

SHARLLES CHRISTIAN MOREIRA DIAS

**RELAÇÃO JUVENIL-ADULTO QUANTO À TOLERÂNCIA AO DÉFICE  
HÍDRICO EM CLONES DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

D541r  
2014  
Dias, Sharlles Christian Moreira, 1986-  
Relação juvenil-adulto quanto à tolerância ao déficit  
hídrico em clones de eucalipto / Sharlles Christian Moreira  
Dias. - Viçosa, MG, 2014.  
xi, 41f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Júlio César Lima Neves.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Referências bibliográficas: f.34-41.

1. Eucalipto - Cultivo. 2. Eucalipto - Melhoramento  
genético. 3. Déficit hídrico. 4. Tolerância. 5. Seleção precoce.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.  
Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas.  
II. Título.

CDD 22. ed. 634.973766

SHARLLES CHRISTIAN MOREIRA DIAS

**RELAÇÃO JUVENIL-ADULTO QUANTO À TOLERÂNCIA AO DÉFICE  
HÍDRICO EM CLONES DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2014.

---

Genelício Crusoé Rocha

---

Wagner L. Araújo

---

Nairam Félix de Barros  
(Coorientador)

---

Júlio César Lima Neves  
(Orientador)

**À minha família, símbolo de luta, perseverança e superação,**

**a quem devo tudo o que sou e o me tornei;**

**Aos meus amigos, que me apoiaram em todos os momentos;**

**Ao Grupo Plantar por acreditar em meu trabalho e me proporcionar oportunidades;**

**À Thuliany, pelo Amor.**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e aos Departamentos de Solos e Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do curso.

Ao professor Júlio César Lima Neves, pela orientação e apoio incondicional na execução deste trabalho e durante todo meu tempo no DPS.

Ao professor Nairam Félix de Barros, pela coorientação e auxílio imprescindível durante toda minha jornada acadêmica.

Ao professor Wagner L. Araújo pelas sugestões e apoio em diversas análises, além da amizade.

Ao professor Hélio Gárcia Leite e Victor Hugo Alvarez V. pelas grandes contribuições na minha formação como pesquisador e como Ser Humano.

Ao Grupo Plantar, por acreditar em mim e pela concessão da bolsa de estudos e pelo financiamento deste trabalho, e pelas diversas oportunidades de aprendizado.

Ao David Fernandes e Sebastião Machado, Nairam Filho, Rogério Chaves e José Carlos (Zezão) os quais sempre me motivaram a aprofundar os meus estudos, e pelo apoio no trabalho.

Aos amigos, Luiz Viana, Marcelo, Francisco (Sr. Chiquinho), Geraldo Severino, Loane e toda equipe operacional do viveiro que me auxiliaram em diversas etapas do trabalho.

Aos amigos Carlos, Jorcélio, Ivan Fontan, “Gustavos” Moura e Martins, Sandro Longuinho, Arlete, Fran, Tatiane, Janaína, Daniel Barbosa, muito importantes nos momentos de dificuldades e cansaço, e claro nos momentos de descontração.

À empresa Veracel, em especial à Aline e Helton pelos ensinamentos e empréstimo do IRGA, sem o qual este trabalho não seria possível.

Aos amigos do eterno 1511 (Zico, Geraldo, Jorge, Clone, Grilo, Pilota, Leandro, Cabelo, Vicente, Gelton, Adrenalina e Brenudo, Darlan, Boreu, Áthila, entre outros), por terem me acolhido em Viçosa e pelo companheirismo e motivação de sempre.

Em especial para meus amigos da Engenharia Florestal 2007, por tudo que vivemos juntos!

Ao meu irmão, meu pai e minha mãe, por tudo que vivemos juntos e pela educação que me permitiu trilhar pelos caminhos da vida com honestidade e seriedade.

À Thuliany, pela paciência e apoio, que me motivam a buscar cada vez mais novos desafios.

## **BIOGRAFIA**

SHARLLES CHRISTIAN MOREIRA DIAS, filho de José Carlos Moreira de Souza e Hizoní Rodrigues Dias (in memorian), natural de Belo Horizonte, Minas Gerais, nasceu no dia 23 de Maio de 1986.

Em dezembro de 2004 concluiu o ensino médio concomitante com o curso Técnico em Agropecuária na Universidade Federal de Viçosa, campus Florestal, em Minas Gerais.

Em janeiro de 2005 ingressou no Grupo Plantar, atuando como Técnico de Pesquisa Florestal durante dois anos.

Em março de 2007, ingressou no curso de Engenharia Florestal, pela Universidade Federal de Viçosa, defendendo sua monografia em dezembro de 2011, com título "Avaliação de Diferentes Fontes, Formas e Épocas de Aplicação de Fósforo sobre a Produção de Eucalipto no Cerrado de Minas Gerais". Durante a graduação (2007 / 2011) desenvolveu diversos trabalhos de pesquisa para a empresa Plantar, financiadora da bolsa de trabalho.

Em março de 2012 iniciou o Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, pela Universidade Federal de Viçosa, submetendo a defesa de sua dissertação em Fevereiro de 2014.

A partir de maio de 2013, reingressou na empresa Plantar, onde atualmente ocupa o cargo de Especialista em Solos, Nutrição e Manejo Florestal.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	5
2.1 Experimento de campo .....	5
2.2 Experimento em leito de areia .....	6
2.3 Comparação viveiro (juvenil) vs árvores (adulto) .....	10
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	11
3.1 Tolerância ao déficit hídrico .....	12
3.2 Resiliência ao déficit hídrico .....	22
3.3 Comparação entre mudas (viveiro) e árvores (campo) .....	31
<b>4. CONCLUSÕES</b> .....	33
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34

## RESUMO

DIAS, Sharlles Christian Moreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Relação juvenil-adulto quanto à tolerância ao déficit hídrico em clones de eucalipto.** Orientador: Júlio César Lima Neves. Coorientador: Nairam Félix de Barros

O eucalipto é a principal essência florestal cultivada no país. A expansão da fronteira florestal para regiões com baixos índices de precipitação anual e elevado déficit hídrico motivam a seleção de genótipos adaptados, buscando níveis de produtividade economicamente viáveis. A deficiência hídrica é considerada como o principal limitador ambiental à produção vegetal. A resistência à seca é uma característica complexa, envolvendo simultaneamente aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica das plantas. A seleção de clones em diferentes condições de disponibilidade hídrica pode ser realizada através de testes em campo, mais onerosos e demorados, ou através da avaliação precoce de mudas, com menor tempo além de apresentar menor custo. Os trabalhos com mudas geralmente estudam o comportamento morfo-fisiológicos dos clones, tentando relacionar estas características com uma possível tolerância/susceptibilidade em campo. O conjunto destas variáveis pode ser importante para diferenciar precocemente genótipos tolerantes/susceptíveis à deficiência hídrica, porém é necessário comparar os resultados de plantas jovens com dados de florestas adultas implantadas em regiões com déficit hídrico elevado. Este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações morfo-fisiológicas decorrentes do déficit hídrico aplicado em mudas de sete clones de eucalipto, relacionando estas informações com a sobrevivência destes materiais genéticos na fase adulta, a fim de validar um possível indicador de seleção precoce. Os dados de mortalidade de árvores, aos 6,8 anos, foram obtidos junto ao Grupo Plantar, em experimentos de campo instalados nos municípios de Brasília de Minas/MG e Coração de Jesus/MG, regiões com elevado déficit hídrico. Já o experimento de viveiro foi conduzido em leito de areia, no viveiro do Grupo Plantar em Curvelo/MG. Os tratamentos foram formados a partir da combinação de três regimes hídricos e sete clones de eucalipto, de acordo com o arranjo de parcelas subdivididas (3x7) em DBC, cada unidade experimental foi composta por 48 plantas. Foram utilizadas mudas dos clones PL3281, PL3334, PL3335, PL3336, PL3367, PL3487 e PL40. Os regimes hídricos aplicados foram: Sem déficit hídrico (SDH), (plantas foram mantidas hidratadas durante todo experimento); Déficit hídrico cíclico (DHc), (plantas submetidas à três ciclos de restrição e ressuprimento de água) e Déficit



hídrico severo (DH), (privação da irrigação até a mortalidade de todas as plantas). Diariamente, entre 04h e 05h foi mensurado o potencial hídrico foliar ( $\psi_w$ ), às 07h foram quantificadas o número de mudas túrgidas e entre 08h às 11h, as trocas gasosas foram medidas a partir de uma folha expandida de uma planta central, utilizando o IRGA. No terceiro ciclo de restrição/ressuprimento foi medida a fluorescência da clorofila a nos tratamentos DHc e SDH. Análises de regressão destes valores em função do tempo (horas) e do potencial hídrico foliar da antemanhã foram ajustadas para o tratamento DH. A partir das equações foram calculados, para cada clone, o tempo e o potencial hídrico foliar crítico para atingir 90; 75; 50 e 25% de mudas túrgidas (em relação à quantidade inicial), denominadas Tg90, Tg75, Tg50 e Tg25, respectivamente. As plantas submetidas aos tratamentos SDH não apresentaram variações significativas nos valores de  $\psi_w$  mantendo um potencial médio de  $-3,51 \pm 0,04$  BAR, não apresentando sintomas de murchamento. Nos tratamentos DHc e DH o número de mudas túrgidas seguiu tendência de redução gradual em resposta à redução do  $\psi_w$ , porém no tratamento DHc os ressuprimentos de água resultavam na elevação dos valores de  $\psi_w$  até próximo aos valores do SDH. No tratamento DH, o Tg90 mostrou-se ser o momento mais adequado para diferenciarmos os clones, provavelmente em virtude da ocorrência de danos irreversíveis ao aparato fotossintético nos níveis de estresse mais severos. Os clones apresentaram tempos distintos para atingir o Tg90, sendo classificados em 3 grupos: a) PL3367 e PL3281, b) PL3334 e PL3336 e c) PL3335, PL3487 e PL40, os quais levaram em média 155,1; 181,1 e 196,4 horas para atingirem o valor de Tg90, respectivamente. A redução do número de mudas túrgidas foi acompanhada pela redução nos valores de fotossíntese (A) e transpiração (E), possivelmente em virtude da redução da condutância estomática (Gs), sugerindo a ocorrência de limitações estomáticas. Os clones com maior tempo para atingir o Tg90 apresentaram menores taxas E, e Gs, quando comparado aos clones que atingiram o Tg90 mais rapidamente. O número de mudas túrgidas apresentou forte correlação de Pearson com todas as características fisiológicas mensuradas no tratamento DH, sugerindo que o número de mudas túrgidas, dentro de um período de tempo preestabelecido, pode ser utilizado como um indicador prático para evidenciar maior tolerância do eucalipto às condições de déficit hídrico. No tratamento DHc, ao final de cada ciclo de seca, os clones apresentaram uma perda de fotossíntese média de 76,5%; 71,7% e 46,9%, após o primeiro, segundo e terceiro ciclo, respectivamente. Após três ciclos de seca, foi possível verificar perda acumuladas em A em relação ao tratamento controle. O Clone

PL3367 apresentou à maior perda relativa em A, enquanto que o clone PL40 apresentou à menor perda acumulada, em média 31,4% e 20,4% em relação ao tratamento SDH, respectivamente. Estas perdas foram atribuídas a limitações estomáticas, verificáveis pelos valores de Gs, uma vez que não foram observadas diferenças significativas na relação Fv/Fm entre as plantas do DHc e SDH, indicando que não ocorreram danos significativos aos centros de reação da fotossíntese. No experimento de campo, Os clones PL3334 e PL3281 apresentaram os maiores valores de mortalidades, 53,7% e 39,2%, respectivamente. O clone PL40 não apresentou nenhuma planta morta, enquanto que o PL3335 atingiu mortalidade média de 9,3%. A comparação dos grupos formados em campo e no viveiro mostra que os clones com menor mortalidade no campo também apresentaram maiores tempos para atingirem o valor de Tg90. O coeficiente de correlação de Spearman entre o ranking dos clones no campo e no viveiro foi de 0,8285 ( $p < 0,05$ ), indicando alta relação entre a mortalidade no campo e o número de mudas no Tg90. Em conjunto esses resultados garantem que materiais tolerantes mantenham-se melhor hidratados, por períodos de tempo maiores, suportando assim situações de déficit hídrico. Os resultados observados em viveiro foram extremamente associados com resultados obtidos em nível de campo, demonstrando ou produzindo um indicador prático para testes de tolerância ao déficit hídrico.

## ABSTRACT

DIAS, Sharlles Christian Moreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2014. **Youth-adult relationship tolerance to hydric deficit in eucalyptus clones.** Adviser: Júlio César Lima Neves. Co-adviser: Nairam Félix de Barros

Eucalyptus is the main forest species grown in the country. The expansion of the forest border to areas with low annual rainfall and high water deficit motivate the selection of genotypes adapted, seeking economically viable levels of productivity. Water stress is considered as a major environmental limiting to crop production. The drought resistance is a complex trait, involving both aspects of morphology, physiology and biochemistry of plants. The selection of clones in different conditions of water availability can be accomplished through field testing more costly and time-consuming, or through early assessment of seedlings, with less time and presents lower cost. Works with seedlings generally study the morpho-physiological behavior of clones, trying to relate these characteristics with a possible tolerance/susceptibility in the field. All these variables may be important to differentiate early tolerant/susceptible genotypes to water stress, but it is necessary to compare the results with data from young plants mature forest deployed in regions with high water deficit. This study aimed to evaluate the morphological and physiological changes resulting from water deficit applied in seedlings from seven eucalyptus clones, correlating this information with the survival of these genetic materials in adulthood in order to validate a possible indicator of early selection. Mortality data of trees, to 6.8 years, were obtained from the Plantar Group in field experiments installed in the cities of Brasília de Minas/MG and Coração de Jesus/MG, regions with high water deficit. Have the nursery experiment was conducted in sand, in the nursery of the Plantar Group Curvelo/MG. Treatments were formed from the combination of three water regimes seven clones of eucalyptus, according to the split plot arrangement (3x7) in DBC, each experimental unit consisted of 48 plants. Seedlings of clones PL3281, PL3334, PL3335, PL3336, PL3367, PL3487 and PL40 were used. The water regimes were applied: No water deficit (SDH), (plants were kept hydrated throughout the experiment); Cyclic water deficit (DHc), (plants subjected to three cycles of restriction and resupply water) and severe water deficit (DH)

(deprivation of irrigation until the death of all plants). Daily, between 04h and 05h was measured leaf water potential ( $\psi_w$ ) at 07h were quantified the number of turgid seedlings and between 08h to 11h, gas exchanges were measured from an expanded centrally leaf, using the IRGA . In the third cycle of restriction/resupply was measured chlorophyll fluorescence in the DHc and SDH treatments. Regression analysis of these values versus time (hours) and leaf water potential were adjusted for treating DH. From equations were calculated for each clone, time critical and leaf water potential to reach 90; 75; 50 and 25% of turgid seedlings (relative to the initial amount), named Tg90, Tg75, and Tg25 Tg50, respectively. Plants under SDH treatments showed no significant variations in the  $\psi_w$  maintaining an average potential of  $-3.51 \pm 0.04$  BAR, showing no signs of wilting. DHc and DH treatments in the number of turgid seedlings followed trend of gradual reduction in response to reduced  $\psi_w$ , but the treatment DHC the resupply of water resulted in elevated values  $\psi_w$  until close to the values of SDH. In DH treatment, the Tg90 proved yet be more suitable for differentiating clones , probably due to the occurrence of irreversible photosynthetic apparatus in stress levels more severe damage . Clones showed different times to reach the Tg90 being classified into 3 groups : a) PL3367 and PL3281 , b) PL3334 and PL3336 c) PL3335 , PL3487 and PL40 , which took an average of 155.1; 181.1 and 196.4 hours to reach the value of Tg90, respectively. Reducing the number of turgid seedlings was accompanied by a reduction in photosynthetic rates (A) and transpiration (E), possibly due to reduced stomatal conductance (Gs) , suggesting the occurrence of stomatal limitations. Clones with longer time to reach the Tg90 showed lower E and Gs, compared to clones that reached the Tg90 faster. The number of plants turgid showed strong Pearson's correlation with all the physiological characteristics measured in treating DH, suggesting that the number of plants turgid within a predetermined period of time, can be used as a practical indicator to show increased tolerance to the Eucalyptus hydric deficit. In the treatment DHc at the end of each cycle dry clones showed a loss of average photosynthesis 76.5%; 71.7% and 46.9 % after the first, second and third phases, respectively. After three cycles of drought, it was possible to check the accumulated loss compared to the control treatment. The Clone PL3367 showed the largest relative loss in A, while the clone PL40 showed the lowest cumulative loss on average 31.4 % and 20.4 % compared to treatment SDH, respectively. These losses were attributed to stomatal limitations verifiable by the values of Gs , since no significant differences were observed in the Fv/Fm ratio between DHc and SDH plants, indicating that there were no

significant centers of photosynthesis reaction damage. In field experiments, PL3334 and PL3281 The clones showed higher mortalities, 53.7 % and 39.2 % , respectively. The PL40 clone did not show any dead plant, while the PL3335 reached an average mortality of 9.3 %. The comparison of groups trained in field and nursery shows that clones with lower mortality in the field also had longer durations to reach the value of Tg90 . The Spearman correlation coefficient between the ranking of clones in field and nursery was 0.8285 (  $p < 0.05$  ) , indicating high mortality relationship between the field and the number of seedlings in Tg90 . Together these results tolerant material which ensures remain hydrated better for longer periods of time, thereby supporting water deficit situations. The results observed in the nursery were highly associated with results obtained at the field level, showing or producing a practical tolerance to water deficit indicator tests .

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, as áreas ocupadas por plantios comerciais de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) totalizaram, em 2012, aproximadamente 5.102.030 hectares, representando um crescimento de 4,5% (228.078 ha) em relação à 2011, mantendo o eucalipto como a principal essência florestal cultivada no país. (ABRAF, 2013). A expansão da fronteira florestal para regiões que apresentam baixos índices de precipitação anual e elevados valores de déficit hídrico tem motivado a seleção de genótipos mais adaptados a estas condições, visando atingir níveis de produtividade economicamente viáveis.

