

Avaliação Morfofisiológica em Mudanças de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos Durante a Rustificação

Paulo Ricardo Lima¹, Micheli Angelica Horbach¹, João Alexandre Lopes Dranski¹,
Martios Ecco¹, Marlene de Matos Malavasi¹, Ubirajara Contro Malavasi¹

¹Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE,
Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil

RESUMO

Este trabalho objetivou quantificar os efeitos do manejo hídrico durante a rustificação de mudas de *Handroanthus impetiginosus*, por meio da termometria foliar e por parâmetros morfométricos de qualidade. Os tratamentos foram: irrigação diária (controle), a cada dois, três e 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 e na massa seca radicular. As quantificações da TF ocorreram ao final do ciclo de cada manejo de irrigação e, para as demais variáveis, realizaram-se as análises no início e no final da rustificação. Mudanças de *H. impetiginosus* irrigadas diariamente apresentaram maior incremento em diâmetro em relação às irrigadas a cada três dias e as mudas irrigadas a cada quatro dias apresentaram maior crescimento do sistema radicular e redução no crescimento aéreo. Contudo, o uso da termometria infravermelho permitiu aferir a TF em mudas de *H. impetiginosus* durante a rustificação, verificando que, com o prolongamento do período de estresse hídrico, houve o aumento gradativo da temperatura foliar, sendo a maior delas observada em mudas irrigadas a cada quatro dias.

Palavras-chave: déficit hídrico, ipê-roxo, manejo de mudas, temperatura foliar.

Morphophysiological Evaluation in Seedlings of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos During Hardening

ABSTRACT

The present study aimed to quantify the effects of hydric management during the hardening process of *Handroanthus impetiginosus* seedlings by means of foliar thermography and morphometric parameters of quality. Irrigation treatments of 60 seedlings each were carried out at the following frequencies: daily (control), and every two, three, and four days for four weeks. Measures of leaf temperature (LT), height increment, collar diameter, and root dry mass were performed. Quantification of LT occurred at the end of each irrigation management cycle and analysis of the other variables studied was performed at the beginning and end of the hardening process. Seedlings of *H. impetiginosus* irrigated daily presented higher diameter increment in relation to those irrigated every three days, and the seedlings irrigated every four days showed higher root system growth and reduction of aerial part growth. The use of infrared thermometry allowed LT assessment in seedlings of *H. impetiginosus* during hardening. It was possible to verify that the longer the water stress period, the higher the leaf temperature, with the highest temperature observed in seedlings irrigated every four days.

Keywords: hydric deficit, purple-ipe, management of seedlings, foliar temperature.

179-8087.058813

-0980 (impresso)

179-8087 (online)

1. INTRODUÇÃO

Handroanthus impetiginosus (Mart. Ex DC) Mattos, recentemente incluído no gênero, é uma espécie arbórea pertencente à família Bignoniaceae (Grose & Olmstead, 2007), podendo ser comumente encontrada em áreas de vegetação nativa do nordeste e do sudeste brasileiros. Esta espécie arbórea é muito apreciada para fabricação de móveis e assoalhos finos, além de apresentar propriedades farmacológicas com ação anti-inflamatória, analgésica, antibiótica e antineoplásica. Adicionalmente, a espécie foi intensamente explorada nas regiões de ocorrência natural, restando poucas árvores isoladas, o que justifica a sua inclusão em trabalhos de restauração de ecossistemas florestais e de paisagismo (Gemaque et al., 2002).

A utilização de espécies lenhosas nativas para a revegetação de áreas degradadas e matas ciliares, reflorestamento e plantios comerciais torna a produção de mudas de qualidade uma prática fundamental para o êxito dessas atividades (Brienza Jr., 2008; Ferraz & Engel, 2011; Santos et al., 2012).

Dessa forma, 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 morfofisiológica, capazes de atender às 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 seu estabelecimento. Danos operacionais no manuseio e durante o plantio, na exposição e na dessecação das raízes, períodos de deficiência ou saturação hídrica, velocidade do vento e plantas daninhas são os principais agravantes para o sucesso do plantio de mudas de espécies lenhosas (Close et al., 2005).

A rustificação realizada 15 a 30 dias antes da expedição da muda para o plantio refere-se ao conjunto de práticas operacionais adotadas durante a fase final de produção das mudas, com a finalidade de aumentar a tolerância às adversidades edafoclimáticas possivelmente encontradas nos sítios de plantio.

Algumas das práticas envolvidas na fase de rustificação incluem a manipulação da adubação e

do regime de luz, a poda de raízes e da parte aérea, e o manejo da irrigação (Jacobs & Landis, 2009).

