

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E MORFOLÓGICO DE CLONES DE *Eucalyptus urograndis* SUBMETIDOS A DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO.

Maria Renata Rocha Pereira¹; Antônio Evaldo Klar¹; Magali Ribeiro da Silva²; Raquel Albuquerque de Souza²; Nara Rosseti Fonseca³

¹Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, mariarenata@fca.unesp.br

²Departamento Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

³Departamento de Melhoramento e Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

1 RESUMO

Este estudo objetivou avaliar os efeitos do estresse hídrico, nas características fisiológicas de dois clones de *Eucalyptus urograndis*, 105 e 433. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus de Botucatu nos meses de março a julho de 2005. O manejo hídrico foi estabelecido com base em dois potenciais mínimos de água no solo (Ψ_f): -0,03 MPa ou -1,5 MPa. Foram avaliados: resistência difusiva ao vapor d'água dos estômatos, transpiração, e potencial total de água das folhas (Ψ_f) realizadas nesse dia, das 8:20 às 17 h no esmo dia coletaram-se a altura, diâmetro do colo, área foliar, massa seca aérea, massa seca radicular. Apenas a altura e matéria seca aérea foram maiores estatisticamente no clone 433, em relação ao 105. Tratamentos sem estresse hídrico tiveram maior desempenho em todas características estudadas, não havendo influência dos clones. A resistência estomática apresentou maiores valores nos tratamentos submetidos à deficiência hídrica, com mais intensidade no clone 433, tal como ocorreu com o potencial de água na folha. A transpiração foi maior no clone 105 tanto na comparação entre plantas estressadas como nas não estressadas. As temperaturas das folhas tiveram valores mais elevados no clone 433, no tratamento estressado. Assim, conclui-se que há um melhor desempenho das plantas mantidas a um potencial de água no solo de -0,03 MPa e comprova-se a maior resistência ao estresse hídrico pelo clone 105.

UNITERMOS: estresse hídrico, irrigação, eucalipto

PEREIRA, M.R.R.; KLAR, A.E.; SILVA, M.R.; ALBUQUERQUE, R.; FONSECA, N.R. MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF CLONES FROM *Eucalyptus urograndis* SUBMITTED TO DIFFERENT SOIL WATER LEVELS

2 ABSTRACT

The present study had as its objective the assessment of the possible effects of hydric stress on the growth, physiological characteristics of two different genetic materials from *Eucalyptus urograndis*. The experiment was carried out in a greenhouse at Faculdade de Ciências Agrônômicas of UNESP, campus Botucatu from March to July, 2005. The hydric

management was established based on the soil water potential. Two water levels were established, doing the evapotranspired water replacement by pot weighing. Two clones were used, *Eucalyptus urograndis* 105 and 433, being the first one more resistant to the hydric deficit and the 433 more sensitive to stress. The study was made from a 2X2 factorial (two levels of water x two genetic materials). For the hydric management, the plants were irrigated when they reached a soil water potential of -0.03 MPa or -1.5 MPa. The assessments made were: diffusive water vapor of stomato, transpiration, leaf temperature and leaf water potential. The physiological evaluations throughout the day, in the end of the experiment. Treatments without hydric stress had a higher performance in all studied characteristics, but the clones had no influence. The stomatic resistance followed the potentials, showing higher values in the treatments submitted to hydric deficiency, more intensely for clone 433, being that this also happened with the leaf water potential. The transpiration also followed the leaf water potential and the stomatic resistance more intensely for clone 105 both comparing stressed plants and non-stressed plants. Consequently, the leaf temperatures had higher values for clone 433 on the stressed treatment. Thus, it can be concluded that there was a better performance in plants kept on a soil water potential of -0.03 MPa and a higher resistance to hydric stress for clone 105.

KEYWORDS: hydric stress, irrigation, eucalyptus

3 INTRODUÇÃO

A atividade florestal brasileira participa com 4% do produto interno bruto (PIB), proporcionando milhões de empregos e é considerada uma das principais atividades para responder aos desafios da exportação. (www.sbs.org.br).

Um questionamento muito importante é relacionado ao consumo de água, com a alegação de que a espécie é considerada “ressecadora de solo e precursora de desertos”. Quando se analisa o balanço hídrico numa floresta, deve-se levar em consideração a interceptação, infiltração, percolação, evaporação, transpiração e escoamento superficial da água. A maioria das críticas ao eucalipto é relativa à transpiração. Em função da alta taxa de crescimento, há uma conseqüente alta taxa de consumo de água, mas altos valores de eficiência de uso da água do solo.

Na planta, a água se movimenta basicamente pela diferença entre o potencial de vapor d’água na atmosfera em torno das folhas e o potencial da água do solo. Assim, existe na planta um complexo sistema hidráulico, todas as partes funcionais interligadas por uma fase líquida permitindo o movimento da água nas folhas, no xilema, e nas raízes, sendo esse movimento causado pela redução do potencial da água nas folhas, resultante da transpiração (Award & Castro, 1983).

A transpiração é a perda de vapor d’água pelas plantas, assim, plantas que possuem altas taxas de absorção de CO₂ apresentam grandes perdas por transpiração e, provavelmente, grandes consumos de água implicam no incremento positivo da produtividade (Klar, 1984).

Sob condições idênticas, diferenças na transpiração podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência, implicando na economia de água pela planta.

Assim, pesquisas envolvendo aspectos fisiológicos e morfológicos em relação à eficiência do uso da água em mudas de eucalipto no campo sob condições de estresse hídrico, ainda são escassas e, portanto, de grande relevância para a pesquisa florestal brasileira.

As quantidades de água necessárias às plantas variam em função do período do ano, do clima, do tipo de solo e, em grande maioria da disponibilidade desta água. Com o fechamento dos estômatos há aumento da temperatura da folha, que acompanhará as variações da temperatura ao longo do dia. Quando se inicia um período de déficit hídrico no solo, as plantas acionam seus sistemas de defesa e, entre eles, dos estômatos mais rapidamente se fecham à medida que a temperatura ambiente se eleva e a umidade relativa do ar decresce (Klar, 1984). De acordo com Benincasa et al. (1976), a área foliar é, em geral, um excelente indicador da capacidade fotossintética de uma planta e sua determinação é muito importante em estudos de nutrição, competição, relações solo-água-plantas, acúmulo de matéria seca, metabolismo, produção, maturação e qualidade da cultura.

