

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COMPORTAMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM
RESPOSTA A DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ADUBAÇÃO
POTÁSSICA**

Hélio Sandoval Junqueira Mendes

Biólogo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro 2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**COMPORTAMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM RESPOSTA A
DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

Hélio Sandoval Junqueira Mendes

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Co-Orientadora: Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Fevereiro 2011

Mendes, Hélio Sandoval Junqueira
M538c Comportamento de clones de eucalipto em resposta a
disponibilidade hídrica e adubação potássica / Hélio Sandoval
Junqueira Mendes. – – Jaboticabal, 2011
ix, 43 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2011
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula
Banca examinadora: Mara Cristina Pessôa da Cruz, Miguel Luiz
Menezes Freitas

Bibliografia

1. Deficiência hídrica. 2. Nutrição de plantas. 3. Melhoramento
florestal. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.52:632.123

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: COMPORTAMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM RESPOSTA A DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

AUTOR: HÉLIO SANDOVAL JUNQUEIRA MENDES

ORIENTADOR: Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. NADIA FIGUEIREDO DE PAULA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS

Divisão de Dasonomia - Horto Florestal - Instituto Florestal de São Paulo - São Paulo/SP

Data da realização: 15 de fevereiro de 2011.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HÉLIO SANDOVAL JUNQUEIRA MENDES – nasceu em 06 de maio de 1985 em Guará - SP. Terminou o ensino médio em 2002. Ingressou na Universidade em 2004, concluindo o curso de Ciências Biológicas pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP – Ilha Solteira - SP em 2008. Em 2009 iniciou o mestrado na área de Genética e Melhoramento de Plantas, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Jaboticabal - SP.

DEDICATÓRIA

**Ao meu Paizão Hélio, à minha
querida mãe Leni, pela luta, esforço,
dedicação e pelo exemplo de vida.**

**Aos meus irmãos Gisele e
Renan. Especialmente à minha esposa
Deise.**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de vida.

Ao Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula pela orientação, paciência e confiança durante todo o período do desenvolvimento deste trabalho.

À Profa. Dra. Nádia Figueiredo de Paula pela co-orientação, disposição em todo momento.

À Fibria Celulose e Papel S.A., pelo fornecimento do material genético para tornar possível a realização deste trabalho

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Miguel Luiz Menezes Freitas e Profa. Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz pelas sugestões, fundamentais para melhoria deste trabalho.

À minha querida companheira Deise, pela ajuda e incentivo.

Aos amigos Flávio, João, Victor e Denise, pela ajuda e amizade.

Aos funcionários do viveiro experimental, pela assistência e disposição.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O Gênero <i>Eucalyptus</i>	3
2.2. O Estresse Hídrico em <i>Eucalyptus</i>	5
2.3. O Potássio	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1. Local de Condução do Experimento, Material Genético, Adubação Básica e de Cobertura	12
3.2. Adubação Potássica e Regimes de Irrigação	13
3.3 Avaliações.....	13
3.4. Delineamento Experimental e Forma de Análise dos Dados	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1. Características Biométricas.....	16
4.2. Características Fisiológicas	20
4.3. Associação entre as Características Biométricas e Fisiológicas.....	28
5. CONCLUSÕES	30
6. REFERÊNCIAS.....	31

COMPORTAMENTO DE CLONES DE EUCALIPTO EM RESPOSTA A DISPONIBILIDADE HÍDRICA E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO - O trabalho objetivou avaliar o efeito do suprimento de potássio no desempenho de clones de eucalipto submetidos a duas condições de disponibilidade hídrica em casa de vegetação utilizando características biométricas e fisiológicas. Cinco genótipos de eucalipto foram submetidos a dois níveis de adubação potássica (K0 – sem complementação potássica e K1 – adição de 166 mg.dm^{-3} de K) e a dois regimes de irrigação (RI1 – irrigação diária, até o solo atingir 60% dos poros preenchidos com água (PPA), ou seja, plantas sem restrição hídrica, e RI2 - plantas irrigadas até o solo atingir 60% PPA, com posterior suspensão da irrigação, até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica). Foram conduzidos sete ciclos de suspensão de irrigação, sendo a quantidade de água repostada em cada vaso determinada pelo método gravimétrico. No início e ao final do experimento, foram avaliados o diâmetro do coleto, a altura, o número de folhas, a área foliar e a massa de matéria seca de folhas, caule, raízes, da parte aérea e total. Nos momentos de máximo estresse hídrico, foram avaliadas as seguintes características fisiológicas: teor relativo de clorofila total (ICC), medida da eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), taxa de assimilação líquida (A), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água ($EUA_{\text{intr}}=A/E$), eficiência instantânea do uso da água ($EUA_{\text{inst}}=A/g_s$), conteúdo relativo de água (CRA) e, ao final do experimento foi determinado o potencial hídrico foliar (Ψ_f). O experimento foi estabelecido no delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial $5 \times 2 \times 2$ (5 genótipos, 2 regimes de irrigação e 2 níveis de adubação potássica), com cinco repetições por tratamento. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que os clones de eucalipto apresentam reduções nos valores das características biométricas e fisiológicas sob limitação hídrica. Para as características fisiológicas, a adição de K promoveu diminuição dos efeitos da deficiência hídrica nos cinco genótipos de eucalipto. Para as características biométricas o K conferiu pouco ou nenhum efeito. O

genótipo G3 foi considerado o mais produtivo e o genótipo G2 o mais sensível fisiologicamente ao estresse hídrico.

Palavras-Chave: deficiência hídrica, teor de clorofila, melhoramento florestal, nutrição de plantas, fotossistema II

BEHAVIOR OF EUCALYPT CLONES IN RESPONSE TO WATER AVAILABILITY AND POTASSIUM FERTILIZATION

SUMMARY – The present study aimed to evaluate the supply potassium effect on the performance of the five eucalypt clones subjected to two water availability conditions in greenhouse from biometric and physiological traits. Five eucalypt genotypes were subjected to two levels of potassium supply (K0 – no potassium supplementation and K1 – addition of $166 \text{ mg dm}^{-3} \text{ K}$) and two irrigation regimes (RI1- daily irrigation until the soil reaches 60% of pores filled with water (PFW), that is plants no water restriction, and RI2 – plants watered until the soil reaches 60% (PFW), with subsequent water suspension until the appearance of early water stress symptoms). Seven cycles of irrigation suspension were conducted, and the amount water replaced in each pot was determined by gravimetric method. At the beginning and the end of the experiment, were measured the collar diameter, height, leaf number, leaf area and dry weight mass of leaves, stems, roots, aerial parts and total. In the moment of maximum water stress were evaluated the following physiological traits: the chlorophyll content index (CCI), the quantum efficiency of photosystem II (Fv/Fm), net assimilation rate (A), stomatal conductance (gs), transpiration (E), intrinsic water use efficiency ($WUE_{intr} = A/E$) and instantaneous water use efficiency ($WUE_{inst} = A/gs$), relative water content (RWC) and at the end of the experiment was determined the leaf water potential (Ψ_f). The design experiment was established in the randomized blocks in factorial scheme $5 \times 2 \times 2$ (5 genotypes, two irrigation regimes and two levels of potassium supplies), with five replicates. The treatment means were compared by Tukey test at 5% probability. Eucalypt clones present reduction in the biometric and physiological traits values under water limitations. For the physiological traits, the potassium supply caused effect reduction of the water stress. To the biometric traits the K supply caused few or no effect. The G3 genotype was considered the most productive and G2 genotype the most physiologically sensitive to water stress.

Keywords: drought, chlorophyll content, plant nutrition, forest tree improvement, photosystem II

I. INTRODUÇÃO

Para atender a crescente demanda por produtos de base florestal, a área com florestas plantadas para fins comerciais tem aumentado gradativamente. Em vários países, em especial no Brasil, essas florestas têm sido estabelecidas com espécies do gênero *Eucalyptus*, cujos materiais genéticos apresentam alta produtividade e possuem a capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais. Desta forma, o cultivo do *Eucalyptus* pode diminuir a exploração de árvores em florestas naturais e tornar-se uma opção para o uso em áreas degradadas (FERREIRA & GALVÃO, 2000), por apresentar crescimento rápido e adaptação às diferentes situações edafobioclimáticas brasileiras.

No Brasil, a expansão da eucaliptocultura tem-se dado em áreas com grande limitação ao desenvolvimento vegetal, notadamente das culturas agrícolas, como solo com altos teores de alumínio, baixa fertilidade natural e baixa disponibilidade hídrica, dentre outros (PAVAN, 2003).

A deficiência hídrica, no solo e na atmosfera, juntamente com alta temperatura e radiação, têm sido citadas como as principais restrições à sobrevivência e produtividade agrônômica e florestal (BOYER, 1982; PEREIRA & PALLARDY, 1989; FLEXAS et al., 2002). Pesquisas sobre respostas de plantas ao estresse hídrico têm se tornado cada dia mais importante, visto que estudos de previsão de mudanças climáticas prevêem a expansão de zonas áridas na terra (LARCHER, 2004; SLOT & POOTER, 2007). Assim, o entendimento dos efeitos da deficiência hídrica nas plantas é vital para a melhoria de práticas de manejo e melhoramento agrícola e florestal (CHAVES et al., 2003).

Depois do nitrogênio, o potássio é o nutriente requerido em maiores quantidades pelas plantas para funções metabólicas e de crescimento (HSIAO & LAUCHLI, 1986). Trabalhos evidenciam o efeito benéfico do potássio em plantas sob estresse hídrico a exemplo dos de SILVA et al. (2004) que observaram que em mudas de *Eucalyptus grandis* submetidas a pequeno estresse hídrico, o K aplicado foi importante para a redução da perda de água pelas plantas. Também os resultados obtidos por TEIXEIRA

et al. (1995) mostraram que o maior conteúdo de K em Latossolo foi importante para a manutenção do turgor em espécies e híbridos de *Eucalyptus*.

Plantas deficientes em potássio apresentam menor turgor, pequena expansão celular, maior potencial osmótico, abertura e fechamento dos estômatos de forma irregular (MENGEL & KIRKBY, 1978; MALAVOLTA et al., 1997). Outro efeito atribuído ao K é que plantas bem nutridas são mais resistentes, em razão da maior retenção de água (SILVEIRA & MALAVOLTA, 2000). Eucaliptos submetidos à fertilização com K sob duas condições hídricas (com estresse e sem estresse) apresentaram sob estresse maior eficiência no uso da água (EUA), devido provavelmente ao melhor controle na abertura estomática, que permitiu diminuir a perda de água (ROMERO, 2008).

Dessa forma o objetivo do presente trabalho foi avaliar, em casa de vegetação, o efeito do suprimento de potássio no desempenho de clones de eucalipto submetidos a duas condições de disponibilidade hídrica, utilizando características biométricas e fisiológicas.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 900 espécies e subespécies, algumas das quais pouco conhecidas (BROOKER & KLEINIG, 2004; 2006). É originário da Austrália, onde se concentra o maior número de espécies, aparecendo também em Timor e algumas ilhas adjacentes como Flores, Alor, Solor e Wetar (PIGATO & LOPES, 2001; NIETO & RODRIGUEZ, 2003).