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 & Zeiger, 2009).

O estresse 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 o fechamento estomático, e consequentemente a redução da capacidade de trocas gasosas, o que interfere no desenvolvimento da planta (Taiz & Zeiger, 2009).

A severidade do estresse hídrico é, provavelmente, indicada pela magnitude da elevação na temperatura foliar, que pode ser utilizada como um indicador da disponibilidade de água para as plantas (Clawson & 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, produz o resfriamento da mesma.

A termometria infravermelha, além de se tratar de uma técnica simples e acessível, pode ser utilizada para quantificar a temperatura foliar (Bascur et al., 1985).

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. Dessa forma, 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 de parâmetros morfométricos de qualidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características gerais da área experimental

O experimento foi conduzido em ambiente protegido não climatizado, no Centro de Controle Biológico e Cultivo Protegido da Universidade

Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), no município de Marechal Cândido Rondon-PR, entre os dias 5 de outubro de 2012 e 30 de março de 2013.

O clima da região, segundo Koppen, é caracterizado como o 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).

O ambiente protegido constitui-se de uma estrutura de ferro galvanizado com teto em forma de arco de 7 × 30 m e 3,5 m de pé direito. O teto é coberto com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD) e anti-UV de 150 µ de espessura. As laterais foram fechadas com tela de 30% de sombreamento de coloração branca.

2.2. Produção das mudas

Mudas de *H. impetiginosus* foram produzidas via semeadura direta (05/out./2012) em tubetes de 120 cm³ preenchidos com substrato comercial (Plantmax®) à 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 8 g de fertilizante de liberação controlada (Basacote® Plus 6M) da formulação N₂-P₂O₅-K₂O (16-8-12) incorporado em cada quilograma de substrato, com auxílio de uma betoneira. Entre 45 e 60 dias, realizaram-se raleios nas mudas, deixando apenas uma por tubete.

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

2.3. Rustificação das mudas

Após 148 dias da semeadura, quando as mudas alcançaram altura de 17,1 ± 2,6 cm e 4,34 ± 0,29 mm de diâmetro do colo, iniciou-se a fase de rustificação, que perdurou por quatro semanas.

As regas ocorreram sempre por volta das 14 e 15h, logo após a mensuração da temperatura foliar com o auxílio de mangueira até a saturação do substrato. Os diferentes manejos foram constituídos por quatro regimes hídricos aplicados em 60 mudas para cada tratamento, sendo estes: irrigação diária (controle), irrigação a cada dois dias, irrigação a cada três dias e irrigação a cada quatro dias.

2.4. Variáveis analisadas

A altura das mudas foi mensurada com régua graduada (±1 mm) a partir do nível do substrato até a inserção da última folha, enquanto o diâmetro do colo foi mensurado com um paquímetro digital (± 0,1 mm). Ambas as variáveis foram avaliadas antes e após as quatro semanas de implantação dos regimes hídricos, sendo avaliados os incrementos dos valores finais menos os iniciais.

Antes do início da rustificação, foi realizada a análise da massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) em 12 mudas. Ao término da rustificação, realizou-se novamente a determinação de MSPA e MSR em 24 mudas por tratamento, determinando assim o incremento dos valores. Para avaliação da massa seca, as mudas foram separadas em parte aérea (caule e folhas) e raiz, e colocadas em estufa com circulação de ar a 65°C por 72 horas.

Os valores da temperatura do limbo foliar foram aferidos com auxílio de um pirômetro infravermelho (HOMIS® mod. 466A), trabalhando com emissividade (ελ) de 95%, conforme a recomendação do fabricante. Procedeu-se aos cuidados de rotina preconizados para o manuseio do equipamento, como a calibragem antes do início das leituras.

A quantificação da temperatura foliar foi obtida tangendo o equipamento sobre o limbo foliar (face abaxial) a uma distância de aproximadamente 1 cm da última folha recém-expandida de cada muda. As mensurações foram efetuadas ao final do ciclo do manejo da irrigação, ou seja, diariamente para o tratamento controle e a cada dois, três e quatro dias de interrupção da irrigação, sempre entre 12 e 13 horas do dia, antes de se iniciar o novo ciclo de 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 tais valores obtidos sempre durante a leitura da temperatura foliar (entre 12h e 13h).

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).

2.5. Delineamento experimental e análise dos dados

As 240 mudas foram arranjadas ao acaso em quatro grupos de 60 mudas, para facilitar a aplicabilidade do manejo hídrico. Cada muda consistia em uma repetição. 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 testar as médias de duas populações independentes (X1 e X2) com variâncias desconhecidas (Ribeiro Jr. & Melo, 2008).

