



## RESPOSTA DA TRANSPIRAÇÃO E PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO EM MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake) EM CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO.

Marcel C. Abreu<sup>1</sup>, Cleverson H. de Freitas<sup>2</sup>, Rodolfo A. A. Pereira<sup>2</sup>, Fabrina B. Martins<sup>3</sup>,  
Eliane G. P. Melloni<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, aluno do Programa de Pós-Graduação, nível de mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá - MG (0 XX 35) 91146125, marcelc.abreu@gmail.com

<sup>2</sup>Aluno de graduação em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá - MG.

<sup>3</sup>Engenheira Florestal Prof. Adjunto, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá - MG.

<sup>4</sup>Engenheira Agrônoma Prof. Adjunto, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá - MG.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

**RESUMO** O déficit hídrico no solo pode comprometer o estabelecimento e a produtividade de diversas culturas, inclusive espécies florestais. O objetivo deste trabalho foi determinar a influência do déficit hídrico, pela fração de água transpirável no solo (FATS), sobre a transpiração e alguns parâmetros de crescimento e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação da Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil, onde a transpiração e os parâmetros de crescimento e desenvolvimento foram medidos diariamente. A FATS crítica quando a transpiração começa a ser afetada foi de 0,42 para a espécie, e percebeu-se um decréscimo nos parâmetros de crescimento e desenvolvimento durante imposição da deficiência hídrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** fração de água transpirável no solo, estresse hídrico, eucalipto.

RESPONSE OF TRANSPIRATION AND GROWTH AND DEVELOPMENT  
PARAMETERS IN SEEDLINGS OF *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake) IN WATER  
STRESS CONDITIONS.

**ABSTRACT** The soil water deficit may compromise the establishment and yield of several crops, including forest species. The objective of this work was to determine the influence of soil water deficit on transpiration and some growth and development parameters in seedlings of *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), to the fraction of transpirable soil water (FTSW). A greenhouse experiment was conducted in a completely randomized design at the Federal University of Itajubá, MG, Brazil, and the transpiration and growth and development parameters were measured daily. The threshold FTSW, when the transpiration begins to be affected was 0,42 for the species, and there was a decrease in growth and development parameters during the period of soil drying.

**KEYWORDS:** fraction of transpirable soil water, water stress, eucalyptus.





## INTRODUÇÃO

Todos os processos fisiológicos das células vegetais são afetados pela redução no fornecimento de água (MARENCO; LOPES, 2011). Nesse sentido, quando o conteúdo de água no solo é reduzido, as plantas podem apresentar mudanças morfológicas, fisiológicas, celulares e metabólicas, as quais dependem da duração e da severidade do déficit hídrico (SHAO et al., 2009; MORENO-FONSECA, 2009). O déficit hídrico no solo é um fator limitante na fase inicial e no estabelecimento (SHAO et al., 2009) de diversas culturas, inclusive espécies florestais como o eucalipto (MARTINS et al., 2008).

O Eucalipto é o principal gênero florestal plantado no Brasil, sendo Minas Gerais o principal estado produtor (ABRAF, 2011). Com a crescente demanda por produtos florestais, existe a necessidade de melhorar a produtividade das florestas de eucalipto (PEREIRA et al., 2012). Como os sintomas do déficit hídrico no solo são mais severos na fase de muda (MARTINS et al., 2008), é interessante conhecer as relações entre o crescimento e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus* com o conteúdo de água no solo.

