



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

## Transpiração e área foliar de mudas de *Eucalyptus cloeziana* em condições de estresse hídrico no solo<sup>1</sup>.



Fabrina Bolzan Martins<sup>2</sup>; Marcel Carvalho Abreu<sup>3</sup>; Cleverson Henrique de Freitas<sup>4</sup>; Rodolfo Armando de Almeida Pereira<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Parte da dissertação do segundo autor apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 agosto de 2015

<sup>2</sup> Engenheira Florestal, Prof. Adjunto, Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, fone (035) 3629-1522, fabrinabm@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. Florestal, Doutorando em Meteorologia Agrícola, Depto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, marcelc.abreu@gmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, sonhfreitas@gmail.com,

<sup>5</sup>rodolfoarmando17@gmail.com

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi determinar a transpiração e área foliar em mudas de *Eucalyptus cloeziana* submetidas à deficiência hídrica no solo, representado pela fração de água transpirável no solo (FATS). Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, na Universidade Federal de Itajubá, MG, Brasil, sob o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (2x2), com duas épocas de aplicação da deficiência hídrica (E1=primavera/verão e E2=outono/inverno) e dois regimes hídricos (T1 = com irrigação e T2 =sem irrigação). Foram mensuradas diariamente as variáveis meteorológicas temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar e as variáveis transpiração e área foliar. A FATS foi calculada para cada dia de experimento pela diferença de peso entre os vasos, sendo determinada a FATS crítica no qual se inicia a redução da transpiração e a área foliar. Na E1 a temperatura do ar e umidade relativa foram maiores e a FATS crítica quando a transpiração e área foliar começam a ser afetadas foram de 0,84 e 0,74, respectivamente. Na E2 a umidade relativa do ar foi mais baixa, favorecendo o maior fluxo de água do solo para a planta-atmosfera, influenciando o valor de FATS crítica para a transpiração (0,99). Para a área foliar a FATS crítica foi igual a 0,59. Esses resultados indicam que o *Eucalyptus cloeziana* é uma espécie sensível à deficiência hídrica no solo, além de apresentar eficiente controle estomático e alternativas para regular a transpiração em condição de estresse hídrico no solo como redução da área foliar.

**PALAVRAS-CHAVE:** deficiência hídrica, fechamento estomático, eucalipto

### Transpiration and leaf area in seedlings of *Eucalyptus cloeziana* in soil water stress

**ABSTRACT:** The aim of this study was to determine the response of transpiration and leaf area to the fraction of transpirable soil water (FTSW) of *Eucalyptus cloeziana* seedlings. A greenhouse experiment was carried out at the Federal University of Itajubá, MG, Brazil, in a completely randomized design, arranged 2x2 factorial design, with two water stress dates (E1=spring/summer and fall/winter) and two water treatments (T1 = with and T2 = without water). Were daily measured the minimum and maximum air temperature, relative humidity, transpiration and leaf area. The FTSW was calculated each day for difference between weight of plots and the FTSW threshold was determined for indicates the decline in transpiration and leaf area. In E1, the air temperature and relative humidity were higher and FTSW threshold for transpiration and leaf area were 0.84 and 0.74, respectively. In E2, the relative humidity was lowest, increasing the rate of transpiration, increasing the FTSW threshold to 0.99. For the leaf area the FTSW threshold was 0.59. These results showed the *Eucalyptus cloeziana* is susceptible to drying soil, has an efficient mechanisms to stomatal control and alternatives to regulate the transpiration rate as reduction of leaf area.

**KEY WORDS:** water deficit, stomatal closure, *Eucalyptus*



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



## 1. INTRODUÇÃO

A escassez de água tem sido o fator ambiental mais limitante à produtividade de culturas agrícolas e florestais em todo o mundo (Souza et al. 2014). A redução da água disponível no solo para a planta provoca o fechamento estomático, reduzindo a transpiração e as trocas gasosas das plantas, afetando negativamente o seu crescimento e desenvolvimento. A primeira linha de defesa da planta em situação de deficiência hídrica é a redução da área foliar, devido à perda de turgor nas células do mesófilo, o que reduz o potencial de pressão interna dessas células e acarreta menor expansão da parede celular e uma redução no crescimento foliar. O desenvolvimento também é afetado uma vez que, para ajustar a área foliar, há aceleração da senescência e abscisão foliar, devido ao aumento na produção de etileno pela planta (Taiz; Zeiger, 2009).

