

## Respostas fisiológicas de dois clones de eucalipto submetidos a diferentes potenciais hídricos

Kelly Cristina Tonello<sup>1</sup>  
José Teixeira Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/FEAGRI  
Cidade Universitária Zeferino Vaz, C.P. 6011 - CEP 13083-875  
{kelly.tonello, jose}@agr.unicamp.br

**Abstract** – For the growth, development and hydrology of *Eucalyptus* plantation understanding, it's necessary to know the factors that control the water flows. Aiming to improve hydrologic models of water balance on basins with planted forests, this work evaluates transpiration behavior and leaf water potential in two eucalyptus clones. Leaf water potential ( $\Psi_b$ ) and climatic parameters had been related to foliar transpiration (E). In general, the changes with  $\Psi_b$  minor had shown to minor variation and throughout the day. One noticed behavior differentiated between the two clones in reply to the  $\Psi_b$ , total incident radiation (RIT) and vapour pressure deficit (DPVS). Clone A presented E average 76% greater in -0,5MPa when compared with clone B, indicating highest sensitivity of this clone to the RIT. On the other hand, clone B presented greater sensitivity to the DPVS. When in -1,0MPa, clone A showed a control to transpiration during the day, without much variation, while clone B transpired more at the beginning of the morning, with oscillations throughout the day.

Palavras-chave: ecofisiologia vegetal, transpiração, hidrologia, balanço hídrico.

### 1. Introdução

O conhecimento sobre a hidrologia e meteorologia de florestas plantadas vem atraindo atenção considerável de diversos pesquisadores nas últimas décadas. Essa atenção deve-se a preocupação crescente das questões ambientais ligadas à produção florestal;

O crescimento e o desenvolvimento dos vegetais é consequência de vários processos fisiológicos controlados pelas condições ambientais e características genéticas de cada espécie vegetal. Portanto, para melhor compreender o crescimento, o desenvolvimento e a hidrologia de uma plantação de eucalipto, faz-se necessário conhecer os fatores que controlam o uso da água.

Recentemente, diversas empresas, ligadas ao setor de produção de papel e celulose, têm aumentado esforços no sentido de investigar a contribuição dos componentes do balanço hídrico na produtividade do eucalipto. Essas empresas procuram integrar os efeitos do clima e práticas de manejo na produção de madeira de florestas plantadas de *Eucalyptus* sp.

A ecofisiologia vegetal é a ciência que trata dos processos e das respostas vitais das plantas em função das mudanças nos fatores ambientais (Larcher, 2000). Em especial, os efeitos relacionados com a transpiração vegetal. Diversos estudos mostram que a transpiração está intimamente relacionada com fatores climáticos e meteorológicos. Assim, esses processos influenciam no crescimento e desenvolvimento vegetal, não devendo desta maneira, ser desprezada quando da realização de estudos ecofisiológicos e, principalmente, na modelagem hidrológica de bacias hidrográficas.

Robustos e versáteis, os modelos de simulação que estimam a transpiração de uma cobertura vegetal vêm sendo amplamente utilizados a fim de solucionar questões que envolvem o ciclo hidrológico em escalas local e regional (Jackson et al., 2001). Além disso, esses modelos são cada vez mais utilizados para estimar o uso da água e resposta das plantas sob diferentes cenários climatológicos (Martinez-Vilalta et al., 2002). Entretanto, segundo Zierl (2001), os modelos hidrológicos necessitam de uma estimativa ecofisiológica confiável onde se utilize a interação dos dados de entrada e otimização do tempo quando aplicados em escalas maiores.

De acordo com Gomes e Varriale (2004), para melhor entender os modelos hidrológicos, é necessário analisar os componentes envolvidos no ciclo hidrológico. A água é agente

essencial no processo produtivo. A folha de uma planta é o principal órgão responsável pela fotossíntese e é também o responsável pelo controle sobre o ciclo hidrológico através dos estômatos.

Desse modo, este trabalho tem por objetivo a avaliação do comportamento da transpiração de dois clones comerciais de eucalipto a partir de diferentes disponibilidades hídricas, como subsídio a modelagem ecofisiológica de bacias hidrográficas.