A fração de água transpirável no solo (FATS) é uma metodologia que indica quantidade real de água presente no solo que pode ser extraída pelas plantas para a transpiração (LAGO et al., 2012). A metodologia da FATS considera duas fases: uma quando a transpiração e a condutância estomática são máximas, o solo está na capacidade de campo, e os valores de FATS são máximos, e a segunda onde o volume de água no solo começa a decrescer, a planta responde reduzindo a taxa de transpiração proporcionalmente à redução da FATS, até um valor nulo (LAGO et al., 2012). O limiar entre as duas fases é chamado de FATS crítica, onde ocorre o início do fechamento estomático e redução da transpiração (SINCLAIR; LUDLOW, 1986; MARTINS et al., 2008; LAGO et al., 2012). Portanto, o objetivo deste trabalho foi quantificar a influência do déficit hídrico no solo sobre a transpiração e sobre parâmetros de crescimento e desenvolvimento em mudas de *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake), utilizando a metodologia da FATS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um experimento em casa de vegetação da Universidade Federal de Itajubá (22°30' latitude sul, 45°27' longitude oeste e 850 metros de altitude), utilizando o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos relacionados à suplementação hídrica (com irrigação - T1 e sem irrigação - T2) com nove repetições em cada tratamento. A unidade experimental foi composta por um vaso plástico de 8 litros preenchido com horizonte A moderado de um Latossolo vermelho distrófico típico, com acidez e nutrientes devidamente corrigidos (COFSMG; 1999), com duas plantas de *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake). Os vasos foram envoltos em papel jornal para reduzir a absorção de radiação solar que poderia aquecer o solo e constituir uma fonte de erro experimental (MARTINS et al., 2008).

A semeadura foi feita no dia 05/10/2012 e a emergência das plântulas iniciaram no dia 21/10/2012. Foram feitos desbastes periódicos nas plântulas, até sobraem duas plantas em cada vaso.

A coleta de variáveis meteorológicas de temperatura mínima e temperatura máxima do ar foi feita diariamente com o auxílio de um conjunto de termômetros, de álcool (para temperatura mínima do ar) e de mercúrio (para a temperatura máxima do ar), instalados no interior de um





mini abrigo meteorológico localizado no interior da casa de vegetação, próximo ao experimento.

Foi quantificada a transpiração, parâmetros de crescimento, como a altura da planta (h) e a área foliar (AF) e parâmetros de desenvolvimento, como o número de folhas acumuladas na haste principal (NF). Essas variáveis foram medidas diariamente após a imposição da deficiência hídrica. A imposição da deficiência hídrica teve início no dia 28/01/2013, quando as mudas estavam, em média, com 20 folhas na haste principal (MARTINS et al., 2008).

O método utilizado para quantificar o déficit hídrico foi o da FATS, proposto por Sinclair e Ludlow (1986).

Para a imposição do déficit hídrico, as plantas de eucalipto cresceram com suplementação de água, até atingirem o mesmo patamar de desenvolvimento de, em média, 20 folhas visíveis na haste principal. A partir desse patamar, os vasos de todas as unidades experimentais foram saturados com água e colocados para drenar por aproximadamente 24 horas (SINCLAIR; LUDLOW, 1986). Após a drenagem, foi obtido o peso inicial de cada vaso e os vasos do T2 não mais foram irrigados (CATHEY et al., 2013).

O término do experimento é indicado quando a transpiração relativa (TR) é igual ou menor que 10%. Assume-se que quando a TR está abaixo de 10% os estômatos estão fechados e a planta só perde água por condutância estomática. A transpiração relativa é a relação entre a transpiração real e a transpiração máxima, sendo um indicador do estado hídrico das plantas e foi calculada diariamente pela expressão (SINCLAIR; LUDLOW, 1986; GHOLIPOOR et al., 2012):

$$TR = \frac{\text{perda diária de água das plantas de T2 (cada vaso)}}{\text{Perda média diária de água das plantas de T1}}$$

A FATS diária foi calculada para repetição do T2, através da seguinte expressão (SINCLAIR; LUDLOW, 1986; CATHEY et al., 2013):

$$FATS = \frac{\text{massa de cada vaso em cada dia} - \text{massa final}}{\text{massa inicial de cada vaso} - \text{massa final}}$$

A massa final de cada vaso foi obtida no último dia de experimento.

As variáveis TR, h, AF e NF foram normalizadas para que seus valores permanecessem entre 0 e 1, segundo a expressão:

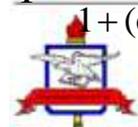
$$V_n = \frac{V_{TR10\%} - V_{dia}}{V_{TR10\%} - V_{inicial}}$$

Em que  $V_{TR10\%}$  é o valor da variável quando TR é 10%,  $V_{dia}$  é o valor da variável no dia da medição e  $V_{inicial}$  é o valor da variável no primeiro dia do experimento.