Para a comparação de médias da temperatura foliar, utilizou-se a temperatura obtida no último dia de interrupção da irrigação de cada ciclo do manejo de irrigação, conforme cada tratamento, com a obtida no tratamento controle. Para tanto, foram realizadas separadamente três comparações: irrigação diária (controle) com irrigação a cada dois dias (14 leituras); irrigação diária (controle) com irrigação a cada três dias (nove leituras), e irrigação diária (controle) com irrigação a cada quatro dias (sete leituras).

Os resultados obtidos foram verificados quanto à pressuposição de normalidade pelo teste de Lilliefors e as médias foram comparadas pelo teste de Student a 5% de probabilidade, com o auxílio do software SAEG 9.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os tratamentos controle e irrigação a cada dois dias (Figura 2) não resultou em diferenças para as variáveis analisadas ($P > 0,05$). O tratamento controle externou incremento na altura da muda de 1,13 cm (Figura 2a), 0,59 mm para o incremento no diâmetro do colo (Figura 2b) e 1,33 g para o incremento na massa seca de raízes (Figura 2c). Com irrigação a cada dois dias, as médias dos incrementos obtidos durante a fase de

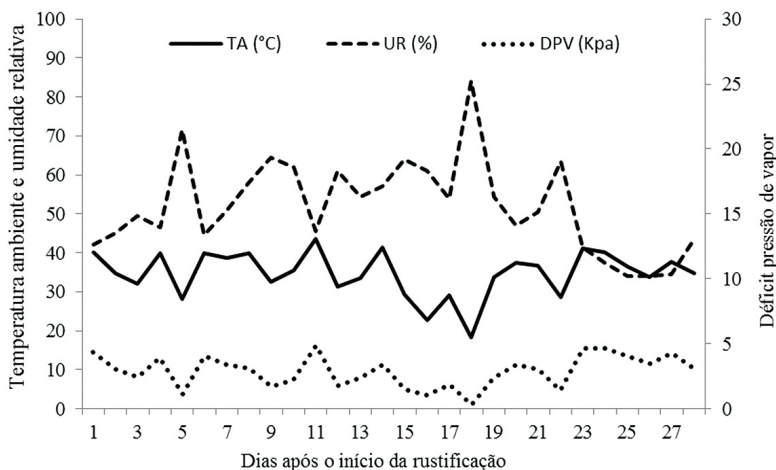


Figura 1. Variação da temperatura média do ambiente propagativo (TA), da umidade relativa (UR) e do déficit de pressão de vapor (DPV) durante o período em que as mudas foram submetidas à rustificação.

Figure 1. Variation of the average temperature of the propagation environment (TA), of relative humidity (RH) and vapor pressure deficit (VPD) during the period in which the seedlings were submitted to rustification.