Objetivou-se neste trabalho avaliar os possíveis efeitos do estresse hídrico no, nas características fisiológicas e morfológicas de dois clones de *Eucalyptus urograndis*, visando o menor consumo de água sem perda de produtividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, Faculdade de Ciências Agronômicas, campus de Botucatu, UNESP, no período de março a maio de 2005, utilizando-se dois clones de *Eucalyptus urograndis* (433 e 105), cedidos pela Empresa Eucatex Florestal. O solo utilizado apresentou classe textural argilosa. Com base na análise química e de acordo com as recomendações do Boletim 100 (IAC, 1997), não foi necessária a adubação deste solo para o plantio de eucalipto, como se verifica nas tabelas a seguir.

Tabela 1. Granulometria e classificação textural do solo.

Granulometria %			Classe textural
Areia	Silte	Argila	
23,9	25,7	50,4	Argilosa

Tabela 2. Análise química de fertilidade do solo.

pH	M.O	P resina	mmol/dm ³						V
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	(%)
5,2	24	24	34	5,3	28	19	53	87	61

Para a produção das mudas, foram utilizados tubetes cilindro-cônicos de polietileno com volume de 50 cm³, preenchidos por substrato possuindo uma adubação de base contendo macro e micronutrientes. As mudas foram conduzidas pela empresa até o momento de ir a campo (90 dias), não havendo rustificação das mesmas.

As relações entre os potenciais e os teores de água do solo foram determinadas pelo método da Placa de Pressão de Richards (Klar, 1984).

A partir dos resultados da curva característica de água no solo, foram estabelecidos dois níveis de água, fazendo-se a reposição da água evapotranspirada. Para este controle foi utilizada a pesagem diária dos vasos, quando atingiam as medidas do peso pré-determinado para cada tratamento, correspondente a um potencial mínimo de água no solo (Ψ) de -0,03 e -1,5 MPa, a água era repostada até alcançar o peso correspondente ao potencial máximo de água de -0,01 MPa (26% de umidade), perfazendo quatro tratamentos:

T1 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -0,03 MPa e clone 105.

T2 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -1,5 MPa e clone 105.

T3 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -1,5 MPa e clone 433.

T4 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -0,03 MPa e clone 433.

Cada tratamento foi composto por 15 vasos, sendo cada vaso uma repetição. Foi determinado previamente o peso destes, do solo seco e das plantas (sendo que a massa das plantas foi determinada semanalmente em função do seu crescimento). A partir do peso do solo seco e dos dados de retenção de água, determinaram-se os valores que cada tratamento deveria atingir para ser submetido à irrigação.

As características fisiológicas avaliadas foram: a resistência difusiva ao vapor d'água dos estômatos, transpiração (T) e temperatura da folha (tf) medidas com um porômetro 1.600 da LICOR, o potencial de água na folha (Ψ_f) pela Bomba de Scholander e as características morfológicas avaliadas foram: altura (H), diâmetro do colo (D), área foliar (AF), massa seca aérea (MSA), massa seca radicular (MSR). Os instrumentos utilizados foram: régua, paquímetro, e balança digital. Utilizaram-se três plantas por época de avaliação totalizando quatro épocas. A matéria seca foi obtida em estufa a uma temperatura de 60°C até atingir peso constante.

De cada tratamento foram utilizadas três plantas para análise que foi realizada ao final de 70 dias.

De acordo com a metodologia utilizada por Silva (1998) para o uso do porômetro, todos os tratamentos tiveram o solo levados ao potencial de -0,01 MPa na noite anterior, e na manhã seguinte ao alvorecer foram realizadas as avaliações de acordo com a sequência: resistência estomática, transpiração, temperatura de folha e o potencial de água na folha, seguindo-se 4 medições durante o dia (8:20, 11:00, 14:15 16:30 h) sendo utilizada para cada tratamento a folha mais nova totalmente expandida.

As temperaturas observadas dentro da casa de vegetação durante a condução do experimento estão representadas na Figura 1.

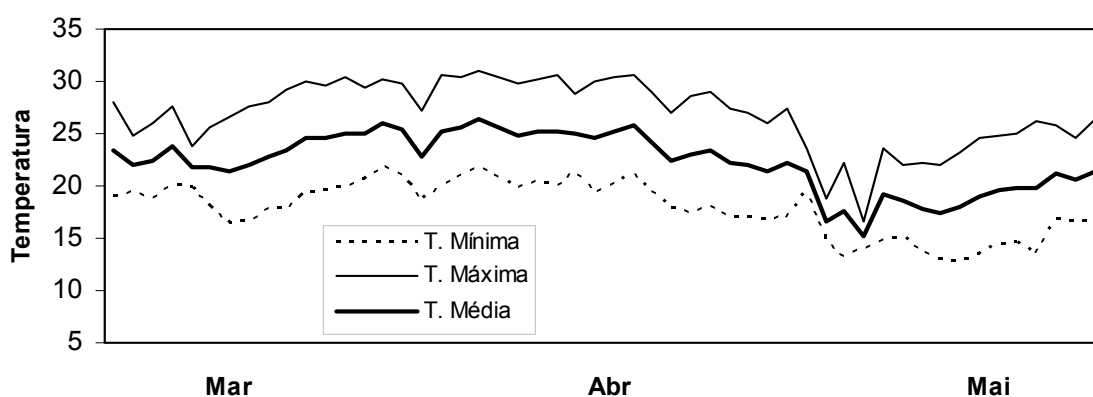


Figura 1. Variações das temperaturas Máxima, Média e Mínimas ao longo dos ensaios.