## 2. Material e Métodos

Para o estudo comparativo do comportamento ecofisiológico foram escolhidos dois clones comerciais de *Eucalyptus* sp. (clone A e clone B) utilizados na cadeia de celulose e papel. O estudo foi conduzido na área experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP), localizada no município de Campinas/SP entre as coordenadas geográficas de latitude 22°53'20 "S e longitude 47°04'40" W de Greenwich.

As mudas dos clones foram produzidas pelo método de estaquia no viveiro florestal da empresa Votorantim Celulose e Papel S.A. - VCP em Jacareí-SP. Após atingir as condições de expedição para o campo, aproximadamente com 120 dias, as mudas foram transportadas para a área experimental da FEAGRI/UNICAMP e transplantadas para vasos de 100 L, onde se utilizou o composto comercial biogrow como substrato (**Figura 1**).

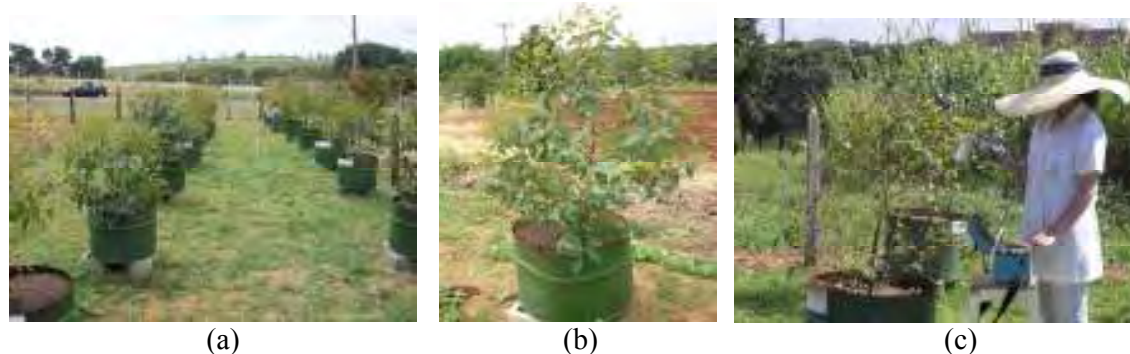


Figura 1. Experimento da caracterização fisiológica de dois clones de eucalipto. (a), (b) mudas dos clones A e B em vaso, (c) medição da transpiração com o porômetro de difusão de estado estacionário modelo LI-1600. Campo experimental FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP.

As avaliações se procederam em mudas aos 203 dias de idade. Nessas mudas foram realizadas medidas de transpiração (E) dos clones de *Eucalyptus* sp. na escala foliar, com auxílio do equipamento portátil porômetro de difusão de estado estacionário, modelo LI-1600 da LI-COR (Figura 1c). As leituras foram realizadas ao longo do dia 27 de junho de 2007, com o objetivo de caracterizar o comportamento do fluxo de transpiração ao longo do dia. Para isso, escolheram-se três folhas saudáveis e totalmente expandidas para cada muda, onde as medições se procederam em intervalos horários ao longo do dia, no período das 8 às 18 horas.

Foram escolhidas variáveis meteorológicas para correlacionar com a transpiração (E). Assim, dados complementares de radiação incidente total (RIT), temperatura do ar e da umidade relativa do ar foram coletados da estação meteorológica instalada no campo experimental da FEAGRI/UNICAMP. Essas informações foram utilizadas para o cálculo do déficit de pressão de vapor de água (DPVS) segundo o método de Vianello e Alves (1991). Os dados medidos dos fluxos de transpiração foliar foram relacionados com as condições climáticas locais, procurando analisar o comportamento da cultura para essas condições.

Para o acompanhamento das disponibilidades hídricas no solo, foram realizadas medidas de potencial hídrico de base ( $\Psi_b$ ) utilizando-se uma câmara de pressão de Scholander (Scholander et al., 1965), modelo 3035 (Soil Moisture Equipment Corp., USA) antes do nascer do sol, em folhas saudáveis totalmente expandidas. De acordo com CHAVES et al. (2004), o  $\Psi_b$  mantém uma relação de equilíbrio com o potencial hídrico do substrato, em razão das baixas taxas de transpiração apresentadas pelas plantas durante a noite.