Entre os diversos estresses abióticos, a deficiência hídrica é considerada como o principal limitador ambiental à produção vegetal (Silva et al., 2008). Segundo Taiz e Zeiger et al (2009), do ponto de vista fisiológico, o déficit hídrico da planta pode ser definido como o conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água exibido no estado de maior hidratação. O estresse hídrico por escassez de água ocorre quando a baixa disponibilidade de água afeta os processos fisiológicos (Silva, 1998), tais como a redução do turgor nas células impedindo a continuidade dos processos de crescimento vegetal, expansão e divisão celular (Petry, 1991), a transpiração, fotossíntese, abertura estomática (Flexas et al., 2002; Chaves et al., 2003; Wright et al., 2004, Tatagiba, 2007), produção de ácido abscísico (Taylor et al., 2000; Seki et al., 2007), ajuste osmótico (Bray, 1997; Callister et al., 2006) e eficiência fotoquímica da fotossíntese (Krause & Weiss, 1991; Torres Netto et al., 2005; Tatagiba, 2007).

De acordo com Lima (1996) espécies do gênero *Eucalyptus* podem desenvolver diferentes mecanismos de resistência à seca, entretanto algumas espécies simplesmente não desenvolveram nenhuma capacidade, ou desenvolveram apenas uma capacidade limitada de controle da transpiração, sendo, por isso, bastante vulneráveis ao déficit hídrico.

A resistência à seca é uma característica complexa, pois envolve simultaneamente aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica. Segundo Jamaux et al. (1997) a seca é um estresse multi-dimensional, que causa vários efeitos fisiológicos e bioquímicos nas plantas. Os principais mecanismos relacionados à seca são: resistência, tolerância e escape (Levitt, 1972; Verslues, 2006). De uma maneira geral, os

mecanismos de resistência à seca podem ser entendidos no sentido de prevenir a queda no potencial de água nos tecidos vegetais (prevenção à seca). Os mecanismos de tolerância estão relacionados às respostas das plantas a queda no potencial de água dos tecidos provocada pela desidratação celular, sem que ocorram danos fatais nos processos metabólicos (Mittra, 2001). Já o escape é considerado uma estratégia na qual mecanismos aceleram o ciclo das plantas ou resultam em processo de dormência impedindo a germinação/floração e,ou, frutificação antes que esteja assegurado um nível adequado de umidade do solo (Kramer & Boier, 1995).

De acordo com Taiz e Zeiger et al (2009) os principais mecanismos de resistência envolvidos na prevenção da queda do potencial hídrico das plantas são baseados na redução da perda de água através da transpiração. Isto pode ser obtido através da redução da condutância da epiderme, espessamento da cutícula, redução da superfície evaporativa, alteração da área foliar e redução da perda de água através do controle estomático. Outro mecanismo de resistência consiste na manutenção da absorção de água, que pode ser obtida através do aprofundamento ou abrangência do sistema radicular das plantas, garantindo a exploração de maior volume de solo, permitindo o acesso das camadas mais profundas e úmidas do solo.

Os mecanismos de tolerância estão relacionados ao conjunto de características apresentadas pelas plantas que sofrem redução no seu teor de água, sem, contudo, serem injuriadas (Taiz & Zeiger, 2009; Verslues et al., 2006). Alguns grupos de plantas apresentam mecanismos responsáveis pela aclimação dos tecidos vegetais a baixos potenciais hídricos, sem grandes prejuízos aos processos de crescimento, desenvolvimento e produção. Para manter a turgescência celular, pode ocorrer, por exemplo, o ajustamento osmótico, que consiste na redução do potencial hídrico da célula devido ao acúmulo de sais ou substâncias orgânicas osmoticamente ativas (ex: prolina, glicina-betaína). Para Serraj & Sinclair (2002), o ajuste osmótico permite a sobrevivência da planta sob deficiência hídrica, mas não mantém o crescimento e a produtividade da planta. Outra estratégia utilizada por algumas plantas é o aumento na elasticidade celular (redução no volume celular provocando a diminuição do potencial osmótico). Espécies com parede celular com maior elasticidade podem perder mais água sem atingirem perda de turgescência, além de apresentarem maior capacidade de armazenamento de água (Lawlor, 1995, Nunes, 2007).

A seleção de materiais genéticos em diferentes condições de disponibilidade hídrica pode ser realizada em testes de campo (Gomes, 1994; Leles et al., 1998). Porém, estes testes demandam muitos anos para a avaliação final, sendo dependente das condições climáticas, entre elas o regime pluviométrico, sendo este um fator não controlado pelo homem. A avaliação precoce do efeito da restrição hídrica pode ser feito em mudas, permitindo encurtar o tempo de avaliação. Segundo O'Neill et al. (2006), técnicas que avaliem efeitos morfológicos e fisiológicos indiretos podem ser bem efetivos para diferenciar genótipos tolerantes ou susceptíveis à deficiência hídrica, facilitando o processo de melhoramento da cultura. Porém de acordo com Rodrigues et al. (2009), a tolerância à essa condição é uma característica multigênica, apresentando elevada dificuldade para identificação de características únicas que poderiam ser utilizadas para a seleção de genótipos tolerantes.

A literatura apresenta alguns trabalhos desenvolvidos em diferentes condições de disponibilidade hídrica em condições de vasos (Façanha, 1983; Rhodenbaugh e Pallardy, 1993; Nautiyal et al., 1994; Stoneman et al., 1994; Rocha e Moraes, 1997; Tuomela, 1997; Li, 1998; Gonçalves e Passos, 2000; Li et al., 2000; Ngugi et al., 2003; Tatagiba et al. 2007), e também utilizando tubetes de 60 mL (Chaves et al., 2004). De maneira geral, estes trabalhos avaliaram o comportamento das trocas gasosas e sua influência sobre aspectos morfofisiológicos das plantas, além do potencial hídrico foliar em plantas jovens, visando indicar clones mais adequados às condições hídricas prevalentes em uma determinada região.

De acordo com Tatagiba et al. (2007), medições do potencial hídrico foliar podem fornecer informações que permitem identificar o estado hídrico das plantas. Para a maioria das espécies, o potencial hídrico foliar acompanha as variações diurnas da demanda evaporativa da atmosfera, atingindo um valor máximo logo antes do nascer do sol. Nesse momento, as plantas encontram-se com a máxima turgescência para uma dada condição hídrica do solo (Kramer & Boyer, 1995). Dessa forma, o potencial hídrico de antemanhã tem sido considerado um indicativo do status hídrico das plantas, bem como da quantidade de água disponível no solo (Larcher, 2004 e Taiz & Zeiger, 2009). A diminuição do teor de água no solo afeta acentuadamente alguns processos morfofisiológicos, enquanto outros são relativamente insensíveis (Kelling, 1995). A resistência ao estresse hídrico se manifesta geralmente de quatro formas: limitação no crescimento, adaptações morfológicas, adaptações fisiológicas e alterações metabólicas.



As variáveis fisiológicas comumente utilizadas são as trocas gasosas (taxa fotossintética líquida, condutância estomática e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>)), a avaliação da fluorescência da clorofila a e teores dos pigmentos fotossintéticos. Estas variáveis estão relacionadas com a capacidade fotossintética das plantas, cuja queda pode ocorrer por limitação estomática, em virtude da redução da concentração interna de CO<sub>2</sub> e, ou, por redução na taxa de assimilação do C causada por danos ao aparato fotossintético (Fernandes, 2013). Embora as medidas de trocas gasosas (CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) sejam importantes para determinar as taxas fotossintéticas, podem não ser eficientes para avaliar os efeitos deletérios nos cloroplastos, ocasionados pelas diversas formas de estresse abiótico (Durães, 2003). Uma alternativa às medidas de trocas gasosas é a avaliação da eficiência fotoquímica da fotossíntese, obtida por meio das diversas variáveis da fluorescência da clorofila a. Análises de fluorescência da clorofila a fornecem informações sobre o estado do fotossistema II (PS<sub>II</sub>) (Maxwell e Johnson, 2000). De acordo com Bolhar-Nordenkampf et al. (1989), este método é um indicador sensível e precoce de danos à fotossíntese e à fisiologia da planta sob estresse ambiental, podendo ser utilizada para aferição do estresse hídrico (Ögren e Öquist, 1985), constituindo importante avanço em estudos fisiológicos e em ecologia de plantas (Krause & Weiss, 1991). Segundo Tatagiba et al. (2007) o monitoramento da fluorescência da clorofila a em eucalipto pode ser útil na identificação da capacidade de tolerância dessas espécies à deficiência hídrica.

O conjunto destas variáveis morfo-fisiológicas pode ser importante para diferenciar precocemente genótipos tolerantes e susceptíveis à deficiência hídrica, porém para validar o modelo de seleção precoce, torna-se necessário a comparação dos resultados obtidos em plantas jovens com dados obtidos em campo, mais precisamente com florestas adultas implantadas em regiões que apresentem déficit hídrico elevado.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações morfo-fisiológicas decorrentes do déficit hídrico aplicado em mudas de sete clones de eucalipto, relacionando estas informações com a sobrevivência destes materiais genéticos em campo, na fase adulta, a fim de validar um possível indicador de seleção precoce.

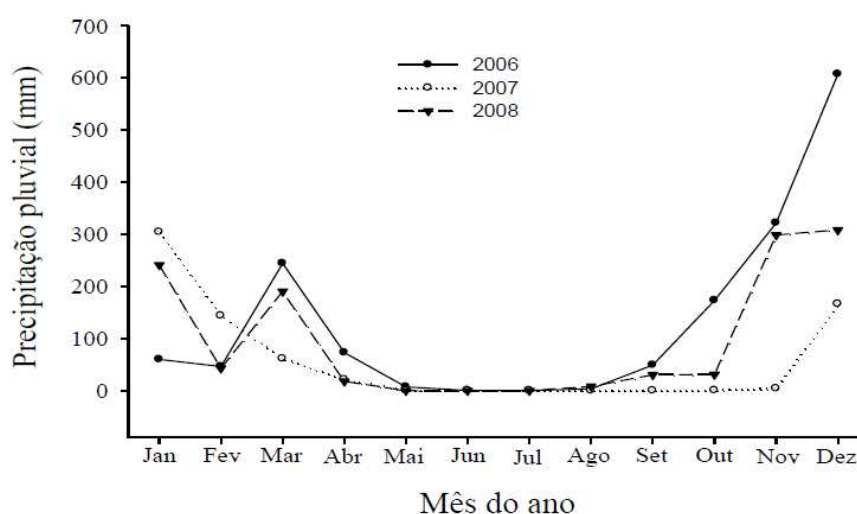
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Experimento de campo

Os dados referentes aos experimentos de campo foram obtidos a partir do banco de dados do Grupo Plantar. Foram utilizadas informações de dois experimentos instalados nos municípios de Brasília de Minas/MG e Coração de Jesus/MG.

O experimento de Brasília de Minas foi instalado em dez/2003, em um solo com textura franco-argilo-arenosa (71% areia; 5% silte e 24% argila), com os clones PL3281; PL3334, PL3335, PL3336 e PL3487, implantados nos espaçamentos 3,0 x 3,0 m e 3,0 x 4,0 m (9 e 12 m<sup>2</sup>/planta). O experimento de Coração de Jesus foi instalado em dez/2002, em um solo com textura franco-arenosa (73% areia; 10% silte e 17% argila), com os clones PL3281, PL3334, PL3335, PL3336, PL3487 e PL40, no espaçamento 3,0 x 6,0 m (18 m<sup>2</sup>/planta). Os solos de ambas as regiões foram classificados como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico A moderado, textura média; fase floresta caducifólia e campo cerrado, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

Essas florestas não apresentaram problemas relacionados ao déficit hídrico até o início do ano de 2007, quando ocorreu um período de seca prolongada, no qual a precipitação pluvial no período de abril a novembro foi insignificante, com oito meses com forte restrição hídrica (Figura 1).



**Figura 1:** Precipitação pluvial média para os municípios de Brasília de Minas e Coração de Jesus (MG) para os anos 2006, 2007, 2008.

Após este evento, verificou-se tolerância diferencial ao déficit hídrico acentuado entre clones, permitindo classificar os materiais genéticos em tolerantes e susceptíveis, com diferentes mortalidades. Toda mortalidade verificada nas parcelas foi atribuída à seca ocorrida em 2007. O índice de mortalidade foi calculado para cada clone, aos 6,8 anos de idade, pela percentagem de plantas mortas em relação ao total de árvores (vivas e mortas), em cinco repetições por clone/experimento, independente do espaçamento de plantio.

### Análises Estatísticas

Os dados foram analisados de acordo com delineamento inteiramente casualizado. Os índices de sobrevivência médios foram submetidos à análise de variância e, quando necessário, foram comparados pelo teste Scottt-Knott a 10% de probabilidade.

## **2.2. Experimento em leito de areia (viveiro)**

O experimento foi conduzido em leito de areia no viveiro comercial do Grupo Plantar, em Curvelo/MG (18°50'40"S; 44°35'12"W; altitude de 632 metros). Os tratamentos foram formados a partir da combinação de três regimes hídricos diferenciados (parcela) e sete clones de eucalipto (sub-parcela), de acordo com o arranjo de parcelas subdivididas (3x7) em delineamento de blocos ao acaso (DBC), com três repetições e 48 plantas por unidade experimental.

No estudo, foram utilizadas mudas dos clones de eucalipto PL3281, PL3334, PL3335, PL3336, PL3367, PL3487 e PL40, com idade aproximada de 60 dias. O clone PL3281 é híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, e os demais são da espécie *Eucalyptus urophylla*. A escolha destes clones, todos de larga utilização em plantios comerciais do Grupo Plantar e de outras empresas florestais, ocorreu com base na fenotipagem de campo relacionada à tolerância ou susceptibilidade ao déficit hídrico.

As mudas selecionadas apresentavam altura entre 18,0 e 20,0 cm e diâmetro do coleto entre 2,0 e 3,0 cm, além de 4 a 5 pares de folhas expandidas. A seleção criteriosa teve por objetivo a obtenção de mudas homogêneas. O plantio foi realizado em leito de

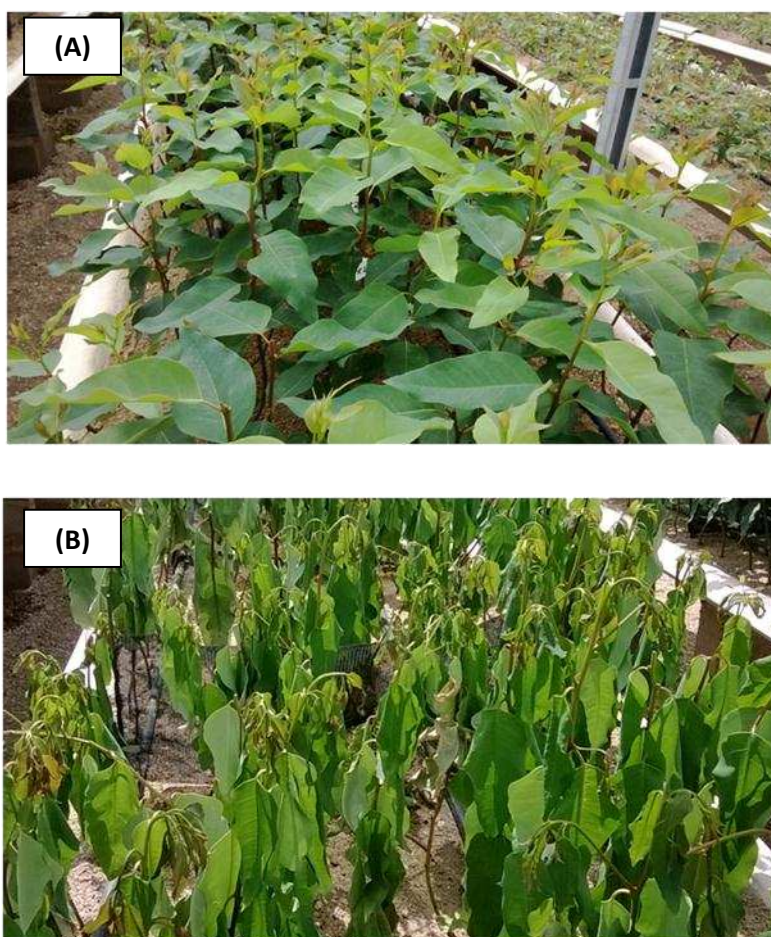
areia tipo “canaletão”. A distância entre mudas foi de 14,0 x 14,0 cm, em parcela retangular (6 linhas x 8 plantas) com 48 plantas/parcela (Figura 2). Antes da aplicação dos tratamentos (regimes hídricos), as mudas foram aclimatadas por um período de 50 dias, no qual foi mantido o fornecimento de água e nutrientes (3 a 5 vezes/dia), para estabelecimento e emissão de raízes no leito de areia.



**Figura 2:** Aspecto geral das mudas após plantio no leito de areia tipo “canaletão”.

No tratamento controle, sem déficit hídrico (SDH), as plantas foram mantidas irrigadas até próximo à capacidade de campo do substrato, com pelo menos três irrigações diárias. No segundo nível de disponibilidade hídrica as plantas foram submetidas a ciclos de restrição e ressuprimento de água (DHc). Neste regime a irrigação foi suspensa no início do experimento e somente reiniciada após o surgimento dos primeiros sintomas de deficiência hídrica nas folhas da parte mediana da copa das plantas. A reirrigação era reestabelecida por um dia, e em seguida nova restrição hídrica era imposta às plantas (completando um ciclo). Durante o experimento as mudas foram submetidas a três ciclos sucessivos de restrição e ressuprimento. No terceiro nível de disponibilidade hídrica a irrigação foi suspensa no início do experimento, submetendo as plantas a um déficit hídrico severo (DH) até a morte de todas as plantas das parcelas, ou seja, a reirrigação não foi reestabelecida.