Foi realizada a análise estatística nas características morfológicas, onde o experimento foi inteiramente casualizado, sendo utilizada a análise de variância (ANAVA), seguido do teste de Tukey com nível de significância de 5%, para a comparação de médias entre tratamentos e das interações dos desdobramentos ocorridos com o programa SISVAR. Foram seguidas as seguintes etapas:

1. ANAVA considerando manejo hídrico, clone e interação entre manejo e clone;

2. Para as variáveis que apresentaram efeito significativo do manejo hídrico e de clone, foi feito teste de comparação de médias (Tukey);
3. Para as variáveis que apresentaram efeito significativo da interação entre manejo hídrico e clone, foi feito teste de comparação de médias (Tukey) para se verificar o efeito do manejo dentro dos clones e dos clones dentro do manejo hídrico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características Morfológicas

Na Tabela 3 tem-se a avaliação das características morfológicas aos 70 dias de implantação nos vasos. Pode-se observar que todas as características foram influenciadas pelos tratamentos, havendo diferenças significativas estatisticamente. A altura apresenta os maiores valores no clone 433 nos dois manejos hídricos. Estes valores vêm comprovar seu maior desempenho em altura mesmo sob estresse hídrico.

Tabela 3. Resultados médios das variáveis morfológicas das plantas de *Eucalyptus urograndis*, aos 70 dias após plantio e a significância do teste F.

Tratamentos	HPA (cm)	D (mm)	AF (cm ²)	MSPA (g)	MSR (g)
T 1	44,0	4,489	664,4203	5,218	1,728
T 2	39,8	3,891	548,6850	4,005	1,518
T 3	43,9	3,657	488,3848	3,695	1,354
T 4	48,5	4,320	572,4313	6,359	1,649
C.V. (%)	5,86	3,58	4,77	8,53	17,32
p (S)	0,0260*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0001*
p (C)	0,0119*	0,0914	0,0012*	0,1845	0,0089*
p (S – C)	0,9482	0,6277	0,3575	0,0352*	0,1740

HPA = altura da parte aérea; D = diâmetro de colo; AF = área foliar; MSPA = matéria seca da parte aérea;

MSR = matéria seca radicular.

T1 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -0,03 MPa e clone 105.

T2 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -1,5 MPa e clone 105.

T3 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -1,5 MPa e clone 433.

T4 : plantas irrigadas ao atingirem um potencial de água pelo solo de -0,03 MPa e clone 433.

E com o aumento dos ciclos de seca, a matéria seca da parte aérea também teve comportamento semelhante, indicando um maior acúmulo de massa do caule, havendo juntamente uma interação do manejo hídrico com os diferentes clones.

Na avaliação do diâmetro, obtiveram-se valores maiores para tratamentos sem estresse hídrico com uma redução de até 16% nos tratamentos com o clone 433 (Tabela 4). Este aumento no diâmetro pode ter contribuído para o aumento da matéria seca da parte aérea. Não foram observadas diferenças dos valores dos diâmetros entre os clones.

Para a área foliar e matéria seca radicular houve diferenças estatisticamente significativas entre os manejos (-0,03 MPa e -1,5 MPa) e entre os clones (105 e 433). Tanto a

área foliar quanto a massa seca radicular, aos 70 dias após o plantio, tiveram maiores incrementos no crescimento, nos tratamentos sem estresse hídrico e no clone 105 (Tabela 4).

As diferenças entre os clones podem ser evidenciadas nestas características, onde se obtiveram maior expansão foliar e massa seca radicular no clone 105.

Tabela 4. Características morfológicas médias de plantas de *Eucalyptus urograndis* ao final de 70 dias após implantação e o resultado estatístico da comparação entre tratamentos.

Característica Morfológica	Potencial de Água no Solo (MPa)		Material Genético (Clones)	
	-0,03	-1,5	105	103
HPA(cm)	46,1 A	42,0 B	41,6 b	46,5 a
D(mm)	4,431 A	3,754 B	4,170 a	4,011 a
AF(cm ²)	618,1 A	519,0 B	407,1 a	530,1 b
MSR(g)	1,681 A	1,425 B	1,609 a	1,496 b

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha e médias seguidas de letra minúscula iguais na linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Ferreira (1997) constatou que a partir dos 70 dias, mudas que receberam água o suficiente para garantir seu desenvolvimento inicial no campo, tiveram crescimento constante. *E. citriodora* apresentou incrementos notáveis até os 120 dias, já *E. camaldulensis* exibiu o pior desempenho no campo. A matéria seca da parte aérea ao final de 70 dias foi a única característica que apresentou interação entre os tratamentos de manejo hídrico e material genético.

Tabela 5. Matéria seca aérea (MSA) de plantas de *Eucalyptus urograndis*, ao final de 70 dias após implantação e o resultado estatístico da interação entre potencial de água no solo e de material genético.

Clones	Potencial de Água no Solo (MPa)		Médias
	-0,03	-1,5	
105	5,3510 a B	3,9323 b A	4,6416 A
433	6,2950 a A	3,6766 b A	4,9854 A
Médias	5,8230 a	3,8045 b	

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha e médias seguidas de letra minúscula iguais na linha, não diferem pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Na Tabela 5 pode-se observar o aumento da matéria seca da parte aérea nos tratamentos sem restrição hídrica. Não houve diferenças estatísticas significativas entre as médias dos clones, mas verificou-se interação entre os manejos e o material genético. Os clones se comportaram de maneira diferente estatisticamente conforme o manejo aplicado: em condições de déficit hídrico, o clone 105 apresentou valores mais elevados já, sem estresse hídrico, o clone que alcançou maiores médias foi o 433. O clone 105, quando submetido ao

déficit hídrico, tem um comportamento, em relação ao acúmulo de matéria seca aérea, semelhante ao clone 433, já em condições de disponibilidade de água ele apresenta desempenho inferior ao clone 433. Isto evidencia que o melhoramento genético do clone 433 foi para produção e do 105 para resistência. Embora não houvesse diferenças estatísticas, na situação de déficit hídrico, o clone 105 teve a melhor matéria seca da parte aérea.