Para isso, coletaram-se simultaneamente, três ramos por muda, os quais foram mantidos em potenciais hídricos diferentes, com a finalidade de obter condições de disponibilidades de água diferentes para o monitoramento dos valores de transpiração. Para evitar a perda de água por transpiração, as folhas foram cortadas na inserção do pecíolo, envoltas em filme plástico e acondicionadas sob refrigeração, sendo imediatamente levadas ao Laboratório de Hidráulica da FEAGRI/UNICAMP, onde se procederam as medidas.

### 3. Resultados e Discussão

No período de avaliação, a radiação incidente total (RIT) apresentou variações de 1,3 a 5,0Kw.m<sup>-2</sup>. Os maiores valores foram registrados às 12hs. A evolução da umidade relativa do ar mostra uma depressão no início da manhã, culminando em baixos valores ao meio dia e recuperação a partir das 16hs. O déficit de pressão de vapor saturado (DPVS) variou em função da sazonalidade do curso diário. Os valores médios foram de 0,2 a 1,8kPa, onde os maiores déficits ocorreram nas horas mais quentes do dia (**Figura 2**).

De forma geral, as mudas com menores potenciais hídricos de base, apresentaram menores taxas de transpiração (**Figura 3**). Este comportamento indica que, conforme a planta apresenta maiores restrições de água no solo, ou seja, água disponível para suas necessidades fisiológicas, ela também exercerá restrições na abertura de seus estômatos para liberação de água para a atmosfera.

A **Figura 3** apresenta o comportamento da transpiração (E) para os clones A e B ao longo do dia e em diferentes potenciais hídricos de base  $\Psi_b$ . No momento que o potencial de base atingiu o valor de -0,5MPa, o clone A iniciou a manhã com um aumento da E, ocorrendo queda em 10% do valor às 9hs e posterior recuperação às 10hs. A E máxima foi medida às 13hs, 5,6 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, coincidindo com o máximo valor de DPVS para o dia. Com relação à RIT, esta se encontrava em 4,5Kw.m<sup>-2</sup>, com tendência decrescente, correspondente a 90% da RIT máxima. Este comportamento indica um estado hídrico agradável para a planta, que se dispõe a elevar a taxa de transpiração sem restrições ao aumento da demanda climática.

Nogueira et al. monitoraram a variação diária e sazonal de trocas gasosas e potencial hídrico foliar em aceloreiras. Os autores observaram valores relativamente altos de E no início da manhã (5,5 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> às 6 hs) e final de tarde (4,0 mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> às 16 hs), decaindo para mais de 50% no período das 8 às 14hs. O potencial hídrico foliar no início das medições (6 hs) das plantas encontravam-se próximo de -0,4 MPa. Ao estudar o comportamento da transpiração de cinco clones de eucalipto crescendo em tubetes em tratamentos plenamente irrigados, Chaves et al. (2004) encontraram para potenciais hídricos próximos de -0,3MPa, variações de transpiração máximas entre 3,0 a 8,0mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>, aproximadamente. Todos os monitoraram dados de transpiração para  $\Psi_b$  inferiores a -0,5MPa, Os dados de transpiração desses dois trabalhos mostraram-se valores próximos aos encontrados nesse trabalho. Já os autores Pezzopane et al. (2002) encontraram valores de transpiração próximos de 1,5, 3,0 e 2,0mmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> às 9, 13 e 16hs, respectivamente, em plantas de *Siparuna guianensis* localizadas em dossel aberto de uma floresta secundária em Viçosa-MG e cujo  $\Psi_b$  encontrava-se ao redor de -0,2MPa. Esses menores valores dos dados de transpiração podem ser justificados pelas condições de demanda de climática de evaporação ou funcionamento distinto das plantas estudadas.

De acordo com Larcher (2000), a intensificação da E ocorre com o aumento do DPVS e temperatura do ar. Na Figura 2 é possível observar a elevação máxima da temperatura do ar,

assim como a temperatura foliar no intervalo de 13 às 15hs. A temperatura média das folhas esteve acima da temperatura do ar em todo período de medição, com uma diferença máxima de 3,6C às 15hs e mínima (1,1C) às 9hs.