O *Eucalyptus* foi introduzido no Brasil no início do século XX e hoje ocupa cerca de 4,5 milhões de hectares (ABRAF, 2010). A área de florestas com eucalipto está em franca expansão na maioria dos estados brasileiros com tradição na silvicultura deste grupo de espécies, ou em estados considerados como novas fronteiras da silvicultura, com crescimento médio no país de 7,1% ao ano entre 2004-2009 (ABRAF, 2010).

A expansão na área plantada com *Eucalyptus* é resultado de um conjunto de fatores que vêm favorecendo o plantio em larga escala de espécies deste gênero. Entre os aspectos mais relevantes estão o crescimento rápido em ciclo de curta rotação, a alta produtividade florestal e a expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam sua madeira como matéria prima em processos industriais. Em particular, as expansões previstas no segmento de celulose e papel têm sido a alavanca do crescimento nas áreas plantadas das quais 1,62 milhões de hectares deste grupo de espécies é cultivado para este segmento (ABRAF, 2010).

Um dos motivos dessa expansão é a elevada produtividade das florestas, resultante do esforço de equipes de pesquisa e operacionais de empresas, bem como de universidades e institutos de pesquisa ao longo dos últimos 50 anos. Plantações de *Eucalyptus* no Brasil estão entre as mais produtivas no mundo, cobrindo milhões de hectares e produzindo normalmente mais de 40 m³ por hectare ao ano de madeira. Esta taxa recorde de produtividade é possível devido à silvicultura intensiva, incluindo seleção genética de árvores superiores, propagação clonal e fertilização (IPEF, 2011).

As maiores áreas com *Eucalyptus* estão localizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Espírito Santo (ABRAF, 2010).

A madeira de *Eucalyptus* apresenta grande versatilidade, podendo ser usada para a produção de tábuas, móveis de alta qualidade, construção de casas e outros abrigos, postes, pontes e mourões, lenha e energia, carvão, celulose e papel, dentre outros. Das folhas pode-se extrair óleos, fabricar desinfetantes, remédios e outros produtos (VCP, 2005).

Nas regiões tropicais e subtropicais, o *Eucalyptus* constitui-se em um dos gêneros mais explorados e tem merecido atenção especial na silvicultura clonal (XAVIER, 2002). No Brasil, a silvicultura clonal se iniciou no meado da década de 1970, no entanto, somente nos anos 80 do mesmo século tiveram a divulgação dos resultados, a exemplo de CAMPINHOS (1987), um dos pioneiros desta técnica no Brasil. Os trabalhos correntes neste período consistiam na técnica da macropropagação de matrizes, que posteriormente evoluiu para a técnica da micropropagação, miniestaquia e microestaquia, usuais até hoje.

ASSIS (1997) cita uma série de vantagens da microestaquia em relação a enraizamento tradicional de estacas, como: benefícios operacionais (menor envolvimento de mão-de-obra, preparação de estacas e aplicação de hormônios de enraizamento), maior grau de juvenilidade das microestacas, aumentando o grau de iniciação e crescimento radicular, dando origem a mudas de melhor qualidade, além da diminuição de gastos realizados durante a implantação, tratos culturais, irrigação, manejo, fertilização, dentre outros.

As características da silvicultura clonal são justificadas pela uniformidade dos plantios, possibilitando maior controle sobre a qualidade dos produtos; aproveitamento de combinações genéticas raras, como híbridos; maximização do ganho em produtividade silvicultural e de qualidade tecnológica da madeira em uma única geração de seleção; possibilidade de controlar doenças, como “cancro”; entre outros (XAVIER et al., 2009).

Dentre as espécies mais plantadas no Brasil, para fins comerciais, estão *E. grandis*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. saligna* e *E. tereticornis* (MORA

& GARCIA, 2000). O híbrido *E. grandis* X *E. urophylla*, o *E. urograndis*, é recomendado para celulose, aglomerados e chapas de fibras (ABTCP, 2010) e como consequência, a síntese do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, passou a ser a base da silvicultura intensiva clonal brasileira (RUY, 1998).

2.2. O Estresse Hídrico em *Eucalyptus*

A seca, ou a deficiência hídrica é considerada como o principal fator ambiental limitante da fotossíntese, consequentemente, do crescimento e produção, mesmo em plantas bem adaptadas a condições áridas (CHAVES, 1991; LAWLOR, 1995). A resposta mais proeminente das plantas à deficiência hídrica, segundo TAIZ & ZEIGER (2004), consiste no decréscimo da área foliar, consequentemente afetando entre outras características a taxa de fotossíntese.

O balanço hídrico da planta é controlado pela transpiração foliar e a absorção de água no solo, que em condições adversas como a deficiência hídrica diminui o teor relativo de água e o turgor foliar. Assim sendo, o conteúdo hídrico foliar em condições iguais ou inferiores a 75% diminuem significativamente a atividade fotossintética (SMIT & SINGELS, 2006).

As clorofilas são os principais pigmentos cloroplastídicos responsáveis pela captação de radiação solar que durante o processo de fotossíntese é convertida em energia química na forma de ATP e NADPH (MARENCO & LOPES, 2005). A determinação dos teores de clorofila da folha é importante porque a atividade fotossintética da planta depende em parte da capacidade da folha para absorver luz. Em plantas de *E. camaldulensis* submetidas a estresse hídrico, JESUS (2009) obteve menor concentração de clorofila foliar. VIANA et al. (2002) também observaram decréscimo nos valores clorofila em plantas de milho em condições de deficiência hídrica.

Condições extremas de estresse ambiental podem afetar os eventos no tilacóide, interferindo na eficiência da fotossíntese e inativando o fotossistema II (P680 ou PSII) e

a cadeia de transporte de elétrons que daria origem ao ATP e NADPH₂ (KRAUSE & WEISS, 1991; COSTA et al., 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*. O rendimento da fluorescência da clorofila revela o nível de excitação da energia no sistema de pigmentos que dirige a fotossíntese e fornece subsídios para estimar a inibição ou o dano no processo de transferência de elétrons do fotossistema II (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). O monitoramento da fluorescência da clorofila *a* em plantios clonais de eucalipto pode ser útil na identificação da capacidade de tolerância dessas espécies à deficiência hídrica (TATAGIBA & PEZZOPANE, 2007).

Quando as plantas são expostas a situações de deficiência hídrica exibem, frequentemente, respostas fisiológicas que resultam, de modo indireto, na conservação da água no solo, como se estivessem economizando para períodos posteriores, sendo que deficiência hídrica moderada pode afetar a condutância estomática e desencadear a síntese do ácido abscísico (ABA), pois a absorção e a perda de água nas células-guarda modificam o seu turgor modulando a abertura e o fechamento estomático (TAIZ & ZEIGER, 2004).

FLEXAS et al. (2006) comentam que embora ainda haja controvérsia a respeito de como a fotossíntese é afetada pelo estresse hídrico, há um consenso de que a redução da difusão do CO₂ da atmosfera para os sítios de carboxilação é a principal causa para a redução da fotossíntese sob condições de estresse hídrico. Esta redução na capacidade difusiva da folha é provocada pelo menos por dois componentes que são regulados quase simultaneamente: o fechamento estomatal e a redução na condutância do mesófilo.

Plantas submetidas à deficiência hídrica normalmente apresentam redução da transpiração e, conseqüentemente, redução da capacidade de dissipação de calor latente, aumentando a temperatura da folha. A fixação de CO₂ é mediada pela atividade da carboxilase da enzima Rubisco que, com o aumento da temperatura, tende a ser desfavorecida (BERRY & BJORKMAN, 1980).

Espécies de eucalipto apresentam respostas diferentes ao estresse hídrico. Por exemplo, *E. camaldulensis* e *E. saligna* evitam o estresse aumentando a profundidade do sistema radicular, *E. leucoxylon* e *E. platypus* apresentam baixo potencial osmótico e capacidade de ajustar ao máximo o módulo elástico das células (WHITE et al., 2000). A redução do potencial osmótico agiria em combinação com adaptações morfológicas capacitando o eucalipto a suportar o baixo potencial hídrico externo (MERCHANT et al., 2007).

Por se tratar de um estágio-chave no ciclo de vida das espécies arbóreas o estágio de muda é o mais crítico (TYREE et al., 2003), pois da capacidade de sobrevivência da muda dependerão todos os estágios posteriores. Por possuírem um sistema radicular ainda pouco desenvolvido que limita o acesso à água do solo (TYREE et al., 2003; SLOT & POOTER, 2007), as mudas são especialmente vulneráveis ao estresse hídrico. Por essa razão, grande parte dos estudos com espécies arbóreas refere-se ao estágio de muda ou à fase inicial de crescimento.

Mudas de *E. argophloia* e *E. cloeziana* cultivadas sob deficiência hídrica tiveram uma redução de 30% e de 55% nas taxas de fotossíntese, respectivamente (NGUGI et al., 2004). *E. argophloia* produziu mais biomassa (NGUGI et al., 2003a), apresentou maior eficiência de uso da água da transpiração (razão entre biomassa produzida e volume de água perdida na transpiração), menor eficiência instantânea de uso da água (razão entre fotossíntese líquida e condutância estomatal) e menor composição de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) (NGUGI et al., 2003b). Os autores concluíram que *E. argophloia* é mais eficiente na utilização da água que *E. cloeziana*, sendo assim mais adequado para plantio em áreas com baixa disponibilidade hídrica (NGUGI et al., 2003b).

O crescimento e a produtividade florestal são dependentes da interceptação da radiação solar e da alocação dos compostos de carbono, formados durante o processo fotossintético nos diferentes órgãos da planta (KOZLOWSKI & PALLARDY, 1996). LEUNING et al. (2005), estudando o fluxo de carbono e água numa floresta de *Eucalyptus* na Austrália, avaliaram a importância da produtividade da floresta, comparando a assimilação anual de carbono na estação de chuva e na estação seca.

Verificaram que houve queda de 1060 g m^{-2} de C por ano para 360 g m^{-2} de C por ano, respectivamente. O baixo fluxo de carbono foi determinado nos meses de menor precipitação pluvial.

De acordo com REIS et al. (2006) a tolerância ao estresse hídrico varia com o genótipo, sendo que algumas plantas desenvolvem mecanismos de adaptação, tornando-se mais eficientes na aquisição ou conservação de água.

2.3. O Potássio

O potássio não faz parte de nenhum composto orgânico, não desempenhando função estrutural na planta. Este macronutriente atua na ativação de aproximadamente 50 enzimas, destacando-se as sintetases, oxirredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (MENGEL & KIRKBY, 1978; MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997). O potássio está ainda envolvido na síntese de proteínas, plantas com baixos teores de potássio apresentam redução na síntese, com acúmulo de compostos de baixo peso molecular como aminoácidos, amidas, aminas e nitratos (SILVEIRA, 2000).