Os gráficos das Figuras 1 a 3 demonstram o comportamento e desenvolvimento das características morfológicas, ao longo do tempo do experimento, com avaliações realizadas aos 15, 30, 50 e 70 dias após o plantio.

O T4 mostrou maiores alturas de plantas e o T2 os menores, como já foi comprovado pelas análises estatísticas anteriormente. O clone 433, mesmo ambos sob estresse hídrico, obteve melhor desempenho em altura. Já para diâmetro de colo, área foliar, massa seca aérea e massa seca radicular o melhor desempenho foi verificado no clone 105. Todos os tratamentos tiveram um crescimento mais acentuado após os 50 dias em todas características observadas.

Houve um comportamento crescente em diâmetro, das plantas nos tratamentos sem estresse hídrico, sendo observado, na avaliação aos 30 dias após implantação, um menor desenvolvimento nas plantas do T2 e T3 (submetidos a déficit hídrico).

O comportamento da matéria seca da parte aérea foi semelhante ao da altura no T4, onde se obteve os maiores valores. Os tratamentos sem déficit hídrico tiveram os maiores incrementos de massa seca, não sendo observadas diferenças significativas entre os clones, e sim na interação dos manejos com os materiais genéticos já citados anteriormente.

A área foliar apresentou grande desenvolvimento após os 50 dias de implantação, com diferenças de até 70% entre as avaliações 3 e 4. Entre os tratamentos, observam-se maiores superfícies foliares em tratamentos sem estresse hídrico, com melhor desempenho do T1.

As plantas mostraram a matéria seca radicular teve curvas com mesmo comportamento para todos tratamentos, observando maiores valores nos tratamentos sem déficit hídrico e com clone 105. Abaixo segue os gráficos representativos do comportamento morfológico das características estudadas.

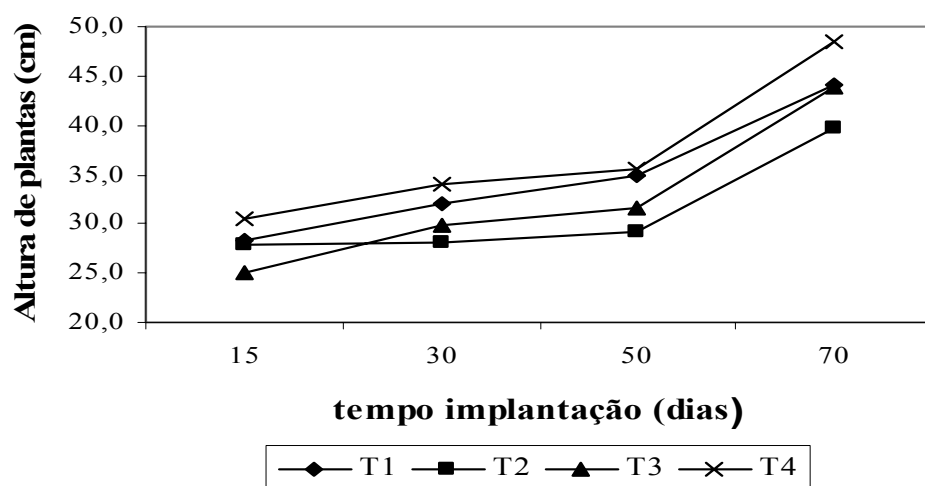


Figura 2. Altura de plantas de *Eucalyptus urograndis* em avaliações realizadas aos 15, 30, 50 e 70 dias após implantação em vaso.

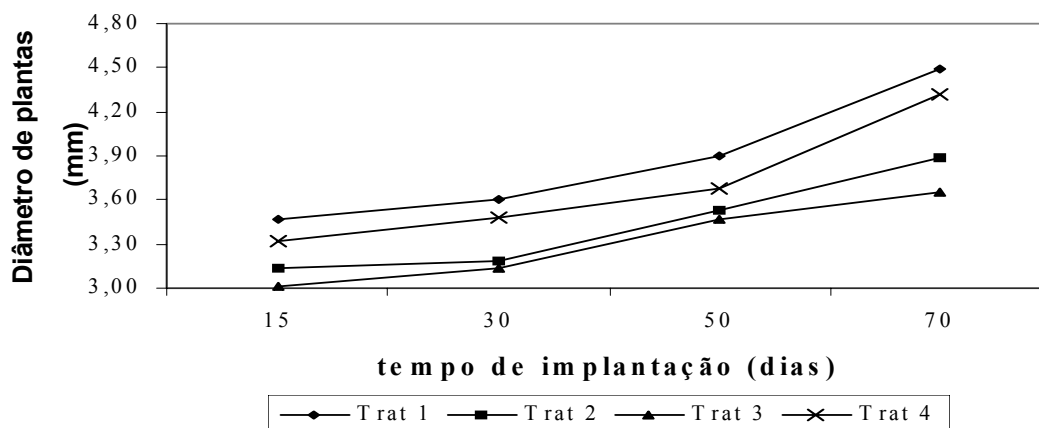


Figura 3. Diâmetro de plantas de *Eucalyptus urograndis* em avaliações realizadas aos 15, 30, 50 e 70 dias após implantação em vaso.

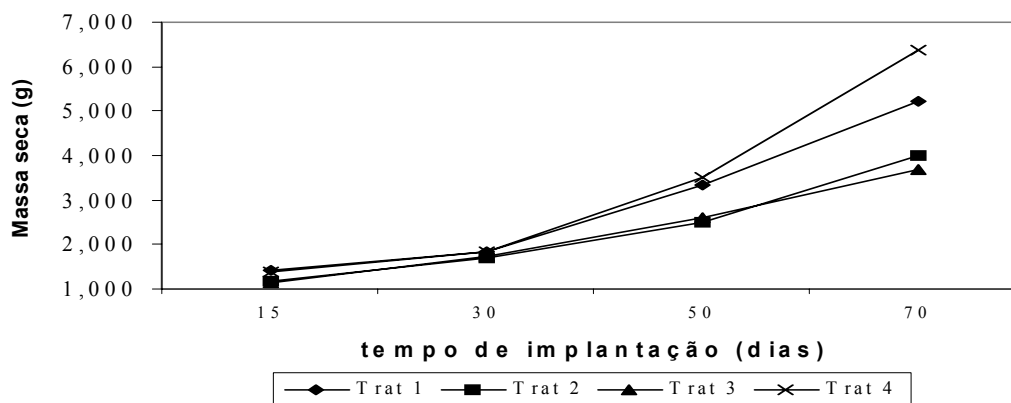


Figura 4. Massa seca radicular de plantas de *Eucalyptus urograndis* em avaliações realizadas aos 15, 30, 50 e 70 dias após implantação em vaso.