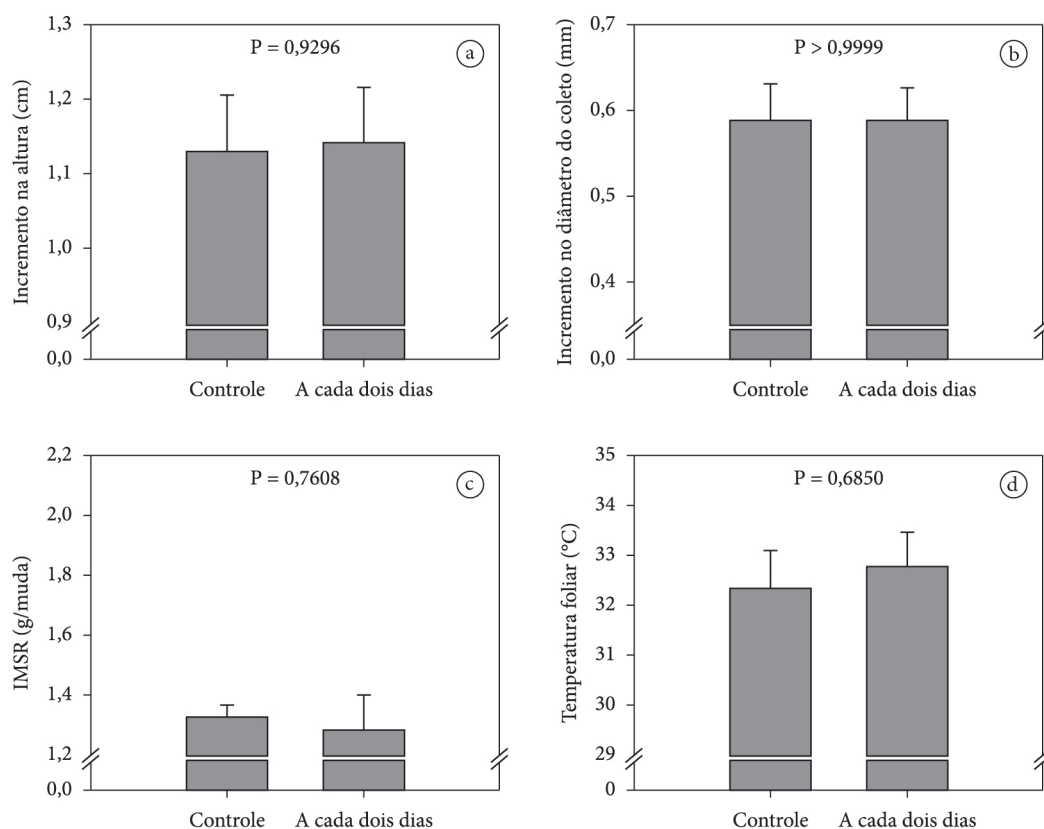


Figura 2. Incrementos na altura (a), no diâmetro do coleto (b), na massa seca de raízes (c) e a temperatura foliar (d) em mudas de *H. impetiginosus* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada dois dias.

Figure 2. Increment in height (a), diameter (b), dry weight of roots (c) and leaf temperature (d) in seedlings of *H. impetiginosus* submitted to rustication by water stress every two days.

rustificação foram de 1,14 cm, 0,59 mm e 1,28 g, respectivamente.

Os resultados obtidos com a termografia foliar (Figura 2d) indicaram 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, sugerindo que a restrição hídrica de apenas um dia não foi suficiente para mudas de *H. impetiginosus* apresentarem mecanismos de controle estomático.

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 detectaram diferenças em relação a altura, diâmetro do colo e matéria seca total. Os autores acima relataram que tais resultados ocorreram devido ao fato de o 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 então limitantes.

A mesma justificativa explica a falta de diferença estatística entre o tratamento controle em relação à rega a cada dois dias, quanto ao incremento em altura em mudas de *H. impetiginosus*. É importante lembrar que a rustificação não objetiva o desenvolvimento da muda e, sim, a aclimação às condições de campo.

Com a restrição da irrigação a cada três dias (Figura 3), os resultados apontaram diferenças ($P < 0,05$) somente para o diâmetro do colo, não sendo detectadas diferenças significativas para as demais variáveis morfológicas analisadas. Com ciclos de irrigação a cada três dias, a redução no crescimento em diâmetro foi de 29% em comparação ao tratamento controle (Figura 3b).

