que verificaram altura, diâmetro e área foliar de mudas de *Guazuma ulmifolia* L. maior quando submetidas a maior disponibilidade hídrica em relação as mudas sob menor disponibilidade. Os mesmos autores não verificaram diferença estatística para comprimento da maior raiz, independente da disponibilidade hídrica. Já Figueroa et al. (2004) verificaram menor massa seca da raiz de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão sob déficit de água. Silva et al. (2002) observaram que a deficiência hídrica severa diminuiu o crescimento e a produção de biomassa verde e seca em mudas de *Melaleuca alternifolia* Cheel.

Outro fator que vale ressaltar é que há evidências de que o crescimento da parte aérea é mais afetado pela restrição hídrica do que a parte radicular, pois sob deficiência de água, o crescimento e a expansão celular são inibidas e prontamente o crescimento da raiz é favorecida em relação à parte aérea (HSIAO E XU, 2000). De acordo com estes autores, quando o potencial de água é repentinamente reduzido nas raízes, ocorre rapidamente o ajuste osmótico para permitir a recuperação parcial de turgescência e tais ajustes permitem que as raízes retomem o crescimento mesmo em baixo potencial de água. Em contraste, sob reduções semelhantes de potencial de água, o ajuste osmótico na parte aérea ocorre lentamente levando à inibição do seu crescimento.

Em virtude do período de quatro dias sem irrigação a temperatura foliar apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) em relação ao tratamento controle, com aumento de 2,48 °C (Figura 5F). A restrição hídrica induz o fechamento estomático de espécies de *G. integrifolia*. Evitando assim, a perda de água por transpiração estomática, resultando no aquecimento foliar em condições de déficit hídrico mais prolongado (CHAVES et al., 2002).

O aumento gradativo da temperatura foliar é um forte indicativo de déficit hídrico no substrato, uma vez que sinaliza o fechamento dos estômatos devido ao mecanismo de evitar maiores perdas de água por transpiração (STEPPUHN, 2001). A diferença de temperatura foliar entre plantas submetidas ou não ao estresse se fundamenta ao status hídrico, no comportamento estomático, e na perda de calor latente por meio da transpiração, apresentando variações quanto a tolerância em função da espécie, do ambiente, da intensidade, da duração, e da hora do dia (Nogueira et al., 2001).

A regulação estomática além de permitir trocas gasosas, possibilita a perda de calor latente resultante da radiação incidente na folha. Oliveira et al. (2005) e Endres et al. (2010) reportaram que a elevação da temperatura foliar em resposta ao estresse hídrico pode ser explicada pela redução na perda de calor latente através da transpiração que, normalmente, reduz nessas condições. A transpiração exerce efeitos importantes na agricultura tropical, como o resfriamento da folha, visto que para evaporar da folha a água retira energia térmica, reduzindo a temperatura foliar de 2 a 3 °C (MILBURN, 1979).

Segundo Silva (2013), após a imposição do déficit hídrico de 15 dias, houve uma queda significativa da temperatura foliar nas cultivares apirênicas de laranja ‘lanelate, navelate e navelina’ mantidas irrigadas, enquanto que para as cultivares submetidas ao déficit hídrico ‘lanelate e navelina’ não apresentaram queda na temperatura foliar. Nascimento et al. (2011) trabalhando com restrição hídrica em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. notaram uma elevação média de 3,5 °C na temperatura média foliar quando os genótipos foram submetidos à deficiência.

O aumento da temperatura do ar e do déficit de pressão de vapor provoca um acréscimo na transpiração, até o ponto em que a regulação estomática passa a atuar no sentido de não permitir uma perda excessiva de água, resultando no aquecimento foliar. Em plantas sob déficit hídrico Oliveira et al. (2005) observaram uma elevação de 15% na temperatura foliar em comparação ao do ambiente, com leituras realizadas às 8 h da manhã. Quando as leituras foram realizadas ao meio-dia, a diferença aumentou para 60%.

De acordo com Silva et al. (2004) analisando a transpiração ao longo do dia em mudas de *E. grandis* verificaram que as mudas submetidas a diferentes manejos hídrico apresentaram “percepção” ao estresse hídrico e conseqüentemente reação de defesa contra a desidratação, pelo rápido fechamento dos estômatos em relação as mudas menos estressadas, além disso, as mudas submetidas ao estresse apresentaram a menor variação da transpiração ao longo do dia. O uso desse conhecimento na prática pode resultar em diminuição significativa da utilização de água, pois a transpiração consome mais de 95% da água absorvida pela planta, ficando apenas o menor percentual para produção de frutos (quando for o caso) e crescimento vegetativo (Comstock, 2002).