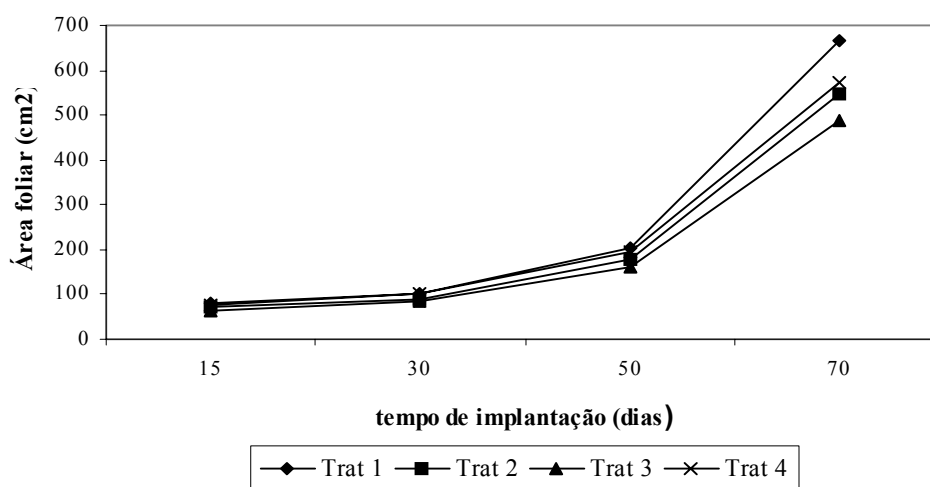


Figura 5. Área foliar de plantas de *Eucalyptus urograndis* em avaliações realizadas aos 15, 30, 50 e 70 dias após implantação em vaso.

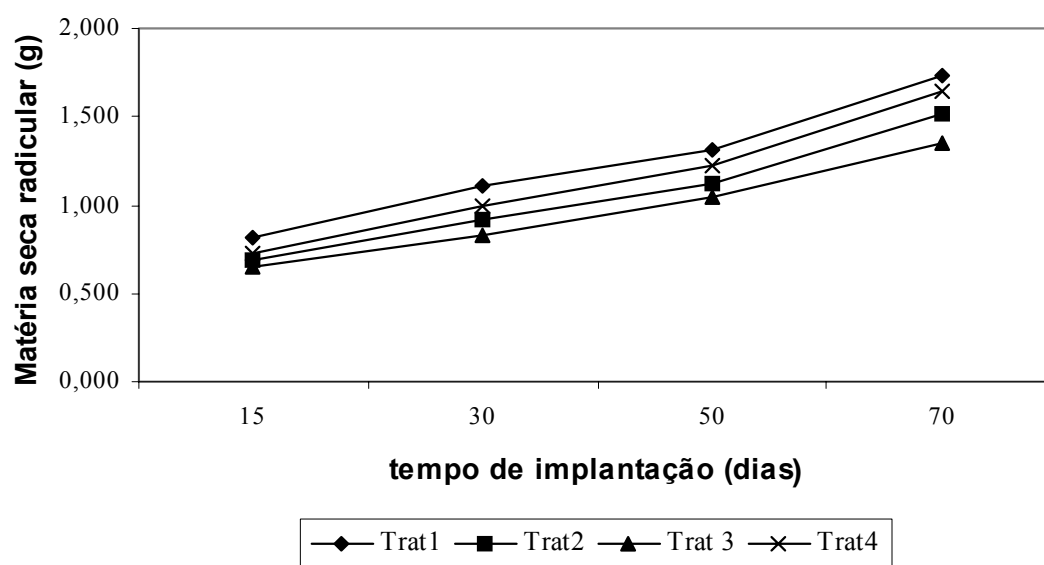


Figura 6. Massa seca radicular de plantas de *Eucalyptus urograndis* em avaliações realizadas aos 15, 30, 50 e 70 dias após implantação em vaso.

Trat 1 – Sem estresse (-0,03 MPa) + clone 105

Trat 3 – Com estresse (-1,5 Mpa) + clone 433

Trat 2 – Com estresse (-1,5 MPa) + clone 105

Trat 4 – Sem estresse (-0,03 MPa) + clone 433

5.2. Características Fisiológicas

O potencial hídrico foliar reflete as condições da dinâmica do processo do transporte no sistema solo-água-planta-atmosfera, constituindo o principal componente responsável pelo fluxo de água na planta.

Nas avaliações de potencial de água na folha (Ψ_f) ao longo do dia, às 8:20, 11:00, 14:15 16:30h, em condições de céu claro, pode-se verificar na figura 7 as diferenças entre os tratamentos. Os tratamentos T1 e T4, com Ψ de -0,03 MPa, apresentaram os maiores potenciais hídricos, e os T2 e T3, com Ψ de -1,5 MPa apresentaram os menores.

Nos horários mais quentes do dia, observaram-se menores potenciais, devido a várias razões, como o aumento da resistência difusiva dos estômatos, por exemplo (Figura 8). Todas as curvas seguem o mesmo comportamento, não sendo observadas diferenças entre os clones, já que as curvas dos tratamentos de mesmo manejo hídrico e diferentes clones quase se sobrepõem.

Houve diferença significativa entre os potenciais de água na folha, normalmente nas horas mais quentes do dia, entre os dois estresses aplicados (-0,03 e -1,5 MPa) para ambos os clones, demonstrando que houve adaptações à déficit hídricos.