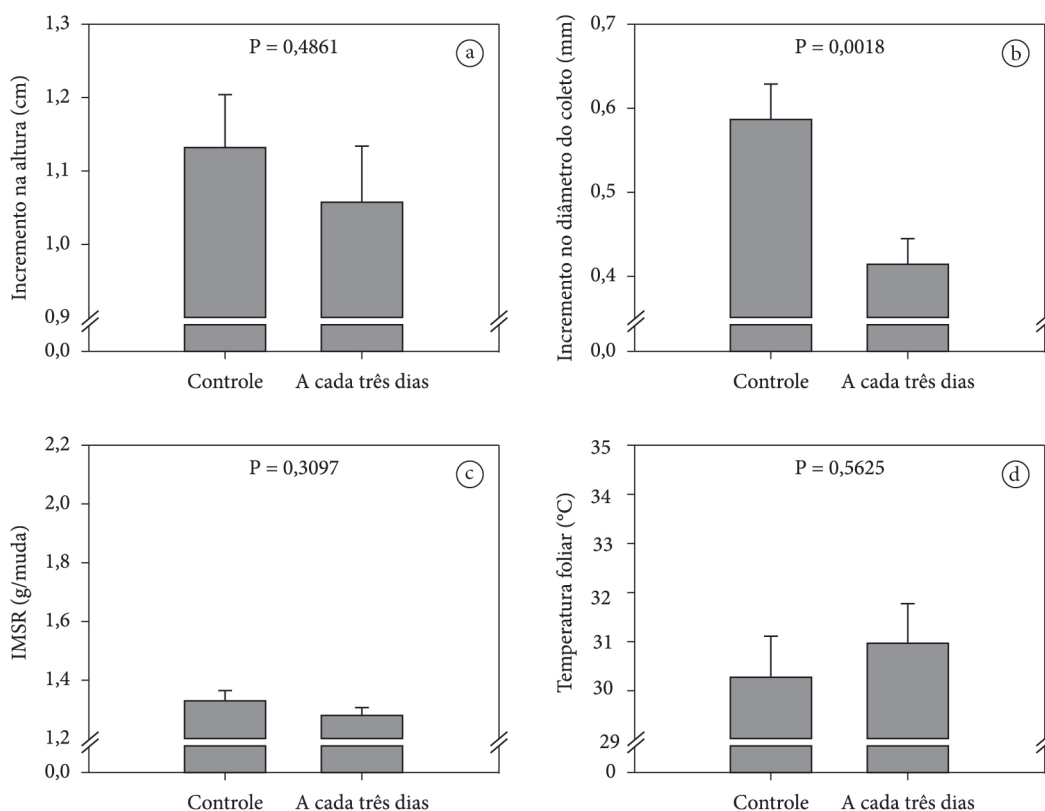


Figura 3. Incrementos na altura (a), no diâmetro do coleto (b), na massa seca de raízes (c) e temperatura foliar (d) em mudas de *H. impetiginosus* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada três dias.

Figure 3. Increment in height (a), diameter (b), dry weight of roots (c) and leaf temperature (d) in seedlings of *H. impetiginosus* submitted to rustication by water stress every three days.

Para os incrementos na altura das mudas (Figura 3a) e na massa seca de raízes (Figura 3c), os valores foram de 1,06 cm e 1,28 g, respectivamente, sem, contudo, diferir do tratamento controle ($P > 0,05$). Para a temperatura foliar (Figura 3d), os resultados externaram um aumento médio de $0,7^{\circ}\text{C}$ em comparação ao tratamento controle, não diferindo entre si ($P > 0,05$).

Deve-se ressaltar que existem evidências de que o crescimento de raízes é menos afetado pela restrição hídrica do que o de tecidos aéreos, pois, sob deficiência de água, o crescimento e a expansão celular são inibidos, e o crescimento radicular é favorecido em relação ao aéreo (Hsiao & 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.

As mudas de *H. impetiginosus* submetidas à irrigação a cada quatro dias (Figura 4) apontaram diferenças ($P < 0,05$) em comparação ao tratamento controle, apresentando redução no crescimento em diâmetro de 35,2% (Figura 4b) e aumento no crescimento do sistema radicular de 38,7% (Figura 4c). O incremento na altura (Figura 4a) não apresentou diferença ($P > 0,05$) em comparação ao tratamento controle. Contudo, a redução no crescimento neste nível de restrição hídrica foi de 15,5%.

Menor crescimento em diâmetro do colo (4,2 mm) também foi encontrado por Scalon et al. (2011) em mudas de *Guazuma ulmifolia* (Lam.) cultivadas com menor disponibilidade de água e

