

Potencial hídrico foliar de mudas de Eucalipto influenciado pela substituição de K por Na⁽¹⁾

Nikolas de Souza Mateus⁽²⁾; Eric Victor de Oliveira Ferreira⁽³⁾; Fábio Henrique Silva Floriano de Toledo⁽⁴⁾; José Carlos Arthur Jr.⁽⁵⁾; José Lavres Jr.⁽⁶⁾; José Leonardo de Moraes Gonçalves⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP e IPEF.

⁽²⁾ Graduando em Eng. Florestal (bolsista Fapesp); Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo- ESALQ/USP; Piracicaba, São Paulo; nikolas.mateus@usp.br; ⁽³⁾ Pós-Doutorando (bolsista Fapesp) do Depto de Ciências Florestais; ESALQ/USP; ericsolos@yahoo.br ⁽⁴⁾ Doutorando em Recursos Florestais; ESALQ/USP; fhtoledo@usp.br; ⁽⁵⁾ Coordenador Executivo do Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo (PTSM); Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF); arthur@ipef.br; ⁽⁶⁾ Professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura; CENA/USP; jlavres@cena.usp.br; ⁽⁷⁾ Professor do Depto de Ciências Florestais; ESALQ/USP; jlmgonca@usp.br.

RESUMO: Tanto o potássio (K), como o sódio (Na), podem alterar as relações hídricas das plantas. Assim, este experimento objetivou avaliar os efeitos da substituição do suprimento de K por Na no potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) e no crescimento inicial do eucalipto. A dose original de K da solução nutritiva completa de Clark (1,80 mmol L⁻¹ de K) foi substituída por percentuais crescentes de Na (via NaCl), constituindo assim os tratamentos: 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0 (% Na/ % K), arranjados em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Foram avaliados o Ψ_{wf} em antemanhã (AM) e ao meio dia (MD), além da área foliar (AF) e a produção de matéria seca das plantas. O Ψ_{wf} MD foi mais sensível que o Ψ_{wf} AM ao suprimento de Na via solução nutritiva às mudas de eucalipto. Plantas mais produtivas possuem valores mais negativos de Ψ_{wf} MD, em razão da maior AF.

Termos de indexação: crescimento, nutrição florestal, solução nutritiva.

INTRODUÇÃO

O plantio de *Eucalyptus* em solos pouco férteis faz com que seja imprescindível o uso de fertilizantes para obtenção de altas produtividades. Dentre os macronutrientes, o potássio (K) é o mais exigido pelo eucalipto (Bellote & Ferreira, 1993). Assim, a fertilização potássica tem importante custo para as produções agrícolas brasileiras, visto que 90 % da quantidade utilizada é importada (Heffer & Rud'homme, 2008). Dentre as funções do K na planta, destaca-se no controle osmótico e nas reações enzimáticas. Estas funções podem ser parcialmente realizadas pelo sódio (Na), elemento considerado benéfico às plantas (Sutcliffe & Baker, 1989). A substituição do suprimento de K pelo Na resultaria em uma considerável redução nos custos com fertilização, visto o relativo baixo custo do NaCl, possibilitando maior lucratividade ao setor florestal.

Resposta positiva da aplicação de NaCl no crescimento de *E. grandis* cultivado em solos pobres em K no Brasil já foi observada (Almeida et al., 2010). Entretanto, mais pesquisas são necessárias para identificar os processos envolvendo o Na na fisiologia das árvores de eucalipto. Para Broadley et al. (2012), a substituição do K pelo Na melhora o balanço hídrico das plantas em locais onde há estresse hídrico, pelo melhor controle estomático.

O estado energético da folha é indicado pelo seu potencial de água, assim variações no potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) afetam a assimilação do carbono pela planta (Hsiao, 1973). Segundo Bianchi (2004), o Ψ_{wf} tem sido usado para entender o mecanismo foliar no controle do déficit hídrico, pois quando o conteúdo e o potencial de água no meio e o da folha decaem, há a geração de déficit hídrico nas folhas, causando a perda de turgor nas células guarda, resultando no fechamento estomático. Ainda, de acordo com o mesmo autor, em intervalos em que a temperatura do ar é elevada durante o dia, há um déficit hídrico de curta duração, causado pela alta demanda evaporativa da atmosfera, quando a transpiração supera a capacidade de absorção de água pelas raízes.

Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos do suprimento de Na no Ψ_{wf} e no crescimento de mudas de eucalipto cultivadas em solução nutritiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação do CENA/USP, a fim de analisar os efeitos do suprimento variável de Na no Ψ_{wf} , na área foliar (AF) e na produção de matéria seca de mudas de um clone (IPB8) de eucalipto (*E. urophylla* x *E. grandis*). As plantas foram provenientes de tubetes e tiveram seu substrato retirado das raízes com água desionizada, sendo transplantadas para bandejas coletivas (10 L) com solução nutritiva de Clark (Clark, 1975). A solução nutritiva foi mantida sob aeração permanente e foi trocada a cada sete dias.

As plantas permaneceram nesta fase de aclimação por 30 dias, sendo a concentração da solução aumentada gradativamente a cada semana (25, 50, 75 e 100 % da concentração original).

Plantas homogêneas em altura e diâmetro do colo foram selecionadas e transplantadas para vasos individuais (3 L) onde foram aplicados os tratamentos por 60 dias. A dose original de K da solução completa de Clark (1,80 mmol L⁻¹ de K) foi substituída por percentuais crescentes de Na (via NaCl), constituindo assim os tratamentos: 0/100, 25/75, 50/50, 75/25, 100/0 (% Na/ % K). Existiram 20 unidades experimentais com uma planta cada, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Foram avaliados o Ψ_{wf} , a AF e a produção de matéria seca das plantas ao fim do período de cultivo. O Ψ_{wf} na antemãhã-AM (\approx 5 h) e ao meio dia-MD (\approx 13 h) foi mensurado, com a câmara de pressão tipo Scholander, em uma folha jovem completamente expandida no terço médio de cada planta. Posteriormente, coletaram-se todas as folhas para a estimativa da AF por meio do uso de integrador de área foliar (Licor-3100). Por fim, as plantas foram colhidas e secas em estufa com circulação forçada de ar (65 °C/ 72 h) para a obtenção da matéria seca total.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $p \leq 0,05$) e o efeito dos tratamentos nas variáveis resposta foi avaliado por ajustes de regressão. Foi realizada também a análise de correlação de Pearson entre o Ψ_{wf} e a AF das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve alterações significativas no Ψ_{wf} AM pela aplicação de Na na solução nutritiva (**Figura 1a**). Reis (2011) detectou no período de antemãhã valores próximos ao do presente estudo, em que as plantas de eucalipto submetidas à redução do Ψ_w da solução apresentaram uma redução do Ψ_{wf} . Devido à baixa radiação e temperatura, o Ψ_{wf} foi menos negativo no período da manhã, indicando maior teor de água nas folhas (**Figura 1a**). Naves-Barbiero et al. (2000) também observaram, trabalhando com *Rapanea guianensis* (Lam.) e *Roupala montana* (Aubl.), valores maiores de Ψ_{wf} pela manhã, diminuindo até atingir os menores valores entre 13 e 15 h. Nos horários mais quentes do dia, a condutância estomática diminui a ponto de evitar que o Ψ_{wf} decresça a níveis considerados críticos para a estabilidade do sistema de transporte

de água (Oren et al., 1999).

O Ψ_{wf} MD foi influenciado pelo suprimento variável de Na, em que plantas cultivadas na ausência deste elemento na solução apresentaram Ψ_{wf} mais negativo (**Figura 1a**), indicando maior perda de água nas folhas por transpiração. Por outro lado, a maior dose de Na proporcionou o maior Ψ_{wf} MD. Concentrações muito altas deste elemento podem causar desregulamento estomático (Munns, 2002).