O potássio está envolvido também nos mecanismos de defesa das plantas a pragas e doenças. As plantas bem nutridas em potássio apresentam redução na incidência, severidade e danos causados por insetos e fungos. A explicação seria que altas concentrações de K nos tecidos favorecem a síntese e o acúmulo de compostos fenólicos, os quais atuam como inibidores de insetos e fungos (HUBER & ARNY, 1985; PERRENOUD, 1990). Além disso, na deficiência de potássio ocorre menor síntese de compostos de alto peso molecular (proteína, amido e celulose), favorecendo o acúmulo de compostos de baixo peso molecular (açúcares solúveis, aminoácidos e N solúvel) como resultado do aumento da atividade de enzimas decompositoras (amilase, sacarase, glucosidase e protease). O acúmulo desses compostos altera o equilíbrio osmótico das células e sua concentração é aumentada nos exsudatos liberados pelas plantas, favorecendo o desenvolvimento de pragas e doenças (SILVEIRA, 2000).

O potássio associado a um ânion (Cl^- ou malato) são responsáveis pela mudança de turgor nas células-guardas durante a abertura e o fechamento dos estômatos. O aumento da concentração de potássio nas células-guardas eleva o potencial osmótico delas e resulta numa absorção de água das células adjacentes, com consequente aumento no turgor das células-guardas, abrindo dessa forma os estômatos (MARSCHNER, 1995).

O potássio está envolvido na fotossíntese. Na carência de K, verifica-se redução na taxa fotossintética por unidade de área foliar, e também maiores taxas de respiração (SILVEIRA, 2000). A combinação desses fatores pode reduzir as reservas de carboidratos da planta (PRETTY, 1982). O suprimento inadequado de potássio também faz com que os estômatos não se abram regularmente, podendo ocorrer menor assimilação de CO_2 nos cloroplastos, diminuindo consequentemente a taxa fotossintética (SILVEIRA, 2000).

O potássio assume papel importante no transporte da sacarose e dos produtos fotossintetizados das folhas para os órgãos de armazenamento. Nesse caminho, os produtos assimilados passam por três sistemas: a) difusão no simplasto e espaço livre; b) transporte ativo através da membrana citoplasmática para o floema; c) fluxo passivo pelos tubos crivosos. O potássio influencia os três processos, em particular os dois últimos (HEADER, 1977 citado por MALAVOLTA & CROCOMO, 1982). Em relação ao último processo, MARSCHNER (1995) relata que a função do potássio é manter o pH alto nos tubos crivosos, facilitando assim o transporte da sacarose. Portanto, o suprimento adequado de potássio aumenta a síntese de carboidratos em razão da maior taxa fotossintética, bem como da eficiência de translocação desses compostos (SILVEIRA, 2000).

O potássio tem alta redistribuição nos tecidos, por isso, os sintomas de carência surgem nas folhas mais velhas (MALAVOLTA et al., 1997). Em eucalipto no estágio inicial da deficiência aparecem manchas cloróticas nos espaços entre as nervuras e espalhadas irregularmente por toda a superfície foliar. Com a evolução dos sintomas, as manchas se unem formando faixas cloróticas ou avermelhadas nas margens das folhas velhas, com posterior necrose dos tecidos (SILVEIRA et al., 1996; 1999). No

estádio mais avançado, a presença de clorose e necrose ocorre até nas folhas mais jovens, enquanto as folhas velhas enrolam e secam. As plantas também podem apresentar aumento das brotações laterais com a paralisação do desenvolvimento vegetativo, conforme verificado por KAUL et al. (1966) e ROCHA FILHO et al. (1978).

Segundo VALERI et al. (2001), a adubação potássica aumentou a concentração de potássio na casca, nas folhas e na manta florestal, sendo um dos nutrientes mais limitantes para o crescimento das árvores. A baixa concentração de potássio na manta florestal explica a grande mobilidade deste elemento no interior da planta, que se desloca dos órgãos mais velhos para os mais jovens.

Em solos de cerrado, mesmo os argilosos, o teor de potássio é baixo e, muitas vezes, incapaz de sustentar uma produção razoável (BARROS et al., 1990). Os plantios de eucalipto concentram-se normalmente em solos de baixa fertilidade. Além disso, a eficiência da adubação potássica nesses solos é baixa, uma vez que apresentam lixiviação significativa, em razão de serem altamente intemperizados e por apresentarem textura arenosa, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC). Em relação à eficiência de utilização de potássio, CAMARGO (1997) obteve diferença significativa entre clones de *E. grandis*, sendo que o mais eficiente apresentou conversão de 114,7 mg de massa de matéria seca para cada mg de K, enquanto o menos eficiente, 87,7 mg de massa de matéria por mg de K.

A movimentação do íon K^+ do solo em direção às raízes se dá predominantemente por difusão. Contudo, em solos arenosos e com baixa CTC a movimentação por fluxo de massa pode assumir importância maior (BARROS et al., 1990).

Os teores de potássio trocável existentes em muitos solos são baixos, em muitos casos inferiores a 20 mg dm^{-3} , valor que ainda seria suficiente para o crescimento adequado de mudas no viveiro, ou no campo, nos seus primeiros meses de crescimento. Com o crescimento da árvore e a consequente exaustão do potássio inicialmente disponível, passa-se de fase de suficiência para outra de insuficiência deste nutriente. Desse modo, parece que ao contrário do fósforo, o nível crítico do

potássio no solo, para o crescimento do eucalipto, aumenta com a idade da planta (BARROS et al., 1990).

De acordo com VALERI et al. (2001), o efeito da abubação potássica no crescimento das árvores é melhor compreendido pela comparação entre os valores de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) do volume cilíndrico das árvores que receberam e das árvores que não receberam potássio. O IMA das árvores que receberam potássio tendeu a aumentar com a idade, principalmente aos 6,75 e 7,58 anos. Árvores que receberam potássio apresentaram ICA de 62,7% maior do que as árvores que não o receberam com base nos dados de volume cilíndrico de 6,75 e 7,58 anos.

A aplicação de potássio, na ausência de nitrogênio e de calcário, aumentou a produção de madeira em 41%. Já os ganhos de matéria seca de casca e de ramos, variaram de 30 a 32%, o ganho em matéria seca de folhas foi de 46% e o aumento na produção de frutos foi de 43% em *E. urophylla* aos 7,58 anos (VALERI et al., 2001).

SCATOLINI et al. (1996) avaliaram a resposta do *E. grandis* ao fornecimento de 35,6 e 143,4 g de K por planta aplicadas de uma só vez, 30 dias após o plantio ou parceladas em quatro vezes, no 1º, 12º, 24º e 36º meses de idade, em três solos (Latosolo Vermelho-amarelo textura argilosa, Podzólico Vermelho-Amarelo textura argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo textura média) que apresentavam teores de K disponível na camada de 0 a 20 cm de solo em torno de $0,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e CTC ao redor de $60 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os resultados demonstraram vantagem significativa para a dose mais elevada nos três locais, tanto para volume cilíndrico como para área basal, altura e DAP, porém sem diferenciação quanto aos modos de aplicação.

Acredita-se que a baixa exigência inicial do *Eucalyptus* e possivelmente a maior exigência com a idade da planta façam com que sua aplicação na cova de plantio não seja a mais adequada. Além disso, nos casos de resposta inicial ao nutriente, sua localização junto ao sistema radicular estressado pelo transplante, frequentemente com limitações de água, ou intensamente lixiviável, no caso de muita chuva, por não existir um sistema radicular desenvolvido, parece não ser a prática mais adequada (BARROS et al., 1990).

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de Condução do Experimento, Material Genético, Adubação Básica e de Cobertura

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, coberta com filme de plástico transparente de 0,15 μm de espessura, revestida lateralmente com telas de sombreamento com capacidade de retenção da luz solar de 30%, pé-direito de 3,50 m e altura total de 5,0 m. A casa de vegetação está localizada no Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal.

O município de Jaboticabal está situado a 21°16' de latitude sul, 48°19' de longitude oeste e 575 m de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é de transição entre os tipos CWA (quente e inverno seco) e AW (tropical de inverno seco), de acordo com VENTURA et al. (1965/66). Durante o período de condução do experimento, 90 dias, a temperatura média na casa de vegetação foi $18,7 \pm 8,1$ °C, com mínima de $12,1 \pm 3,2$ °C e máxima de $28,7 \pm 2,7$ °C; a umidade relativa do ar máxima variou de $96,4 \pm 2,5\%$, a mínima de $51 \pm 24,4\%$, com média de $79,5 \pm 25,3\%$.

Mudas de cinco genótipos comerciais de eucalipto (híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, doravante denominados G1, G2, G3, G4 e G5), produzidas por miniestaquia em tubetes de 55 cm^3 , com idade de 80 dias, foram plantadas em vasos de plástico preenchido com sete dm^3 de amostra de um Neossolo Quartzarênico, com baixo teor natural de potássio (Tabela 1). O solo, seco à sombra e peneirado, foi corrigido de forma a elevar a porcentagem de saturação por bases para 60%, utilizando a relação 3:1 de Ca:Mg, 20 dias antes do plantio das mudas, juntamente com a adição de 200 mg.dm^{-3} de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples, aplicados em uma única vez, juntamente com os corretivos de acidez e incorporados manualmente ao solo. Posteriormente o solo foi adubado aplicando-se 30 mg.dm^{-3} de N; 30 mg.dm^{-3} de S; 5 mg.dm^{-3} de Zn; 0,5 mg.dm^{-3} de B; 0,5 mg.dm^{-3} de Cu; 1,5 mg.dm^{-3} de Mn; e 0,1 mg.dm^{-3}

de Mo. Com 41 e 75 dias após o plantio, as plantas receberam adubação de cobertura, aplicando-se via solução aquosa 40 mg dm^{-3} N, na forma de uréia.

3.2. Adubação Potássica e Regimes de Irrigação

Metade dos vasos não recebeu complementação potássica (K0) e a outra metade recebeu 166 mg.dm^{-3} de K (K1) via cloreto de potássio, em solução. Após o plantio, as mudas passaram por um período de aclimação de seis dias, sendo então estabelecidos os dois regimes de irrigação: RI1 – irrigação diária, até o solo atingir 60% dos poros preenchidos com água (PPA), ou seja, plantas sem restrição hídrica e RI2 - plantas irrigadas até o solo atingir 60% PPA, com posterior suspensão da irrigação até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica (desidratação/murcha; curvatura da gema terminal). As plantas do regime hídrico RI2, ao final do ciclo de suspensão da irrigação, foram irrigadas até o solo atingir 60% PPA, suspendendo-se novamente a irrigação, repetindo-se o ciclo. No decorrer do experimento foram conduzidos sete ciclos de suspensão de irrigação, sendo a quantidade de água reposta em cada vaso determinada pelo método gravimétrico.