Diariamente, às 07h, foi quantificado o número de mudas túrgidas em cada parcela. Esta contagem persistiu até o término do experimento, correspondente ao fim do terceiro ciclo no tratamento DHc, e também quando todas as plantas do tratamento DH apresentaram sintomas de murcha severa. Foram consideradas mudas túrgidas, apenas aquelas que apresentaram perda de turgidez de todas as folhas expandidas e também do ápice (Figura 3).



**Figura 3:** Exemplo de mudas túrgidas (A) e murchas (B) após a imposição dos tratamentos com restrição hídrica severa (DH).

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) foi mensurado utilizando uma câmara de pressão tipo Scholander (SoilMoisture Equipment, Santa Bárbara CA, EUA). Para realização das medições, diariamente foram selecionadas plantas vivas e representativas das parcelas, sendo removidos os dois primeiros pares de folha incluindo o ápice. As medições foram realizadas no período da antemanhã, entre as 04h e 05h. Neste momento o potencial hídrico foliar é considerado um indicativo do estado hídrico das

plantas, bem como da quantidade de água disponível no solo (Larcher, 2004 e Taiz & Zeiger, 2009).

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas na parte da manhã, de 8:00 às 11:00 horas. Foram medidas as variáveis taxa de assimilação fotossintética líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E) e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), utilizando-se analisador de gás por infravermelho (IRGA; modelo LI-6400xt, LI-COR Biosciences Inc., Lincon, Nebraska, USA). As medições foram realizadas na planta central de cada parcela, no primeiro par de folhas completamente expandidas. Estas plantas/folhas foram marcadas para que as medidas fossem sempre tomadas na mesma posição. A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) utilizada foi constante e de 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , pré-determinada em curvas de luz para estes clones. Os fluxos de ar e de CO<sub>2</sub> para dentro da câmara foram regulados em 400  $\mu\text{mol s}^{-1}$  e 400  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , respectivamente.

Nos tratamentos controle (SDH) e déficit hídrico cíclico (DHc) foram realizadas medições de fluorescência da clorofila a, no terceiro ciclo de restrição e ressuprimento (16° dia após aplicação dos tratamentos). As medições da fluorescência da clorofila a foram realizadas utilizando aparelho IRGA, com fluorômetro acoplado, e na mesma folha em que foram realizadas as medições das trocas gasosas.

As variáveis de indução da fluorescência, obtidas no escuro no mesmo horário de avaliação do potencial hídrico foliar, foram: fluorescência inicial (F<sub>0</sub>) e fluorescência máxima (F<sub>m</sub>). A partir desses valores foi obtido o rendimento quântico potencial do fotossistema II (PS<sub>II</sub>),  $F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$  (Genty et al., 1989), sendo F<sub>v</sub> a fluorescência variável entre F<sub>m</sub> e F<sub>0</sub>. As variáveis da fase lenta de indução da fluorescência (obtidas no claro) foram obtidas sequencialmente com a aplicação de uma iluminação actínica e um pulso de luz actínica saturante para a determinação das variáveis: fluorescência em amostra adaptada à luz antes do pulso de saturação (F) e fluorescência máxima em amostra adaptada à luz (F<sub>m</sub>' ). A partir destes, foi calculada a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado,  $F_0' = F_0 / [(F_m - F_0)/F_m + (F_0/F_m)']$  (Oxborough & Baker, 1997), que foi utilizado para o cálculo do coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake, que fornece uma estimativa de centros de reações abertos do FS<sub>II</sub>, pela fórmula:  $qL = (F_m' - F)/(F_m' - F_0') * (F_0'/F)$  (Kramer et al., 2004).

Para as formas de dissipação de energia, foram utilizadas as seguintes fórmulas, propostas por Genty et al. (1989) e Hendrickson et al. (2004):

$\hat{Y}_{II} = (Fm' - F)/Fm'$  - rendimento quântico efetivo de conversão fotoquímica de energia no FS<sub>II</sub>;

$\hat{Y}_{NPQ} = (F/Fm') - (F/Fm)$  - rendimentos quântico da dissipação de energia regulada;

$\hat{Y}_{NO} = F/Fm$  - dissipação de energia não regulada.

O  $\hat{Y}_{II}$  calculado foi utilizado ainda para estimar a taxa aparente de transporte de elétrons,  $ETR = \hat{Y}_{II} \cdot PAR \cdot 0,84 \cdot 0,5$  (Bilger & Björkman, 1990), em que PAR é a radiação fotossinteticamente ativa ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) incidente sobre a folha ( $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ); 0,5 o valor correspondente à fração de energia de excitação distribuída para o FS<sub>II</sub> (Laisk & Loreto, 1996); e 0,84 o valor de referência correspondente à fração de luz incidente que é absorvida pelas folhas (Ehleringer, 1981).

### Análises Estatísticas

Para as avaliações realizadas durante o experimento: número de mudas túrgidas, potencial hídrico foliar antemanhã; trocas gasosas e variáveis da fluorescência da clorofila a, foi feita análise de variância e análise de regressão destes valores em função do tempo (horas) e do potencial hídrico foliar da antemanhã (BAR). Partindo das equações ajustadas foram calculados, para cada clone, o tempo e o potencial hídrico foliar crítico para atingir 90; 75; 50 e 25% de mudas túrgidas (em relação à quantidade inicial), doravante denominadas Tg90, Tg75, Tg50 e Tg25, respectivamente.

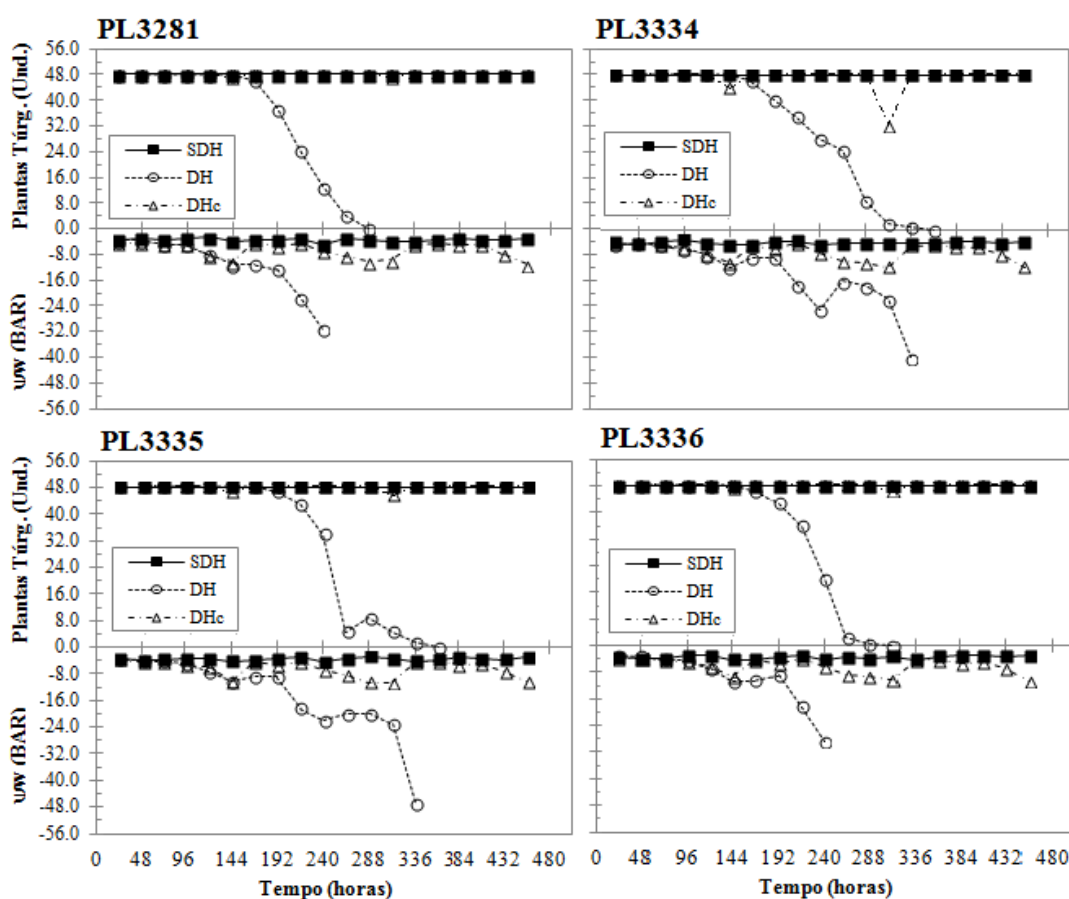
Quando aplicável, as médias dos valores, na condição de turgidez (Tg) escolhida, foram comparados pelo teste Scott-Knott a 10% e a 15% de probabilidade. Também foram calculadas as correlações de Pearson entre as características avaliadas, visando verificar o grau de associação entre as características fisiológicas e fenotípicas.

### **2.3. Comparação viveiro (juvenil) vs árvores (adulto)**

A comparação das médias de mortalidade ocasionadas pelo déficit hídrico em plantas adultas (campo) com os valores de tempo de murchamento dos clones obtidos em mudas (viveiro) foi realizada a partir do coeficiente de correlação de postos de Spearman, a 95% de probabilidade.

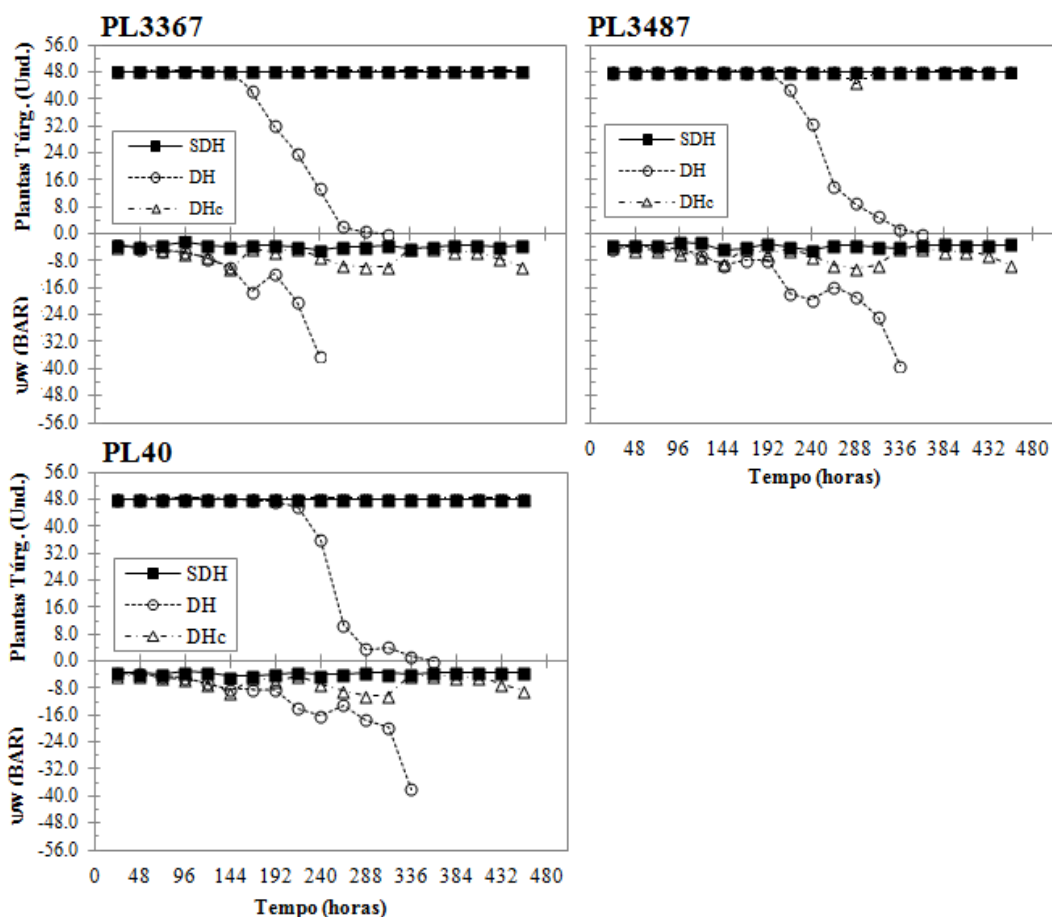
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas submetidas ao tratamento sem déficit hídrico (SDH) não apresentaram variação expressiva no potencial hídrico foliar ( $\psi_w$ ), independente do material genético, mantendo valores próximos à  $-3,51 \pm 0,04$  BAR. A manutenção de um potencial hídrico adequado permitiu que as mudas dos diferentes clones permanecessem túrgidas durante o experimento, não apresentando sintomas de murchamento. De maneira geral, nos tratamentos com restrição hídrica severa (DH) ocorreu redução do potencial hídrico nas folhas em resposta ao aumento do déficit hídrico. O número de mudas túrgidas seguiu tendência de redução gradual em resposta à redução do potencial hídrico foliar até um valor crítico, específico para cada material genético, no qual ocorreu o murchamento de todas as plantas. Nas plantas submetidas ao déficit hídrico cíclico (DHc) o potencial hídrico foliar reduziu durante os ciclos de restrição, mas após os ressuprimentos elevou-se à valores próximo aos do controle. (Figura 4).



**Figura 4:** Número de mudas túrgidas e potencial hídrico foliar ( $\psi_w$ ) médios para clones de eucalipto (PL3281; PL3334; PL3335 e PL3336) em função do tempo de aplicação dos diferentes regimes hídricos (sem déficit hídrico (SDH); déficit hídrico cíclico (DHc) e déficit hídrico severo (DH)). Continua...





**Figura 4 (Cont.):** Número de mudas túrgidas e potencial hídrico foliar ( $\psi_w$ ) médios para clones de eucalipto (PL3367; PL3487 e PL40) em função do tempo de aplicação dos diferentes regimes hídricos (sem déficit hídrico (SDH); déficit hídrico cíclico (DHc) e déficit hídrico severo (DH)).

### 3.1. Tolerância ao déficit hídrico.

#### Tempo de Murcha e Potencial hídrico

O número de mudas túrgidas mostrou estreita relação com a redução do potencial hídrico foliar no tratamento déficit hídrico severo (DH) (Tabela 1). Partindo das equações ajustadas foram calculados, para cada clone, o tempo e o potencial hídrico foliar crítico para atingir 90; 75; 50 e 25% de mudas túrgidas, isto é, Tg90, Tg75, Tg50 e Tg25, respectivamente (Tabela 2). Valores de turgescência decrescentes foram adotados por apresentarem equivalência com o aumento do nível de déficit hídrico impostos às plantas, permitindo comparações pontuais entre os materiais genéticos.

**Tabela 1:** Equações de regressão relacionando o número de mudas túrgidas (y), com tempo e com o potencial hídrico foliar da antemanhã, em clones de eucalipto submetidos ao déficit hídrico severo (DH).

Variável	Clone	Bloco	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>
Túrgidas x Tempo	PL3281	1	$\hat{y} = -0,0000043**X^3 + 0,0002**X^2 + 0,0529*X + 46,685$	R <sup>2</sup> =0,955
	PL3281	2	$\hat{y} = -0,0000003**X^3 - 0,0011**X^2 + 0,1548*X + 45,4066$	R <sup>2</sup> =0,954
	PL3281	3	$\hat{y} = -0,0000042**X^3 + 0,0007**X^2 + -0,014*X + 47,772$	R <sup>2</sup> =0,994
	PL3334	1	$\hat{y} = -0,000005**X^3 + 0,0013**X^2 + -0,0813*X + 48,7206$	R <sup>2</sup> =0,966
	PL3334	2	$\hat{y} = -0,0000103**X^3 + 0,0019**X^2 + -0,0795*X + 48,2308$	R <sup>2</sup> =0,988
	PL3334	3	$\hat{y} = -0,0000033**X^3 + 0,0009**X^2 + -0,0421*X + 47,8573$	R <sup>2</sup> =0,918
	PL3335	1	$\hat{y} = -0,0000011**X^3 - 0,0005**X^2 + 0,1117*X + 45,3042$	R <sup>2</sup> =0,909
	PL3335	2	$\hat{y} = -0,0000101**X^3 + 0,0026**X^2 - 0,1571*X + 49,304$	R <sup>2</sup> =0,993
	PL3335	3	$\hat{y} = -0,0000017**X^3 + 0,0001**X^2 + 0,0412*X + 46,555$	R <sup>2</sup> =0,941
	PL3336	1	$\hat{y} = -0,0000042**X^3 + 0,0008**X^2 - 0,012*X + 47,3004$	R <sup>2</sup> =0,909
	PL3336	2	$\hat{y} = -0,0000099**X^3 + 0,0024**X^2 - 0,1337*X + 48,9194$	R <sup>2</sup> =0,963
	PL3336	3	$\hat{y} = -0,0000066**X^3 + 0,0012**X^2 - 0,0517*X + 48,1795$	R <sup>2</sup> =0,995
	PL3367	1	$\hat{y} = 0,0000007**X^3 - 0,0014**X^2 + 0,1602*X + 45,6813$	R <sup>2</sup> =0,972
	PL3367	2	$\hat{y} = -0,0000055**X^3 + 0,0008**X^2 - 0,0125*X + 47,6813$	R <sup>2</sup> =0,993
	PL3367	3	$\hat{y} = 0,000003**X^3 - 0,0022**X^2 + 0,2474*X + 44,2878$	R <sup>2</sup> =0,967
	PL3487	1	$\hat{y} = -0,0000006**X^3 - 0,0008**X^2 + 0,142*X + 45,1555$	R <sup>2</sup> =0,927
	PL3487	2	$\hat{y} = 0,0000007**X^3 - 0,0013**X^2 + 0,2013*X + 43,9157$	R <sup>2</sup> =0,881
	PL3487	3	$\hat{y} = -0,0000025**X^3 + 0,0005**X^2 - 0,007*X + 47,3733$	R <sup>2</sup> =0,965
	PL40	1	$\hat{y} = -0,0000018**X^3 - 0,0003**X^2 + 0,0904*X + 45,8824$	R <sup>2</sup> =0,915
	PL40	2	$\hat{y} = -0,0000006**X^3 - 0,0007**X^2 + 0,1312*X + 45,0438$	R <sup>2</sup> =0,904
	PL40	3	$\hat{y} = 0,0000002**X^3 - 0,0008**X^2 + 0,1447*X + 44,8297$	R <sup>2</sup> =0,81
Túrgidas x Potencial hídrico (ψW)	PL3281	1	$\hat{y} = 50,276** / (1 + 0,017**e^{-0,189**X})$	R <sup>2</sup> =0,9941
	PL3281	2	$\hat{y} = 48,145** / (1 + 0,003**e^{-0,263**X})$	R <sup>2</sup> =0,9678
	PL3281	3	$\hat{y} = 52,597** / (1 + 0,05**e^{-0,127**X})$	R <sup>2</sup> =0,9511
	PL3334	1	$\hat{y} = 47,359** / (1 + 0,00002**e^{-0,553**X})$	R <sup>2</sup> =0,9354
	PL3334	2	$\hat{y} = 48,182** / (1 + 0,00025**e^{-0,415**X})$	R <sup>2</sup> =0,9981
	PL3334	3	$\hat{y} = 48,782** / (1 + 0,00008**e^{-0,515**X})$	R <sup>2</sup> =0,9707
	PL3335	1	$\hat{y} = 49,596** / (1 + 0,008**e^{-0,217**X})$	R <sup>2</sup> =0,9169
	PL3335	2	$\hat{y} = 48,038** / (1 + 0,001**e^{-0,258**X})$	R <sup>2</sup> =0,9933
	PL3335	3	$\hat{y} = 48,617** / (1 + 0,00008**e^{-0,467**X})$	R <sup>2</sup> =0,9833
	PL3336	1	$\hat{y} = 49,46** / (1 + 0,016**e^{-0,161**X})$	R <sup>2</sup> =0,9526
	PL3336	2	$\hat{y} = 50,896** / (1 + 0,03**e^{-0,141**X})$	R <sup>2</sup> =0,9778
	PL3336	3	$\hat{y} = 49,179** / (1 \pm 0,023**e^{-0,152**X})$	R <sup>2</sup> =0,9353
	PL3367	1	$\hat{y} = 54,553** / (1 \pm 0,084**e^{-0,114**X})$	R <sup>2</sup> =0,9008
	PL3367	2	$\hat{y} = 53,577** / (1 \pm 0,067**e^{-0,123**X})$	R <sup>2</sup> =0,9602
	PL3367	3	$\hat{y} = 54,161** / (1 \pm 0,073**e^{-0,121**X})$	R <sup>2</sup> =0,9019
	PL3487	1	$\hat{y} = 49,592** / (1 \pm 0,01**e^{-0,203**X})$	R <sup>2</sup> =0,9348
	PL3487	2	$\hat{y} = 48,054** / (1 \pm 0,0001**e^{-0,35**X})$	R <sup>2</sup> =0,9999
	PL3487	3	$\hat{y} = 49,561** / (1 \pm 0,005**e^{-0,273**X})$	R <sup>2</sup> =0,9828
	PL40	1	$\hat{y} = 47,762**e^{-e^{(-9,694** - 0,511**X)}}$	R <sup>2</sup> =0,9958
	PL40	2	$\hat{y} = 48,012**e^{-e^{(-14,678** - 0,902**X)}}$	R <sup>2</sup> =0,9999
	PL40	3	$\hat{y} = 46,947**e^{-e^{(-10,511** - 0,564**X)}}$	R <sup>2</sup> =0,8505