A AF foi influenciada pela aplicação de Na, em que houve um aumento nos seus valores até atingir um pico e decaindo a partir de então com o aumento no suprimento de Na, conforme modelo quadrático (**Figura 1b**). Folhas menores e em menor quantidade, além de maior senescência das mesmas, proporcionadas pelo excesso de Na nas maiores doses (1,35 e 1,80 mmol L⁻¹ de Na), podem ter contribuído para tal fato. Também foram observadas folhas necrosadas como sintomas de toxidez causados pelo excesso de Na. Romero (2008) também verificou maior senescência de folhas de eucalipto fertilizado exclusivamente com Na em um Latossolo Vermelho Amarelo em condições de casa de vegetação.

Dessa forma, observou-se uma correlação negativa entre os valores de Ψ_{wf} MD e AF, ou seja, o aumento da AF proporcionou diminuição do Ψ_{wf} MD (**Figura 1c**). Plantas mais produtivas (**Figura 1d**) possuem maior área foliar (**Figura 1b**) aumentando assim a superfície transpiratória, o que resulta em redução do Ψ_{wf} (**Figura 1a**). Maior produção de matéria seca de mudas de eucalipto proporciona maior fluxo transpiratório (Nunes, 2010). O controle da perda de água pelo fechamento estomático mantém elevado o potencial hídrico e o conteúdo relativo de água nas folhas (Souza et al., 2004).

CONCLUSÕES

O Ψ_{wf} MD foi mais sensível que o Ψ_{wf} AM ao suprimento de Na via solução nutritiva às mudas de eucalipto;

Plantas mais produtivas possuem valores mais negativos de Ψ_{wf} MD, em razão da maior AF.

AGRADECIMENTOS

Ao PTMS/IPEF e à FAPESP pelo auxílio logístico e financeiro, à técnica Cleusa Pereira Cabral (Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas - CENA/USP) e à empresa International Paper pela doação das mudas de eucalipto.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. R. et al. A positive growth response to NaCl applications in Eucalyptus plantations established on K-deficient soils. *Forest Ecology and Management*, 259:1786-1795, 2010.

BELLOTE, A. F. J. & FERREIRA, C. A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no estado de São Paulo. *Boletim de pesquisa florestal*, 1993. p.17-28.

BIANCHI, C. A. M. Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e Convencional. [Mestrado] Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do sul; 2004.

BROADLEY, M. et al. Beneficial Elements. In: MARSCHNER, P., ed. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Academic Press, 2012. p. 249-270.

CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23:458-60, 1975.

HEFFER, P. & PRUD'HOMME, M. World agriculture and fertilizer demand, global fertilizer supply and trade 2008-2009. In: INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION ENLARGED COUNCIL MEETING, 34., Ho Chi Minh City (Viet Nam), 2008. Summary Report. Paris: IFA, 2008. 10p.

HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24:519-570, 1973.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25:239-250, 2002.

NAVES-BARBIERO, C. C. et al. Fluxo de seiva e condutância estomática de duas espécies lenhosas sempre-verdes no campo sujo e cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12:119-134, 2000.

NUNES, F. N. Crescimento e expressão gênica em clones de eucalipto influenciados pelo boro e déficit hídrico. [tese] Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 2010.

OREN, R. et al. Survey and synthesis of intra- and interspecific variation in stomatal sensitivity to vapour pressure deficit. *Plant, Cell and Environment*, 22:1515-1526, 1999.

REIS, B. E. Expressão de genes relacionados à tolerância do eucalipto à seca influenciada pelo boro. [Mestrado] Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 2009.

ROMERO, R. R. Resposta fisiológica de plantas de *Eucalyptus grandis* à adubação com potássio ou sódio. [Mestrado] Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, 2008.

SOUZA, R. P. et al. Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 51:45-56, 2004.

SUTCLIFFE, J. F. & BAKER, D. A. As plantas e os sais minerais. Tradução de A. Lamberti e V. M. Lotto. 2.ed. São Paulo: EPU, 1989. 80p.