Uma segunda normalização foi realizada com o objetivo de reduzir as variações provocadas pela diferença de tamanho entre as plantas. Para o cálculo da segunda normalização, estabeleceu-se um valor de FATS de 0,55, no qual se considera que a TR e as variáveis de crescimento e desenvolvimento são constantes e próximas de 1, assumindo que a planta esteve sob ótima suplementação hídrica (LAGO et al., 2011; LAGO et al., 2012).

Após as normalizações, as variáveis foram ajustadas em função da FATS utilizando a equação logística:

$$Y = \frac{a}{1 + (\exp(-(X - X_0/b)))}$$



em que Y é a variável dependente (Vn), X é a variável independente (FATS) e a, b e Xo são coeficientes da equação logística estimados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Houve grande variação nas condições de temperatura do ar (°C) nos dias de duração do experimento, e como consequência alteraram a demanda evaporativa do ar. A temperatura média do ar durante o experimento foi de 31,8°C, a média das temperaturas máximas foi de 42,21°C e a média das temperaturas mínimas foi de 20,43°C. A temperatura máxima absoluta do ar foi de 54°C e a temperatura mínima absoluta foi de 19,2°C.

As variáveis TR, h, AF e NF das plantas do T2 apresentaram tendências de decréscimo dos seus valores, à medida que havia redução da FATS. Sinclair e Ludlow (1986) já observaram esse comportamento característico da TR quando trabalharam com feijão mungo (*Vigna mungo*), feijão caupi (*Vigna unguiculata*), feijão guandu (*Cajanus cajan*) e soja (*Glicine max*) submetidos ao déficit hídrico no solo. Lago et al. (2011) trabalhando com diferentes cultivares de mandioca, Lago et al. (2012) com dois clones de batata e Gholipoor et al. (2012) com diferentes genótipos de sorgo também encontraram tendência semelhante.

A FATS crítica onde o fechamento estomático e a redução da transpiração começaram a ocorrer para o *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake) foi de 0,42 (Figura 1a). O fechamento estomático e a consequente diminuição da transpiração é uma das respostas da planta na tentativa de diminuir a perda de água e manter a turgescência celular em condições hídricas desfavoráveis (LAGO et al., 2011).

Já para as variáveis h, AF e NF a FATS crítica para foram de 0,57, 0,50 e 0,95, respectivamente (Figuras 1b, 1c e 1d). Portanto, os parâmetros de crescimento e desenvolvimento responderam a deficiência hídrica no solo antes mesmo que a taxa de transpiração começasse a ser reduzida. O número de folhas foi afetado logo após a imposição do déficit hídrico, o que indica que foi o parâmetro mais sensível a deficiência hídrica.

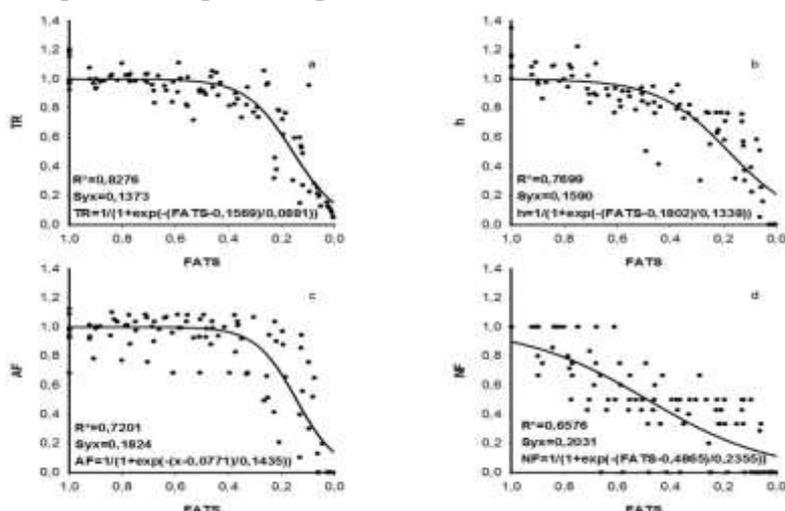


Figura 1. Comportamento da transpiração, parâmetros de crescimento e desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urophylla*, em casa de vegetação, Itajubá, MG, 2013. O painel a refere-se a transpiração relativa (TR) e os painéis b, c, d referem-se a altura (h), área foliar (AF) e número de folhas acumuladas na haste principal (NF), respectivamente.