Mudas de *G. integrifolia* em vasos

A porcentagem de mudas de *G. integrifolia* que apresentaram sintomas devido à deficiência hídrica nos dois tipos de solo utilizado foi aumentando em função do tempo, bem como a severidade dos sintomas (Tabela 2), mostrando influência do tempo de restrição e do manejo hídrico adotado durante a rustificação e dos diferentes tipos de solo. As diferenças dos sintomas de déficit hídrico apresentadas pelas mudas dos diferentes manejos hídricos durante as 8 semanas, demonstraram que mudas submetidas ao regime de irrigação a cada três e quatro dias, foram atenuando lentamente os sintomas de déficit hídrico em comparação aos demais manejos hídricos, independentemente do tipo de solo.

Analisando o percentual de plantas afetadas por sintomas de deficiência hídrica, notou-se que aos 7 dias em solo arenoso e argiloso, os sintomas de déficit moderado e severo (respectivamente) em mudas irrigadas a cada quatro dias não foi identificado. O mesmo aconteceu com o surgimento do sintoma de déficit extremo aos 14 dias em solo argiloso.

Aos 21 dias de completa restrição hídrica, todas as mudas (100%) de *G. integrifolia* apresentaram sintomas de déficit extremo em solo argiloso, enquanto que em solo arenoso, neste mesmo tempo a maioria das mudas, independente do manejo hídrico, apresentavam sintomas de déficit severo. Mudas de *G. integrifolia* foram apresentar em sua totalidade (100%) sintomas de déficit extremo em solos arenosos somente aos 56 dias, ou seja, apresentaram sintomas 25 dias após a constatação em solo argiloso. Nas condições testadas às mudas se adaptaram melhor ao solo arenoso em relação ao argiloso.

Plantas aclimatadas em viveiro ao déficit hídrico e cultivadas no solo arenoso toleraram mais a falta de água, de modo que os sintomas manifestaram-se mais tardiamente. Provavelmente, no solo arenoso, a maior quantidade de água entre as tensões próximas à capacidade de campo resultou em menor esforço da planta para a absorção de água, resultando no atraso da manifestação dos sintomas.

Tabela 2 – Porcentagem de mudas de *G. integrifolia* afetadas pelo déficit hídrico em solos de texturas arenosa e argilosa aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após o plantio nos vasos, em função do manejo hídrico durante a rustificação.

Manejo hídrico	Sintomas aos 7 dias (%)										Sintomas aos 14 dias (%)									
	Solo arenoso					Solo argiloso					Solo arenoso					Solo argiloso				
	SS	DB	DM	DS	DE	SS	DB	DM	DS	DE	SS	DB	DM	DS	DE	SS	DB	DM	DS	DE
Controle	40	40	20	-	-	-	-	60	40	-	-	40	20	40	-	-	-	-	60	40
Irrigação a cada dois dias	40	50	10	-	-	-	-	80	20	-	-	40	30	30	-	-	-	-	90	10
Irrigação a cada três dias	40	50	10	-	-	-	-	90	10	-	-	40	30	30	-	-	-	-	80	20
Irrigação a cada quatro dias	60	40	-	-	-	-	-	100	-	-	-	60	30	10	-	-	-	-	100	-
	Sintomas aos 21 dias (%)										Sintomas aos 28 dias (%)									
Controle	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	40	60	-	-	-	-	100
Irrigação a cada dois dias	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100	-	-	-	70	30	-	-	-	-	100
Irrigação a cada três dias	-	-	20	80	-	-	-	-	-	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100
Irrigação a cada quatro dias	-	-	20	80	-	-	-	-	-	100	-	-	-	100	-	-	-	-	-	100
	Sintomas aos 35 dias (%)										Sintomas aos 42 dias (%)									
Controle	-	-	-	40	60	-	-	-	-	100	-	-	-	30	70	-	-	-	-	100
Irrigação a cada dois dias	-	-	-	50	50	-	-	-	-	100	-	-	-	30	70	-	-	-	-	100
Irrigação a cada três dias	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	60	40	-	-	-	-	100
Irrigação a cada quatro dias	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	80	20	-	-	-	-	100
	Sintomas aos 49 dias (%)										Sintomas aos 56 dias (%)									
Controle	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
Irrigação a cada dois dias	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
Irrigação a cada três dias	-	-	-	20	80	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
Irrigação a cada quatro dias	-	-	-	20	80	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100

Legenda: sem sintomas (SS), déficit brando (DB), déficit moderado (DM), déficit severo (DS) e déficit extremo (DE).