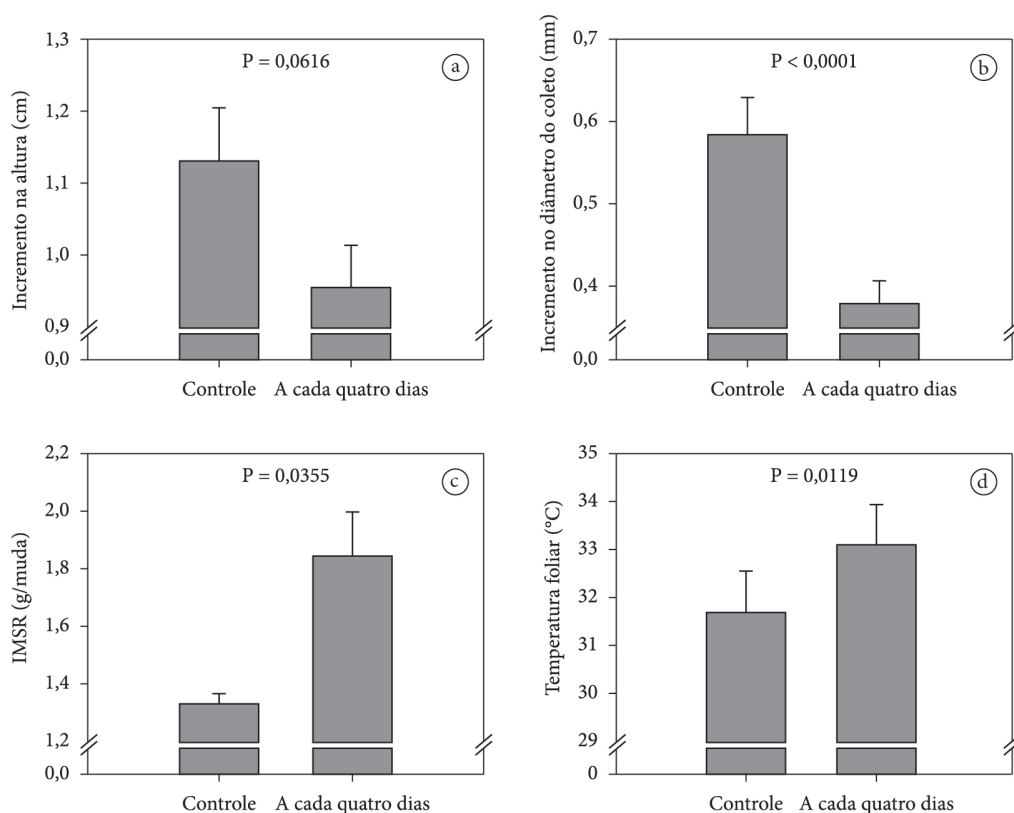


Figura 4. Incrementos na altura (a), no diâmetro do coleto (b), na matéria seca de raízes (c) e temperatura foliar (d) em mudas de *H. impetiginosus* submetidas à rustificação por restrição hídrica a cada quatro dias.

Figure 4. Increment in height (a), diameter (b), dry weight of roots (c) and leaf temperature (d) in seedlings of *H. impetiginosus* submitted to rustication by water stress every four days.

avaliadas após 35 dias da imposição do tratamento. Lenhard et al. (2010) mensuraram 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 à menor disponibilidade de água (12,5%) apresentaram o menor diâmetro do colo (3,67 mm).

Em relação ao crescimento em altura, Cabral et al. (2004), estudando o crescimento inicial de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook f. ex S. Moore sob 100%, 50% e 25% da capacidade de campo (CC), verificaram que o estresse hídrico reduziu o crescimento aéreo das plantas com 25% da CC até os 120 dias, e Figueirôa et al. (2004), estudando *Myracrodruon urundeuva* Allemão, sob regimes hídricos de 25%, 50% e 75% da CC, constataram maior altura das plantas quando submetidas à maior disponibilidade de água aos 30 e 60 dias.

Ainda em relação à altura das plantas, resultados semelhantes ao deste estudo foram relatados por Coopman et al. (2008) que, trabalhando com diferentes manejos hídricos na rustificação de mudas de *Eucalyptus globulus* Labill., verificaram um incremento maior na altura das mudas no tratamento controle; no entanto, tal incremento não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos com restrições hídricas mais severas.

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

As diferenças causadas pela restrição hídrica (Figura 4) denotam menor alocação de massa seca para sustentar o crescimento da parte aérea, sendo que os fotoassimilados passaram a ser direcionados para o crescimento do sistema radicular. O maior incremento radicular em relação à parte aérea é um caráter adaptativo comum às plantas submetidas ao estresse hídrico, ao permitir que as mesmas obtenham água em outras camadas do solo.

Tais resultados corroboram os obtidos por Coopman et al. (2008) que, trabalhando com manejo hídrico durante a rustificação de mudas de *Eucalyptus globulus* Labill., verificaram o aumento do número de novas raízes e do comprimento médio das três maiores raízes nas mudas sob deficiência hídrica.

Essa resposta pode estar associada ao 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 & Nogueira, 2004). Conforme Fritsche-Neto & Borém (2011), uma característica marcante de plantas submetidas à deficiência hídrica é o aumento da alocação de biomassa para o sistema radicular.

Segundo Taiz & 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.

Nas mudas submetidas ao período de quatro dias sem irrigação, a temperatura foliar apresentou diferença ($P < 0,05$) em relação ao tratamento controle, com aumento em até $1,4^{\circ}\text{C}$ (Figura 4d). Esta maior temperatura foliar ocorre provavelmente devido ao fato de a restrição hídrica induzir o fechamento estomático em mudas de *H. impetiginosus*, evitando a perda de água por transpiração, o que resulta no aquecimento foliar em condições de estresse hídrico 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°C (Milburn, 1979; Oliveira et al., 2005; Endres et al. 2010).

O aumento gradativo da temperatura foliar é um forte indicativo de estresse hídrico no substrato, uma vez que sinaliza o fechamento dos estômatos para evitar maiores perdas de água por transpiração (Steppuhn, 2001).