\*, \*\*: efeito significativo a 5 ou a 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 2:** Média e erro-padrão do tempo e do potencial hídrico foliar, correspondentes à redução da quantidade de mudas túrgidas para 90; 75; 50 e 25% da quantidade inicial, por clone, no tratamento com déficit hídrico severo (DH)

CLONE	% Mudas túrgidas				
	Controle <sup>o</sup>	Tg90	Tg75	Tg50	Tg25
		Tempo (horas)			
PL3281	-	161,8 <sup>A</sup> ± 6,7	191,1 <sup>A</sup> ± 7,8	225,6 <sup>A</sup> ± 7,9	251,5 <sup>A</sup> ± 8,0
PL3367	-	148,4 <sup>A</sup> ± 6,3	179,6 <sup>A</sup> ± 5,3	218,1 <sup>A</sup> ± 1,5	249,9 <sup>A</sup> ± 3,9
PL3334	-	180,2 <sup>B</sup> ± 12,5	207,0 <sup>A</sup> ± 14,8	235,3 <sup>A</sup> ± 17,0	255,8 <sup>A</sup> ± 18,6
PL3336	-	182,1 <sup>B</sup> ± 8,5	208,5 <sup>A</sup> ± 9,0	237,0 <sup>A</sup> ± 10,5	257,8 <sup>A</sup> ± 11,8
PL3487	-	189,2 <sup>C</sup> ± 17,7	223,1 <sup>A</sup> ± 18,6	263,4 <sup>A</sup> ± 18,0	294,8 <sup>A</sup> ± 16,7
PL3335	-	194,9 <sup>C</sup> ± 8,6	227,1 <sup>A</sup> ± 12,3	262,7 <sup>A</sup> ± 17,5	289,3 <sup>A</sup> ± 21,6
PL40	-	205,1 <sup>C</sup> ± 11,0	225,5 <sup>A</sup> ± 11,8	266,3 <sup>A</sup> ± 13,2	297,1 <sup>A</sup> ± 14,0
<b>Média</b>	-	<b>182,8</b>	<b>211,7</b>	<b>247,2</b>	<b>274,3</b>
<b>C.V. médias</b>	-	<b>11,3%</b>	<b>9,2%</b>	<b>8,1%</b>	<b>7,6%</b>
		Potencial hídrico foliar - $\psi_w$ (BAR)			
PL3281	-3,4 <sup>A</sup> ± 0,10	-12,5 <sup>A*</sup> ± 0,7	-17,4 <sup>A*</sup> ± 0,3	-23,1 <sup>B*</sup> ± 0,1	-29,1 <sup>B*</sup> ± 2,1
PL3367	-3,5 <sup>A</sup> ± 0,05	-10,0 <sup>A*</sup> ± 0,1	-15,9 <sup>A*</sup> ± 0,1	-23,6 <sup>B*</sup> ± 0,1	-32,2 <sup>C*</sup> ± 0,2
PL3334	-3,6 <sup>A</sup> ± 0,15	-14,7 <sup>B*</sup> ± 0,2	-16,9 <sup>A*</sup> ± 0,3	-19,1 <sup>A*</sup> ± 0,5	-21,4 <sup>A*</sup> ± 0,6
PL3336	-3,4 <sup>A</sup> ± 0,05	-12,6 <sup>A*</sup> ± 0,5	-18,7 <sup>B*</sup> ± 0,3	-25,5 <sup>B*</sup> ± 0,3	-32,6 <sup>C*</sup> ± 0,3
PL3487	-3,4 <sup>A</sup> ± 0,06	-15,3 <sup>B*</sup> ± 2,3	-19,2 <sup>B*</sup> ± 2,0	-23,2 <sup>B*</sup> ± 1,8	-27,2 <sup>B*</sup> ± 1,7
PL3335	-3,4 <sup>A</sup> ± 0,14	-15,6 <sup>B*</sup> ± 1,1	-19,2 <sup>B*</sup> ± 1,2	-23,0 <sup>B*</sup> ± 1,7	-26,8 <sup>B*</sup> ± 2,2
PL40	-3,4 <sup>A</sup> ± 0,17	-13,6 <sup>B*</sup> ± 0,5	-15,8 <sup>A*</sup> ± 0,5	-17,3 <sup>A*</sup> ± 0,7	-18,4 <sup>A*</sup> ± 0,9
<b>Média</b>	<b>-3,51</b>	<b>-13,52</b>	<b>-17,63</b>	<b>-22,15</b>	<b>-26,86</b>
<b>C.V. médias</b>	<b>2,5%</b>	<b>14,2%</b>	<b>8,2%</b>	<b>12,8%</b>	<b>19,7%</b>

<sup>o</sup>Tratamento sem déficit hídrico (SDH); Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,15$ ). \* contraste entre valores de Tg vs controle significativos a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

Os clones atingiram o valor de Tg90 (90% de mudas túrgidas) em tempos distintos, permitindo a separação de três grupos, de acordo com o teste de Scott-knott ( $p < 0,15$ ) (Tabela 2). O primeiro grupo foi formado pelos clones PL3367 e PL3281, os quais levaram, em média, 155,1 horas para atingirem o valor de Tg90. O segundo grupo é composto pelos clones PL3334 e PL3336, com tempo médio de 181,1 horas, enquanto que o terceiro grupo, formado pelos clones PL3335, PL3487 e PL40, levou em média, 196,4 horas para atingirem o Tg90.

A deficiência hídrica imposta pelo tratamento DH provocou reduções significativas ( $p < 0,01$ ) no potencial hídrico foliar em todos os clones avaliados. A redução da turgidez foi acompanhada pela redução do potencial hídrico foliar. O clone

PL40 apresentou a menor amplitude de  $\psi_w$ , reduzindo seu potencial de -13,6 BAR, no Tg90, para -18,4 BAR, no Tg25. Já o clone PL3367 apresentou maior amplitude de  $\psi_w$ , reduzindo o seu potencial hídrico de -10,0 BAR, no Tg 90, para -32,2 BAR, noTg25. Estas variações indicam que os clones toleram intervalos de umidade diferenciados no solo. A baixa variação de potencial hídrico apresentada pelo PL40, independente dos níveis de turgidez, pode indicar que este material apresenta mecanismos para evitar a desidratação de seus tecidos e,ou, uma maior eficiência na absorção de água evitando a queda no potencial hídrico foliar.

Não foram verificadas diferenças estatísticas ( $p < 0,15$ ) entre os tempos necessários para os clones atingirem os valores de Tg75, Tg50 e Tg25. A ausência de diferenciação estatística pode ser atribuída ao aumento da variabilidade intra material genético, verificável pelo aumento do erro-padrão da média, e também pela redução da variabilidade entre clones, detectado pela redução do coeficiente de variação entre as médias (Tabela 2). Estes resultados podem indicar que sob níveis mais severos de déficit hídrico há necessidade de refinamento de critérios para diferenciar os materiais genéticos. Essa maior dificuldade de separação dos clones pode resultar do maior comprometimento dos mecanismos e processos fisiológicos das plantas, possivelmente ocasionados por danos irreversíveis e severos às plantas. Por esta razão, as discussões referentes às alterações biofísicas serão realizadas considerando os valores obtidos para Tg90.

Os clones PL3281 e PL3367 apresentaram o menor tempo necessário para atingirem o Tg90, mesmo estando mais hidratados (maior valor de  $\psi_w$ ), quando comparados aos clones PL40, PL3335 e PL3487, os quais suportaram menores potenciais hídricos antes de atingirem o valor de Tg90. A manutenção da turgidez dos clones mesmo em potenciais hídricos baixos poderia estar relacionada com a maior capacidade destes materiais em manterem a absorção de água do solo. De acordo com Paiva & Oliveira (2006), um valor crítico de potencial hídrico pode ser alcançado, pelo baixo conteúdo de água no solo, no qual a planta seria incapaz de manter o processo de absorção, o que leva a perda permanente de turgor. Este valor crítico pode ser distinto entre os clones. Apesar de não ter sido investigado neste trabalho, outra hipótese para manutenção do turgor nos clones PL40, PL3335 e PL3487, mesmo em potenciais hídricos menores, poderia ser uma maior elasticidade da parede celular destes clones.

De acordo com Lawlor (1995) e Nunes (2007), espécies com parede celular mais elásticas podem perder mais água sem atingirem perda de turgescência, além de apresentarem maior capacidade de armazenamento de água, quando túrgidas.

### Trocas gasosas

A queda no potencial hídrico foliar pode afetar diversas características das plantas. O déficit hídrico severo (DH) reduziu a taxa fotossintética e a transpiração das plantas, em razão do fechamento estomático, expresso por potenciais hídricos menores (Tabela 3). O mesmo efeito foi observado para a condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Tabela 4). A partir das equações ajustadas, foram calculados os valores de cada parâmetro fisiológico para o tratamento controle (SDH) e para atingir o valor de Tg90 no tratamento com déficit hídrico severo (Tabela 5).

**Tabela 3:** Equações de regressão relacionando à fotossíntese (A) e a transpiração (E), com o potencial hídrico foliar da antemanhã ( $\psi_w$ ), em sete clones de eucalipto submetidos ao déficit hídrico severo (DH)

Variável	Clone	Bloco	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>
<i>A x <math>\psi_w</math></i>	PL3281	1	$\hat{A} = 27.599**e^{0.09246**X}$	R <sup>2</sup> =0.8909
	PL3281	2	$\hat{A} = 34.592**e^{0.1263**X}$	R <sup>2</sup> =0.8599
	PL3281	3	$\hat{A} = 41.086**e^{0.15824**X}$	R <sup>2</sup> =0.9176
	PL3334	1	$\hat{A} = 32.285**e^{0.09945**X}$	R <sup>2</sup> =0.6019
	PL3334	2	$\hat{A} = 29.755**e^{0.08559**X}$	R <sup>2</sup> =0.9052
	PL3334	3	$\hat{A} = 32.594**e^{0.09505**X}$	R <sup>2</sup> =0.8259
	PL3335	1	$\hat{A} = 27.04**e^{0.09986**X}$	R <sup>2</sup> =0.7449
	PL3335	2	$\hat{A} = 30.74**e^{0.11457**X}$	R <sup>2</sup> =0.8770
	PL3335	3	$\hat{A} = 33.136**e^{0.13899**X}$	R <sup>2</sup> =0.8630
	PL3336	1	$\hat{A} = 26.844**e^{0.10993**X}$	R <sup>2</sup> =0.7293
	PL3336	2	$\hat{A} = 25.226**e^{0.1002**X}$	R <sup>2</sup> =0.8908
	PL3336	3	$\hat{A} = 27.402**e^{0.11889**X}$	R <sup>2</sup> =0.7744
	PL3367	1	$\hat{A} = 30.197**e^{0.09106**X}$	R <sup>2</sup> =0.6765
	PL3367	2	$\hat{A} = 35.613**e^{0.11442**X}$	R <sup>2</sup> =0.8170
	PL3367	3	$\hat{A} = 30.282**e^{0.08965**X}$	R <sup>2</sup> =0.7712
	PL3487	1	$\hat{A} = 25.731**e^{0.11324**X}$	R <sup>2</sup> =0.8473
	PL3487	2	$\hat{A} = 24.655**e^{0.07229**X}$	R <sup>2</sup> =0.7418
	PL3487	3	$\hat{A} = 36.928**e^{0.11783**X}$	R <sup>2</sup> =0.7976
	PL40	1	$\hat{A} = 36.631**e^{0.11644**X}$	R <sup>2</sup> =0.9153
	PL40	2	$\hat{A} = 41.848**e^{0.16085**X}$	R <sup>2</sup> =0.8464
	PL40	3	$\hat{A} = 29.139**e^{0.09500**X}$	R <sup>2</sup> =0.7014

Continua...

**Continuação da Tabela 3:**

Variável	Clone	Bloco	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>
<i>E<sub>s</sub> x <math>\psi_w</math></i>	PL3281	1	$\hat{E} = 8.441**e^{0.1626**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8288
	PL3281	2	$\hat{E} = 11.811**e^{0.18597**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9052
	PL3281	3	$\hat{E} = 14.134**e^{0.21707**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8987
	PL3334	1	$\hat{E} = 8.962**e^{0.17316**X}$	R <sup>2</sup> = 0.6589
	PL3334	2	$\hat{E} = 9.843**e^{0.13816**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8898
	PL3334	3	$\hat{E} = 9.916**e^{0.12514**X}$	R <sup>2</sup> = 0.6952
	PL3335	1	$\hat{E} = 9.805**e^{0.20902**X}$	R <sup>2</sup> = 0.7543
	PL3335	2	$\hat{E} = 12.563**e^{0.20282**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8767
	PL3335	3	$\hat{E} = 15.415**e^{0.25193**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9151
	PL3336	1	$\hat{E} = 9.324**e^{0.21587**X}$	R <sup>2</sup> = 0.7674
	PL3336	2	$\hat{E} = 8.666**e^{0.16857**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8906
	PL3336	3	$\hat{E} = 8.769**e^{0.16953**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8279
	PL3367	1	$\hat{E} = 10.926**e^{0.20272**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8174
	PL3367	2	$\hat{E} = 10.112**e^{0.15369**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8230
	PL3367	3	$\hat{E} = 11.435**e^{0.17015**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9181
	PL3487	1	$\hat{E} = 8.053**e^{0.16502**X}$	R <sup>2</sup> = 0.7557
	PL3487	2	$\hat{E} = 9.861**e^{0.17563**X}$	R <sup>2</sup> = 0.7987
	PL3487	3	$\hat{E} = 8.681**e^{0.16529**X}$	R <sup>2</sup> = 0.7611
	PL40	1	$\hat{E} = 12.048**e^{0.20953**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8919
	PL40	2	$\hat{E} = 14.842**e^{0.23772**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8709
	PL40	3	$\hat{E} = 13.483**e^{0.22513**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8763

\*, \*\*: efeito significativo a 5 ou a 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 4:** Equações de regressão relacionando a condutância estomática (gs) e a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) com o potencial hídrico foliar da antemanhã ( $\psi_w$ ), em sete clones de eucalipto submetidos ao déficit hídrico severo (DH)

Variável	Clone	Bloco	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>
<i>gs x <math>\psi_w</math></i>	PL3281	1	$gs = 1.456**e^{0.26931**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8808
	PL3281	2	$gs = 1.614**e^{0.26714**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9067
	PL3281	3	$gs = 2.28**e^{0.33912**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9902
	PL3334	1	$gs = 1.369**e^{0.20444**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8129
	PL3334	2	$gs = 1.403**e^{0.2176**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9157
	PL3334	3	$gs = 1.433**e^{0.20245**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8643
	PL3335	1	$gs = 1.386**e^{0.24259**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8894
	PL3335	2	$gs = 1.883**e^{0.29321**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8844
	PL3335	3	$gs = 2.933**e^{0.39641**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9341
	PL3336	1	$gs = 1.293**e^{0.29174**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8245
	PL3336	2	$gs = 1.241**e^{0.28016**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9557
	PL3336	3	$gs = 1.012**e^{0.23414**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8978
	PL3367	1	$gs = 1.81**e^{0.30539**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8389
	PL3367	2	$gs = 1.249**e^{0.19229**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8327
	PL3367	3	$gs = 2.571**e^{0.36403**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8993
	PL3487	1	$gs = 1.121**e^{0.23317**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8874
	PL3487	2	$gs = 1.42**e^{0.26516**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9025
	PL3487	3	$gs = 1.337**e^{0.22033**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8447
	PL40	1	$gs = 1.719**e^{0.27123**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9620
	PL40	2	$gs = 2.266**e^{0.32145**X}$	R <sup>2</sup> = 0.9508
	PL40	3	$gs = 1.154**e^{0.19346**X}$	R <sup>2</sup> = 0.8316

Continua...