3.3 Avaliações

No início e ao final do experimento foram determinados o diâmetro do coleto (mm), a altura (cm), o número de folhas, a área foliar (cm^2), a massa de matéria seca de folhas, de caule, de raízes, da parte aérea e total (g). A altura foi determinada com régua graduada (0,1 cm), o diâmetro do coleto com paquímetro digital (0,01 mm), a área foliar com um medidor de área foliar (Li-Cor 3100), as raízes foram peneiradas e lavadas, as folhas destacadas das plantas e o caule + galhos reduzidos com tesoura de poda, para após secagem de cada componente da planta em estufa de circulação de

ar, a 70°C, até massa constante, determinar a massa de matéria seca em balança de precisão (0,0001g).

Tabela 1. Atributos químicos e granulometria do Neossolo Quartzarênico usado no experimento.

Experimento:													
pH		MO		P resina		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	Al ³⁺	SB	T	V
(CaCl ₂)		(g.dm ⁻³)		(mg.dm ⁻³)		(mmolc.dm ⁻³)							%
4,0		6		3		0,2	2	1	22	8	3	25	13
B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO ₄ ²⁻	Argila	Limo	Areia Fina	Areia Grossa		Classe		
(mg.dm ⁻³)						(g.kg ⁻¹)					Textural		
0,24	0,2	18	0,7	0,1	4	90	0	230	680		Arenosa		

Ao final de cada ciclo de suspensão de irrigação, ou seja, quando as plantas do RI2 manifestavam os sintomas de deficiência hídrica e antes da irrigação das mesmas, foram avaliados as seguintes características em todas as plantas do experimento: índice de conteúdo de clorofila (ICC), usando um clorofilômetro portátil (CCM 200, Opti Science); eficiência fotoquímica do fotossistema II, dada pela razão Fv/Fm, usando um fluorômetro portátil (OS30p, Opti Science); taxas de assimilação líquida (*A*), condutância estomática (*gs*) e transpiração (*E*), usando-se um analisador de gases a infravermelho, portátil (LCPro⁺ SYSTEM, ADC) sob concentração de CO₂ ambiente ($370 \pm 10 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), FFFA (fluxo de fótons fotossinteticamente ativo) de $1000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e temperatura da folha mantida a 26 °C. Essas avaliações foram realizadas nos períodos compreendidos entre 8 h e 10 h 30 min, em folhas totalmente expandidas, no terço médio das plantas. A partir das avaliações de *A*, *gs* e *E*, foram obtidas as eficiências instantânea ($\text{EUA}_{\text{inst}} = A/gs$) e intrínseca ($\text{EUA}_{\text{intr}} = A/E$) do uso da água, conforme NGUBI et al. (2003a; 2003b; 2004). Também determinou-se o conteúdo relativo de água (CRA), conforme método de CATSKY (1974), em seis ciclos de suspensão da irrigação, e o potencial hídrico foliar (Ψ_f) ao final experimento, por meio de uma bomba de pressão (SCHOLANDER et al., 1965).

3.4. Delineamento Experimental e Forma de Análise dos Dados

O experimento foi estabelecido no delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2 x 2 (5 genótipos, 2 regimes de irrigação e 2 níveis de adubação potássica), com cinco repetições por tratamento.

Para eliminar o efeito da diferença inicial de desempenho entre os clones, os dados de altura, diâmetro do coleto, número de folhas, área foliar e massa de matéria seca de folhas, de raízes, de caule, da parte aérea e total foram analisados em termos de incremento relativo (IR), pela aplicação da seguinte expressão:

$$IR = \frac{(A_f - A_i)}{A_i} * 100 ;$$

em que:

A_f : valor da característica A (altura, diâmetro do coleto,...) na avaliação final;

A_i : valor da característica A (altura, diâmetro do coleto,...) na avaliação inicial.

As análises de variância foram realizadas considerando-se as médias dos ciclos de suspensão de irrigação, usando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2000) e as médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características Biométricas

Houve efeito significativo do regime de irrigação - RI ($p \leq 0,01$) e diferença entre os genótipos - G ($p \leq 0,01$ ou $p \leq 0,05$) sobre todas as características avaliadas; da adubação potássica - K ($p \leq 0,01$) sobre o incremento relativo em massa de matéria seca de folhas (IR-MSF) e de caule (IR-AF), da interação RI x K ($p \leq 0,05$) sobre o IR-MSF e da interação RI x G ($p \leq 0,01$ ou $p \leq 0,05$) sobre o IR-MSF, IR-MSF, incremento relativo em área foliar (IR-AF), em massa de matéria seca de raízes (IR-MSR), da parte aérea (IR-MSPA) e total (IR-MST). Para as demais características e, ou fatores isolados ou em conjunto os efeitos foram não significativos ($p > 0,05$; Tabela 2).

As estimativas dos coeficientes de variação (CV) foram de alta magnitude para o incremento relativo em número de folhas (IR-NF) e em massa de matéria seca de raízes (IR-MSR) e de média magnitude para as demais características, segundo GOMES (2000). PAVAN (2003) encontrou para características de crescimento, valores de CV entre 14,23 e 37,30% em genótipos de eucalipto, sob condições de deficiência hídrica. TATAGIBA et al. (2007), VELLINI (2007) e REVOLTI (2010), obtiveram resultados semelhantes para essas características de crescimento em genótipos de eucalipto sob diferentes condições de disponibilidade hídrica. Isso indica que os valores estão dentro da normalidade para essas características.

Todas as características foram significativamente afetadas pela disponibilidade hídrica, mas pouco ou nenhum efeito da adubação potássica foi verificado. Sob condições de boa disponibilidade hídrica (regime de irrigação 1 – RI1), independentemente do genótipo ou da adubação potássica, as plantas apresentaram incremento relativo 56,3% maior em número de folhas, 69,8% em

Tabela 2. Valores de “F” da análise de variância, coeficiente de variação (CV, %) e médias de incremento relativo em número de folhas (IR-NF, %), em altura (IR-ALT, %), em diâmetro do coleto (IR-DC, %), em área foliar (IR-AF, %), em massa de matéria seca de folhas (IR-MSF, %), de caule (IR-MSC, %), de raízes (IR-MSR, %), da parte aérea (IR-MSPA, %) e total (IR-MST), avaliados em cinco genótipos de eucalipto submetidos a dois regimes de irrigação (RI: RI1- irrigação diária; RI2 - plantas com irrigação suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica: desidratação/murcha; curvatura da gema terminal), na ausência (K0) e presença (K1 - 166 mg.dm⁻³ K), de adubação potássica (K).

Fontes de Variação	Características								
	IR-NF	IR-ALT	IR-DC	IR-AF	IR-MSF	IR-MSC	IR-MSR	IR-MSPA	IR-MST
RI	108,4**	261,1**	364,1**	886,6**	642,3**	1167,9**	408,2**	1024,1**	948,5**
K	0,5 ^{ns}	3,3 ^{ns}	0,8 ^{ns}	20,5**	7,8**	1,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}
Genótipos (G)	14,2**	29,5**	11,6**	21,5**	5,4**	25,4**	6,2**	14,1*	11,6**
RI x K	1,3 ^{ns}	3,09 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,8 ^{ns}	4,6*	0,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,06 ^{ns}
RI x G	2,2 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,2 ^{ns}	4,8**	3,1*	11,2**	8,2**	6,7**	7,7**
K x G	0,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,7 ^{ns}	1,6 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,8 ^{ns}
RI x K x G	0,3 ^{ns}	1,64 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,6 ^{ns}
CV(%)	21,09	16,01	15,40	11,66	14,46	13,44	22,51	12,83	13,59
Média	2094,9	180,3	201,5	4636,0	3751,7	4664,3	2092,6	4131,1	3514,4
RI1	2554,9 A	226,9 A	260,67 A	6245,5 A	5126,4 A	6806,7 A	3044,5 A	5827,4 A	4985,8 A
RI2	1634,8 B	133,6 B	142,2 B	3026,4 B	2376,9 B	2521,9 B	1140,7 B	2434,8 B	2043,1 B
K0	2127,8 A	185,5 A	204,2 A	4391,1 B	3599,5 B	4730,6 A	2060,6 A	4072,3 A	3461,9 A
K1	2061,9 A	175,0 A	198,6 A	4880,9 A	3903,4 A	4598,1 A	2124,6 A	4189,9 A	3566,9 A
G1	1833,1 B	150,5 C	230,6 A	4192,6 C	3312,7 C	3688,0 C	1735,6 C	3476,4 C	2975,1 C
G2	1878,4 B	231,1 A	191,9 B	4111,0 C	3851,4 A	4922,7 B	2181,7 AB	4302,2 AB	3636,5 AB
G3	2096,2 B	195,7 B	221,2 A	4944,0 B	4093,8 A	5638,5 A	2367,1 A	4706,3 A	3970,5 A
G4	1928,1 B	178,3 B	190,1 B	5452,0 A	3729,1 AB	4530,4 B	2274,4 AB	4068,9 B	3588,1 AB
G5	2738,6 A	145,7 C	173,4 B	4480,2 BC	3771,2 AB	4541,8 B	1904,3 BC	4101,8 B	3402,1 B

*, **, ^{ns} - valor significativo a 5%, 1% e não significativo a 5%, respectivamente, pelo teste F. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

altura, 83,3% em diâmetro do coleto, 106,4% em área foliar, 115,7% em massa de matéria seca de folhas, 169,9% em massa de matéria seca de caule, 166,9% em massa de matéria seca de raízes, 139,3% em massa de matéria seca da parte aérea e 144,1% em massa de matéria seca total, comparativamente as plantas submetidas à suspensão de irrigação (RI2). A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas por controlar a abertura estomática e, conseqüentemente a produção de massa seca. Esse fechamento bloqueia o influxo de CO_2 para as folhas podendo levar a paralisação de crescimento das plantas e perda de produtividade (GHOLZ et al., 1990).

Quando adubadas com potássio houve aumento de 11,2% no IR-AF e de 8,4% no IR-MSF; para as demais características as alterações foram não significativas. Quanto aos genótipos, a diferença entre o que apresentou maior e o que apresentou menor incremento relativo variou de 23,6% para o IR-MSF a 58,6% para o IR-ALT; no conjunto das características avaliadas o genótipo 1 (G1) esteve no grupo de maiores incrementos relativos apenas para IR-DC, o G2 em IR-ALT, IR-MSF, IR-MSR, IR-MSPA e IR-MST; o G3 para IR-DC, IR-MSF, IR-MSC, IR-MSR, IR-MSPA e IR-MST, o G4 em IR-AF, IR-MSF, IR-MSR e IR-MST e o G5 em IR-NF e IR-MSF. Diante disto pode-se considerar que o G3, na média dos dois regimes de irrigação e da adubação potássica foi o que apresentou melhor desempenho, e o G1, o desempenho inferior.