No momento que  $\Psi_b = -0,8\text{MPa}$ , o clone A apresentou E máxima de  $2,6\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  às 12hs, ao passo que para o clone B, embora estivesse com potencial hídrico de base de  $-0,6\text{MPa}$ , este registrou valor idêntico no mesmo horário, entretanto, o máximo foi atingido às 15hs, com  $3,1\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (Figura 3).

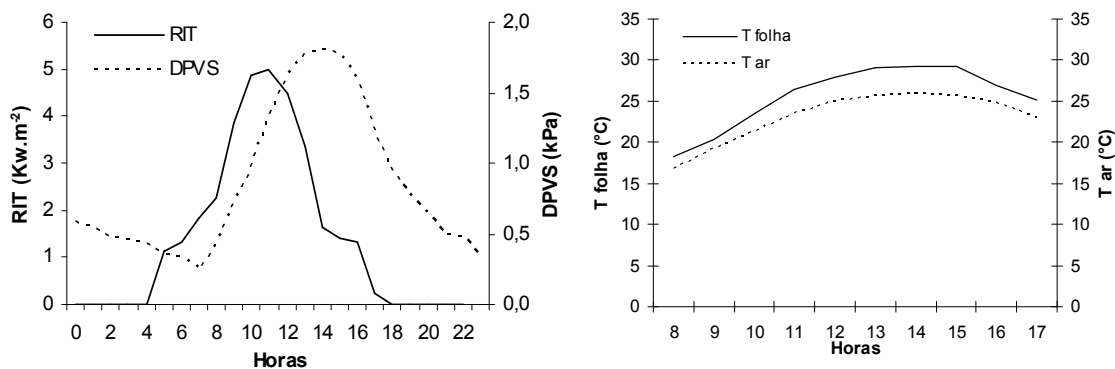


Figura 2. Evolução diária da radiação incidente total (RIT), deficit de pressão de vapor saturado (DPVS), temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) e temperatura média das folhas de todos os indivíduos ( $T_{folha}$ ) do dia 27 de agosto de 2007 - estação meteorológica campo experimental da CEPAGRI/FEAGRI/UNICAMP - Campinas-SP.

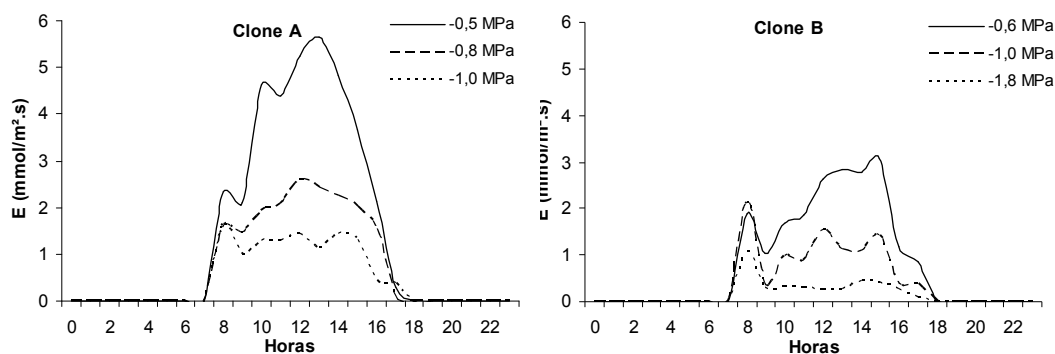


Figura 3. Fluxo diário de transpiração (E) dos clones A e B em diferentes potenciais hídricos de base ( $\Psi_b$ ) no dia 27 de agosto de 2007. Campo experimental FEAGRI/UNICAMP - Campinas-SP.

Ao analisar as condições de pico de RIT e DPVS para este dia, observa-se que a máxima foi obtida às 12hs ( $5,0\text{Kw}\cdot\text{m}^{-2}$ ) e de DPVS no intervalo de 13 às 15hs ( $1,8\text{kPa}$ ). Notadamente, para este nível de  $\Psi_b$ , o clone A apresentou comportamento mais sensível à DPVS, enquanto que o clone B se sensibilizou com o RIT, uma vez que as transpirações máximas para este dois, coincidiram com valores máximos destas duas variáveis climáticas para o dia.