**Continuação da Tabela 4:**

Variável	Clone	Bloco	Modelo Ajustado	R <sup>2</sup>
<i>C<sub>i</sub> x ψ<sub>w</sub></i>	PL3281	1	$C_i = 300.877**e^{-(-3.254**-.0.164**X)}$	R <sup>2</sup> =0.9283
	PL3281	2	$C_i = 1687.406**e^{-(-0.444**-.0.029**X)}$	R <sup>2</sup> =0.7576
	PL3281	3	$C_i = 3227.622**e^{-(-0.791**-.0.023**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8727
	PL3334	1	$C_i = 409.455**e^{-(-1.398**-.0.072**X)}$	R <sup>2</sup> =0.9166
	PL3334	2	$C_i = 285.715**e^{-(-4.618**-.0.215**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8580
	PL3334	3	$C_i = 1117.381**e^{-(-0.166**-.0.029**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8014
	PL3335	1	$C_i = 389.856**e^{-(-1.842**-.0.13**X)}$	R <sup>2</sup> =0.9590
	PL3335	2	$C_i = 376.471**e^{-(-1.56**-.0.079**X)}$	R <sup>2</sup> =0.7896
	PL3335	3	$C_i = 31343.157**e^{-(-1.504**-.0.011**X)}$	R <sup>2</sup> =0.7871
	PL3336	1	$C_i = 462.034**e^{-(-1.12**-.0.099**X)}$	R <sup>2</sup> =0.9218
	PL3336	2	$C_i = 339.264**e^{-(-2.215**-.0.12**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8534
	PL3336	3	$C_i = 7238.515**e^{-(-1.122**-.0.017**X)}$	R <sup>2</sup> =0.7962
	PL3367	1	$C_i = 322.407**e^{-(-2.398**-.0.151**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8876
	PL3367	2	$C_i = 447.623**e^{-(-1.122**-.0.085**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8699
	PL3367	3	$C_i = 385.015**e^{-(-1.76**-.0.118**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8787
	PL3487	1	$C_i = 362.502**e^{-(-2.165**-.0.151**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8225
	PL3487	2	$C_i = 12772.535**e^{-(-1.293**-.0.011**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8134
	PL3487	3	$C_i = 297.76**e^{-(-3.335**-.0.195**X)}$	R <sup>2</sup> =0.8877
	PL40	1	$C_i = 319.438**e^{-(-3.113**-.0.252**X)}$	R <sup>2</sup> =0.9411
	PL40	2	$C_i = 292.96**e^{-(-6.124**-.0.59**X)}$	R <sup>2</sup> =0.9374
	PL40	3	$C_i = 366.257**e^{-(-2.17**-.0.163**X)}$	R <sup>2</sup> =0.7991

\*, \*\*: efeito significativo a 5 ou a 1 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A omissão de água no tratamento DH reduziu as taxas de fotossíntese (A) no Tg90 em relação ao controle (SDH), de maneira diferenciada entre os clones avaliados (Tabela 5). Em média a redução da fotossíntese foi de 64,76%, passando de 21,0 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, nas plantas do controle, para 7,4 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> nas plantas submetidas ao déficit hídrico severo. O clone PL3367 foi o que teve a menor redução da fotossíntese, mantendo em média uma taxa de 11,71 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Mesmo apresentando valores numéricos distintos, as taxas fotossintéticas dos demais clones não apresentaram diferenças significativas (p<0,10).

Houve queda significativa (p<0,01) dos valores de condutância estomática (gs) exibidos pelas plantas no Tg90, quando comparadas ao tratamento controle. Em média a redução nos valores de gs foi de 90,0%. Os valores de condutância estomática (gs) entre os clones submetidos à restrição hídrica não apresentaram diferenças significativas (p<0,10), porém o clone PL3367 manteve o maior valor de gs. Como este clone apresentou as maiores taxas de fotossíntese líquida quando submetido ao estresse hídrico (Tg90), é provavelmente que a maior abertura estomática resulte em maior perda de água e dificuldade para superar episódios de deficiência hídrica.

**Tabela 5:** Taxas de fotossíntese, transpiração; condutância estomática, concentração interna de CO<sub>2</sub> e Relação A/E; por clone, nos tratamento com déficit hídrico severo (DH) e controle (SDH)

CLONE	Mudas túrgidas	
	Controle	Tg90
Fotossíntese - A (umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		
PL3281	19,68 <sup>A</sup> ± 0,47	7,19 <sup>B*</sup> ± 0,92
PL3367	21,79 <sup>A</sup> ± 0,73	11,71 <sup>A*</sup> ± 0,41
PL3334	21,28 <sup>A</sup> ± 0,60	7,99 <sup>B*</sup> ± 0,38
PL3336	20,19 <sup>A</sup> ± 0,84	6,65 <sup>B*</sup> ± 0,29
PL3487	20,47 <sup>A</sup> ± 0,48	6,60 <sup>B*</sup> ± 0,91
PL3335	20,69 <sup>A</sup> ± 0,35	4,93 <sup>B*</sup> ± 1,04
PL40	22,7 <sup>A</sup> ± 0,55	6,74 <sup>B*</sup> ± 1,24
<b>Média</b>	<b>21,0</b>	<b>7,4</b>
<b>CV médias</b>	<b>4,9%</b>	<b>28,5%</b>
Transpiração - E (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		
PL3281	5,85 <sub>A</sub> ± 0,11	1,07 <sup>A*</sup> ± 0,08
PL3367	6,20 <sub>A</sub> ± 0,10	1,83 <sup>A*</sup> ± 0,19
PL3334	6,28 <sub>A</sub> ± 0,23	1,20 <sup>A*</sup> ± 0,29
PL3336	5,93 <sub>A</sub> ± 0,16	0,91 <sup>B*</sup> ± 0,21
PL3487	5,88 <sub>A</sub> ± 0,11	0,94 <sup>B*</sup> ± 0,07
PL3335	6,20 <sub>A</sub> ± 0,26	0,41 <sup>C*</sup> ± 0,09
PL40	6,22 <sub>A</sub> ± 0,16	0,57 <sup>C*</sup> ± 0,01
<b>Média</b>	<b>6,08</b>	<b>0,99</b>
<b>CV médias</b>	<b>3,0%</b>	<b>46,7%</b>
Condutância estomática - g <sub>s</sub> (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		
PL3281	0,542 <sup>A</sup> ± 0,019	0,047 <sup>A*</sup> ± 0,005
PL3367	0,615 <sup>A</sup> ± 0,017	0,106 <sup>A*</sup> ± 0,033
PL3334	0,624 <sup>A</sup> ± 0,024	0,066 <sup>A*</sup> ± 0,007
PL3336	0,560 <sup>A</sup> ± 0,012	0,042 <sup>A*</sup> ± 0,012
PL3487	0,519 <sup>A</sup> ± 0,021	0,062 <sup>A*</sup> ± 0,014
PL3335	0,607 <sup>A</sup> ± 0,017	0,031 <sup>A*</sup> ± 0,012
PL40	0,603 <sup>A</sup> ± 0,025	0,054 <sup>A*</sup> ± 0,024
<b>Média</b>	<b>0,582</b>	<b>0,058</b>
<b>CV médias</b>	<b>7,0%</b>	<b>41,3%</b>
Concentração interna de CO <sub>2</sub> - Ci (umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )		
PL3281	289.7 <sup>A</sup> ± 2.42	191.6 <sup>A*</sup> ± 18.5
PL3367	289.2 <sup>A</sup> ± 1.9	208.8 <sup>A*</sup> ± 2.9
PL3334	292.3 <sup>A</sup> ± 0.75	203.6 <sup>A*</sup> ± 11.23
PL3336	291.0 <sup>A</sup> ± 4.34	170.9 <sup>A*</sup> ± 20.75
PL3487	285.3 <sup>A</sup> ± 1.13	190.5 <sup>A*</sup> ± 10.16
PL3335	293.9 <sup>A</sup> ± 1.09	153.7 <sup>B*</sup> ± 5.08
PL40	283.6 <sup>A</sup> ± 0.7	117.2 <sup>B*</sup> ± 19.88
<b>Média</b>	<b>289.29</b>	<b>176.66</b>
<b>CV médias</b>	<b>1.3%</b>	<b>18.3%</b>

Continua...



**Continuação da Tabela 5:**

CLONE	Mudas túrgidas	
	Controle*	Tg90
Eficiência de uso da água - A/E: (umol CO <sub>2</sub> /mol H <sub>2</sub> O)		
PL3281	3.37 <sup>A</sup> ± 0.02	6.69 <sup>B*</sup> ± 0.54
PL3367	3.51 <sup>A</sup> ± 0.06	6.58 <sup>B*</sup> ± 0.94
PL3334	3.39 <sup>A</sup> ± 0.12	7.52 <sup>B*</sup> ± 1.76
PL3336	3.41 <sup>A</sup> ± 0.16	8.21 <sup>B*</sup> ± 1.94
PL3487	3.48 <sup>A</sup> ± 0.14	6.94 <sup>B*</sup> ± 0.39
PL3335	3.34 <sup>A</sup> ± 0.09	12.13 <sup>A*</sup> ± 0.38
PL40	3.65 <sup>A</sup> ± 0.08	11.78 <sup>A*</sup> ± 2.13
<b>Média</b>	<b>3.45</b>	<b>8.55</b>
<b>CV médias</b>	<b>3.1%</b>	<b>28.0%</b>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0.10$ ). \*: contrastes significativos a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

As menores as taxas de fotossíntese líquida (A) e transpiração (E) observada para todos os materiais no Tg90, podem ser explicadas pela redução nos valores da condutância estomática (gs). As reduções dos valores de Ci indicam que o CO<sub>2</sub> continua sendo consumido e as quedas em A não estariam relacionadas às limitações bioquímicas, e sim a limitações estomáticas.

O déficit hídrico imposto no tratamento DH contribuiu para os menores valores de transpiração (E) das plantas. Para todos os clones, em média, houve uma redução de 83,7% na taxa de transpiração. Os clones PL3367; PL3281 e PL3334 exibiram as maiores taxas de E no tratamento com déficit hídrico. Conforme mostrado anteriormente (Tabela 2), estes materiais apresentaram o menor tempo necessário para atingirem o Tg90, indicando que a transpiração apresenta importante papel no rápido murchamento foliar destes materiais. Os clones PL40 e PL3335 exibiram as menores taxas de transpiração, resultando em um maior tempo necessário para atingir o valor de Tg90. Estes resultados sugerem que os clones PL3367, PL3281 e PL3334 são menos responsivos em relação à modulação estomática, nas condições de déficit hídrico, quando comparados aos clones PL40 e PL3335. A redução da transpiração em consequência do fechamento estomático é uma das primeiras respostas no sentido de reduzir o uso de água pelas plantas sob deficiência hídrica (Taiz & Zeiger, 2009). No tratamento controle, a maior abertura dos estômatos contribuiu para a maior taxa transpiratória dos clones, em comparação aos mantidos sob deficiência hídrica.

A eficiência instantânea de uso de água (EUA), calculada pela relação A/E, no Tg90, apresentou diferenças significativas entre os materiais submetidos ao déficit hídrico. Os clones PL40 e PL3335 apresentaram os maiores valores de EUA em virtude das menores taxas de transpiração exibidas por estes clones. Apesar de ter apresentado maiores taxas de fotossíntese no Tg90, o clone PL3367 apresentou baixa EUA, em virtude das maiores taxas de transpiração exibidas em situação de estresse. Desta forma é possível afirmar que a fotossíntese líquida desta material genético ocorre a expensas de elevadas taxas de transpiração. Segundo Ferraz et al. (2011), a maior eficiência instantânea de uso da água pode evidenciar maior adaptação às condições de déficit hídrico. No tratamento controle (SDH), foi verificado menores valores de EUA, para todos os clones, em virtude das maiores taxas transpiratória das plantas, em comparação às plantas mantidas sob deficiência hídrica.

Alterações na condutância estomática podem ser entendidas como um poderoso mecanismo fisiológico que as plantas terrestres vasculares possuem para o controle da transpiração, uma vez que as plantas perdem água principalmente quando os estômatos estão abertos. No caso de estresse moderado ou de curta duração este mecanismo pode ser eficiente (Kramer & Boier, 1995), todavia Pavani (2008) resaltou que esta estratégia pode apresentar como desvantagem a possibilidade de redução do influxo de CO<sub>2</sub>, resultando em limitações no processo de fotossíntese. Segundo Lima (1996) o eucalipto pode tolerar uma amplitude de variação do potencial de água na folha sem alterar significativamente a condutância estomática. Porém, quando o valor crítico do déficit hídrico na folha é atingido, os estômatos começam a se fechar substancialmente até quase o fechamento total. Isso tem sido observado em espécies florestais (Souza et al., 2004), e em diferentes condições, assim como no eucalipto.

O número de mudas túrgidas apresentou forte correlação com todas as características fisiológicas mensuradas no tratamento DH (Tabela 6). As correlações que apresentaram maior significância ( $p < 0,01$ ) com a quantidade de mudas túrgidas foram o potencial hídrico foliar, o tempo, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a fotossíntese e a transpiração. Assim o número de mudas túrgidas, dentro de um período de tempo preestabelecido, pode ser utilizado como um indicador prático para evidenciar maior tolerância do eucalipto às condições de déficit hídrico.

**Tabela 6:** Coeficientes de correlação de Pearson para as variáveis avaliadas em clones de eucalipto submetidos ao tratamento déficit hídrico severo (DH).

	<b>Túrgidas</b>	$\psi_w$	<b>A</b>	$g_s$	<b>Ci</b>	<b>E</b>	<b>A/E</b>
<b>Tempo</b>	-0,66**	-0,83**	-0,82**	-0,86**	-0,77**	-0,86**	0,47**
<b>Túrgidas</b>		0,83**	0,59**	0,49**	0,62**	0,52**	-0,30**
$\psi_w$			0,80**	0,75**	0,75**	0,76**	-0,44**
<b>A</b>				0,93**	0,77**	0,94**	-0,45**
$g_s$					0,77**	0,94**	-0,44**
<b>Ci</b>						0,75**	-0,58**
<b>E</b>							-0,52**
<b>A/E</b>							

$\psi_w$ : Potencial hídrico foliar da antemanhã (BAR); A: taxa de fotossíntese líquida;  $g_s$ : Condutância estomática; Ci: concentração interna de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática; E: taxa de transpiração; A/E: Relação fotossíntese/transpiração. \*, \*\* correlações significativas a 5% e a 1 % de probabilidade, respectivamente.

### 3.2. Resiliência ao déficit hídrico.

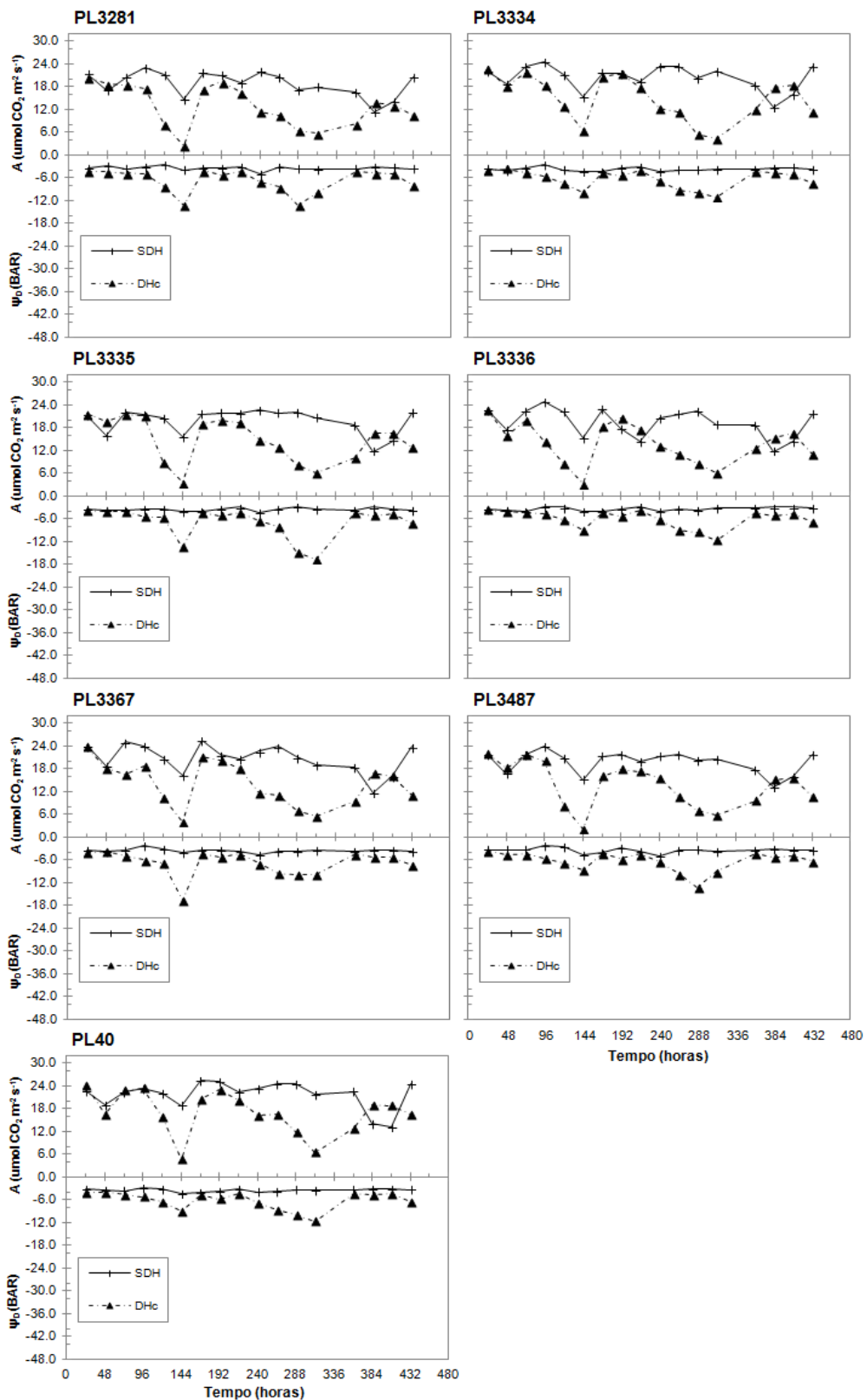
Mudas Túrgidas, Potencial hídrico e Trocas gasosas

Nas mudas submetidas ao déficit hídrico cíclico (DHc), o potencial hídrico foliar apresentou redução durante os ciclos de restrição, elevando-se até valores próximos ao do controle após o ressuprimento. A duração dos ciclos e o intervalo entre os ressuprimentos (irrigações) variaram entre 144 a 168 horas (Tabela 7), sendo determinados pelos sintomas iniciais de murchas nas parcelas e pela redução dos valores de potencial hídrico foliar.