Nesse contexto, a quantificação do conteúdo de água do solo relacionado com a transpiração e área foliar de espécies vegetais é fundamental na determinação de genótipos mais tolerantes a seca, principalmente em tempos em que muito se discute sobre a escassez de água em diversas regiões do planeta. A fração de água transpirável do solo (FATS) parece ser a metodologia ideal para a real quantificação da água que a planta consegue extrair do solo para utilizar no processo de transpiração (Martins et al., 2008; Lago et al., 2012). A metodologia da FATS considera duas fases distintas: 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 ou próximo de zero (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 e na área foliar (Sinclair; Ludlow, 1986; Martins et al., 2008; Lago et al., 2012).

Existem poucos estudos que quantificam as respostas das plantas submetidas à deficiência hídrica no solo, especialmente em mudas de espécies florestais (Martins et al., 2008; Abreu, 2014). Portanto, o objetivo deste trabalho foi quantificar a influência do déficit hídrico no solo sobre a transpiração e crescimento, representado pela área foliar em mudas de *Eucalyptus cloeziana* (F. Muell), utilizando a metodologia da FATS.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi instalado um experimento em casa de vegetação da Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais (22°30' latitude sul, 45°27' longitude oeste e 850 metros de altitude). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial 2x2, sendo dois tratamentos relacionados à suplementação hídrica (com irrigação - T1 e sem irrigação - T2), e duas épocas de aplicação da deficiência hídrica (primavera/verão - E1 e outono inverno - E2) com nove repetições em cada tratamento. A semeadura do E1 foi realizada no dia 19/10/2012 e do E2 foi dia 29/04/2013, a fim de obter diferentes condições meteorológicas. A semeadura foi feita em vasos plásticos de 8 litros preenchido com horizonte A moderado de um Latossolo vermelho distrófico típico, com acidez e nutrientes devidamente corrigidos (COFSMG; 1999). Em cada vaso foram deixadas duas plantas, previamente marcadas com anel metálico. 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 deficiência hídrica foi imposta quando as plantas tinham, em média, 20 folhas acumuladas na haste principal. A partir de então, foram quantificados a transpiração pelo método gravimétrico e a área foliar (AF), através do produto do maior comprimento, a maior largura e pelo fator de forma (0,67) (Abreu, 2014). Foram medidas as variáveis meteorológicas: temperatura mínima (Tmin), temperatura máxima (Tmax) e umidade relativa do ar (UR), diariamente com o auxílio de um conjunto de

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

termômetros, de álcool e de mercúrio, e do termohigrógrafo, respectivamente, instalados no interior de um mini abrigo meteorológico localizado no interior da casa de vegetação, próximo ao experimento. A partir dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foi calculado o déficit de pressão de vapor (DPV) (Vianello; Alves, 2012):

$$e_s = 0,611 * 10^{\frac{7,5 * t}{237,5 + t}} \quad (1)$$

$$e_a = \frac{(UR * e_s)}{100} \quad (2)$$

$$DPV = e_s - e_a \quad (3)$$

Em que:  $e_s$  é a pressão de saturação de vapor, em KPa;  $e_a$  é a pressão parcial de vapor, em KPa; UR é a umidade relativa às 15h, em %; e  $t$  é a temperatura média do ar (obtida pela média das temperaturas máxima e mínima).

A deficiência hídrica foi aplicada quando as plantas atingiram, em média, 20 folhas ou mais 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 saturação os vasos foram cobertos com filme plástico branco para evitar a perda de água por evaporação. O peso inicial de cada vaso foi obtido após a drenagem e os vasos do T2 não mais foram irrigados (Jyostna Devi et al., 2009). A água perdida, de um dia para o outro, através da transpiração pelo T1 foi repostada. A deficiência hídrica foi aplicada no dia 05/03/2013 no E1 e no dia 28/10/2013 para o E2, contemplando as estações de primavera e outono, respectivamente.

Os dados foram analisados com base na transpiração relativa (TR) e AF em função da FATS, no qual a TR foi obtida pela expressão (Sinclair; Ludlow, 1986):

$$TR = \frac{\text{perda diária de água das plantas de T2 (cada vaso)}}{\text{Perda média diária de água das plantas de T1}} \quad (4)$$

A FATS diária foi calculada para repetição do T2, através da seguinte expressão (Sinclair; Ludlow, 1986; Souza et al., 2014):

$$FATS = \frac{\text{massa de cada vaso em cada dia} - \text{massa final}}{\text{massa inicial de cada vaso} - \text{massa final}} \quad (5)$$

Quando a transpiração relativa (TR) foi igual ou inferior a 10% foi indicado o término do experimento, uma vez que, quando a TR está abaixo de 10% os estômatos estão fechados e a planta só perde água por condutância estomática.

As variáveis TR e AF 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).