Segundo Silva (2013), após a imposição do estresse hídrico de 15 dias, houve uma queda significativa da temperatura foliar nas cultivares apirênicas de laranjeiras 'lanelate', 'navelate' e 'navelina' mantidas irrigadas, enquanto que, para as cultivares submetidas ao estresse 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 $3,5^{\circ}\text{C}$ na temperatura média foliar quando os genótipos foram submetidos ao estresse. A diferença de temperatura foliar entre plantas submetidas ou não ao estresse fundamenta-se no status hídrico, no comportamento estomático e na perda de calor latente por meio da transpiração, apresentando variações quanto à 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, o 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 de feijão sob estresse hídrico, Oliveira et al. (2005) observaram uma elevação de 15% na temperatura foliar em comparação à do ambiente, com leituras realizadas às 8 horas da manhã, e um aumento de 60%, quando as leituras foram realizadas ao meio-dia.

Silva et al. (2004), ao analisarem a transpiração ao longo do dia em mudas de *E. grandis*, verificaram que as plantas submetidas ao estresse hídrico apresentaram 'percepção' do estresse hídrico e uma reação de defesa contra a desidratação através do rápido fechamento dos estômatos em relação às mudas menos estressadas, além de 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).

Complementarmente, o manejo do turno de regas a cada quatro dias possibilita a diminuição significativa da utilização de água; observou-se que a mensuração da temperatura foliar com um pirômetro infravermelho demonstrou ser prática.

Os resultados do presente ensaio mostram que o manejo da restrição hídrica em mudas de *H. impetiginosus* resultou em aumento gradativo da temperatura foliar e que o uso de um pirômetro infravermelho poderá auxiliar o viveirista na tomada de decisões sobre a qualidade de mudas durante o período de rustificação.

4. CONCLUSÕES

Mudas de *H. impetiginosus* irrigadas a cada dois dias não sofreram estresse suficiente para se diferenciarem das mudas irrigadas diariamente. Mudas irrigadas a cada três dias apresentaram menor incremento em diâmetro em relação às irrigadas diariamente.

O manejo do turno de regas a cada quatro dias em mudas de *H. impetiginosus* aplicado na fase de rustificação possibilitou maior incremento radicular e menor incremento aéreo.

O uso de um pirômetro infravermelho permitiu aferir a temperatura foliar na rustificação de mudas de *H. impetiginosus* submetidas a diferentes turnos de irrigação.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 9 set., 2013

Aceito: 6 maio, 2014

Publicado: 28 ago., 2014

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Paulo Ricardo Lima

Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Rua Pernambuco, 1777, CP 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil
e-mail: paulorikardo@hotmail.com

REFERÊNCIAS

- Brienza J Jr, Pereira JF, Yared JAG, Mourão M Jr, Golçalves DA, Galeão RR. Recuperação de áreas degradadas com base em sistema de produção florestal energéticomadeireiro: indicadores de custos, produtividade e renda. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento* 2008; 4(7): 197-219.
- Bascur G, Oliva MA, Laing D. Termometria infrarroja en selección de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía. *Turrialba* 1985; 35(1): 43-47.
- Cabral EL, Barbosa DCA, Simabukuro EA. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Marsh) Benth. & Hook. F. ex s. Moore submetida a estresse hídrico. *Acta Botânica Brasílica* 2004; 18(2): 241-251. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000200004>
- Caviglione JH, Kiihl LRB, Caramori PH, Oliveira D. *Cartas climáticas do Paraná*. Londrina: IAPAR; 2000. CD-ROM.
- Chaves MM, Pereira JS, Maroco J, Rodrigues ML, Ricardo CPP, Osório, ML et al. How Plants Cope with Water Stress in the Field? Photosynthesis and Growth. *Annals of Botany* 2002; 89(1): 907-916. PMID:12102516. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcf105>
- Clawson KL, Blad BL. Infrared thermometry for scheduling irrigation of corn. *Agronomy Journal* 1982; 74(2): 311-316. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1982.00021962007400020013x>
- Close DC, Bedle CL, Brown PH. The physiological basis of containerised tree seedling 'transplant shock': A