**Tabela 7:** Período e duração dos ciclos de restrição e ressuprimento aplicados ao tratamento Déficit hídrico cíclico (DHc)

<b>Ciclo</b>	<b>Restrição</b>	<b>Ressuprimento</b>	<b>Duração</b>
		Tempo (h)	
1° Ciclo	0	144	144
2° Ciclo	144	312	168
3° Ciclo	312	456	144

As taxas de fotossíntese líquida do tratamento DH apresentaram flutuações em resposta às alterações do potencial hídrico foliar, para todos os materiais genéticos avaliados. Estas flutuações também foram observadas para o tratamento SDH, porém em menor amplitude, em virtude da menor variação do  $\psi_w$  destas plantas (Figura 5).



**Figura 5** Fotossíntese líquida (A) e potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) de clones de eucalipto (PL3281; PL3334; PL3335; PL3336; PL3367; PL3487 e PL40) em função do tempo de aplicação dos diferentes regimes hídricos (sem déficit hídrico (SDH) e déficit hídrico cíclico (DHc)).

**Tabela 8:** Taxas fotossintéticas de clones de eucalipto, após aplicação dos tratamentos sem restrição hídrica (controle) e déficit hídrico cíclico (DHc), no início e final de cada ciclo

Clone	Início 1° Ciclo		Início 2° Ciclo		Início 3° Ciclo	
	Controle	DHc	Controle	DHc	Controle	DHc
	Fotossíntese - A (umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	21.28 <sup>A</sup> ± 0.96	20.51 <sup>A ns</sup> ± 2.12	21.52 <sup>A</sup> ± 0.80	17.42 <sup>B *</sup> ± 0.15	16.53 <sup>A</sup> ± 2.38	8.16 <sup>A *</sup> ± 0.53
PL3334	22.07 <sup>A</sup> ± 0.93	22.51 <sup>A ns</sup> ± 1.63	21.59 <sup>A</sup> ± 1.78	20.54 <sup>A ns</sup> ± 1.86	18.38 <sup>A</sup> ± 2.37	11.92 <sup>A *</sup> ± 1.85
PL3335	21.21 <sup>A</sup> ± 1.22	21.66 <sup>A ns</sup> ± 2.99	21.53 <sup>A</sup> ± 0.36	18.92 <sup>B ns</sup> ± 1.57	18.57 <sup>A</sup> ± 1.09	10.21 <sup>A *</sup> ± 0.25
PL3336	22.60 <sup>A</sup> ± 1.14	22.58 <sup>A ns</sup> ± 0.76	22.82 <sup>A</sup> ± 2.12	18.47 <sup>A ns</sup> ± 0.45	18.65 <sup>A</sup> ± 1.91	12.63 <sup>A *</sup> ± 2.29
PL3367	24.15 <sup>A</sup> ± 0.89	23.73 <sup>A ns</sup> ± 0.15	25.60 <sup>A</sup> ± 0.94	21.21 <sup>A ns</sup> ± 1.63	18.40 <sup>A</sup> ± 1.03	9.45 <sup>A *</sup> ± 1.49
PL3487	21.63 <sup>A</sup> ± 1.29	22.08 <sup>A ns</sup> ± 0.84	21.25 <sup>A</sup> ± 1.42	15.96 <sup>B *</sup> ± 0.89	17.69 <sup>A</sup> ± 1.36	9.59 <sup>A *</sup> ± 1.17
PL40	22.59 <sup>A</sup> ± 0.58	24.32 <sup>A ns</sup> ± 0.9	25.40 <sup>A</sup> ± 0.95	20.48 <sup>A *</sup> ± 1.73	22.50 <sup>A</sup> ± 2.68	12.87 <sup>A *</sup> ± 0.64
<b>Média</b>	<b>22.22</b>	<b>22.48</b>	<b>22.82</b>	<b>19.00</b>	<b>18.67</b>	<b>10.69</b>
<b>CV médias</b>	<b>1.1%</b>	<b>4.3%</b>	<b>2.7%</b>	<b>3.6%</b>	<b>3.6%</b>	<b>7.0%</b>

Clone	Final 1° Ciclo		Final 2° Ciclo		Final 3° Ciclo	
	Controle	DHc	Controle	DHc	Controle	DHc
	Fotossíntese - A (umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	14.64 <sup>A</sup> ± 1.04	2.47 <sup>B *</sup> ± 0.48	17.87 <sup>A</sup> ± 1.23	5.67 <sup>A *</sup> ± 0.3	20.54 <sup>A</sup> ± 0.57	10.41 <sup>A *</sup> ± 0.41
PL3334	15.42 <sup>A</sup> ± 3.15	6.35 <sup>A *</sup> ± 1.34	22.07 <sup>A</sup> ± 1.84	4.20 <sup>A *</sup> ± 1.97	23.37 <sup>A</sup> ± 1.4	11.42 <sup>A *</sup> ± 3.46
PL3335	15.61 <sup>A</sup> ± 1.89	3.47 <sup>B *</sup> ± 0.32	20.68 <sup>A</sup> ± 1.43	6.07 <sup>A *</sup> ± 0.83	21.90 <sup>A</sup> ± 0.31	12.90 <sup>A *</sup> ± 1.25
PL3336	15.26 <sup>A</sup> ± 2.92	3.19 <sup>B *</sup> ± 1.68	18.80 <sup>A</sup> ± 1.63	6.12 <sup>A *</sup> ± 1.36	21.60 <sup>A</sup> ± 1.9	10.88 <sup>A *</sup> ± 3.92
PL3367	16.24 <sup>A</sup> ± 0.75	3.93 <sup>B *</sup> ± 0.59	19.01 <sup>A</sup> ± 1.52	5.47 <sup>A *</sup> ± 1.49	23.86 <sup>A</sup> ± 1.67	10.99 <sup>A *</sup> ± 1.72
PL3487	15.10 <sup>A</sup> ± 0.78	2.01 <sup>B *</sup> ± 0.59	20.49 <sup>A</sup> ± 0.60	5.65 <sup>A *</sup> ± 1.4	21.78 <sup>A</sup> ± 1.05	10.62 <sup>A *</sup> ± 0.99
PL40	18.81 <sup>A</sup> ± 0.39	4.65 <sup>B *</sup> ± 1.06	21.65 <sup>A</sup> ± 2.68	6.50 <sup>A *</sup> ± 0.82	24.60 <sup>A</sup> ± 0.56	16.51 <sup>A *</sup> ± 0.12
<b>Média</b>	<b>15.87</b>	<b>3.72</b>	<b>20.08</b>	<b>5.67</b>	<b>22.52</b>	<b>11.96</b>
<b>CV médias</b>	<b>8.7%</b>	<b>39.0%</b>	<b>7.8%</b>	<b>13.0%</b>	<b>6.4%</b>	<b>18.1%</b>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (p<0.10). \*: contrastes significativos a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

**Tabela 9:** Condutância estomática de clones de eucalipto, após aplicação dos tratamentos sem restrição hídrica (controle) e déficit hídrico cíclico (DHc), no início e final de cada ciclo

Clone	Início 1° Ciclo		Início 2° Ciclo		Início 3° Ciclo	
	Controle	DHC	Controle	DHc	Controle	DHC
	Condutância estomática - $g_s$ (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	0.564 <sup>A</sup> ± 0.033	0.627 <sup>A</sup> ± 0.024	0.607 <sup>A</sup> ± 0.007	0.401 <sup>A</sup> ± 0.032	0.333 <sup>A</sup> ± 0.062	0.089 <sup>A</sup> ± 0.002
PL3334	0.632 <sup>A</sup> ± 0.032	0.701 <sup>A</sup> ± 0.03	0.651 <sup>A</sup> ± 0.01	0.491 <sup>A</sup> ± 0.026	0.434 <sup>A</sup> ± 0.011	0.136 <sup>A</sup> ± 0.036
PL3335	0.630 <sup>A</sup> ± 0.014	0.717 <sup>A</sup> ± 0.04	0.640 <sup>A</sup> ± 0.017	0.513 <sup>A</sup> ± 0.056	0.455 <sup>A</sup> ± 0.026	0.113 <sup>A</sup> ± 0.006
PL3336	0.587 <sup>A</sup> ± 0.039	0.619 <sup>A</sup> ± 0.022	0.604 <sup>A</sup> ± 0.064	0.391 <sup>A</sup> ± 0.049	0.451 <sup>A</sup> ± 0.018	0.186 <sup>A</sup> ± 0.029
PL3367	0.639 <sup>A</sup> ± 0.025	0.688 <sup>A</sup> ± 0.027	0.695 <sup>A</sup> ± 0.005	0.501 <sup>A</sup> ± 0.042	0.425 <sup>A</sup> ± 0.005	0.104 <sup>A</sup> ± 0.022
PL3487	0.551 <sup>A</sup> ± 0.04	0.592 <sup>A</sup> ± 0.009	0.537 <sup>A</sup> ± 0.056	0.317 <sup>A</sup> ± 0.032	0.355 <sup>A</sup> ± 0.029	0.108 <sup>A</sup> ± 0.015
PL40	0.562 <sup>A</sup> ± 0.018	0.616 <sup>A</sup> ± 0.027	0.651 <sup>A</sup> ± 0.039	0.545 <sup>A</sup> ± 0.054	0.471 <sup>A</sup> ± 0.006	0.164 <sup>A</sup> ± 0.006
<b>Média</b>	<b>0.595</b>	<b>0.651</b>	<b>0.627</b>	<b>0.451</b>	<b>0.418</b>	<b>0.128</b>
<b>CV médias</b>	<b>6.3%</b>	<b>7.6%</b>	<b>8.0%</b>	<b>18.3%</b>	<b>12.6%</b>	<b>27.5%</b>

Clone	Final 1° Ciclo		Final 2° Ciclo		Final 3° Ciclo	
	Controle	DHC	Controle	DHc	Controle	DHC
	Condutância estomática - $g_s$ (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	0.514 <sup>A</sup> ± 0.04	0.047 <sup>A</sup> ± 0.012	0.400 <sup>A</sup> ± 0.077	0.045 <sup>A</sup> ± 0.004	0.534 <sup>A</sup> ± 0.059	0.09 <sup>A</sup> ± 0.007
PL3334	0.700 <sup>A</sup> ± 0.073	0.082 <sup>A</sup> ± 0.02	0.570 <sup>A</sup> ± 0.094	0.030 <sup>A</sup> ± 0.013	0.633 <sup>A</sup> ± 0.026	0.101 <sup>A</sup> ± 0.039
PL3335	0.650 <sup>A</sup> ± 0.021	0.056 <sup>A</sup> ± 0.011	0.583 <sup>A</sup> ± 0.043	0.047 <sup>A</sup> ± 0.006	0.600 <sup>A</sup> ± 0.029	0.117 <sup>A</sup> ± 0.017
PL3336	0.494 <sup>A</sup> ± 0.057	0.059 <sup>A</sup> ± 0.019	0.529 <sup>A</sup> ± 0.048	0.050 <sup>A</sup> ± 0.013	0.604 <sup>A</sup> ± 0.014	0.112 <sup>A</sup> ± 0.044
PL3367	0.637 <sup>A</sup> ± 0.055	0.055 <sup>A</sup> ± 0.008	0.464 <sup>A</sup> ± 0.052	0.037 <sup>A</sup> ± 0.012	0.67 <sup>A</sup> ± 0.063	0.086 <sup>A</sup> ± 0.02
PL3487	0.546 <sup>A</sup> ± 0.011	0.323 <sup>B</sup> ± 0.281	0.517 <sup>A</sup> ± 0.067	0.042 <sup>A</sup> ± 0.013	0.512 <sup>A</sup> ± 0.047	0.085 <sup>A</sup> ± 0.013
PL40	0.682 <sup>A</sup> ± 0.042	0.074 <sup>A</sup> ± 0.016	0.496 <sup>A</sup> ± 0.135	0.051 <sup>A</sup> ± 0.006	0.634 <sup>A</sup> ± 0.027	0.175 <sup>A</sup> ± 0.008
<b>Média</b>	<b>0.603</b>	<b>0.100</b>	<b>0.509</b>	<b>0.043</b>	<b>0.598</b>	<b>0.110</b>
<b>CV médias</b>	<b>13.9%</b>	<b>99.3%</b>	<b>12.4%</b>	<b>17.4%</b>	<b>9.5%</b>	<b>28.6%</b>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (p<0.10). \*: contrastes significativos a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

**Tabela 10:** Concentração interna de CO<sub>2</sub> de clones de eucalipto, após aplicação dos tratamentos sem restrição hídrica (controle) e déficit hídrico cíclico (DHc), no início e final de cada ciclo

Clone	Início 1° Ciclo		Início 2° Ciclo		Início 3° Ciclo	
	Controle	DHC	Controle	DHC	Controle	DHC
	Concentração interna de CO <sub>2</sub> - Ci (umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	289.47 <sup>A</sup> ± 2.27	299.00 <sup>A</sup> ± 7.23	291.61 <sup>A</sup> ± 3.51	287.38 <sup>A</sup> ± 5.78	293.68 <sup>A</sup> ± 7.66	225.09 <sup>A</sup> ± 6.80
PL3334	293.51 <sup>A</sup> ± 2.74	295.60 <sup>A</sup> ± 4.89	295.31 <sup>A</sup> ± 8.67	285.74 <sup>A</sup> ± 6.62	307.72 <sup>A</sup> ± 10.69	224.65 <sup>A</sup> ± 15.99
PL3335	296.82 <sup>A</sup> ± 4.77	300.60 <sup>A</sup> ± 9.60	294.74 <sup>A</sup> ± 0.50	296.20 <sup>A</sup> ± 1.78	310.67 <sup>A</sup> ± 0.93	223.78 <sup>A</sup> ± 5.40
PL3336	286.31 <sup>A</sup> ± 1.97	288.20 <sup>A</sup> ± 5.26	285.36 <sup>A</sup> ± 3.62	278.85 <sup>A</sup> ± 6.38	310.36 <sup>A</sup> ± 7.51	263.81 <sup>B</sup> ± 7.96
PL3367	284.20 <sup>A</sup> ± 3.08	289.84 <sup>A</sup> ± 1.62	280.72 <sup>A</sup> ± 3.61	283.17 <sup>A</sup> ± 3.42	307.26 <sup>A</sup> ± 4.23	222.38 <sup>A</sup> ± 9.26
PL3487	286.72 <sup>A</sup> ± 2.78	287.94 <sup>A</sup> ± 2.97	285.08 <sup>A</sup> ± 1.34	279.17 <sup>A</sup> ± 2.99	296.51 <sup>A</sup> ± 9.06	230.11 <sup>A</sup> ± 3.84
PL40	283.10 <sup>A</sup> ± 2.69	280.26 <sup>A</sup> ± 1.73	277.62 <sup>B</sup> ± 2.80	292.02 <sup>A</sup> ± 3.15	297.85 <sup>A</sup> ± 10.60	244.13 <sup>B</sup> ± 10.27
<b>Média</b>	<b>288.593</b>	<b>291.649</b>	<b>287.209</b>	<b>286.082</b>	<b>303.439</b>	<b>233.427</b>
<b>CV médias</b>	<b>1.7%</b>	<b>2.5%</b>	<b>2.4%</b>	<b>2.2%</b>	<b>2.4%</b>	<b>6.6%</b>

