

**Indicadores fisiológicos associados à
produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob
influência da irrigação em Lavras - MG**

ANTONIO CARLOS DA SILVA

2005

ANTONIO CARLOS DA SILVA

**Indicadores fisiológicos associados à produtividade do
cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob influência da irrigação em
Lavras - MG**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola, área de concentração em
Irrigação e Drenagem, para a obtenção
do Título de “Mestre”.

Orientador

Antônio Marciano da Silva

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

2005

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Silva, Antonio Carlos da
Indicadores fisiológicos associados à produtividade do cafeeiro (*Coffea Arabica* L.) sob influência da irrigação em Lavras – MG / Antonio Carlos da Silva.

-- Lavras: UFLA, 2005.

56 p. : il.

Orientador: Antônio Marciano da Silva.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Café. 2. Irrigação. 3. Fisiologia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.7387

ANTONIO CARLOS DA SILVA

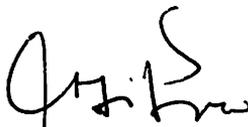
Indicadores fisiológicos associados à produtividade do cafeeiro
(*Coffea arabica* L.) sob influência da irrigação em Lavras -
MG

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 01 de julho de 2005

Pesq. Dr. Paulo Tácito Gontijo Guimarães - EPAMIG

Dra. Fátima Conceição Rezende –DEG/UFLA



Prof. Dr. Antonio Marciano da Silva
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Dedico.

A Deus;

Aos meus pais Lindeberg Naves da Silva e

**Ana Luiza de Carvalho Silva pelo amor, apoio e
dedicação; e aos meus irmãos pela amizade
e incentivo.**

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me conceder o Dom da Vida, e uma família que sempre me apoio.

Aos meus pais, pelo exemplo de vida, dedicação, esforço, sabedoria e sacrifícios para a educação e boa formação de seus filhos.

Aos meus irmãos Ana, Marta, Cristina e Carla.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), através do Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Antônio Marciano da Silva, professor orientador, pela orientação, ensinamentos, paciência, amizade e principalmente confiança, fatores essenciais para realização deste trabalho.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Dra. Fátima Conceição Rezende, pela ajuda e sugestões no trabalho.

Ao Pesquisador Paulo Tácito Gontijo Guimarães, que se dispôs com muita boa vontade a participar da banca.

A todo corpo docente e colegas do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos transmitidos, pela amizade e companheirismo.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica, Neném (Oswaldo) e José Luiz, pelo auxílio com material e ajuda no experimento.

Ao Doutorando Gilberto Coelho, pela amizade, orientação e companheirismo, sem os quais a realização deste trabalho não seria possível.

A toda equipe de trabalho, especialmente ao Sato, José Alves, Renato, Adriano, Polyanna, Hugo, Ricardo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a confecção deste trabalho. Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A cultura do cafeeiro	3
2.2 Necessidades hídricas do cafeeiro.....	4
2.3 Irrigação do cafeeiro.....	6
2.4 Relações hídricas.....	8
3 METODOLOGIA.....	14
3.1 Características da área experimental.....	14
3.2 A cultura.....	14
3.3 Sistema e manejo da irrigação.....	15
3.4 Obtenção dos dados meteorológicos.....	16
3.5 Delineamento experimental.....	16
3.6 Indicadores fisiológicos avaliados.....	17
3.6.1 Potencial de água na folha.....	17
3.6.2 Porometria.....	18
3.7 Produtividade.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Caracterização do ambiente.....	19
4.2 Indicadores fisiológicos.....	22
4.2.1 Potencial hídrico foliar.....	23
4.2.2 Resistência estomática, taxa de transpiração.....	29
4.3 Produtividade e rendimento.....	35
5 CONCLUSÕES.....	39

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	46

RESUMO

SILVA, Antonio Carlos da. **Indicadores fisiológicos associados à produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob influência da irrigação em Lavras - MG: UFLA, 2005, 56p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola)¹.**