Plantas jovens de eucalipto requerem pouco potássio e solos com níveis de K em torno de $0,51 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ são suficientes para o crescimento inicial das mudas, segundo BARROS et al. (1990). Portanto, apesar do teor de K no solo utilizado ser considerado muito baixo (IAC, 1997) para espécies de *Eucalyptus*, apenas $0,2 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, este poderia ser considerado como adequado para a produção de mudas e estabelecimento inicial das plantas no campo.

Dessa forma BARROS et al. (1990) relataram que a resposta de espécies florestais a adubação potássica é rara, e que o eucalipto apresenta baixa exigência inicial nesse nutriente e possivelmente maior exigência com a idade da planta. ROCHA FILHO et al. (1978), cultivando mudas de *E. urophylla* para obtenção de sintomas de deficiência de boro, de ferro e dos macronutrientes, constataram que os sintomas de carência de potássio foram os últimos a aparecer.

NOVAIS et al. (1979) não observaram efeito significativo da aplicação de potássio sobre o crescimento de mudas de *E. grandis*, aos 70 dias após semeadura, mesmo no solo que apresentava inicialmente cerca de $0,1 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$ disponível. NOVAIS et al. (1980) verificaram que *E. grandis*, na fase de muda, aos 75 dias de idade, não respondeu a aplicação de potássio; o contrário foi observado para *E. cloeziana* aos 100 dias. Os autores ainda sugerem que o nível crítico de K no solo para *E. grandis*, na fase inicial do crescimento, está abaixo de $0,23 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (extrator Mehlich 1), quando o solo é pobre em Ca e Mg.

O IR-MSC foi maior nas plantas do RI1 que não receberam adubação potássica e no RI2 não houve diferença entre os dois níveis de adubação. Por outro lado, independentemente de ter recebido adubação ou não, o RI2 proporcionou menores valores de IR-MSC do que o RI1. Isto pode ser consequência da alocação diferencial de matéria seca entre os componentes da plantas, estimulada pela adubação com potássio (Tabela 3). SOUZA (1994) observou que plantas de eucalipto adubadas com potássio alocaram mais matéria seca nas folhas comparativamente aos outros componentes da planta, o que concorda com os resultados obtidos.

Independentemente da característica, todos os genótipos apresentaram redução nos valores de incrementos relativos no RI2, comparativamente ao RI1; por outro lado, no RI2 não foram observadas diferenças estatísticas entre os genótipos. De forma geral, o genótipo 1 (G1) apresentou os menores valores de incremento na maioria das características, e o G3, os maiores valores, a exceção do IR-AF em que o G4 superou os demais genótipos (Tabela 4).

Tabela 3. Médias de incremento relativo em massa de matéria seca de caule (IR-
MSC, %) de plantas de eucalipto submetidas a dois regimes de irrigação
(RI1 - irrigação diária; RI2 - plantas com irrigação suspensa até o
aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica:
desidratação/murcha; curvatura da gema terminal), na ausência (K0) e
presença (K1 - adição de $166 \text{ mg.dm}^{-3} \text{ K}$) de adubação potássica. (Médias
dos cinco genótipos).

	IR-MSC (%)	
	K0	K1
RI 1	7008,2 Aa	6605,2 Ab
RI 2	2453,1 Ba	2590,7 Ba

Letras maiúsculas comparam níveis de potássio dentro de regimes de irrigação (RI) e letras minúsculas comparam regimes de irrigação (RI) dentro de cada nível de potássio.

4.2. Características Fisiológicas

Houve modificações expressivas nas características avaliadas quando a irrigação foi suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica (regime de irrigação 2 - RI2), com reduções médias de 45% nos valores de taxa de assimilação líquida (A), 78% na condutância estomática (g_s), 51% na transpiração (E), 259% no potencial hídrico (Ψ_f) e 6,9% no conteúdo relativo de água nas folhas (CRA). Por outro lado houve aumento médio de 209% na eficiência instantânea (EUA_{inst}) e de 6,5% na eficiência intrínseca (EUA_{intr}) no uso da água, 65% no índice de conteúdo de clorofila (ICC) e de 1,2% na eficiência fotoquímica - F_v/F_m (Tabela 5). Reduções semelhantes em A , g_s , E e Ψ_f foram observadas em clones de eucalipto sob diferentes disponibilidades hídricas (TATAGIBA et al., 2008) e na taxa transpiratória em plantas estressadas de *Enterolobium contortisiliquum* (SILVA et al., 2003).

Quando as plantas receberam adubação potássica, houve aumento na maioria das características, exceto para ICC em que se observou maior valor na ausência de K (K0) e para g_s , EUA_{inst} e Ψ_f , em que o desempenho foi semelhante nos dois níveis de adubação.

Tabela 4. Médias de incremento relativo em área foliar (IR-AF %), em massa de matéria seca de folhas (IR-MSF, %), de caule (IR-MSR %), de raízes (IR-MSR, %), da parte aérea (IR-MSPA %) e total (IR-MST %) avaliados em cinco genótipos de eucalipto submetidos a dois regimes de irrigação (RI1 - irrigação diária; RI2 - plantas com irrigação suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica: desidratação/murcha; curvatura da gema terminal). (Médias dos dois níveis de adubação potássica: ausência (K0) e presença (K1: adição de 166 mg.dm⁻³ K).

Genótipos	IR-AF		IR-MSF		IR-MSR	
	RI1	RI2	RI1	RI2	RI1	RI2
G1	5599,4 Ac	2785,8 Ba	4324,8 Ab	2300,5 Ba	5096,6 Ac	2279,4 Ba
G2	5467,3 Ac	2754,7 Ba	5433,2 Aa	2269,6 Ba	7399,5 Ab	2446,0 Ba
G3	6571,2 Ab	3316,8 Ba	5555,5 Aa	2632,1 Ba	8264,7 Aa	3012,2 Ba
G4	7482,6 Aa	3421,4 Ba	5147,2 Aa	2310,9 Ba	6625,8 Ab	2435,0 Ba
G5	6107,1 Abc	2853,2 Ba	5171,1 Aa	2371,3 Ba	6646,9 Ab	2436,8 Ba

Genótipos	IR-MSR		IR-MSPA		IR-MST	
	RI1	RI2	RI1	RI2	RI1	RI2
G1	2244,0 Ab	1227,1Ba	4664,2 Ac	2288,5 Ba	3967,5 Ac	1982,7 Ba
G2	3421,6 Aa	941,9 Ba	6260,5 Aab	2343,8 Ba	5368,9 Aab	1904,0 Ba
G3	3552,9 Aa	1181,9 Ba	6631,8 Aa	2780,8 Ba	5662,8 Aa	2278,2 Ba
G4	3309,8 Aa	1239,0 Ba	5776,1 Ab	2361,6 Ba	5115,4 Aab	2060,7 Ba
G5	2695,0 Ab	1113,5 Ba	5804,3 Ab	2399,4 Ba	4814,2 Ab	1989,9 Ba

Letras maiúsculas comparam regimes de irrigação (RI) dentro de cada genótipo e letras minúsculas comparam genótipos dentro de cada regime de irrigação.

Na média dos dois regimes de irrigação e dos dois níveis de adubação potássica, os genótipos diferiram na maioria das características. O G1 apresentou maiores valores de *A*, *gs* e *E*, ao passo que os menores valores nessas características foram observados no G2. O G1, juntamente com o G4 e G5, apresentaram o maior CRA e os menores ICC; para essas mesmas características o G2 apresentou comportamento oposto.

Tabela 5. Valores de “F” da análise de variância, coeficiente de variação (CV, %) e médias de taxa de assimilação líquida (A , em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , em $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), transpiração (E , em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), eficiência instantânea ($\text{EUA}_{\text{inst}} = A/g_s$, em $\mu\text{mol.mol}^{-1}$) e intrínseca ($\text{EUA}_{\text{intr}} = A/E$, em $\mu\text{mol.mmol}^{-1}$) no uso da água, potencial hídrico (Ψ_f , em MPa), conteúdo relativo de água (CRA, %), índice de conteúdo de clorofila (ICC) e eficiência fotoquímica (F_v/F_m) avaliados em cinco genótipos de eucalipto submetidos a dois regimes de irrigação (RI: RI1 e RI2) na ausência (K0) e presença (K1) de adubação potássica (K).

Fontes de Variação	Características								
	A	g_s	E	EUA_{inst}	EUA_{intr}	Ψ_f	CRA	ICC	F_v/F_m
RI	899,9**	1940,7**	1583,1**	1431,3**	15,3**	992,9**	132,3**	677,2**	139,4**
K	20,1**	0,1 ^{ns}	6,0**	0,1 ^{ns}	7,6**	0,1 ^{ns}	7,2**	16,3**	6,1*
Genótipos	14,7**	14,9**	12,6**	5,7**	1,4 ^{ns}	0,5 ^{ns}	7,8**	40,8**	54,6**
RI x K	7,1**	7,4**	16,7**	0,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}	7,2**	6,8*	0,1 ^{ns}
RI x G	4,3**	0,9 ^{ns}	2,9*	2,7*	0,6 ^{ns}	0,9 ^{ns}	7,4**	10,5**	7,7**
K x G	0,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}
RI x K x G	0,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,8 ^{ns}	3,2*
CV(%)	9,83	14,44	8,71	13,49	8,09	18,00	3,12	9,47	0,50
Média	11,76	0,394	2,76	50,14	3,47	-1,24	86,4	27,1	0,836
Médias para Regimes de Irrigação									
RI1	15,2 A	0,64 A	3,71 A	24,5 B	3,36 B	-0,54 B	89,4 A	20,4 B	0,830B
RI2	8,3 B	0,14 B	1,80 B	75,7 A	3,58 A	-1,94 A	83,2 B	33,7 A	0,840A
Médias para Níveis de potássio									
K0	11,2 B	0,39 A	2,70 B	50,0 A	3,39 B	-1,24 A	85,6 B	28,1 A	0,834 B
K1	12,3 A	0,39 A	2,81 A	50,2 A	3,55 A	-1,25 A	87,0 A	26,0 B	0,836 A
Médias para Genótipos									
G1	13,1 A	0,47 A	3,04 A	44,2 B	3,49 A	-1,25 A	87,3 A	23,0 C	0,840A
G2	10,5 C	0,34 B	2,55 C	50,0 AB	3,35 A	-1,27 A	84,2 B	31,7 A	0,823B
G3	11,2 BC	0,36 B	2,63 BC	53,8 A	3,45 A	-1,19 A	84,8 B	29,0 B	0,837A
G4	11,9 B	0,39 B	2,74 BC	51,9 A	3,52 A	-1,22 A	87,6 A	27,7 B	0,839A
G5	12,0 B	0,38 B	2,82 B	50,7 A	3,55 A	-1,27 A	87,7 A	23,8 A	0,838A

RI1 – irrigação diária; RI2 – irrigação suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica (murcha); K0 - sem adição de K; K1 – adição de 166 mg.dm⁻³ K.