Avaliando a sobrevivência após o plantio de mudas de *Eucalyptus urograndis* aclimatadas de modo distinto, por meio de irrigações durante a rustificação das mudas e plantadas em dois tipos de solo (arenoso e outro argiloso) Saad et al. (2009) verificaram que em solo argiloso, as plantas permaneceram vivas por menos tempo (14 dias para as mudas consideradas não tolerantes ao estresse hídrico e de 20 dias para mudas adaptadas ao estresse hídrico). Em solo arenoso as mudas se mantiveram vivas por 29 dias, independente da aclimação hídrica na rustificação, bem como os sintomas de déficit hídrico se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não adaptadas ao estresse hídrico.

Apesar de cada espécie responder de maneira singular as diferentes condições do meio, o desenvolvimento do experimento em vasos em *G. integrifolia* contou com temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar, o que podem ter contribuído para menores perdas de água da planta para o meio externo e maior manutenção do metabolismo interno e, conseqüentemente, maior período de sobrevivência.

Ainda de acordo com Saad et al. (2009), nas proximidades da capacidade de campo, a disponibilidade de água é maior no solo arenoso que no argiloso. Por exemplo, entre as tensões de -0,01 MPa e -0,03 MPa, tem-se intervalo de umidade de 7,4% para o solo arenoso e de 4% para o solo argiloso. Nimah et al. (1983) também verificaram que, em solos arenosos houve 125% de acréscimo na disponibilidade de água e, em solos argilosos, apenas de 25 a 30%. Demonstrando que a maior capacidade de retenção de água no solo arenoso a que as mudas ficaram submetidas pode explicar a constatação de que os sintomas de déficit hídrico sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso.

Contudo, é importante ressaltar que técnicas adequadas na produção das mudas podem alterar as características morfofisiológicas das plantas e realizar a seleção dos indivíduos mais vigorosos. Assim como exposto neste trabalho, vários autores tem afirmado que a aclimação das mudas a partir do manejo hídrico, tem aumentado a sobrevivência das plantas em condições de campo (CHAVES, 2001; TATAGIBA, 2006; FREITAG, 2007; PEREIRA et al., 2010).

Vale ressaltar que as mudas irrigadas a cada três e quatro dias mesmo apresentando um crescimento da parte aérea mais lento em relação às mudas irrigadas diariamente, não apresentaram diferença ($P < 0,05$) quanto ao IMSR e segundo Silva et al. (2004), o sistema radicular bem desenvolvido é fundamental na silvicultura, pois proporciona melhores condições de suprimento da demanda de água pela planta, principalmente nas primeiras semanas onde as condições adversas do campo podem

comprometer a sobrevivência das mudas. E se analisarmos juntamente com a resposta das mudas durante o período em que se mantiveram nos vasos, é possível relatar que mudas de *G. integrifolia* irrigadas a cada três e quatro dias apresentaram maior qualidade, visto que, toleraram mais a deficiência hídrica, de modo que os sintomas manifestaram-se mais tardiamente em relação aos demais manejos hídricos. Complementarmente, o manejo do turno de regas a cada quatro dias possibilita a diminuição significativa da utilização de água.

A mensuração da temperatura foliar com o uso de um pirômetro infravermelho se demonstrou eficaz, cujos resultados, mostram que ao se aumentar o manejo de restrição hídrica em mudas de *G. integrifolia* foi possível observar o aumento gradativo da temperatura foliar e, portanto, se aprimorada essa técnica, o seu uso pode auxiliar o viveirista na tomada de decisões sobre a qualidade de mudas no período de rustificação.

CONCLUSÕES

O manejo do turno de regas a cada quatro dias em mudas de *G. integrifolia* aplicados na fase de rustificação, causaram redução na velocidade de crescimento do sistema aéreo, resultando no aquecimento foliar.

O uso de um pirômetro infravermelho possui acuidade na quantificação da temperatura foliar durante a rustificação de mudas de *G. integrifolia*. Com o aprimoramento da técnica, o uso do pirômetro infravermelho pode auxiliar o viveirista na tomada de decisões sobre a qualidade de mudas no período de rustificação.