- review. *Australian Forestry* 2005; 68(2): 113-121. <http://dx.doi.org/10.1080/00049158.2005.10674954>
- Comstock JP. Hydraulic and chemical signalling in the control of stomatal conductance and transpiration. *Journal of Experimental Botany* 2002; 53(367): 195-200. PMID:11807122. <http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/53.367.195>
- Coopman RE, Jara JC, Bravo LA, Sáez KL, Mella GR, Escobar R. Changes in morpho-physiological attributes of Eucalyptus globulus plants in response to different drought hardening treatments. *Electronic Journal of Biotechnology* 2008; 11(2): 1-10. <http://dx.doi.org/10.2225/vol11-issue2-fulltext-9>
- Correia KG, Nogueira RJMC. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 2004; 4(2): 1-7.
- Endres L, Souza JL, Teodoro L, Marroquim PMG, Santos CM, Brito JED. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2010; 14(1): 11-16. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100002>
- Ferraz AV, Engel VL. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*hymenaea courbaril* l. var. *stilbocarpa* (hayne) lee et lang.), ipê-amarelo (*tabebuia chrysostricha* (mart. ex dc.) sandl.) e guarucaia (*parapiptadenia rigida* (benth.) brenan). *Revista Árvore* 2011; 35(3): 413-423. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000300005>
- Figueirôa MF, Barbosa DCA, Simabukuro EA. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. *Acta Botânica Brasílica* 2004; 18(3): 1-14. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000300015>
- Fritsche-Neto R, Borém A. *Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos*. Visconde do Rio Branco: Suprema; 2011. 250 p. (v. 1).
- Grose SO, Olmstead RG. Taxonomic revisions in the polyphyletic genus *Tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). *Systematic Botany* 2007; 32(3): 660-670. <http://dx.doi.org/10.1600/036364407782250652>
- Gemaque RCR, Davide AC, Faria JMR. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de Ipê-Roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). *Cerne* 2002; 8(2): 84-91.
- Hsiao TC, Xu LK. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. *Journal of Experimental Botany* 2000; 51(350): 1595-1616. <http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/51.350.1595>
- Jacobs DF, Landis TD. Hardening. In: Dumroese RK, Luna T, Landis TD, editores. *Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries*. United States: Department of Agriculture, Forest Service; 2009.
- Landsberg JJ. *Physiological ecology of forest production*. London: Academic Press; 1986.
- Leles PSS, Lisboa AC, Oliveira SN No, Grugiki MA, Ferreira MA. Qualidade de mudas de quatro espécies florestais produzidas em diferentes tubetes. *Floresta e Ambiente* 2006; 13(1): 69-78.
- Lenhard NR, Scalon SPQ, Novelino JO. Crescimento inicial de mudas de Pau Ferro (*Caesalpinia érrea* MART. Ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. *Ciência e Agrotecnologia* 2010; 34(4): 870-877. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400011>
- Milburn J. *Water flow in plants*. London: Longman; 1979. PMID:38070.
- Nascimento SP, Bastos EA, Araújo ECE, Freire FR Fo, Silva EM. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 2011; 15(8): 853-860.
- Nietsche S, Gonçalves VD, Pereira MCT, Santos FA, Abreu SC, Mota WF. Tamanho da semente e substratos na germinação e crescimento inicial de mudas de cagaiteira. *Ciência e Agrotecnologia* 2004; 28(6): 1321-1325. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000600014>
- Nogueira RJMC, Moraes JAPV, Burity HÁ, Bezerra E No. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal* 2001; 13(1): 75-87. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-31312001000100009>
- Oliveira AD, Fernandes EJ, Rodrigues TJD. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. *Engenharia Agrícola* 2005; 25(1): 86-95. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000100010>
- Oliveira VJS, Sampaio AHR, Coelho MA Fo, Oliveira EJ, Dantas JLL, Dantas ACVL. Avaliação de condutância estomática e temperatura foliar em variedades de mamão submetidas a déficit hídrico. In: *Simpósio do Papaya Brasileiro: Inovação e Sustentabilidade* [CD-ROM]; 2011; Porto Seguro. Bahia: Embrapa Mandioca e Fruticultura.
- Pazzetti GA, Oliva MA, Lopes NF. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro: Crescimento e produtividade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 1993; 28(12): 1371-1377.
- Pimentel C. *A relação da água com a planta*. Seropédica: Edur; 2004.
- Ribeiro JI Jr, Melo ALP. *Guia prático para utilização do SAEG*. Viçosa: Folha; 2008.
- Santos PL, Ferreira RA, Aragão AG, Amaral LA, Oliveira AS. Estabelecimento de espécies florestais nativas por

meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. *Revista Árvore* 2012; 36(2): 237-245. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622012000200005>

Scalon SPQ, Mussury RM, Euzébio VLM, Kodama FM, Kissmann C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). *Ciência Florestal* 2011; 21(4): 655-662.

Silva EA. *Trocas gasosas e potencial hídrico no desenvolvimento inicial de cultivares apirênicas de citros* [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2013.

Silva MR, Klar AE, Passos JR. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* w. (hill ex. maiden). *Irriga* 2004; 9(1): 31-40.

Steppuhn H. Pre-irrigation of a severely-saline soil with in-situ water to establish dryland forages. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 2001; 44(6): 1543-1551. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.7039>

Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia vegetal*. 4th ed. Porto Alegre: Artmed; 2009.