Embora o clone B quando com  $-0,6\text{MPa}$  se apresentasse com  $\Psi_b$  muito próximo ao clone A,  $-0,5\text{MPa}$ , a média diária da E foi de  $2,0$  e  $3,5\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , respectivamente. Como já verificado anteriormente, para esta faixa de  $\Psi_b$  ambos acompanharam o aumento do DPVS.

Valores de DPVS foram associados aos de E de duas matrizes de aceloreiras por meio de análises de regressão simples no trabalho de Nogueira et al. (2000). Os autores verificaram

que para uma matriz a E esteve associada ao DPVS segundo uma exponencial negativa durante a estação chuvosa. Enquanto outra matriz esse mesmo comportamento foi verificado apenas na estação seca, podendo este fato ser atribuído aos valores pouco elevados do DPVS durante os períodos de chuva.

Biudes (2006) verificou que em dia parcialmente nublado e em dia de céu aberto, há influência marcante da radiação solar no ciclo diurno de fluxo de seiva de mangabeiras. O autor observou que, apesar da curva de fluxo de seiva apresentar uma queda acentuada no período de maior demanda evaporativa, a influência da radiação é visível no período em que a taxa de fluxo de seiva aparece baixa. O autor verificou que para a planta sob irrigação a curva de fluxo de seiva foi semelhante à curva de radiação ao longo do dia.

Silva et al. (2002), estudaram o ciclo diurno de fluxo de seiva em um pomar de goiabeira e observaram uma influência marcante da radiação solar na taxa de fluxo de seiva das plantas. Entretanto, as variações inter-horárias da radiação solar foram mais acentuadas do que aquelas verificadas nas taxas de fluxo de seiva. Outra observação refere-se os correspondentes ciclos diurnos, que se encontraram defasados em relação ao tempo. Os autores atribuíram esse comportamento à influência do DPVS sobre a taxa de transpiração.

As altas temperaturas, observadas, sobretudo durante o dia, aumentam a demanda evaporativa da atmosfera ao provocar aumentos no déficit de pressão de vapor (DPVS), o que tende a intensificar a transpiração. Entretanto, na ausência de um suprimento de água adequado, a transpiração excessiva gera um déficit hídrico na folhas, estimulando o fechamento dos estômatos, o que reduz a transpiração.

Quando os clones A e B atingem  $\Psi_b$  um pouco inferior,  $-1,0\text{MPa}$ , a E máxima para ambos os clones foi obtida às 8hs, em  $1,6$  e  $2,1\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , respectivamente. Entretanto, o comportamento entre eles difere ao longo do dia. O clone B apresentou 81% de redução às 9hs em relação ao horário anterior, com uma leve recuperação às 10hs, apresentando uma variação de  $1,0$  a  $1,5\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  no período de 10 às 15hs. Para o clone A, também é possível verificar redução da E em 38% às 9hs, com elevação às 10hs, porém, mantendo-se praticamente constante até às 15hs, com variação de  $1,2$  a  $1,3\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  neste intervalo. Esse comportamento indica que o clone A mantém o controle estomático durante todo o dia, sem muita variação, enquanto o clone B transpira mais no início da manhã, com oscilações ao longo do dia.

Essa oscilação no fluxo de transpiração reflete a recuperação hídrica dos tecidos do vegetal. Na planta, dois fatores podem diminuir o potencial hídrico foliar: a baixa disponibilidade de água no solo (baixo  $\Psi_b$ ) e uma transpiração excessiva, o que pode ocorrer em certas horas do dia quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção e o transporte de água para a parte aérea.

De acordo com Larcher (2000), as plantas diminuem o grau de abertura estomática e o tempo de abertura dos estômatos quando o balanço hídrico torna-se desfavorável, diminuindo assim, seu consumo d'água. Primeiramente, a transpiração diminui nas horas mais quentes do dia, mas conforme o déficit de hídrico acentua-se, os estômatos permanecem fechados também nas primeiras horas da tarde, abrindo principalmente no período da manhã, permanecendo fechados durante todo o dia, precavendo-se de injúrias causadas por balanço hídrico muito negativo.