Os valores de A , g_s , E , CRA e ICC não diferiram entre os dois níveis de adubação potássica, na condição RI1; por outro lado no RI2 (irrigação suspensa), as plantas que receberam adubação (K1) apresentaram maiores valores nessas características (Tabela 6). Também observa-se que, independentemente da adubação,

o RI2 proporcionou reduções significativas nessas características, exceto no ICC (Figuras 1a e 1b), cujos valores foram próximos entre os dois regimes de irrigação. Segundo MARSCHNER (1995) o decréscimo da fotossíntese em condições de estresse hídrico é menor quando as plantas estão bem supridas de potássio, pois o aumento do conteúdo de potássio nas folhas proporciona maior atividade da ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco) e maior taxa fotossintética.

No regime de irrigação diário, os genótipos G1 e G4 apresentaram maior taxa de assimilação líquida que o genótipo G2; no RI2 o genótipo G1 superou os demais genótipos e o G2 apresentou o menor valor de A , embora não tenha diferido dos genótipos G3 e G4. Todos os cinco genótipos apresentaram reduções significativas em A no RI2 (Tabela 7; Figura 1c). A EUA_{inst} foi maior no RI2, independentemente do genótipo; neste regime de irrigação o genótipo G1 apresentou o menor valor de EUA_{inst} . No RI1 não houve diferença entre os genótipos.

Tabela 6. Médias de taxa de assimilação líquida (A , em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs , em $\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), transpiração (E , em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), conteúdo relativo de água (CRA, %) e índice de conteúdo de clorofila (ICC) em cinco genótipos de eucalipto submetidos a dois regimes de irrigação (RI1 e RI2) na ausência (K0) e presença (K1) de adubação potássica. (Médias dos cinco genótipos)

	A		gs		E		CRA		ICC	
	K0	K1	K0	K1	K0	K1	K0	K1	K0	K1
RI1	15,0 Aa	15,4 Aa	0,65 Aa	0,62 Aa	3,75 Aa	3,67 Aa	89,4 Aa	89,4 Aa	20,7Ab	20,0Ab
RI2	7,46 Bb	9,12 Ab	0,12 Bb	0,15 Ab	1,64 Bb	1,96 Ab	81,8 Bb	84,7 Ab	35,4Aa	32,0Ba

Letras maiúsculas comparam níveis de potássio dentro de regimes de irrigação (RI) e letras minúsculas comparam regimes de irrigação (RI) dentro de cada nível de potássio. RI1 – irrigação diária; RI2 – irrigação suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica (murcha); K0 - sem adição de K; K1 – adição de $166 \text{ mg.dm}^{-3} \text{ K}$.

Observou-se maiores valores de ICC no RI2, e neste regime, o genótipo G2 superou os demais; os genótipos G1 e G5 apresentaram os menores ICC no RI2. No RI1, o G2 superou os genótipos G1 e G5, não havendo diferenças entre os demais

genótipos. Como o N é constituinte da molécula de clorofila, geralmente existe alta correlação entre o seu teor e a clorofila nas folhas. O aumento do ICC nas plantas do RI2 (Tabela 7, Figura 1c) é, provavelmente, decorrente do menor crescimento observado nesta condição e, portanto, ao maior teor de N, o que corrobora com SILVA et al. (2004), que encontraram altos teores de clorofila em mudas de *Eucalyptus grandis* submetidos a estresse hídrico mais severo.

Tabela 7. Médias de taxa de assimilação líquida (A , em $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), transpiração (E , em $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), conteúdo relativo de água (CRA, %), eficiência instantânea no uso da água ($\text{EUA}_{\text{inst}} = A/g_s$, em $\mu\text{mol.mol}^{-1}$), índice de conteúdo de clorofila (ICC) e eficiência fotoquímica (F_v/F_m) avaliados em cinco genótipos de eucalipto (G1, G2, G3, G4 e G5) submetidos a dois regimes de irrigação (RI1 e RI2). (Médias dos dois níveis de adubação potássica).

	A		E		EUA_{inst}	
	RI1	RI2	RI1	RI2	RI1	RI2
G1	15,7 Aa	10,5 Ba	3,85 Aa	2,23 Ba	22,0 Ba	66,3 Ab
G2	14,0 Ab	6,9 Bc	3,59 Aa	1,50 Bc	24,9 Ba	75,1 Aa
G3	15,1 Aab	7,3 Bbc	3,63 Aa	1,62 Bbc	25,3 Ba	82,3 Aa
G4	15,8 Aa	8,0 Bbc	3,75 Aa	1,74 Bbc	24,5 Ba	79,3 Aa
G5	15,4 Aab	8,7 Bb	3,73 Aa	1,90 Bb	25,9 Ba	75,6 Aa
	CRA		ICC		F_v/F_m	
	RI1	RI2	RI1	RI2	RI1	RI2
G1	89,0 Aa	85,6 Ba	17,9 Bb	28,0 Ac	0,836 Ba	0,843 Aab
G2	89,6 Aa	78,9 Bb	22,9 Ba	40,6 Aa	0,816 Bc	0,830 Ac
G3	89,2 Aa	80,5 Bb	21,0 Bab	37,1 Ab	0,830 Bb	0,844 Aab
G4	89,4 Aa	85,9 Ba	20,9 Bab	34,7 Ab	0,833 Bab	0,846 Aa
G5	90,1 Aa	85,3 Ba	19,3 Bb	28,3 Ac	0,837 Ba	0,839 Ab

Letras maiúsculas comparam regimes de irrigação (RI) dentro de cada genótipo e letras minúsculas comparam genótipos dentro de cada regime de irrigação. . RI1 – irrigação diária; RI2 – irrigação suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica (murcha).

No RI2 houve inibição da fotossíntese (A), como consequência do fechamento dos estômatos, evidenciado pelos menores valores de g_s . O estresse hídrico afeta a fotossíntese, tanto pelo fechamento dos estômatos limitando a troca gasosa, como pelo comprometimento metabólico (FLEXAS et al., 2002). A forte relação entre g_s e vários parâmetros fotossintéticos levaram FLEXAS & MEDRANO (2002) a sugerirem o uso de condutância estomática como parâmetro de referência para avaliar o grau de estresse hídrico. Além disso, a g_s pode ser uma ferramenta útil no melhoramento genético para maior produtividade em ambientes propensos à seca, por fornecer uma ligação crucial entre a perda de água pela transpiração e ganho de carbono (e, portanto, do crescimento) e entre a economia de água pelo fechamento dos estômatos e maior estresse por calor (PITA et al., 2005).

As características mais sensíveis à suspensão da irrigação foram o potencial hídrico foliar, seguido da condutância estomática, transpiração e taxa de assimilação líquida. O Ψ_f indica o grau de hidratação da planta e reflete as condições da dinâmica do processo do transporte no sistema solo-água-planta, constituindo o principal componente responsável pelo fluxo de água, podendo representar o estresse hídrico que a planta está submetida (PEREIRA et al., 2006). Segundo MIELKE et al. (1999), é provável que a g_s dependa do potencial hídrico da folha, que diminui sob condições de estresse. A diminuição da g_s e E e, por fim, da taxa de assimilação líquida em consequência do fechamento estomático são as primeiras respostas no sentido de reduzir a perda da água pelas plantas sob deficiência hídrica (CHAVES et al., 2003; PITA et al., 2005). Por outro lado, o aumento na EUA_{inst} com a intensificação da deficiência hídrica deve-se mais a redução nos valores de g_s , proporcionalmente maior do que a observada nos valores de A . O mesmo raciocínio é válido para a EUA_{intr} . A maior eficiência do uso da água pode estar relacionada ou a um maior crescimento e/ou fotossíntese ou a maior taxa de fechamento dos estômatos. Ainda, a tendência da EUA_{intr} aumentar com os estômatos fechados, significa que selecionar para aumento da EUA_{intr} pode, muitas vezes, ser o mesmo que selecionar para baixa produtividade (PITA et al., 2005).

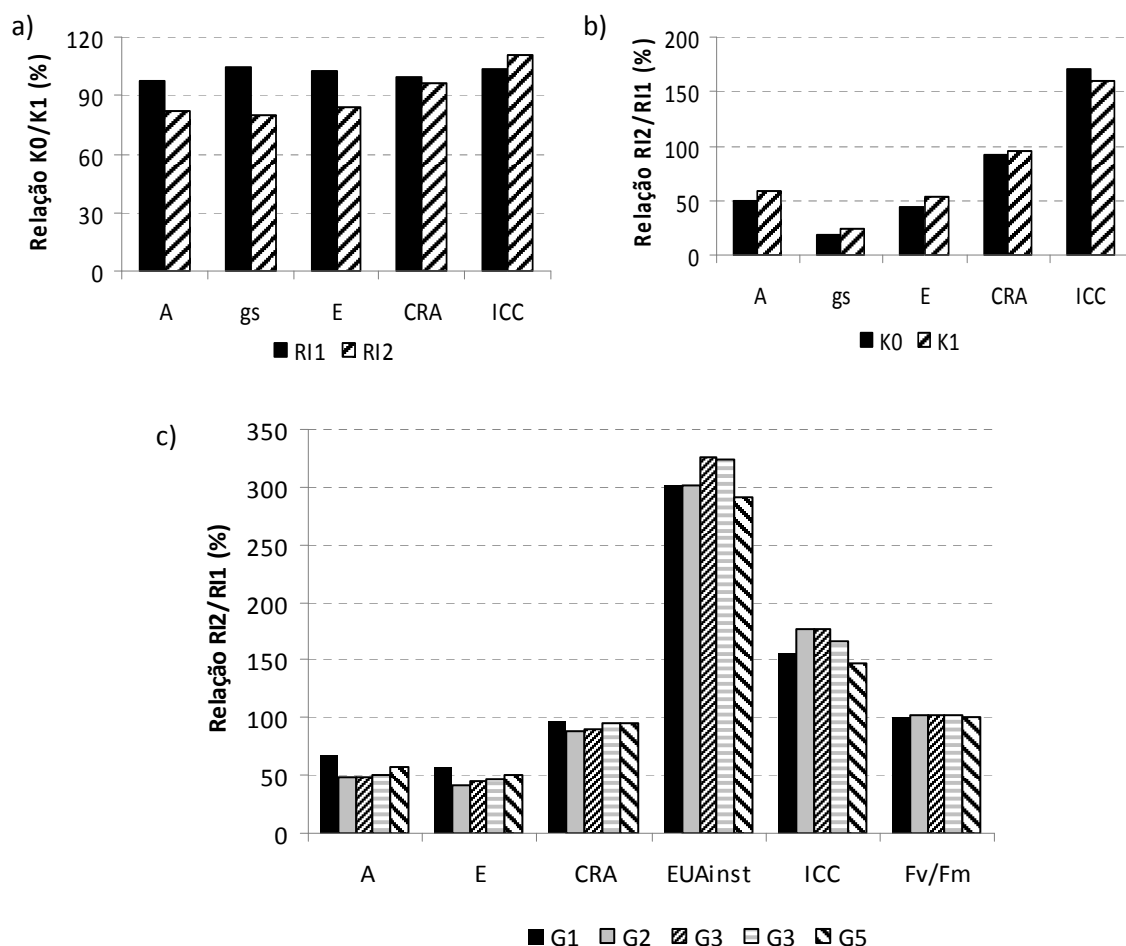


Figura 1. Relação (%) na taxa de assimilação líquida (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), conteúdo relativo de água (CRA), eficiência instantânea no uso da água (EUA_{inst}), eficiência fotoquímica (Fv/Fm) e índice de conteúdo de clorofila (ICC) em cinco genótipos de eucalipto (G1, G2, G3, G4 e G5) submetidos a dois regimes de irrigação (RI: RI1 – irrigação diária; RI2 – irrigação suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica), na ausência (K0) e na presença de adubação potássica (K1 – 166 $mg.dm^{-3}$ K).