Clone	Final 1° Ciclo		Final 2° Ciclo		Final 3° Ciclo	
	Controle	DHC	Controle	DHC	Controle	DHC
	Concentração interna de CO <sub>2</sub> - Ci (umol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	316.80 <sup>A</sup> ± 3.30	300.65 <sup>A</sup> ± 6.103	271.79 <sup>A</sup> ± 13.45	169.79 <sup>A</sup> ± 9.66	284.42 <sup>A</sup> ± 6.778	180.64 <sup>B</sup> ± 6.472
PL3334	327.00 <sup>A</sup> ± 12.96	253.17 <sup>B</sup> ± 9.331	279.72 <sup>A</sup> ± 5.452	172.17 <sup>A</sup> ± 28.36	283.33 <sup>A</sup> ± 5.682	165.15 <sup>B</sup> ± 21.458
PL3335	323.66 <sup>A</sup> ± 7.65	282.38 <sup>A</sup> ± 9.059	289.05 <sup>A</sup> ± 5.35	164.95 <sup>A</sup> ± 4.07	286.26 <sup>A</sup> ± 2.956	184.15 <sup>B</sup> ± 9.194
PL3336	313.28 <sup>A</sup> ± 11.57	308.97 <sup>A</sup> ± 19.569	291.68 <sup>A</sup> ± 7.453	172.11 <sup>A</sup> ± 5.87	289.65 <sup>A</sup> ± 6.913	202.18 <sup>A</sup> ± 6.708
PL3367	319.45 <sup>A</sup> ± 1.70	269.02 <sup>B</sup> ± 10.929	281.963 <sup>A</sup> ± 3.691	134.44 <sup>B</sup> ± 7.08	285.19 <sup>A</sup> ± 2.481	157.54 <sup>B</sup> ± 13.601
PL3487	319.00 <sup>A</sup> ± 3.26	325.74 <sup>A</sup> ± 30.88	281.58 <sup>A</sup> ± 6.055	150.40 <sup>A</sup> ± 10.34	277.40 <sup>A</sup> ± 1.96	166.77 <sup>B</sup> ± 11.706
PL40	311.35 <sup>A</sup> ± 4.64	282.90 <sup>A</sup> ± 3.927	263.77 <sup>A</sup> ± 12.79	170.05 <sup>A</sup> ± 5.31	278.35 <sup>A</sup> ± 0.835	206.57 <sup>A</sup> ± 5.302
<b>Média</b>	<b>318.651</b>	<b>288.981</b>	<b>279.940</b>	<b>161.994</b>	<b>283.518</b>	<b>180.435</b>
<b>CV médias</b>	<b>1.7%</b>	<b>8.5%</b>	<b>3.4%</b>	<b>8.9%</b>	<b>1.5%</b>	<b>10.4%</b>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (p<0.10). \*: contrastes significativos a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

**Tabela 11:** Transpiração de clones de eucalipto, após aplicação dos tratamentos sem restrição hídrica (controle) e déficit hídrico cíclico (DHC), no início e final de cada ciclo

Clone	Início 1º Ciclo		Início 2º Ciclo		Início 3º Ciclo	
	Controle	DHC	Controle	DHC	Controle	DHC
	Transpiração - E (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	5.10 <sup>A</sup> ± 0.417	6.03 <sup>A</sup> ± 0.12	5.63 <sup>A</sup> ± 0.165	3.74 <sup>A</sup> ± 0.213	6.59 <sup>A</sup> ± 0.644	3.68 <sup>C</sup> ± 0.126
PL3334	4.88 <sup>A</sup> ± 0.705	6.54 <sup>A</sup> ± 0.294	5.73 <sup>A</sup> ± 0.319	4.21 <sup>A</sup> ± 0.353	7.91 <sup>A</sup> ± 0.809	4.84 <sup>A</sup> ± 0.688
PL3335	4.99 <sup>A</sup> ± 0.554	6.50 <sup>A</sup> ± 0.177	5.65 <sup>A</sup> ± 0.442	4.24 <sup>A</sup> ± 0.456	7.80 <sup>A</sup> ± 0.902	4.34 <sup>A</sup> ± 0.223
PL3336	4.86 <sup>A</sup> ± 0.584	6.14 <sup>A</sup> ± 0.205	5.44 <sup>A</sup> ± 0.461	3.72 <sup>A</sup> ± 0.261	7.78 <sup>A</sup> ± 1.089	6.37 <sup>B</sup> ± 0.573
PL3367	5.55 <sup>A</sup> ± 0.184	6.14 <sup>A</sup> ± 0.142	6.17 <sup>A</sup> ± 0.182	4.18 <sup>A</sup> ± 0.213	7.28 <sup>A</sup> ± 0.668	4.24 <sup>A</sup> ± 0.833
PL3487	4.83 <sup>A</sup> ± 0.429	6.01 <sup>A</sup> ± 0.275	5.27 <sup>A</sup> ± 0.415	3.40 <sup>A</sup> ± 0.282	6.58 <sup>A</sup> ± 0.595	4.08 <sup>A</sup> ± 0.361
PL40	5.18 <sup>A</sup> ± 0.243	6.05 <sup>A</sup> ± 0.16	5.93 <sup>A</sup> ± 0.219	4.50 <sup>A</sup> ± 0.337	7.96 <sup>A</sup> ± 0.865	6.13 <sup>B</sup> ± 0.353
<b>Média</b>	<b>5.059</b>	<b>6.205</b>	<b>5.691</b>	<b>4.003</b>	<b>7.427</b>	<b>4.815</b>
<b>CV médias</b>	<b>5.0%</b>	<b>3.6%</b>	<b>5.3%</b>	<b>9.6%</b>	<b>8.2%</b>	<b>21.7%</b>

Clone	Final 1º Ciclo		Final 2º Ciclo		Final 3º Ciclo	
	Controle	DHC	Controle	DHC	Controle	DHC
	Transpiração - E (mol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
PL3281	3.95 <sup>A</sup> ± 0.221	0.68 <sup>A</sup> ± 0.142	6.79 <sup>A</sup> ± 0.668	1.38 <sup>A</sup> ± 0.103	6.03 <sup>A</sup> ± 0.274	1.77 <sup>B</sup> ± 0.207
PL3334	4.29 <sup>A</sup> ± 0.156	1.22 <sup>B</sup> ± 0.297	7.82 <sup>A</sup> ± 0.705	0.97 <sup>A</sup> ± 0.389	6.92 <sup>A</sup> ± 0.449	1.85 <sup>B</sup> ± 0.565
PL3335	4.17 <sup>A</sup> ± 0.135	0.86 <sup>A</sup> ± 0.184	7.97 <sup>A</sup> ± 0.558	1.48 <sup>A</sup> ± 0.191	6.60 <sup>A</sup> ± 0.591	2.11 <sup>A</sup> ± 0.115
PL3336	3.84 <sup>A</sup> ± 0.243	0.86 <sup>A</sup> ± 0.25	7.63 <sup>A</sup> ± 0.615	1.48 <sup>A</sup> ± 0.351	6.32 <sup>A</sup> ± 0.366	1.85 <sup>B</sup> ± 0.588
PL3367	4.35 <sup>A</sup> ± 0.082	0.801 <sup>A</sup> ± 0.1	7.28 <sup>A</sup> ± 0.597	1.12 <sup>A</sup> ± 0.297	6.63 <sup>A</sup> ± 0.236	1.60 <sup>B</sup> ± 0.253
PL3487	3.95 <sup>A</sup> ± 0.101	2.22 <sup>C</sup> ± 1.565	7.44 <sup>A</sup> ± 0.366	1.28 <sup>A</sup> ± 0.275	6.09 <sup>A</sup> ± 0.371	1.62 <sup>B</sup> ± 0.091
PL40	4.33 <sup>A</sup> ± 0.059	0.99 <sup>A</sup> ± 0.187	7.27 <sup>A</sup> ± 1.203	1.58 <sup>A</sup> ± 0.216	6.58 <sup>A</sup> ± 0.448	2.82 <sup>A</sup> ± 0.263
<b>Média</b>	<b>4.129</b>	<b>1.096</b>	<b>7.460</b>	<b>1.330</b>	<b>6.459</b>	<b>1.950</b>
<b>CV médias</b>	<b>5.1%</b>	<b>47.9%</b>	<b>5.3%</b>	<b>16.3%</b>	<b>5.0%</b>	<b>21.7%</b>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (p<0.10). \*: contrastes significativos a 5 % de probabilidade, pelo teste F.



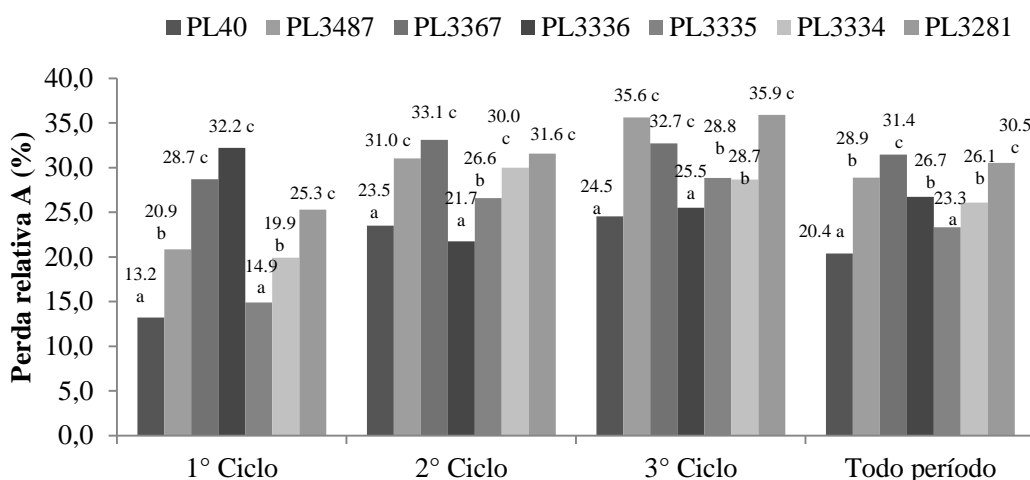
No início do primeiro ciclo de seca, não foram verificadas diferenças estatísticas ( $P < 0,05$ ) entre as taxas fotossintéticas dos clones no tratamento sem déficit (SDH) e no déficit hídrico cíclico (DHc). Também não foram verificadas diferenças significativas ( $P < 0,10$ ) nas taxas de A entre os clones dentro de um mesmo tratamento (Tabela 8). Ao final do primeiro ciclo de seca (144 horas), houve decréscimo significativo das taxas de fotossíntese nas mudas submetidas ao déficit hídrico. Em média a redução da fotossíntese foi de 76,5%. O clone PL3334 apresentou o menor decréscimo no valor de A (58,8%), enquanto que os outros clones não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p < 0,10$ ).

No início do segundo ciclo, após ressuprimento de água, houve recuperação das taxas fotossintéticas em todos os clones do tratamento DHc. Os clones PL3334; PL3335, PL3336 e PL3367 apresentaram taxas de recuperação mais elevadas, não apresentando diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle irrigado. Ao final do segundo ciclo de seca (312 horas) novamente foram verificadas reduções nos valores de A em todos os clones submetidos à restrição hídrica, porém, desta vez, ligeiramente menor que no primeiro ciclo. Em média a redução da fotossíntese foi de 71,7%.

No início do terceiro ciclo, após reirrigação, as plantas submetidas ao tratamento DHc não apresentaram recuperação plena das taxas de fotossíntese, em relação ao tratamento controle. A recuperação nos valores de A foi menor que a observada no início do segundo ciclo, mesmo após elevação do potencial hídrico foliar. Ao final do terceiro ciclo de restrição (456 horas), os clones praticamente não apresentaram redução nas taxas de A, em relação ao início do ciclo. A diferença de fotossíntese média entre o controle (SDH) e as plantas submetidas ao déficit hídrico foi de 46,9%.

Ao final de cada ciclo de seca foi possível observar que os decréscimos relativos nos valores de A, em relação ao controle foram menores. Essa resposta pode indicar que houve aclimação dos clones ao déficit hídrico, através de um melhor controle estomático. Segundo Reis et al. (1988), após experimentar vários ciclos de deficiência hídrica, as mudas de eucalipto podem apresentar ajustes relativos ao controle estomático. Porém, é importante destacar que os menores decréscimos observados ao longo dos ciclos, em relação ao controle, referem-se a valores instantâneos de fotossíntese. Ao se considerar o efeito acumulado do déficit hídrico sobre a fotossíntese

durante todo período é possível verificar perdas relativas em A, diferenciadas entre os materiais genéticos em relação ao controle (Figura 6).



**Figura 6:** Perdas relativas ao tratamento controle na taxa de fotossíntese líquida (A relativa - %) em clones de eucalipto (PL3281; PL3334; PL3335; PL3336; PL3367; PL3487 e PL40) submetidos à ciclos de omissão e ressurgimento de água (DHc).

As maiores perdas relativas de fotossíntese acumuladas durante todo o ciclo foram apresentadas pelos clones PL3367 e PL3281, os quais apresentaram reduções médias nos valores de A de 31,4% e 30,5%, respectivamente. Já os clones PL40 e PL3335 registraram as menores perdas relativas, com valores médios de 20,4% e 23,3%, respectivamente. A diferença no comportamento dos materiais genéticos indica capacidade de resiliências diferenciada após resurgimento.

Segundo Kozłowski e Pallardy (1996), a recuperação das plantas após sua exposição à deficiência hídrica severa pode demandar vários dias, dependendo da severidade e duração dessa deficiência e da capacidade das plantas de recuperar a sua capacidade fotossintética, associada à sua resistência ao déficit hídrico. Stoneman et al. (1994), submetendo mudas de *E. marginata* a ciclos sucessivos de seca, avaliaram a sua fotossíntese durante e após o período de déficit hídrico. As plantas apresentaram, no período de déficit hídrico, redução drástica na taxa fotossintética, recuperando os valores de fotossíntese dois dias após a reirrigação.

A queda nas taxas fotossintéticas, ao final dos períodos de restrição, pode ser explicada pela redução na condução estomática (gs) e, conseqüentemente, redução na

concentração interna de CO<sub>2</sub>, em todos os clones em relação ao controle (Tabelas 9 e 10). Este comportamento sugere que a principal limitação pode ter sido estomática.

#### Fluorescência da Clorofila a

Não foram observadas diferenças estatísticas na relação Fv/Fm, ( $p < 0,05$ ) entre plantas do controle e aquelas submetidas à restrição hídrica, no início e nem no final do terceiro ciclo de restrição e ressuprimento (Tabela 12). Os valores médios apresentados tanto pelo controle como pelo DHc foram superiores à 0,75, valor considerado como limitante pela literatura (Bolhàr-Nordenkampf et al., 1989). Não foi possível verificar reduções no Y<sub>II</sub> e nem na ETR dos tratamentos submetidos à omissão de água, em relação a controle. Pelo contrário, a omissão de água promoveu um aumento médio de 43,8% da Y<sub>II</sub>, e 43,6% da ETR em relação ao controle.

**Tabela 12:** Rendimentos quânticos potencial do PS<sub>II</sub> (Fv/Fm), rendimentos quânticos efetivos do fluxo linear de elétrons pelo FS<sub>II</sub> (Y<sub>II</sub>) e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR) em clones de eucalipto, no início e no final do 3º ciclo de restrição/ressuprimento

Clone	Início 3º Ciclo		Final 3º Ciclo	
	Controle	DHc	Controle	DHc
	Fv/Fm			
PL3281	0.841 <sup>A</sup> ± 0.002	0.819 <sup>A ns</sup> ± 0.003	0.843 <sup>A</sup> ± 0.003	0.817 <sup>A ns</sup> ± 0.001
PL3334	0.836 <sup>A</sup> ± 0.009	0.825 <sup>A ns</sup> ± 0.008	0.839 <sup>A</sup> ± 0.006	0.827 <sup>A ns</sup> ± 0.008
PL3335	0.834 <sup>A</sup> ± 0.002	0.819 <sup>A ns</sup> ± 0.005	0.836 <sup>A</sup> ± 0.001	0.825 <sup>A ns</sup> ± 0.005
PL3336	0.831 <sup>A</sup> ± 0.003	0.820 <sup>A ns</sup> ± 0.007	0.838 <sup>A</sup> ± 0.006	0.817 <sup>A ns</sup> ± 0.005
PL3367	0.834 <sup>A</sup> ± 0.002	0.825 <sup>A ns</sup> ± 0.01	0.839 <sup>A</sup> ± 0.002	0.813 <sup>A ns</sup> ± 0.006
PL3487	0.835 <sup>A</sup> ± 0.005	0.816 <sup>A ns</sup> ± 0.004	0.836 <sup>A</sup> ± 0.003	0.816 <sup>A ns</sup> ± 0.005
PL40	0.837 <sup>A</sup> ± 0.004	0.815 <sup>A ns</sup> ± 0.013	0.837 <sup>A</sup> ± 0.004	0.823 <sup>A ns</sup> ± 0.003
<b>Média</b>	<b>0.835</b>	<b>0.820</b>	<b>0.838</b>	<b>0.820</b>
<b>CV médias</b>	<b>0.4%</b>	<b>0.5%</b>	<b>0.3%</b>	<b>0.6%</b>
	Y <sub>II</sub>			
PL3281	0.192 <sup>A</sup> ± 0.019	0.221 <sup>A ns</sup> ± 0.003	0.143 <sup>A</sup> ± 0.019	0.189 <sup>A *</sup> ± 0.02
PL3334	0.198 <sup>A</sup> ± 0.01	0.199 <sup>A ns</sup> ± 0.011	0.151 <sup>A</sup> ± 0.007	0.211 <sup>A *</sup> ± 0.01
PL3335	0.220 <sup>A</sup> ± 0.036	0.238 <sup>A ns</sup> ± 0.006	0.146 <sup>A</sup> ± 0.016	0.207 <sup>A *</sup> ± 0.01
PL3336	0.185 <sup>A</sup> ± 0.011	0.249 <sup>A *</sup> ± 0.019	0.144 <sup>A</sup> ± 0.013	0.221 <sup>A *</sup> ± 0.02
PL3367	0.221 <sup>A</sup> ± 0.018	0.262 <sup>A *</sup> ± 0.022	0.148 <sup>A</sup> ± 0.011	0.215 <sup>A *</sup> ± 0.009
PL3487	0.189 <sup>A</sup> ± 0.015	0.23 <sup>A *</sup> ± 0.035	0.147 <sup>A</sup> ± 0.01	0.220 <sup>A *</sup> ± 0.015
PL40	0.222 <sup>A</sup> ± 0.029	0.254 <sup>A ns</sup> ± 0.007	0.144 <sup>A</sup> ± 0.015	0.209 <sup>A *</sup> ± 0.016
<b>Média</b>	<b>0.204</b>	<b>0.236</b>	<b>0.146</b>	<b>0.21</b>
<b>CV médias</b>	<b>8.1%</b>	<b>9.1%</b>	<b>2.0%</b>	<b>5.1%</b>

Continua...