Segundo Gonçalves (1992), em períodos caracterizados por seca, ocorre redução gradual no potencial hídrico das plantas, cuja magnitude vai depender dos mecanismos de prevenção à desidratação, podendo decrescer até valores críticos, que resultam em prejuízo ou morte de células, de tecidos, de órgãos ou de plantas inteiras. Lima (1996) verificou que o Ψ , semelhantemente à condutância estomática, atingiu menores valores (mais negativos) pós-

meio-dia e maiores (maior hidratação), principalmente, no antemanhã (4 horas). Turner (1986) sugeriu que plantas com altas condutâncias hidráulicas podem mostrar pequenas mudanças no potencial hídrico da folha e estas seriam sensíveis às mudanças hídricas radiculares. Em contraste, plantas com baixa condutância hidráulica podem ter grandes alterações no Ψ_f das folhas (menos sensíveis às relações hídricas na parte aérea), com menor condutância hidráulica a partir das raízes.

Verificou-se que o clone 433, sob estresse hídrico, apresentou os maiores valores de resistência estomática. Já os tratamentos sem restrição hídrica (T1 e T4) não apresentaram diferenças mesmo com diferente material genético. No geral, constatou-se que todos tratamentos tiveram comportamento semelhante para esta variável nos diferentes horários, sendo que em torno das 14:00 horas foi o período mais crítico, com maior resistência estomática de todos os tratamentos, e nos horários onde não se tem uma evaporação e incidência solar alta (manhã e final da tarde) há maior abertura dos estômatos (Figura 8). Comparando-se com o gráfico do potencial hídrico foliar, pode-se observar que quanto menor o potencial de água na folha, maior a resistência dos estômatos, existindo uma relação direta destes fatores.

Em função do manejo hídrico, os comportamentos dos clones variaram, o clone 105, quando é disponibilizada água, diminui sua resistência, já sob estresse hídrico há um aumento da resistência à seca. Comportamento diferente foi verificado no clone 433, quando esta está sob estresse hídrico há um aumento da resistência, mesmo sendo um clone menos resistente à seca.

Pode-se inferir que o clone 105 tende a ser mais tolerante à seca que o 433, pois foi menos exigido quanto ao fechamento estomático, portanto, havendo maior condutividade de vapor d'água e CO₂. Façanha (1983) verificou que plantas de *Eucalyptus sp* submetidas à mesma intensidade de estresse hídrico aumentaram a resistência estomática à medida que se acumularam os ciclos de desidratação. O efeito do déficit hídrico sobre os estômatos parece estar associado ao aumento dos níveis de ácido abscísico, o qual atua nas células guardas (Raschke, 1975 citado por Façanha, 1983). No trabalho de Gonçalves (1992), não houve relação entre potencial de água na folha e resistência estomática nas espécies estudadas, o que pode ser explicado segundo o mesmo, ao decréscimo curvilíneo diário de potencial hídrico foliar que as plantas sofrem em decorrência da manutenção do estresse (Slatyer, 1967 citado por Gonçalves, 1992) e da variação em valores de potencial hídrico críticos entre espécies e procedências de eucalipto em que o fechamento estomático ocorre.

A transpiração nos tratamentos sem estresse hídrico (T1 e T4) foi maior, não havendo diferença entre os clones. Já para os tratamentos com restrição hídrica, o clone 105 apresentou maiores valores em relação ao 433. Verificou-se também que a transpiração ocorreu de acordo com as horas do dia, nos horários mais quentes, por volta do meio-dia, têm-se maiores perdas de água pela planta (Figura 9). Também podem-se observar maiores variações de transpiração nos tratamentos 1 e 4 ao longo do dia, pois não foram rustificados, assim perdem muita água até o fechamento dos estômatos. Já as plantas dos tratamentos T2 e T3 não sofrem tanta variação na perda d'água, pois foram mais eficientes na “percepção” ao estresse e fecharam seus estômatos mais eficientemente. Estas variações na perda de água entre as horas mais quentes e menos quentes do dia provêm de uma resposta menos eficiente dos estômatos à transpiração (Silva, 2003).

Comparando-se a transpiração com a resistência estomática, observa-se uma relação inversa e óbvia, onde quanto menor a resistência estomática maior vai ser a transpiração, e plantas que estão submetidas a estresse hídrico possuem menor potencial de água na folha, fazendo com que haja maior resistência estomática e conseqüente menor transpiração.

Segundo Silva (2003), a “percepção” do estresse hídrico e a relação de defesa contra a desidratação, através do fechamento dos estômatos, é mais veloz em plantas submetidas à estresse hídrico, por esta razão a variação é menos brusca. Já em plantas sem estresse hídrico demonstram comportamento semelhante ao encontrado: perdem bastante água por transpiração, tem atraso em suas reações contra a desidratação. Ismael (2001) também observou que as plantas menos estressadas tiveram taxas de transpiração maiores.

Quando a temperatura da folha é analisada, comparando-se com outras características, mostra que esta segue o mesmo comportamento diretamente ou inversamente proporcional com o Ψ , a resistência estomática e a transpiração.

Observaram-se maiores temperaturas nos tratamentos T2 e T3, com estresse hídrico, onde o clone 433 se mostra um pouco mais sensível e atinge maiores valores. Este mesmo clone quando não tem restrição hídrica já apresenta menores temperaturas que o clone 105 (Figura 7). O aumento da temperatura foliar em tratamentos com estresse hídrico se deve ao fechamento dos estômatos, o que é mais crítico nos horários mais quentes do dia, e conseqüente diminuição da transpiração, que tem um efeito “resfriante” na planta.