Na presença de adubação potássica (K1) houve tendência de aumento nos valores da maioria das características avaliadas, evidenciando que o potássio confere uma melhoria nessas características (Tabela 5; Figura 1b). TEIXEIRA et al. (1995) estudaram o efeito da nutrição potássica nas relações hídricas de diversas espécies e

híbridos de *Eucalyptus*. Em condições de estresse hídrico sob fornecimento de potássio, a média do CRA nas folhas das espécies de *Eucalyptus* foi de 81,7% contra somente 67,3% na ausência do elemento.

O conteúdo relativo de água não diferiu entre os genótipos no RI1, mas apresentou redução significativa no RI2. Neste regime de irrigação os menores valores de CRA foram observados nos genótipos G2 e G3. Pelos maiores valores de CRA observados nos genótipos G1, G4 e G5, supõem-se que esses detêm maior capacidade de economizar água. MERCHANT et al. (2007) observaram reduções expressivas no CRA de seis espécies de eucalipto sob quatro regimes de irrigação. De acordo com UMAR (2006), em culturas de mostarda, sorgo e amendoim, o conteúdo de água do tecido foliar foi significativamente aumentado, em 8,7%, 19,9% e 17,7% respectivamente, pela aplicação de K em condições de estresse hídrico.

As diferenças estatísticas observadas para a eficiência fotoquímica (F_v/F_m ; Tabela 8), deve-se à baixa variabilidade dos dados e ao baixo coeficiente de variação (Tabela 8). Assim, pode se afirmar que não houve danos ao fotossistema II pela deficiência hídrica induzida ou à falta de suprimento de K. Uma possível explicação para esse resultado é que o experimento foi conduzido em casa de vegetação, amenizando assim a radiação que incide sobre as plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por ROLANDO & LITTLE (2008) que observaram que o estresse hídrico não afetou a relação F_v/F_m em plantas de *Eucalyptus grandis*, contrariando resultados anteriores, obtidos por eles mesmos, e com a mesma espécie. Para esses autores, a falta de alterações detectáveis na eficiência fotoquímica pode estar associada a maior tolerância ao estresse hídrico das plantas usadas nesse último experimento, ou a condução do experimento por um período insuficiente para induzir alterações que pudessem ser detectadas. Em mudas de *Picea abies*, redução significativa de F_v/F_m só foi observada durante as fases mais avançadas do estresse hídrico imposto (DITMAROVÁ et al., 2009).

Tabela 8. Desdobramento da interação regime de irrigação x genótipos x adubação potássica (RI x G x K) para eficiência fotoquímica (Fv/Fm) avaliada em cinco genótipos de eucalipto (G1, G2, G3, G4 e G5) submetidos a dois regimes de irrigação (RI1 e RI2) na ausência (K0) e presença (K1) de adubação potássica.

	RI1		RI2	
	K0	K1	K0	K1
G1	0,838 Aa	0,835 Aa	0,841 Aab	0,845 Aa
G2	0,817 Ac	0,815 Aa	0,829 Ac	0,832 Ab
G3	0,825 Bb	0,836 Aa	0,843 Aab	0,844 Aa
G4	0,832 Aab	0,834 Aa	0,846 Aa	0,846 Aa
G5	0,836 Aa	0,837 Aa	0,838 Ab	0,841 Aa

Para cada regime de irrigação, letras maiúsculas comparam níveis de potássio dentro de genótipos (G) e letras minúsculas comparam genótipos dentro de cada nível de potássio. . RI1 – irrigação diária; RI2 – irrigação suspensa até o aparecimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica (murcha); K0 - sem adição de K; K1 – adição de 166 mg.dm⁻³ K.

4.3. Associação entre as Características Biométricas e Fisiológicas

Com base nas características biométricas, o genótipo G1 é o de menor desempenho, mas pelas características fisiológicas é o genótipo mais tolerante ao estresse hídrico; por outro lado o genótipo G3 é o de melhor desempenho nas características biométricas e pelas características fisiológicas comporta-se como moderadamente sensível ao estresse hídrico; o genótipo G2 foi o mais sensível pelas características fisiológicas e apresentou-se como intermediário em termos de desempenho biométrico. De acordo com WIKBERG & ÖGREN (2004) os mecanismos de adaptação ao estresse hídrico, geralmente resultam em menor taxa de crescimento o que, segundo PITA et al. (2005) é resultante do custo metabólico associado às respostas das plantas à deficiência hídrica. Por exemplo, o fechamento estomatal também reduz a assimilação de carbono; o aumento do crescimento de raízes diminuirá o crescimento da parte aérea; a queda de folhas implica em custo de produção de novas folhas, e o acúmulo de solutos na célula altera o metabolismo de enzimas e proteínas

(TAIZ & ZEIGER, 2004). PEREIRA & PALLARDY (1989) comentaram que plantas mais adaptadas à deficiência hídrica apresentem, provavelmente, características mais relacionadas à sobrevivência que ao crescimento, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Outro aspecto que merece atenção quanto aos resultados obtidos, refere-se à própria metodologia empregada no trabalho. Assim, ao se adotar o surgimento de sintomas iniciais de deficiência hídrica para a realização das avaliações fisiológicas e, conseqüentemente, da nova irrigação, os clones mesmo com alterações expressivas nas suas características fisiológicas foram pouco afetados em seu crescimento. As alterações fisiológicas, provavelmente, ocorreram por um período relativamente curto, e de forma reversível. Se o período de deficiência hídrica fosse prolongado, essas alterações poderiam ser irreversíveis, culminando com a desidratação total de células e tecidos, com a ocorrência de cavitação e embolia (AWAD et al., 2010), podendo ocasionar, inclusive a morte de plantas. Por outro lado, pode-se considerar que as características fisiológicas são mais importantes que as características biométricas para estudos sob condições de deficiência hídrica, e em estudos cuja metodologia seja semelhante à usada neste trabalho, as características biométricas assumem importância secundária.

V. CONCLUSÕES

Os genótipos submetidos à suspensão da irrigação apresentaram modificações em todas as características biométricas e fisiológicas.

Para as características fisiológicas, a adição de K promoveu diminuição dos efeitos da deficiência hídrica nos cinco genótipos de eucalipto. Já para características biométricas, o K conferiu pouco ou nenhum efeito.

O genótipo G1 é o de pior desempenho biométrico e fisiologicamente mais tolerante ao estresse hídrico. O genótipo G3 é o de melhor desempenho pelas características biométricas, sendo um genótipo intermediário, e o genótipo G2, pelas características fisiológicas, é o mais sensível à deficiência hídrica.

No período de estabelecimento da cultura do eucalipto, desde que não ocorra deficiência hídrica, a resposta à adubação potássica é pouco provável.

Sob deficiência hídrica, plantas devidamente adubadas com K apresentam melhor desempenho fisiológico que aquelas não adubadas, apresentando melhor controle estomático e maiores valores de fotossíntese e de transpiração.

VI. REFERÊNCIAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (Brasília). **Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009/ ABRAF**. 140p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF10-BR.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2010.

ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTS*, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997. v.1. p.300-304.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL, ABTCP. Disponível em: <http://www.abtcp.org.br/m11_read.asp?cod_pagina=2131&id_msg=96&id_nivel=1> acesso em: 28 dez. 2010.

AWAD, H.; BARIGAH, t.; BADEL, E.; COCHARD, H.; HERBETTE, S. Poplar vulnerability to xylem cavitation acclimates to drier soil conditions. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 139, p. 280–288, 2010.

BARROS, N. F., NOVAIS, R. F., NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990. p.127-186.

BERRY J. & BJÖRKMAN. O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Stanford, n. 31, 491–543, 1980.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, London. v. 3, p. 497-514, 1989.

BOYER, J. S. Plant productivity and environment potential for increasing crop plant productivity, genotypic selection. **Science**, Cambridge, v. 218, p. 443-448, 1982.

BROOKER, M. H. I.; KLEINIG, D. A. **Field guide to Eucalypts**. 2. ed. v.3 Melbourne: Boomings books. 2004. 383p.

BROOKER, M. H. I.; KLEINIG, D. A. **Field guide to Eucalypts**. 3. ed. v.1 Melbourne: Boomings books. 2006. 355p.

CAMARGO, M. A. F. **Matéria seca, concentração e conteúdo de macronutrientes em mudas de clones de eucalipto, em função da idade**. Piracicaba, 1997. 94p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997.

CAMPINHOS, E. Propagación vegetativa de *Eucalyptus* spp. por enraizamento de estacas. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. **Anais...** Buenos Aires: CIEF, 1987. v.1, p.208 - 214.

CATSKY, J. Water saturation deficit (relative water content). In: SLAVIK, B., ed. **Methods of studying plant water relations**. Berlin: Springer-Verlag, 1974. p.136-154.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford University Press, v. 42, p. 1-16, 1991.

CHAVES, M. M.; MAROCO J. P.; PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Dordrecht: Kluwer, v. 30, p.239-264, 2003.

COSTA, E. S; BRESSAN-SMITH, R.; OLIVEIRA, J. G.; CAMPOSTRINI, E. Chlorophyll *a* fluorescence analysis in response to excitation irradiance in bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Vigna unguiculata* L. Walp) submitted to high temperature stress. **Photosynthetica**, Praga. v. 41, p.77-82, 2003.

DITMAROVÁ L.; KURJAK, D.; PALMROTH, S.; KMEŤ J.;STŘELCOVÁ K. Physiological responses of Norway spruce (*Picea abies*) seedlings to drought stress. **Tree Physiology**, Oxford, v. 30, p. 205–213, 2009.

FERREIRA, C. A.; GALVÃO, A. P. M. Importância da atividade florestal no Brasil. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 15-18

FERREIRA, D. F. Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J. M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions. **Functional Plant Biology**, Dordrecht: Kluwer, v. 29, p. 461-471, 2002.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; GALMÉS, J.; MEDRANO, H.; RIBAS-CARBÓ. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 127, p. 343-352, 2006.