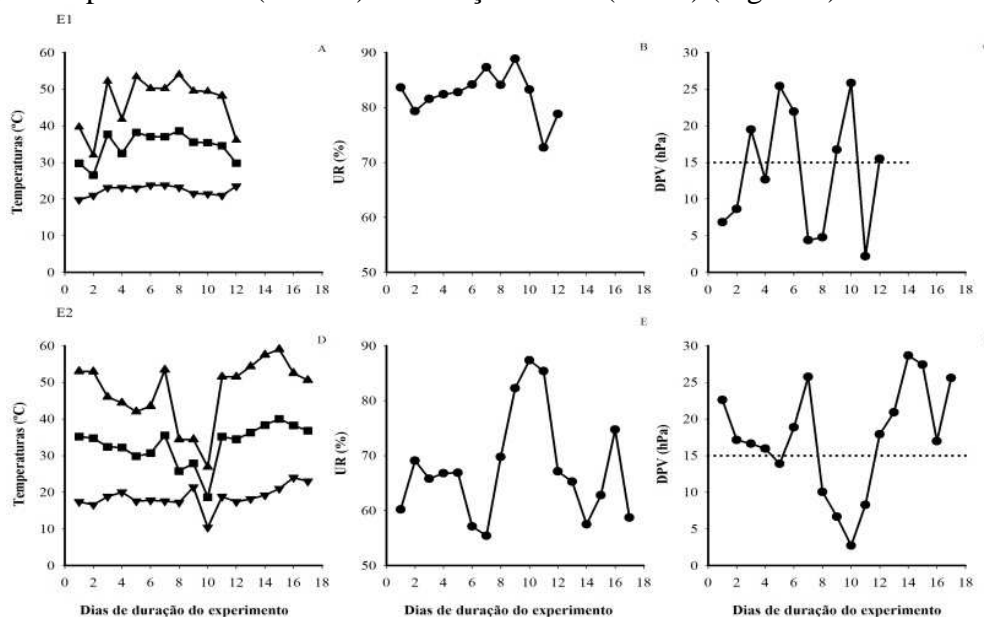
Após as normalizações, as variáveis foram ajustadas em função da FATS utilizando a equação logística:

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

Em que Y é a variável dependente (Vn), X é a variável independente (FATS) e a, b e  $X_0$  são coeficientes da equação logística estimados.

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

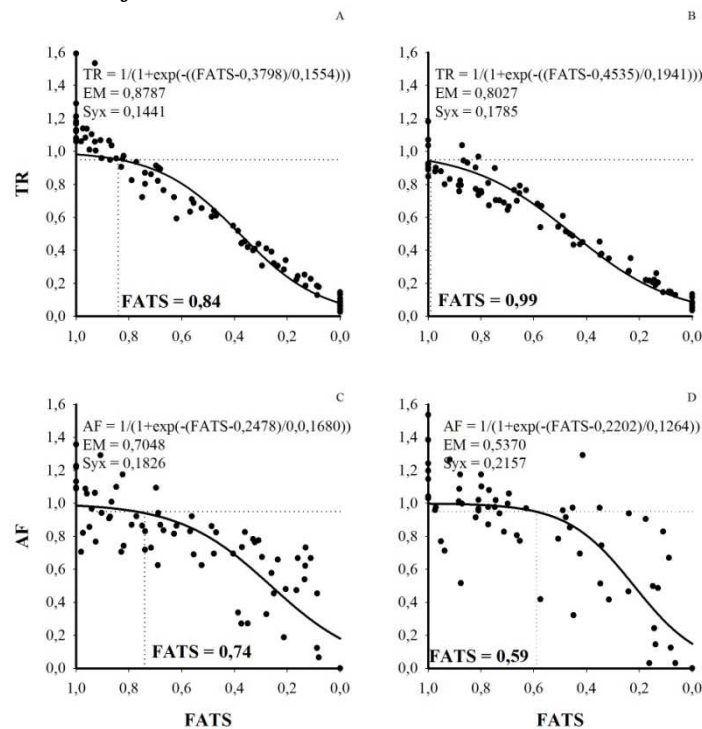
As condições meteorológicas foram distintas nas duas épocas de imposição da deficiência hídrica. As temperaturas máximas absolutas para o E1 e E2 foram 53,4 e 59,0 °C, respectivamente, enquanto as temperaturas mínimas foram de 19,8 e 10,4°C. A temperatura média no E1 foi de 31,8°C e no E2 foi de 29,0°C. A UR média no E1 foi de 82,4%, superior a média no E2 cujo valor foi de 67,8%. O DPV médio foi menor no E1 (13,7 hPa) em relação ao E2 (17,4 hPa) e o número de dias em condições de alto DPV (DPV > 15 hPa) foi superior no E2 (12 dias) em relação ao E1 (6 dias) (Figura 1).