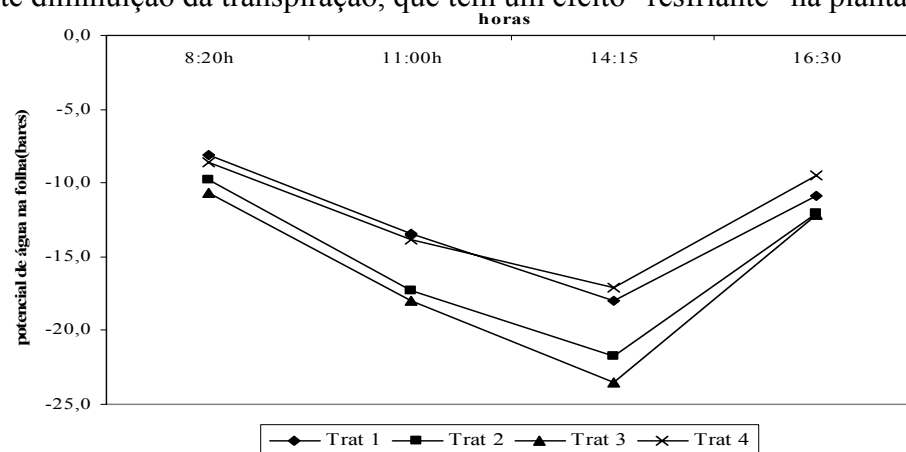


Figura 7. Potencial de água nas folhas de plantas de *Eucalyptus urograndis*, ao longo do dia, submetidas a dois manejos hídricos e diferentes materiais genéticos.

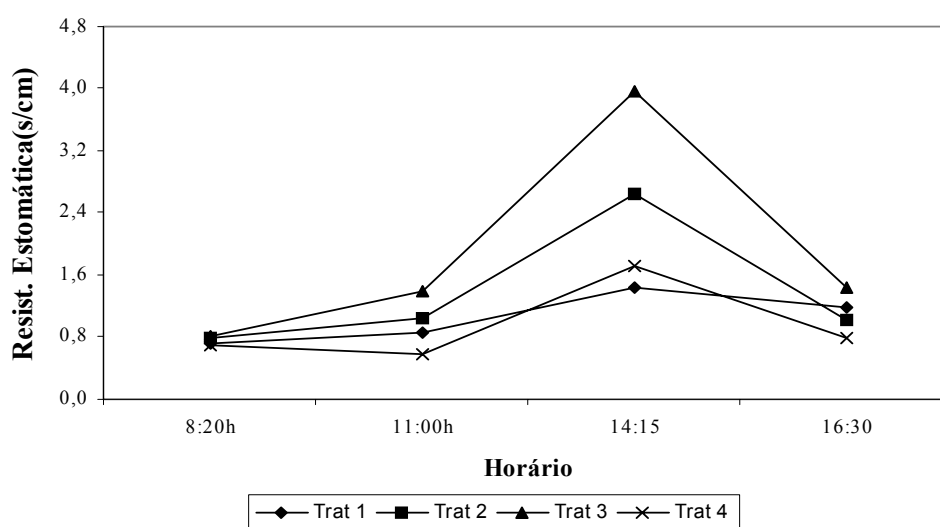


Figura 8. Resistência estomática foliar plantas de *Eucalyptus urograndis*, ao longo do dia, submetidas a dois manejos hídricos e diferentes materiais genéticos.

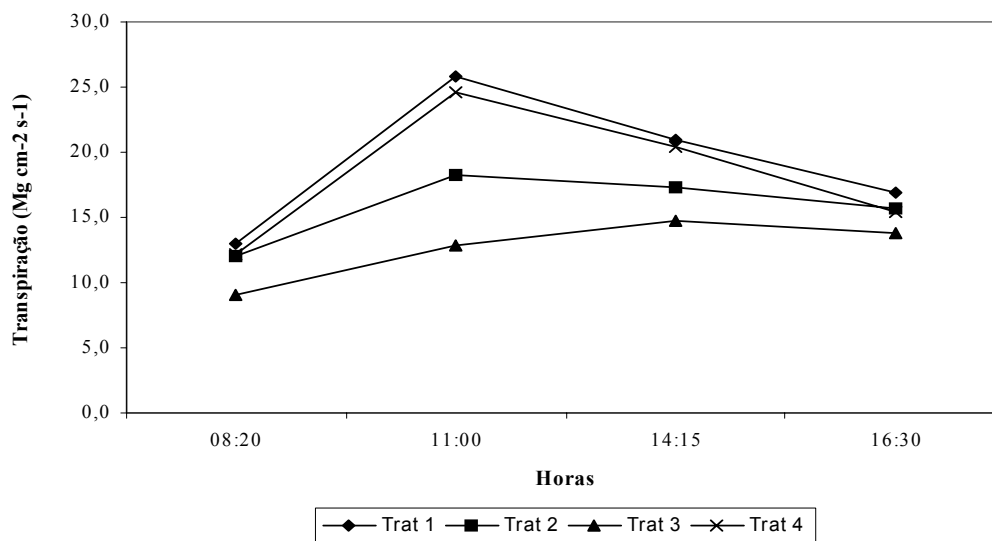


Figura 9. Transpiração foliar de plantas de *Eucalyptus urograndis*, ao longo do dia, submetidas a dois manejos hídricos e diferentes materiais genéticos.

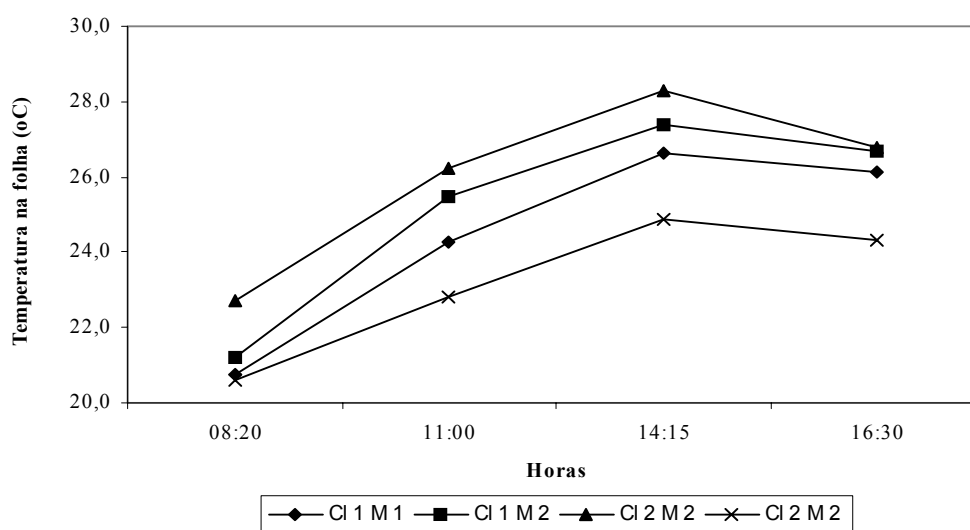


Figura 10. Temperatura foliar de plantas de *Eucalyptus urograndis*, ao longo do dia, submetidas a dois manejos hídricos e diferentes materiais genéticos.