Com o intuito de avaliar o efeito de diferentes épocas de início de irrigação e parcelamentos de adubação, sobre alguns indicadores fisiológicos associados à produtividade do cafeeiro, instalou-se um experimento numa cultura de cafeeiro (*Coffea arabica* L), cultivar Catuaí – Vermelho - IAC 144, cultivado há 18 anos, sob espaçamento de 3,5 m entre as linhas de plantas e 0,8 m entre plantas. O delineamento experimental constou de 4 blocos, contendo 3 parcelas casualizadas definida por (P1 = 4; P2 = 12; P3 = 36 parcelamentos da adubação via fertirrigação). Cada parcela foi subdividida em 3 subparcelas sem casualização, representando 3 épocas de irrigação (A - de 01/06 a 30/09; B - de 01/09 a 30/09, C - sem irrigação). O potencial hídrico foliar mostrou-se bastante sensível ao fator época de irrigação dentro do período estudado. A resistência estomática e a taxa de transpiração mostraram baixa sensibilidade ao efeito do fator época de irrigação. Quanto à produtividade a melhor performance foi apresentada pelo tratamento A, com valor médio de 76,95 sc.ha⁻¹. Outra constatação é que o tratamento A apresentou sempre os melhores índices fisiológicos, corroborando o fato, de que o status hídrico da cultura, guarda relação direta com a produtividade do cafeeiro, e, que, sobretudo, o potencial hídrico foliar pode ser empregado como um bom indicador para o manejo da irrigação.

Comitê orientador: Antônio Marciano da Silva (Orientador); Fátima Conceição Rezende (Co-orientador);

ABSTRACT

SILVA, Antonio Carlos da. **Physiological indicators associate at the coffee tree productivity (*Coffea arabica* L.) under irrigation influence in Lavras County – Minas Gerais state, Brazil.** Lavras: UFLA, 2005, 59p. (Thesis – Master of Science in Agricultural Engineering)².

With intention to evaluate the effect of different times of irrigation beginning and fertilization splitting, on some physiological indicators associated at the coffee crop tree productivity, one experiment was carried out in a coffee crop tree (*Coffea arabica* L), cv. Catuaí - Vermelho (IAC 44), cultivated at the 18 years ago, under 3.5 m spaced among lines of plants and 0.8 m among plants. Experimental delineation has consisted of 4 blocks, with 3 randomized splits (P1 = 4; P2 = 12; P3 = 36 fertilization splitting through fertigation). Each split was subdivided in 3 sub-splits without randomization, representing 3 irrigation times (A - from 06/01 to 09/30; B - from 09/01 to 09/30, C - without irrigation). The leaf water potential has revealed sufficiently sensible to the factor irrigation time inside studied period. The stomata resistance and the transpiration rate have showed low sensitivity at the irrigation time affect. In relation to the productivity the best performance has been found by “A” treatment, with average value of 4617 kg.ha⁻¹. Another evidence is associated at the “A” treatment which always presented the best physiological indices, corroborating the fact of that water potential status of the crop, keeps direct relation with the coffee crop tree productivity and specially the leaf water potential can be used as a good indicator for the irrigation management.

Guiding committee: Antônio Marciano da Silva - UFLA (Major Professor); Fátima Conceição Rezende - UFLA;

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura representa um importante papel na sócio-economia para os povos que a cultivam. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por cerca de 27% da produção mundial e cerca de 21% das exportações mundiais; é o segundo mercado consumidor, depois do Estados Unidos, sendo também não só um produtor em quantidade, mas também em qualidade. O maior parque produtor é a região centro-sul, que engloba os estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Paraná. O estado de Minas Gerais é atualmente o maior produtor de café do Brasil, e o seu parque cafeeiro está em plena expansão, correspondendo a cerca de 2.134 bilhões de cafeeiros, que ocupam uma área de 977 mil hectares. Minas participa com cerca de 50% da produção nacional de café, e a maior concentração de lavouras se encontra na região sul do Estado, tradicional produtora de cafés finos, de excelente qualidade de bebida. Esta região se caracteriza por seu clima tipicamente apto ao cultivo do cafeeiro no que se refere à temperatura e à umidade relativa. A produtividade da cultura nesta região caracteriza-se como uma das mais altas do Brasil, responsável por 56% da produção mineira e 29% da produção nacional.