Houve influência dos solos na sobrevivência das mudas de *G. integrifolia*, e os sintomas de déficit hídrico sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não aclimatadas ao estresse hídrico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, S.K.S.; SILVA, I.M. Plantas medicinais e de uso religioso comercializadas em mercados e feiras livres no Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta bot. bras.** v. 20, n. 1, p. 185-194, 2006.
- BARBOSA, K.C.; PIZO, M.A. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. **Restor Ecol.** v. 14, n. 4, p. 504–515, 2006.
- BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía. **Turrialba**, v. 35, n 1, p. 43-47, 1985.
- BRIENZA JÚNIOR, J.; PEREIRA, J.F.; YARED, J.A.G.; MOURÃO JÚNIOR, M.; GOLÇALVES, D.A.; GALEÃO, R.R. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energético madeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. **Amazônia - ciência & desenvolvimento.** v. 4, n. 7, p. 197-219, 2008.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica: Colombo: Embrapa Floresta, v. 1, 2003. 739 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo: Embrapa Florestas, 1994. 640 p.
- CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos.** 2001. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- CHAVES, M.M.; PEREIRA, J.S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M.L.; RICARDO, C.P.P.; OSÓRIO, M.L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. **Annals of Botany.** v. 89 n. 1, p. 907-916, 2002.
- CLOSE, D.C.; BEDLE, C.L.; BROWN, P.H. The physiological basis of containerised tree seedling ‘transplant shock’: a review. **Australian Forestry.** v. 68, n. 2, p. 113-121, 2005.
- COMSTOCK, J.P. Hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and transpiration. **Journal of Experimental Botany.** v. 53, n. 367, p. 195-200, 2002.
- D’AVILA, F.S.; PAIVA, H.N.P.; LEITE, H.G.; BARROSO, N.F.; LEITE, F.P. Efeito do potássio na fase de rustificação de mudas clonais de eucalipto. **Revista Árvore,** v. 35, n. 1, p.13-19, 2011.

ENDRES, L.; SOUZA, J.L.; TEODORO, L. MARROQUIM, P.M.G.; SANTOS, C.M.; BRITO, J.E.D. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n. 1, p. 11-16, 2010.

FERRARI, M.P.; SHIMIZU, J.Y. **Cultivo do Pinus**. Embrapa Florestas – Sistemas de Produção. V. 5, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/05_6_7_rustificacao.htm>. Acesso em 05 de jan. 2014.

FERRAZ, A.V.; ENGEL, V.L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadenia rigida* (benth.) brenan). **Revista Árvore**. v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

FIGUEIROA, M.F.; BARBOSA D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**. v. 18, n. 3, p. 1-14, 2004.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Panel of experts an forest gene resources**. Ninth Session. Roma, 1996. 64p.

FREITAG, A.S. **Frequências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro**. Santa Maria. 2007. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. 2007.

FRITSCHÉ-NETO, R. BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, v. 1, 2011. 250p.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; BORGES, R.C.G.; FONSECA, E.P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

HSIAO, T.C.; XU, L.K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**. v. 51, n. 350, p. 1595-1616, 2000.

JACOBS, D.F.; LANDIS, T.D. Hardening. In: DUMROESE, R.K.; LUNA, T.; LANDIS, T.D. (Eds.) **Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries**. v.1. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. United States Department of Agriculture, Forest Service, p. 217-227, 2009.

LANDSBERG, J.J. **Physiological ecology of forest production**. Academic Press, London, 1986. 198p.

LELES, P.S.S.; LISBOA, A.C.; OLIVEIRA NETO, S.N.; GRUGIKI, M.A.; FERREIRA, M.A. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. **Floresta e Ambiente**. v. 13, n. 1, p. 69-78. 2006.

MILBURN, J. **Water flow in plants**. London: Longman; 1979. 225p.

NASCIMENTO, S.P.; BASTOS, E.A.; ARAÚJO, E.C.E.; FREIRE FILHO, F.R.; SILVA, E.M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

NIETSCHKE, S.; GONÇALVES, V.D.; PEREIRA, M.C.T.; SANTOS, F.A.; ABREU, S.C.; MOTA, W.F. Tamanho da semente e substratos na germinação e crescimento inicial de mudas de cagaiteira. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 28, n. 6, p. 1321-1325. 2004.