5.3. Evaporação

Para a obtenção dos valores diários de evaporação dentro da casa de vegetação, utilizou-se de dados coletados fora da casa de vegetação e da seguinte equação:

$$\text{Evap. Dentro} = 0,4934 \times \text{Evap. Fora} + 1,1134 - r$$

Coefficiente de correlação (r): 0,77**

Nível de significância de 1%

Na Figura 11 está representada a evaporação do tanque classe A durante o período de condução do experimento, onde se pode observar que a evaporação fora da casa de vegetação foi maior que dentro. Estes menores valores podem ser causados por não haver incidência direta de sol dentro da casa de vegetação e pela queda na velocidade dos ventos.

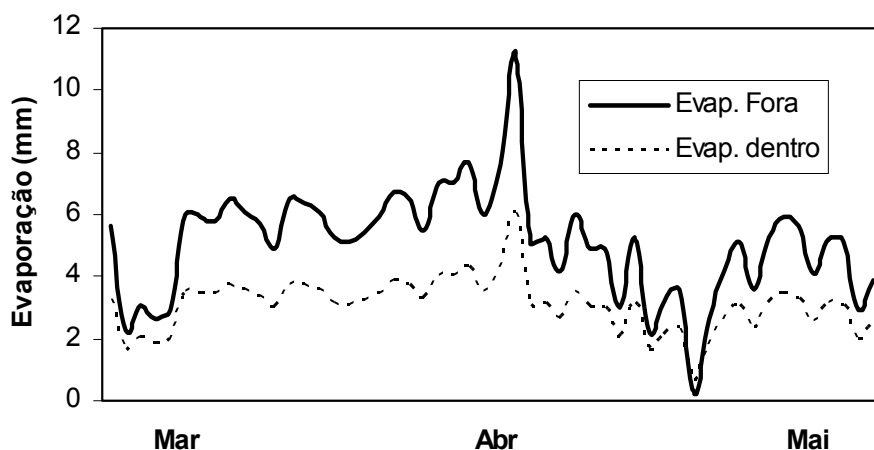


Figura 11. Dados relativos à evaporação do tanque classe A durante o desenvolvimento do experimento

6 CONCLUSÕES

Os materiais genéticos utilizados tiveram comportamentos diferentes nas características morfológicas na avaliação aos 70 dias após implantação, apenas a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea foram maiores estatisticamente no clone 433. A área foliar e a matéria seca radicular foram maiores no clone 105. O diâmetro não variou entre os clones;

Os tratamentos sem estresse hídrico tiveram maior desenvolvimento em todas as características estudadas, não havendo influência dos clones;

Houve interação entre manejo hídrico e clones na matéria seca de parte aérea na avaliação dos 70 dias. O clone 105 foi mais resistente ao estresse hídrico e com maior eficiência no uso de água;

Nos horários do dia medidos, os potenciais de água foram menores em torno das 14:15 h, havendo nítido ajuste osmótico de ambos os clones em todas as épocas medidas.

A resistência estomática acompanhou os potenciais, apresentando maiores valores nos tratamentos submetidos a deficiência hídrica, com mais intensidade no clone 433, tal ocorreu com o potencial de água na folha. A transpiração também acompanhou o potencial de água na folha e a resistência estomática porém com maior intensidade no clone 105 tanto na comparação entre plantas estressadas como nas não estressadas. Conseqüentemente, as temperaturas das folhas tiveram valores mais elevados no clone 433, no tratamento estressado.

O clone 105 foi o mais resistente ao estresse hídrico, não comprometendo seu desenvolvimento e produtividade, com maior eficiência no uso de água;

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWARD, M.; CASTRO, P.R.C. A água na planta. In: **Introdução à fisiologia vegetal: movimento da água na planta**. São Paulo: Nobel, 1983. p.30-36.
- BENINCASA, M.M.P. et al. Método não destrutivo para estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (feijoeiro). **Científica**, Jaboticabal, Ano 3, v.4, n.1, p.43-48, 1976.
- FAÇANHA, J.G.V. **Aspectos fisiológicos do crescimento de Eucalyptus spp. submetido a deficiência hídrica**. 1983. 47 f. **Dissertação** (Mestrado em Silvicultura) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa
- GONÇALVES, M.R. **Crescimento, acúmulo de nutrientes e temperatura de copa em cinco espécies de Eucalyptus spp. sob dois regimes hídricos**. 1992. 84 f. **Dissertação** (Mestrado em Silvicultura) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SBS. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatísticas.html>>. Acesso em: 15 ago 2004.
- INOUE, M.T.; RIBEIRO, F.A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus sp* e *E. saligna*. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v.40, p.15-20, 1988.
- ISMAEL, J.J. **Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de Eucalyptus sp W.(Hill ex Maiden)**. 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- KLAR, A.E. Evapotranspiração. In: **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 301 p.
- RAIJ, V. B. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, n.100, p. 1-285, 1997.
- RAWAT, P.S. et al. Transpiration as affected by soil moisture in *Eucalyptus tereticornis* seedlings. **Indian Forester**, Dehra Dun, v.110, n.1, p.35-39, 1984.
- SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de Eucalyptus sp Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em Silvicultura) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SILVA, M.R. **Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de Eucalyptus sp. W. (Hill ex. Maiden)**. 2003. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.
- TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: a changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 1, n. 1, p.175-190, 1986.