A demanda de pesquisa em cafeicultura no sul de Minas Gerais tem sido grande por ser a principal cultura da região, exigindo cada vez mais o apoio às novas tecnologias de condução e manejo da lavoura, como a irrigação e a fertirrigação. A irrigação se torna necessária devido aos fenômenos climáticos, como os períodos de veranicos, nas fases de maior necessidade de água pela cultura, sendo uma técnica de grande utilidade no aumento da produtividade das culturas. Na cafeicultura, a irrigação é uma prática que, além de incrementar a produtividade, proporciona a obtenção de um produto de melhor qualidade e melhor preço no mercado. Parte do sucesso de uma agricultura irrigada está relacionada a um adequado manejo dos recursos naturais solo-água, que

interagindo com a atmosfera e com a planta, determinam as condições potenciais de máxima produtividade de uma cultura que esteja em plenas condições de sanidade e nutrição. Os sistemas de irrigação vêm sendo adotados cada vez mais nas regiões cafeeiras do País, e pesquisas devem ser conduzidas para se obterem respostas que possam auxiliar os produtores. O estudo das relações hídricas no cafeeiro é de particular interesse, uma vez que pequenas reduções na disponibilidade da água podem diminuir substancialmente o crescimento, ainda que não se observem murcha nas folhas ou quaisquer outros sinais visíveis do déficit hídrico. Desse modo, a compreensão das relações entre a água e o cafeeiro e suas implicações ecofisiológicas pode fornecer subsídios ao técnico e ao pesquisador para a tomada de decisões mais fundamentadas sobre o manejo global da lavoura e desse caro e escasso componente da produção (Rena & Maestri 2000)

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito de diferentes épocas para início de irrigação e parcelamentos das adubações do cafeeiro e seus reflexos na produção, com base no monitoramento e na análise de indicadores fisiológicos do cafeeiro.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2. 1. A cultura do cafeeiro

O cafeeiro é uma planta originária das regiões altas da Etiópia (Cafa e Enária), podendo ser a região de Cafa responsável pela origem do nome café. É uma planta de sub-bosque, sendo que o nome café é dado ao fruto, à semente, à bebida e aos estabelecimentos que a comercializam (Graner & Godoy Junior, 1967).

A faixa de altitude na sua origem está entre 1.000 e 2.000 metros. Atualmente, esta espécie distribuiu-se para regiões de altitudes mais elevadas e temperaturas mais amenas, entre 18° e 21°C, no continente americano e em algumas regiões da África. A espécie *C. arabica* encerra um grande número de variedades e de mutantes, algumas amplamente empregadas nos programas de melhoramento genético. É a espécie mais plantada em todo o mundo e a de maior importância econômica para o Brasil, onde é cultivada em todas as regiões produtoras, gerando um produto de excelente qualidade de bebida.

As linhagens de Catuaí, tanto Vermelha quanto Amarela, apresentam-se bem vigorosas, com altura entre 2,0 e 2,4 metros e diâmetro de copa entre 1,7 e 2,1 metros. Sua principal característica é possuir internódios curtos, o que lhes confere um porte baixo, além de uma abundante ramificação secundária. As folhas novas são verdes mais claras e as adultas mais escuras e brilhantes. Na cultivar Catuaí não há brotação nova de coloração bronze.

Na Tabela 1, está descrito o esquema do ciclo fenológico do cafeeiro arábica para as condições da cafeicultura brasileira, entre 4 e 26° de latitude sul e temperatura média anual entre 18 e 21,5°. Dá-se ênfase para o final da fase de maturação e abotoamento (outono) e para a fase de dormência (inverno), que foram os meses considerados no trabalho.