**Figura 1.** Temperaturas máximas (▲), médias (■) e mínimas (▼) diárias do ar, em °C, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor do ar (DPV) diário para o *Eucalyptus cloeziana*. Os painéis A, B e C referem-se ao E1 e os painéis D, E e F referem-se ao E2. A linha pontilhada nos painéis C e F representa a divisão dos dias de baixa e alta DPV. Itajubá, MG, 2013.

A variação das variáveis meteorológicas refletiram no valor da FATS crítica no qual inicia-se o fechamento estomático e a redução do crescimento. Com exceção da AF, a TR foi afetada mais cedo (maiores valores de FATS crítica) no E2 em relação ao E1. A FATS crítica no E1 para a TR foi de 0,84 e AF foi de 0,74, enquanto que, no E2, a FATS das mesmas variáveis foram 0,99 e 0,59. Esse aumento na FATS pode ser justificado pelas condições meteorológicas dos experimentos, uma vez que, o valor de UR no primeiro dia do E2 foi baixo, o que aumentou a demanda evaporativa do ar (maior DPV) favorecendo o maior fluxo de água do solo para a planta e da planta para a atmosfera. Sendo assim, o *Eucalyptus cloeziana* dá indícios de ser altamente sensível a deficiência hídrica no solo, além de possuir um bom controle estomático que reduz a transpiração, assim que detecta a condição de estresse hídrico.





**Figura 2.** Transpiração relativa (TR) e área foliar (AF) normalizados em função da fração de água transpirável no solo (FATS) para o *Eucalyptus cloeziana* submetidos a deficiência hídrica, em duas épocas (os painéis A e C referem-se a primeira época e os painéis B e D a segunda época). Itajubá, MG, 2012/2013.

A AF foi afetada pela deficiência hídrica em FATS próxima a da transpiração, o que pode ser um indicativo que, além do bom controle estomático, o *E. cloeziana* possui outros mecanismos de adaptação para situações de estresse hídrico, como a paralização do desenvolvimento e redução da área foliar para ajustar a área transpirante a nova situação de estresse.

Os resultados obtidos nesse estudo corroboram com os obtidos para o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus saligna* cujos valores de FATS crítica foram de 0,90 e 0,70, respectivamente (Martins et al., 2008) e dão indícios de que o gênero *Eucalyptus* possui representantes sensíveis em detectar a deficiência hídrica no solo. Espécies agrícolas se mostraram menos sensíveis em detectar a deficiência hídrica no solo em relação às espécies de *Eucalyptus* já estudadas, uma vez que possuem valores de FATS crítica inferiores, como por exemplo, o milho (*Zea mays* L.), com FATS de 0,30 (Muchow; Sinclair, 1991), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) com FATS = 0,55 (Jyostna devi et al., 2009), cultivares de mandioca com FATS entre 0,51 à 0,45 (Lago et al., 2011) e clones de batata, com FATS entre 0,24 à 0,49 (Lago et al., 2012; Souza et al., 2014).

#### 4. CONCLUSÕES

O *E. cloeziana* teve a área foliar reduzida com a deficiência hídrica em FATS crítica próxima a da transpiração relativa. A espécie possui um eficiente controle estomático, perde folhas e reduz o crescimento a fim de diminuir a área transpirante e a turgescência celular, racionando o consumo de água do solo.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



### 5.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.C. **Transpiração e parâmetros de crescimento e desenvolvimento em mudas de espécies florestais submetidas a deficiência hídrica no solo**. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.

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, p. 289-302. 1999.

JYOSTNA DEVI, M.; SINCLAIR, T.R.; VALDEZ, V.; KRISHNAMURTHY, L. Peanut Genotypic variation in transpiration efficiency and decreased transpiration during progressive soil drying. **Field Crops Research**, v.114, p.280-285, 2009.

LAGO, I.; STRECK, N.A.; ZANON, A.J.; 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**, v.43, n.11, p.1415-1423, 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**, v.36, p.746-754, 2012.

MARTINS, F. B. et al. 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**, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.

MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and “greenhouse” climates. **Agronomy Journal**, v. 83, n.6, p. 1052-1059, 1991.

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**, v.13, n.3, p.329-341,1986.

SOUZA, A.T.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; BISOGNIN, D.A.; WINCK, J.E.M.; ROCHA, T.S.M.; ZANON, A.J. Transpiration and leaf growth of potato clones in response to soil water deficit. **Scientia Agricola**,v.71, n.2, p.96-104, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 2a ed. Viçosa: Editora UFV, 2012, 460p.