NIMAH, N.M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M.A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America**, Journal, Madison, v. 47, n. 1, p.742-745, 1983.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.Á.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, A.D.; FERNANDES, E.J.; RODRIGUES, T.J.D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**. v. 25, n. 1, p. 86-95, 2005.

PAZZETTI, G.A.; OLIVA, M.A.; LOPES, N.F. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro: crescimento e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 28, n. 12, p. 1371-1377. 1993.

PEREIRA, M.R.R.; SOUZA, G.S.F.; RODRIGUES, A.C.P.; MELHORANÇA FILHO, A.L.; KLAR, A.E. Análise de crescimento em clones de Eucalypto submetidos à restrição hídrica. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 98-110, 2010.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: Edur, 2004. 191p.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I.; MELO, A.L.P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa, MG, Folha, 2008. 288p.

SAAD, J.C.C.; LOPES, J.L.W.; SANTOS, T.A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 404-411, 2009.

SANTOS, P.L.; FERREIRA, R.A.; ARAGÃO, A.G.; AMARAL, L.A.; OLIVEIRA, A.S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**. v. 36, n. 2, p. 237-245, 2012.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; EUZÉBIO, V.L.M.; KODAME, F.M.; KISSMAN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCHMOURLO, G.; MENDONÇA FILHO, R.R.; ALVIANO, C.S.; COSTA, S.S. Screening of antifungal agents using ethanol precipitation and bioautography of medicinal and food plants. **J. Ethnopharmacol.** v. 96, n. 3, p. 563–568, 2005.

SCHWIDER, Y.S.; PEZZOPANE, J.E.M.; CÔRREA, V.B.; TOLEDO, J.V.; XAVIER, T.M.T. Efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de eucalipto em diferentes condições microclimáticas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n. 16, p. 888-900, 2013.

SILVA, E.A. **Trocas gasosas e potencial hídrico no desenvolvimento inicial de cultivares apirênicas de citros**. 2013. 73 p. Tese (Doutorado). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, M.R.; KLAR, A.E.; PASSOS, J.R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* w. (hill ex. maiden). **Irriga.** v. 9, n. 1, p. 31-40. 2004.

SILVA, S.R.S.; DEMUNER, A.J.; BARBOSA, L.C.A.; CASALI, V.W.D.; NASCIMENTO, E.A.; PINHEIRO, A.L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca Alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

STEPPUHHN, H. Pre-irrigation of a severely-saline soil weth in-situ water to establish dryland forages. Transactions of the ASAE (**American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph**). v. 44, n. 6, p. 1543-1551, 2001.

STRECK, N. A. Do we know how plants sense a drying soil? **Ciência Rural**,v.34, n.2, p.581-584, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TATAGIBA S.D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2006. 108 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

VIEIRA JÚNIOR, P.A.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R.F.; PERES, L.E.P.; MARTIN, T.N.; MANFRON, P.A.; BONNECARRÉRE, R.A.G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. **Acta Scientiarum Agronomy**., Maringá, v. 29, n. 4, p. 555-561, 2007.

VALE, F.X.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; LIBERATO, J.R.; ZAMBOLIM, L. Quant – A software to quantify plant disease severity. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON PLANT DISEASE EPIDEMIOLOGY, 1., 2001, Ouro Preto. **Proceedings...**, Ouro Preto, v. 8, 2001. 161p.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo hídrico durante a rustificação influencia na qualidade das mudas de *H. impetiginosus* e *G. integrifolia*.

O manejo de irrigação a cada quatro dias em mudas de *H. impetiginosus* aplicados na fase de rustificação, possibilitou maior velocidade de crescimento do sistema radicular e reduz o crescimento aéreo.

O manejo de irrigação a cada quatro dias em mudas de *G. integrifolia* aplicados na fase de rustificação, resultaram na redução da velocidade de crescimento do sistema aéreo.

Mudas de *H. impetiginosus* e *G. integrifolia* apresentaram aumento na temperatura foliar conforme se intensificou o estresse hídrico, apresentando temperatura foliar mais elevada sob o manejo de irrigação a cada quatro dias.

O uso da termometria infravermelho permite aferir a temperatura foliar na rustificação de mudas de *H. impetiginosus* e *G. integrifolia*.

Houve influência do manejo hídrico e dos solos na sobrevivência das mudas de *H. impetiginosus* e *G. integrifolia*, e os sintomas de estresse sempre se manifestaram primeiro no solo argiloso, principalmente nas mudas não aclimatadas ao estresse hídrico.