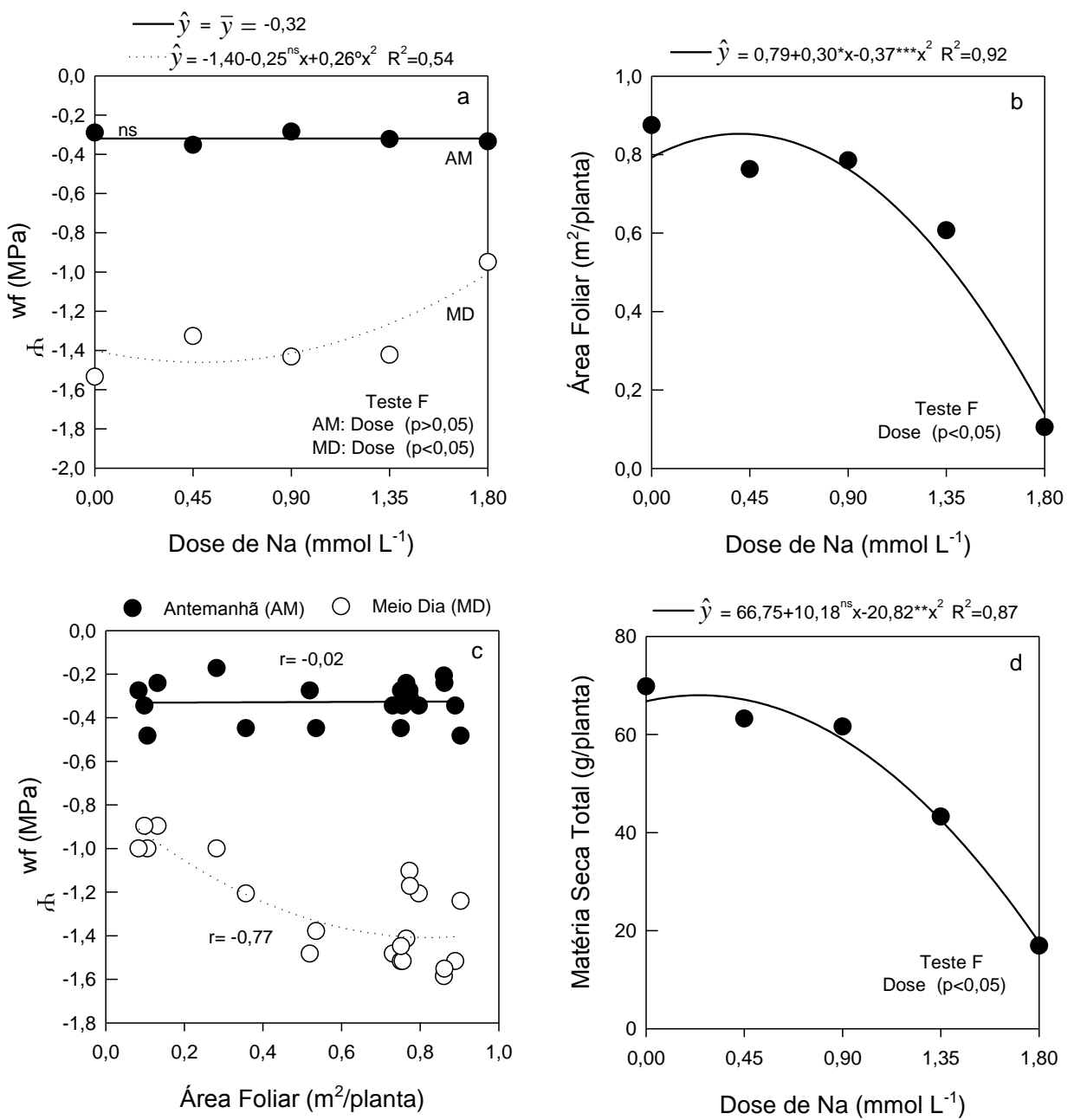


Figura 1 – Potencial hídrico foliar (ψ_{wf}) em antemanhã-AM e ao meio dia- MD (a), área foliar (b), correlação entre ψ_{wf} e área foliar (c) e matéria seca total de mudas de eucalipto cultivadas com doses de Na em solução nutritiva. ^{ns}, ^{*}, ^{**}, ^{***} representam, respectivamente, não significativo, e significativo a 10, 5, 1 e 0,1 % pelo teste F (p<0,05).