Esse comportamento foi verificado no clone B quando em  $\Psi_b = -1,8\text{MPa}$ . Observa-se que no início do dia, sob baixa RIT, DPVS, temperatura ( $17\text{C}$ ) e mais elevada UR (aproximadamente 53%) o baixo potencial hídrico do solo é amenizado, permitindo maior troca gasosa da planta com o ambiente neste momento, onde se tem a máxima E, às 8hs, com  $1,0\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . No entanto, ao analisar o curso diário da transpiração para este clone, verifica-se que ao longo do dia, os valores permanecem praticamente constantes, entre  $0,3$  e  $0,4\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ , independente do aumento da demanda climática.

A diminuição da transpiração ocasionada pelo baixo  $\Psi_b$  é uma combinação de vários processos. Sob condição de deficiência hídrica, o fluxo interno de água na folha torna-se insuficiente para manutenção da turgescência da epiderme foliar. Essa diminuição ocasionada pela elevação do DPVS (Kozlowsky e Pallardy, 1996; Larcher, 2000).

Nogueira et al (2000), encontraram valores de transpiração em aceloreiras, superiores aos observados neste trabalho, próximos de  $2,0 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  quando estas se encontravam entorno de  $-2,0\text{MPa}$ .

Ferreira et al. (1999) conduziram um trabalho no qual foram plantadas em tubetes, sementes de *Eucalyptus citriodora* Hook, em viveiro, e durante o período de aclimação (20 dias), as mudas receberam, 1, 2, 3, 4 ou 5 irrigações diárias. Em seu trabalho Ferreira et al. (1999) concluíram que a aclimação por tratamentos hídricos influenciou significativamente a condutância estomática, transpiração e o  $\Psi_w$  das mudas de *Eucalyptus citriodora*. As mudas de *E. citriodora* promoveram o fechamento rápido dos estômatos em condições de altas taxas para o DPVS e radiação fotossinteticamente ativa, porém sempre mantendo um alto status hídrico do tecido. De acordo com os autores, o  $\Psi_b$  apresentou-se como uma variável mais consistente para evidenciar as alterações fisiológicas.

Chaves et al. (2004), visando identificar características fisiológicas de clones de eucalipto, de modo a subsidiar o seu plantio em ambientes com disponibilidade variável de água no solo, verificou que as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram queda no potencial hídrico foliar ao final dos ciclos de seca, variando de  $-0,8\text{MPa}$  no clone 1250 a  $-1,98\text{MPa}$  no clone 1277, nas plantas submetidas à deficiência hídrica, enquanto nas plantas plenamente irrigadas o potencial hídrico foliar variou de  $-0,25$  a  $-0,35\text{MPa}$ . Resultado semelhante foi constatado por Reis et al. (1988), em que mudas de *E. grandis* W. Hill ex Maiden e *E. camaldulensis* Dehnh., crescidas em tubetes, exibiram potenciais hídricos foliares próximos de  $-2,0\text{MPa}$  após o surgimento de sintomas drásticos de murcha foliar.

Nesse único dia de estudo pode-se verificar o total da transpiração média diária para os clones A e B na **Tabela 1**. O clone A, que iniciou o dia com o maior potencial hídrico ( $-0,5\text{MPa}$ ), mostrou o maior total de transpiração média diária,  $35,2\text{mmol.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ . Em contrapartida, o clone B, o qual apresentou potencial hídrico de base com diferença de apenas  $-0,1 \text{ MPa}$  com relação ao anterior, apresentou um total quase que 50% à menos,  $19,8\text{mmol.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ .

No momento em que o potencial hídrico de base diminuiu um pouco mais,  $-1,0\text{MPa}$ , valores semelhantes de E foram observados para os clones A e B. Situação mais extrema de escassez de água foi observada apenas para o clone B ( $-1,8\text{MPa}$ ), onde se obteve a menor transpiração média diária para o dia,  $3,7\text{mmol.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ .

Tabela 1. Transpiração média total dos clones A e B no dia 27 de junho de 2007, Campinas-SP.