**Continuação da Tabela 12:**

Clone	Início 3º Ciclo		Final 3º Ciclo	
	Controle	DHc	Controle	DHc
	ETR			
PL3281	121.02 <sup>A</sup> ± 11.84	139.08 <sup>C</sup> * ± 2.03	90.09 <sup>A</sup> ± 11.88	119.19 <sup>A</sup> * ± 12.65
PL3334	124.61 <sup>A</sup> ± 6.21	125.53 <sup>B</sup> * ± 6.68	95.41 <sup>A</sup> ± 4.08	132.87 <sup>A</sup> * ± 6.43
PL3335	138.29 <sup>B</sup> ± 22.55	149.91 <sup>B</sup> * ± 3.78	91.81 <sup>A</sup> ± 10.03	130.23 <sup>A</sup> * ± 6.33
PL3336	116.45 <sup>A</sup> ± 6.92	156.68 <sup>A</sup> * ± 11.74	90.87 <sup>A</sup> ± 8.43	139.24 <sup>A</sup> * ± 12.49
PL3367	139.42 <sup>B</sup> ± 11.07	164.87 <sup>A</sup> * ± 13.56	93.32 <sup>A</sup> ± 6.93	135.10 <sup>A</sup> * ± 5.91
PL3487	119.07 <sup>A</sup> ± 9.64	144.89 <sup>A</sup> * ± 21.97	92.56 <sup>A</sup> ± 6.04	138.62 <sup>A</sup> * ± 9.7
PL40	139.62 <sup>B</sup> ± 18.43	160.01 <sup>A</sup> * ± 4.17	90.61 <sup>A</sup> ± 9.42	131.40 <sup>A</sup> * ± 10.34
<b>Média</b>	<b>128.35</b>	<b>148.708</b>	<b>92.095</b>	<b>132.379</b>
<b>CV médias</b>	<b>8.1%</b>	<b>9.1%</b>	<b>2.0%</b>	<b>5.1%</b>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0.10$ ). <sup>ns</sup>, \*: contrastes não significativo, e significativos a 5 % de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

Conforme evidenciado na Tabela 5, a redução nos valores de Ci, observada nos tratamentos com déficit hídrico severo (DH), mostraram que mais CO<sub>2</sub> está sendo consumido e que as quedas em A não estariam associadas a limitações bioquímicas, indicando que durante os ciclos de restrição e ressurgimento não ocorreram danos significativos aos centros de reação da fotossíntese, resultado esse também observado pelos resultados de fluorescência.

### 3.3. Comparação entre mudas (viveiro) e árvores (campo)

Houve diferenças ( $p < 0,10$ ) nos percentuais de mortalidade exibidos pelos clones no experimento de campo (Tabela 9). Os clones PL3334 e PL3281 apresentaram os maiores valores de mortalidades, 53,7% e 39,2%, respectivamente. O clone PL40 não apresentou nenhuma planta morta, enquanto que o PL3335 atingiu mortalidade média de 9,3% (Tabela 13). As mortes ocorreram após um período de seca prolongada, com oito meses com forte restrição hídrica (Figura 1). Segundo Nunes (2010), os clones PL3334 e PL3335 foram considerados susceptíveis e tolerantes ao déficit hídrico, respectivamente nas regiões de Brasília de Minas e Bocaiúva.

Conforme discutido no item 3.1, o número de mudas túrgidas no Tg90 apresentou correlações significativa com todos os parâmetros fisiológicos avaliados, sendo sugerida a utilização do mesmo como indicador prático de seleção precoce.

Considerando o teste Scott-Knott ( $p < 0,15$ ) aplicado no experimento de viveiro, os clones foram alocados em três grupos, em função do tempo necessário para atingirem o valor de Tg90. No teste de campo foram diferenciados dois grupos, em função dos percentuais de mortalidade apresentados pelos clones (Tabela 13).

**Tabela 13:** Mortalidade média de clones de eucalipto nos experimentos de campo, implantados em Brasília de Minas e Coração de Jesus/MG e tempo necessário para atingir o valor de Tg90 nas plantas submetidas ao déficit hídrico severo (DH).

CLONE	Campo	Viveiro	Ranking	
	Mortalidade (%)	Tempo Tg90	Campo	Viveiro
PL40	0.0 A	205.1 A	1	1
3335	9.3 A	194.9 A	2	2
3487	14.0 A	189.2 A	3	3
3281	39.2 B	161.8 C	4	6
3336	45.5 B	182.1 B	5	4
3334	53.7 B	180.2 B	6	5

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,10$  e  $p < 0,15$ , no campo e viveiro respectivamente).

A partir da comparação dos grupos formados em campo e no viveiro, é possível observar que os clones com menor mortalidade no campo também apresentaram maiores tempos para atingirem o valor de Tg90, enquanto que os clones com maior mortalidade em campo o fizeram num tempo menor no viveiro. O coeficiente de correlação de Spearman entre o ranking dos clones no campo e no viveiro foi de 0,8285 ( $p < 0,05$ ), indicando alta relação entre a mortalidade no campo e o número de mudas no Tg90. Esse resultado indica que a seleção precoce quanto à tolerância ao déficit hídrico pode ser conduzida no viveiro, submetendo às mudas à restrição hídrica.

#### **4. CONCLUSÕES**

Utilização de testes em nível de viveiro demonstrou que plantas mais tolerantes ao déficit hídrico apresentaram maior tempo para alcançar Tg90 associada a reduções na taxa fotossintética, provavelmente ocasionada por limitações estomáticas, sem, contudo gerar danos fotoquímicos e,ou, bioquímicos. Em conjunto esses resultados garantem que materiais tolerantes mantenham-se melhor hidratados, por períodos de tempo maiores, suportando assim situações de déficit hídrico.

Os resultados observados em viveiro foram extremamente associados com resultados obtidos em nível de campo, demonstrando ou produzindo um indicador prático para testes de tolerância ao déficit hídrico.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira De Produtores De Florestas Plantadas. Anuário Estatístico Da ABRAF: Ano Base 2012. Brasília, 2013, 148p.

BILGER, W. & BJÖRKMAN, O. Role of the xanthophyllcycle in photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. *Photos. Res.*, 25:173-185, 1990.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origin. *Planta*, New York, v.170, p.489-504. 1987

BOLHAR-NORDENKAMPF, H.R.; LONG, S.P.; BAKER, N.R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.L.E.G. & LECHNER, E.G. Chlorophyll Fluorescence As A Probe Of The Photosynthetic Competence Of Leaves In The Field: A Review Of Current Instrumentation. *Funct. Ecol.*, 4:497-514, 1989.

BRAY, E.A. Plant Responses To Water Deficit. *Trends In Plant Science*, V.2, P.48-54, 1997.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F. Déficit Hídrico E Os Processos Morfológicos E 31 Fisiológicos Das Plantas. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, V.2, 32 N.3, P.287-294, 1998

CALLISTER, A.N.; ARNDT, S.K.; ADAMS, M.A. Comparison Of Four Methods For Measuring Osmotic Potential Of Tree Leaves. *Physiologia Plantarum*, V.127, P.383-392, 2006.

CHAVES M. Effects of water deficits on carbon assimilation. *J.of Experim.Botany*. 42:1-16. 1991

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*, V.28, N.3, P.333-341, 2004.

DURÃES, F. O. M. -Fotossíntese E Fluorescência Da Clorofila: Parâmetros Indicadores De Tolerância A Estresses. Disponível Em: [Www.Cnpms.Embrapa.Br/Nucleos/NeaGest002.Html/Pesquisa/](http://Www.Cnpms.Embrapa.Br/Nucleos/NeaGest002.Html/Pesquisa/) . Acesso Em: 26 Set. 2013.

EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. 2.Ed. Rio De Janeiro, Embrapa, 2006. 306p.

EHLERINGER, J. Leaf Absorptances Of Mohave And Sonoran Desert Plants. *Oecologia*102:366-370, 1981.

FAÇANHA, J.G.V. Aspectos Fisiológicos Do Crescimento De Eucalyptus Spp. Submetidos A Deficiência Hídrica . 1983. 47f. Dissertação (Mestrado Em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 1983.

FERRAZ, R. L. de S. Aspectos morfofisiológicos, rendimento e eficiência no uso da água do meloeiro ‘Gália’ em ambiente protegido. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 957-964, 2011.

FERNANDES, L. V. ALTERAÇÕES NUTRICIONAIS, FISIOLÓGICAS E MOLECULARES EM CLONES DE EUCALIPTO SUBMETIDOS À OMISSÃO E AO RESSUPRIMENTO DE N OU P. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 111p, Viçosa, 2013.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J.M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects Of Drought On Photosynthesis In Grapevines Under Field Conditions. *Functional Plant Biology*, V.29, P.461-471, 2002.



GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M. & BAKER, N. R. The Relationship Between The Quantum Yield Of Photosynthetic Electron Transport And Quenching Of Chlorophyll Fluorescence. *Biochim. Biophys.*, 990:87-92, 1989.

GOMES, R. T. Efeito Do Espaçamento No Crescimento E Nas Relações Hídricas De *Eucalyptus* spp. Na Região De Cerrado De Minas Gerais. 1994. 85f. Dissertação (Mestrado Em Ciência Florestal) – Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 1994.

GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento De Cinco Espécies De Eucalipto Submetidas A Déficit Hídrico Em Dois Níveis De Fósforo. *Ciência Florestal*, V. 10, N. 2, P.145-161, 2000.

HENDRICKSON, L.; FURBANK, R. T. & CHOW, W. S. A Simple Alternative Approach To Assessing The Fate Of Absorbed Light Energy Using Chlorophyll Fluorescence. *Photosynt. R.*, 82:73-81, 2004.

JAMAUX, I.; STEINMETZ, A.; BELHASSEN, E. Looking For Molecular And Physiological Markers Of Osmotic Adjustment In Sunflower. *New Phytologist*, Oxford, V. 137, P. 117-127, 1997.

KELLING, C. R. S. Efeito Da Disponibilidade De Água No Solo Sobre Os Componentes Do Balanço Hídrico E O Rendimento Do Feijoeiro. 1995. 91 F. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria, 1995.

KOZLOWSKI T.T. & PALLARDY S.G. (1996) *Physiology of woody plants*. 2nd ed. San Diego, Academic Press. 411P.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. *Water Relations Of Plants And Soils*. San Diego: Academic Press, 1995. 495p.

KRAMER, D.M.; JOHNSON, G.; KIIRATS, O & EDWARDS, G.E. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. *Photosynthesis Research*, 79, 209-218, 2004.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll Fluorescence And Photosynthesis: The Basics. Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology, V.42, P.313-349, 1991.

LACHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos: Rima, 2004.

LAISK, A. & LORETO, F. Determining Photosynthetic Parameters From Leaf Co<sub>2</sub> Exchange And Chlorophyll Fluorescence. Plant Physiol. 110:903-912. 1996.

LAWLOR, D. W. Limitation To Photosynthesis In Water- Stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism And The Role Of Atp. Annals Of Botany, V. 89. P. 871-885. 2002.

LELES, P. S. S. Relações Hídricas E Crescimento De Árvores De Eucalyptus camaldulensis; E Eucalyptus pellita Sob Diferentes Espaçamentos Na Região De Cerrado. Revista Árvore, V. 22, N. 1, P. 41-50, 1998.

LEVITT, J. Responses Of Plants To Environmental Stress. New York: Academic Press, 1991, P. 657.

LI, C. Some Aspects Of Leaf Water Relations In Four Provenances Of Eucalyptus microtheca Seedlings. Forest Ecology And Management , V. 111, N. 2-3, P. 303-308, 1998.

LI, C. ET AL. Drought Responses Of Eucalyptus microtheca Provenances Depend On Seasonality Of Rainfall In Their Place Of Origin. Australian Journal Of Plant Physiology , V. 27, N. 3, P.231-238, 2000.

LIMA, W. P. Impacto Ambiental Do Eucalipto. São Paulo: Editora Da Universidade De São Paulo, 1996.

MAXWELL, K. & JOHNSON, G.N. Chlorophyll Fluorescence-A Practical Guide. J Exp Bot, 51:659-668, 2000.

MITRA, J. (2001). Genetics And Genetic Improvement Of Drought Resistance In Crop Plants. *Curr Sci*, 80:758-762, 2001.

NAUTIYAL, S. ET AL. Plant Responses To Water Stress: Changes In Growth, Dry Matter Production, Stomatal Frequency And Leaf Anatomy. *Biologia Plantarum*, V. 36, N. 1, P. 91-97, 1994.

NGUGI, M.R. ET AL. Leaf Water Relations Of *Eucalyptus cloeziana* And *Eucalyptus argophloia* In Response To Water Deficit. *Tree Physiology*, V.23, P. 335-343, 2003.

NUNES, C. M. J. Caracterização Da Resposta Ao Défície Hídrico De Linhas Transgênicas De *Medicago trunculata* Cv. Jemalong. 2007. 64p. Dissertação (Mestrado Em Biologia Celular E Biotecnologia), Universidade De Lisboa, Lisboa – Portugal.

OGREN, E.; OQUIST, G. Effects of drought on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition susceptibility in intact willow leaves. *Planta*, v.166, n.3, p. 380-388, 1985.

O'NEILL, P. M.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Use Of Chlorophyll Fluorescence Assessments To Differentiate Corn Hybrid Response To Variable Water Conditions. *Crop Science*, Madison, V. 46, P. 681-687, 2006.

OXBOROUGH, K. & BAKER, N.R. An Instrument Capable Of Imaging Chlorophyll A Fluorescence From Intact Leaves At Very Low Irradiance And At The Cellular And Subcellular Levels Of Organization. *Plant, Cell Environm.* 20:1473-1483, 1997.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. *Fisiologia e Produção Vegetal*. Lavras: UFLA, 2006. 104 p.

PAVANI, L. C.; LOPES, A. S.; GALBEIRO, R. B. Manejo Da Irrigação Na Cultura Do Feijoeiro Em Sistemas Plantio Direto E Convencional. *Engenharia Agrícola*, V.28, P.12-21, 2008.

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.

ROCHA, A.M.S.; MORAES, J.A.P.V. Influência Do Estresse Hídrico Sobre As Trocas Gasosas Em Plantas Jovens Envasadas De *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. *Revista Brasileira De Fisiologia Vegetal* , V. 9, N.1, P. 41-46, 1997.

RODRIGUES, F. A.; LAIA, M. L.; ZINGARETTI, S. M. Analysis Of Gene Expression Profiles Under Water Stress In Tolerant And Sensitive Sugarcane Plants. *Plant Science, Irlanda*, V. 176, P. 286-302, 2009.

RHODENBAUGH, E.G.; PALLARDY, S.G. Water Stress, Photosynthesis And Early Growth Patterns Of Cuttings Of Three *Populus* Clones. *Tree Physiology*, V. 13, N. 3, P. 213-226, 1993.

SCHOLANDER, P.F. ET AL. Sap Pressure In Vascular Plants. *Science*, V. 148, P. 339-346, 1965.

SERRAJ, R.; SINCLAIR., T. R. Osmolyte Accumulation: Can It Really Help Increase Crop Yield Under Drought Conditions?. *Plant, Cell & Environment* Volume 25, Issue 2, Pages 333–341, 2002

SEKI, M.; UMEZAWA, T.; URANO, K.; SHINOZAKI, K. Regulatory Metabolic Networks In Drought Stress Responses. *Current Opinion In Plant Biology*, V.10, P.296:302, 2007.

SILVA, M.R. Caracterização Morfológica, Fisiológica E Nutricional De Mudas De *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden Submetidas A Diferentes Níveis De Estresse Hídrico Durante A Fase De Rustificação. 1998. 105f. Dissertação (Mestrado E Silvicultura) - Universidade Do Federal Do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. A.; SOARES, R. A. B.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P. Agronomic Performance Of Sugarcane Families In Response To Water Stress. *Bragantia*, Campinas, V. 67, P. 656-661, 2008.

STONEMAN, G.L.; TURNER, N.C.; DELL, B. LEAF Growth, Photosynthesis And Tissue Water Relations Of Greenhouse-Grown *Eucalyptus marginata* Seedlings In Response To Water Deficits. *Tree Physiology*, V. 14, N. 6, P. 633-646, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) *Fisiologia Vegetal*. Ed. Artmed. 722p.

TATAGIBA, S. D.; J. E. M., PEZZOPANE. Cinética De Emissão De Fluorescência Das Clorofilas Em Dois Clones De *Eucalyptus*. *Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal*. Ano V, Número, 09, 2007

TATAGIBA, S. D.; J. E. M., PEZZOPANE; REIS, E. F. Trocas Gasosas E Potencial Da Água Em Clones De *Eucalypto* Submetidos Ao Déficit Hídrico. *Engenharia 212 Na Agricultura*, Viçosa, Mg, V.15, N.3, 212-227, Jul./Set., 2007

TAYLOR, I.B.; BURBIDGE, A.; THOMPSON, A.J. Control Of Abscisic Acid Synthesis. *Journal Of Experimental Botany*, V.51, P.1563-1575, 2000.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. DE; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic Pigments, Nitrogen, Chlorophyll A Fluorescence And Spad-502 Readings In Coffee Leaves. *Scientia Horticulturae*, V.104, P.199-209, 2005.

TUOMELA, K. Leaf Water Relations In Six Provenances Of *Eucalyptus microtheca*: A Greenhouse Experiment. *Forest Ecology And Management*, V. 92, N. 1-3, P. 1-10, 1997.

VERSLUES, P. E. ET AL. Methods And Concepts In Quantifying Resistance To Drought, Salt And Freezing, Abiotic Stresses That Affect Plant Water Status. *The Plant Journal*, Michigan, V. 45, P. 523-539, 2006.

WRIGHT, I.J.; GROOM, P.K.; LAMONT, B.B.; POOT, P.; PRIOR, L.A.; REICH, P.B.; SCHULZE, E-D.; VENEKLAAS, E.J.; WESTOBY, M. Leaf Trait Relationships In Australian Plant Species. *Functional Plant Biology*, V.31, P.551-558, 2004.