FLEXAS, J.; MEDRANO, H. Drought-inhibition of photosynthesis in C₃ plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. **Annals of Botany**, Oxford, v. 89, p. 183-189, 2002.

GOLHZ, H. L.; EWEL, K. C.; TESKEY, R. O. Water and forest productivity. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 30, p. 1-18, 1990.

GOMES, F. P. **Curso de estadística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Ed. F P Gomes, 477 p., 2000.

HSIAO, T.; LAUCHLI, A. Role of potassium in plant-water relations. **Advances in Plant Nutrition**, Connecticut, v. 2, p. 281–312, 1986.

HUBER, D. M.; ARNY, D. C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D. (ed.). **Potassium in Agriculture**. Madison: ASA, CSSA and SSA, 1985. p.467-488.

IAC – INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. RAIJ, P. B Van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M.C (Eds.) 2.ed. 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **BEPP - Brasil Eucalyptus Produtividade Potencial**. Disponível em: <http://www.ipef.br/bepp/>. Acesso em: 09 jan. 2011.

JESUS, F. M. **Efeito do estresse hídrico na qualidade nutricional de *Eucalyptus camaldulensis* DEHN (MYRTACEAE) e no ataque de *Glycaspis brimblecombei* MOORE (HEMIPTERA: PSYLLIDAE)**. 2009. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ciências biológicas) Universidade Estadual de Montes Claros. Montes Claros, 2009.

KAUL, O. N.; SRIVASTAVA, P. B. L.; BORA, N. K. S. Nutrition studies on Eucalyptus. I. Diagnosis of mineral deficiencies in Eucalyptus Hybrid seedlings. **Indian Forester**, Dehradun, v.92, n.4, p.264-268, 1966.

KOSLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**, 2.ed. San Diego, 1996, 411p.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology**. Stanford. v. 42, p.313-349, 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 531 p., 2004.

LAWLOR, D. W. The effects of water deficit on photosynthesis. In: SMIRNOFF, N. (ed). **Environment and plant metabolism-flexibility and acclimation**. Oxford: Bios Scientific Publisher, p. 129-160, 1995.

LEUNING, R.; CLEUGH, H. A.; ZEGELIN, S.; HUGHES, D. Carbon and water fluxes over a temperate Eucalyptus forest and a tropical wet/dry savanna in Australia: measurements and comparison with MODIS remote sensing estimates. **Agricultural and forest meteorology**, New Heaven, n.129, 151-173, 2005.

MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O. J. Funções do potássio na planta. In: YAMADA, T.; IGUE,K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. (eds.) **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.95-162.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas**:princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. UFV. 2005. 451p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**. Berna: International Potash Institute, 1978. 593p.

MERCHANT, A.; CALLISTER, A.; ARNDT, S.; TAUSZ, M.; ADAMS, M. Constrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. **Annals of Botany**, Oxford, p.1507-1515, sep. 2007.

MIELKE, M. S. OLIVA, M. A.; BARROS, N. F.; PENCHEL, R. M.; MARTINEZ, C. A.; ALMEIDA, A. C. Stomatal control of transpiration in the canopy of clonal *Eucalyptus grandis* plantation. **Trees**, Berlin, v. 13, n.1, p.152-160, 1999.

MORA, A.; GARCIA, C. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 112p.

NGUGI, M. R.; DOLEY, D.; HUNT, M. A.; RYAN, P.; DART, P. Physiological responses to water stress in *Eucalyptus cloeziana* and *E. argophloia* seedlings. **Trees**, Berlin, v. 18, p.381-389, 2004.

NGUGI, M. R.; HUNT, M. A.; DOLEY, D.; RYAN, P.; DART, P. Dry matter production and allocation in *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* seedlings in response to soil water deficits. **New Forests**, West Lafayette, v. 26, p. 187-200, 2003a.

NGUGI, M. R.; HUNT, M. A.; DOLEY, D.; RYAN, P; DART, P. Effects of soil water availability on water use efficiency of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* plants. **Australian Journal of Botany**, Canberra, v. 51, p.159-166, 2003b.

NIETO, V. M.; RODRIGUEZ, J. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical tree seed manual**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture/Forest Service, 2003. p. 466-467.

NOVAIS, R. F., REGO, A. K., GOMES, J. M. Nível Crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 4, n., p14-23, 1980.

NOVAIS, R. F.; GOMES, J. M., ROCHA, D., BORGES, E. E. L. Calagem e adubação mineral na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). I- Efeito da calagem e dos nutrientes N, P e K. **Revista Árvore**, Viçosa, v.3, n.1, p.121-134, 1979.

PAVAN, B. E. **Crescimento de clones de eucalipto submetidos a diferentes regimes hídricos em casa de vegetação**. 2003. 43 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

PEREIRA, J. S.; PALARDY, S. Water stress limitations to tree productivity. In: Pereira, J. S.; Landsberg, J. J. (ed). **Biomass production by fast-growing trees**. Dordrecht: Kluwer Academic, p. 37-56, 1989.

PEREIRA, M. R. R.; KLAR, A. E; SILVA, M. R.; SOUZA, R. A.; FONSECA, N. R. Comportamento fisiológico e morfofisiológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 518-531, dez. 2006.

PERRENOUD, S. **Potassium and Plant Health**. 2 ed. Berna: International Potash Institute, 1990.

PIGATO, S. M. P. C.; LOPES, C. R. Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio de marcador molecular RAPD em um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.60, p.135-148, 2001.

PITA, P.; CAÑAS, I.; SORIA, F.; RUIZ, F.; TOVAL, G. Use of physiological traits in tree breeding for improved yield in drought-prone environments. The case of *Eucalyptus globulus*. **Investigación Agraria**, Madri, v. 14, p. 383-393, 2005.

PRETTY, K. M. O potássio na qualidade dos produtos agrícolas. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R. (eds.) **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.177-194.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; FONTAN, I. C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, N. A.; OLIVEIRA, C. H. R. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p.921-931, 2006.

REVOLTI, P. M. **Divergência genética entre clones de eucalipto por caracteres biométricos e fisiológicos sob deficiência hídrica**. 2010. 66 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2010.

ROCHA FILHO, J. V. C.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.35, n.35, p.19-34, 1978.

ROLANDO, C. A.; LITTLE, K. M. Measuring water stress in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden seedlings planted into pots. **South African Journal of Botany**, Grahamstown, v. 74, p.133-138, 2008.

ROMERO, R. R. **Resposta fisiológica de plantas de *Eucalyptus grandis* à adubação com potássio ou sódio**. 2008. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração: Fisiologia e Bioquímica de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

RUY, O. F. **Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia**. 1998. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SCATOLINI, F. M.; FIRME, D. J.; GARCIA, C. H.; GOMES, F. P.; CAMARGO, F. R. Parcelamento da adubação potássica em *E. grandis* em áreas de reforma da Votorantim Celulose e Papel In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Trabalhos...** Piracicaba: SBCS/SLCS, 1996. 1 CD-ROM.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTRET, E. D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Cambridge, v. 148, p. 339-346, 1965.

SILVA M. R.; KLAR A. E.; PASSOS J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex. Maiden) **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, abr. 2004.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 17, p. 231-246, 2003.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, SP, n. 91, 12p. 2000.

SILVEIRA, R. L. V. A. **Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva**. 2000. 169 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N.; MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do Eucalyptus: Diagnose visual, foliar e suas interpretações In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1999. Piracicaba. **Trabalhos...** Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 1999. 1 CD-ROM.

SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia. **Trabalhos...** Piracicaba: SBSC/SLCS, 1996. 1 CD-ROM.

SLOT, M.; POOTER, L. Diversity of tropical tree seedling responses to drought. **Biotropica**, Washington, v. 39, p.683-690, 2007.

SMIT, M. A.; SINGELS, S. The response of sugarcane canopy development to water stress. **Field Crops Research**, Ontario, v. 98, n. 2-3, p. 91-97, 2006.

SOUZA, M. E. **Correlação adulto-juvenil para a eficiência nutricional e comportamento de clones de *Eucalyptus grandis* em dois níveis de fertilidade do solo.** 1994. 49p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 613-622.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas em dois clones de *Eucalyptus*. **Revista científica eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça. n. 10 v.12 1-14p. 2007.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Avaliação do crescimento de clones de *Eucalyptus* submetidos a diferentes manejos de irrigação. **Cerne**, Lavras. n.1, v.13, 1-9 p. 2007.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, jun. 2008.

TEIXEIRA, P. C.; LEAL, P. G. L.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Nutrición potásica y relaciones em plantas de *Eucalyptus* spp. **Bosque**, Valdivia, v. 16, n.2, p. 61-68, 1995.

TYREE, M. T.; ENGELBRECHT, B. M. J.; VARGAS G.; KURSAR, T. A. Desiccation tolerance of five tropical seedlings in Panama. Relationship to a field assessment of drought performance. **Plant Physiology**, Stanford. v. 132, p. 1439-1447, 2003.

UMAR, S. Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v.5, n. 38, p.1373-1380, 2006.

VALERI, S. V.; FERREIRA, M. A.; MARTINS, M. I. E. G.; BANZATO, D. A.; ALVARENGA, S. F.; CORRADINI, L.; VALLE, C. F. Recuperação de povoamento de *Eucalyptus urophylla* com aplicações de nitrogênio, potássio e calcário dolomítico. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p.53-71, dez. 2001.

VCP – Votorantim Celulose e Papel. Disponível em: <http://www.vcp.com.br/Institucional/Empresa/Curiosidades/default.htm>, 2005. Acesso em 15 junho 2005.

VELLINI, A. L. T. T. **Desempenho e divergência genética entre clones de *Eucalyptus* spp. em diferentes regimes de irrigação em casa de vegetação.** 2007. 95 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade estadual paulista. Jaboticabal, 2007.

VENTURA, A.; BERENGUT, G.; VICTOR, M. A. M. Características edafo-climáticas das dependências do Serviço Florestal do Estado de São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 4-5, n. 4, p. 57-140, 1965/66.

VIANA, M. C. M.; QUEIROZ, C. G. S.; DURÃES, F. O. M.; SOUZA, I. R. P.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; MACHADO, R. A. F. Alterações em pigmentos e danos em membranas de milho submetido ao déficit hídrico. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: editora, 2002. 1 CD ROM.

WHITE, D. A.; TURNER, N. C.; GALBRAITH, J. H. Leaf water relations and stomatal behavior of four allopatric *Eucalyptus* species planted in Mediterranean southwestern Australia. **Tree Physiology**, Oxford, v.20, p.1157-1165, 2000.

WIKBERG, J.; ÖGREN, E. Interrelationships between water use and growth traits in biomass-producing willows. **Trees**, Berlin, v. 18, p.70-76, 2004.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I**: princípios e técnicas de propagação vegetativa. Viçosa: Ed. UFV, 2002. 64p. (Cadernos Didáticos, 92)

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L.; **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa: Ed. UFV, 2009. 272p.