Clone	$\Psi_b$ (MPa)	E ( $\text{mmol.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ )
A	- 0,5	35,2
	- 0,8	18,0
	- 1,0	11,4
B	- 0,6	19,8
	- 1,0	10,3
	- 1,8	3,7

#### 4. Conclusão

O potencial hídrico de base menor que  $-0,8\text{MPa}$ , a transpiração para os dois clones mostra sensibilidade à demanda de evaporação e radiação desaparecendo essa sensibilidade ao longo

do dia. Em torno de -1MPa as mudas mostraram sensibilidade à demanda de evaporação e radiação em todo o período de medição. Isto não significa que o déficit hídrico também não seja limitante. Entretanto, parece haver diferença na resposta em função da RIT e DPVS entre os clones A e B, sendo o primeiro mais sensível à RIT onde ocorre maior intensificação da transpiração.

O clone A mostrou ser menos sensível no controle da transpiração quando em potenciais hídricos de base menores que -0,5MPa, apresentando valores superiores quando comparado com potenciais hídricos de base próximos (-0,6 e -0,8 MPa, para o clone A e B respectivamente). Quando o clone A apresenta-se com -0,8MPa, a transpiração média total se assemelha à observada para o clone B em -0,6MPa (18,0 e 19,3mmol.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>, respectivamente), sendo ambas, porém, superiores em média, 50% aos valores obtidos para -1,0 MPa. Para -1,8MPa foi possível apenas observar o comportamento do clone B, onde se obteve os menores valores de E.

Embora estes dados não sejam suficientes para conclusões definitivas, são perfeitamente indicadores de tendências e, neste sentido, bastante enfáticos da necessidade de se obter uma maior campanha de medições em campo.

Assim, se torna importante o estudo da transpiração de clones de *Eucalyptus* sp, pois este parâmetro permite elucidar dúvidas sobre diversos componentes inseridos na elaboração de balanço hídrico de bacias hidrográficas com florestas plantadas. O conhecimento da transpiração permitirá a elaboração de modelos de transpiração para essa vegetação e o conhecimento do funcionamento de um importante componente de saída de água da bacia hidrográfica.

## 5. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), FEAGRI/UNICAMP e Votorantim Celulose e Papel.

## 6. Referências Bibliográficas

- BIUDES, M.S. **Estimativa da transpiração em plantas de mangabeira**. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Universidade Federal de Mato Grosso, 2006.
- CHAVES, J.H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L.; PEZZOPANE, J. E. M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 333-341, 2004.
- FERREIRA, C.A.G.; DAVIDE, A.C.; CARVALHO, L.R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.
- GOMES, A.G.; VARRIALE, M.C. **Modelagem de Ecossistemas: uma introdução**. Santa Maria: UFSM, 2004. 503p.
- JACKSON, R.B.; CARPENTER, S.R.; DAHM, C.N.; MCKNIGHT, D.M.; NAIMAN, R.J.; POSTEL, S.L.; RUNNING, S.W. Water in a changing world. **Ecological Applications** 11:1027-1045. 2001.
- KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Physiology of woody plants** . 2. ed. San Diego: [s.n.], 1996. 411 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.
- MARTINEZ-VILALTA, J.; PINOL, J.; BEVEN, K., 2002. A hydraulic model to predict drought-induced mortality in woody plants: an application to climate change in the Mediterranean. **Ecological Modelling**, 155 (2–3), p.127–147. 2002.
- PEZZOPANE, J.E.M.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; HIGUCHI, P.H.; POLLI, H.Q. Aspectos ecofisiológicos de algumas espécies arbóreas em uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.2, p.273-281, 2002.

- NOGUEIRA, R.J.M., MORAES, J.A.P.V., BURITY, H.A. Curso diário e sazonal das trocas gasosas e do potencial hídrico foliar em aceloreiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7,p.1331-1342, jul.2000.
- REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis* em tubetes sob três regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v. 12, n. 2, p. 183-195, 1988.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRASDTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, p.339-346, 1965.
- SILVA, B.B.; MOURA, M.S.B.; AZEVEDO, P.V.; SOARES J.M. Medidas de transpiração de um pomar de goiabeiras pelo método de balanço de calor caulinar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.19-27, 2002.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária da UFV, 1991. 449p.
- ZIERL, B. A water balance model to simulate drought in forested ecosystems and its application to the entire forested area in Switzerland. **Journal of Hydrology**, v.242, p.115-136, 2001.