No estudo de Martins et al. (2008) com *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* parâmetros de crescimento e desenvolvimento também foram afetados antes mesmo da redução da transpiração. Nesse estudo, a FATS crítica onde ocorre redução da transpiração para as espécies *E. grandis* e *E. saligna* foram de 0,9 e 0,7 respectivamente, o que indica que há diferença de comportamento em planta submetidas ao estresse hídrico entre as diferentes espécies de eucalipto.

Há também diferença do valor de FATS crítica para TR entre o *Eucalyptus urophylla* e espécies anuais como o feijão mungo (FATS=0,40), feijão caupi (FATS=0,30), feijão guanu (FATS=0,4) e a soja (FATS=0,40) (SINCLAIR; LUDLOW, 1986), sorgo (FATS=0,35) (GOLIPOOR et al., 2012), onde o *E. urophylla*, devido ao seu maior valor de FATS crítica, mostrou-se mais sensível a deficiência hídrica no solo. Já em relação a mandioca (FATS=0,50) (LAGO et al., 2011) e a batata (FATS=0,47) (LAGO et al., 2012), o *E. urophylla* se mostrou mais tolerante ao estresse hídrico.

### CONCLUSÕES

- 1- O *Eucalyptus urophylla* tem sua transpiração, crescimento e desenvolvimento afetados pelo déficit hídrico no solo.
- 2- Os parâmetros h, AF e NF são afetados antes mesmo da redução da transpiração.
- 3- A FATS onde ocorre redução da transpiração e início do fechamento estomático é de 0,42.

### AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor, a FAPEMIG pela bolsa de iniciação científica concedida ao segundo autor, ao Gustavo Magno dos Reis Ferreira e Carolina Bitencour Bernardes pelo auxílio na coleta de dados.

### REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2011: ano base 2010**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em 21 jul. 2012.
- CATHEY, S.E.; KRUSE, J.K.; SINCLAIR, T.R.; DUKES, M.D. Transpiration and visual appearance of warm season turfgrasses during soil drying. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 89, p. 36-43, 2013.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999, p. 289-302
- GHOLIPPOR, M., SINCLAIR, T.R.; PRASSAD, P.V.V. Genotypic variation within sorghum for transpiration response to drying soil. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 357, p. 35-40, 2012.
- LAGO, I.; STRECK, N.A.; ZANON, A.J.; HANAUER, J.G.; BISOGNIN, D.A.; SOUZA, A.T.; SILVA, M.R. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao





- déficit hídrico no solo. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 46, n. 11, 2011.
- LAGO, I.; STRECK, N.A; ZANON, A.J.; HANAUER, J.G.; BISOGNIN, D.A.; SILVA, M.R. Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta a fração de água transpirável no solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 36, p. 746-754, 2012.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Terceira edição. Viçosa: UFV, 2011. 486 p.
- MARTINS, F.B.; STRECK, N.A; SILVA, J.C; MORAIS, W. W; SUSIN, F; NAVAROSKI, M. C; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, maio/jun. 2008.
- MORENO-FONCECA, L.P. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 27, n. 2, p. 179-191, 2009.
- PEREIRA, T.T.C.; KER, J.C.; ALMEIDA, C.C. Qualidade de solos cultivados com eucalipto na região central de Minas Gerais: atributos físicos, químicos e mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Brasília, v. 7, suplemento, n. p. 706-713, 2012.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; PENNEERSELVAM, R.; SHAO, M. A. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants—biotechnologically and sustainably improving agriculture and the environment in arid regions of the globe. **Critical Reviews in Biotechnology**, Cleveland, v. 29, n. 2, p. 131-151, 2009.
- SINCLAIR, T.R; LUDLOW, M.M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, Victoria, v. 13, n.3, p. 329-341, 1986.