TABELA 1 – Ciclo Fenológico do cafeeiro arábica para as condições do Brasil

Meses	JFM	AMJ	JAS	OND
Estações	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Vegetação	Plena	Moderada	Fraca	Plena
Fases Fenológicas	Granação	Maturação ' Abotoamento	Dormência	Expansão

Transcrito de Camargo (1987)

2. 2. Necessidades hídricas do cafeeiro

O suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera. As influências recíprocas entre esses componentes básicos tornam o sistema dinâmico e fortemente interligado, de tal forma que a condição hídrica da cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos. À medida que o solo seca, torna-se mais difícil para as plantas absorverem água, porque a redução da disponibilidade de água no solo para as plantas é acompanhada do aumento da força de retenção, o que faz com que a disponibilidade remanescente de água, exija maior dispêndio de energia pela planta para a sua utilização. Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera, mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. Como qualquer cultura, o cafeeiro precisa de água facilmente disponível no solo para se desenvolver e produzir satisfatoriamente. O cafeeiro é uma planta originária da Etiópia, sendo esta uma região de clima úmido, com temperaturas médias anuais entre 18,5° e 21,5° e precipitações variando entre 1200 a 2000 mm por ano.

Gopal (1974) cita que a deficiência hídrica no solo tem reflexos negativos sobre o sistema radicular, particularmente sobre as raízes absorventes, limitando a absorção de água e nutrientes, o crescimento da parte aérea e a

produção da planta. Dessa forma, mesmo em condições consideradas aptas ao cafeeiro, a planta poderá sofrer danos no seu crescimento e/ou produção por ocasião da ocorrência de um veranico durante a estação chuvosa.

Sabe-se que a região centro-sul do Brasil, apta para o plantio do cafeeiro, e com precipitações anuais acima de 1200mm, apresenta condições satisfatórias do ponto de vista hídrico para permitir a exploração comercial da cultura. Quanto ao déficit hídrico sabe-se que a cafeicultura pode suportar bem um período de deficiência hídrica de até 150mm anuais, comum nos meses de maio a agosto, em especial quando essa deficiência não se prolonga além do mês de setembro.

Na região de Lavras-MG, Peron & Castro Neto, citados por (Castro Neto & Vilela 1986) verificaram que os veranicos ocorrem com grande frequência na segunda quinzena de outubro e na primeira quinzena de novembro, podendo comprometer a produção do cafeeiro por atuarem em uma fase crítica da planta. A irrigação complementar nesta fase torna-se necessária para suprir a demanda da cultura.

Santinato et al. (1989) afirmam que o cafeeiro arábica necessita ter umidade disponível no solo durante o período compreendido entre setembro e outubro a abril e maio para vegetar e frutificar.

Em regiões que apresentam déficit hídrico no período crítico da cultura, a adoção da irrigação torna-se necessária a fim de se obterem produções economicamente viáveis, Faria & Rezende (1997). Mesmo regiões climaticamente aptas ao cultivo do cafeeiro estão sujeitas ao efeito de estiagens (veranicos), que ocorrendo nos períodos críticos de demanda de água pela planta, pode comprometer significativamente a produção.

Existem várias formas de quantificar as necessidades hídricas e de prescrever as regas necessárias para complementar as chuvas insuficientes. Existem modelos baseados na determinação dos teores de água no solo; modelos

que utilizam determinações da tensão da umidade do solo; modelos baseados nas reações fisiológicas da planta às deficiências de água no solo e modelos que utilizam leituras do “tanque classe A”. Todos podem ser empregados, mas exigem instrumentais específicos e técnicas que nem sempre estão ao alcance do produtor.

2. 3. Irrigação do Cafeeiro

A irrigação do cafeeiro tem sido preferencialmente realizada com o uso de sistemas pressurizados por aspersão ou localizada. Inclusive, deve-se destacar que o marco do início da irrigação pressurizada no Brasil, na década de 50, ocorreu no Estado de São Paulo, com a cultura do cafeeiro. Dentre os sistemas de irrigação destacam-se a irrigação por aspersão convencional (média pressão e canhão hidráulico), o autopropelido, o pivô central e o gotejamento (Mantovani 2000).

Nos últimos anos, a irrigação por gotejamento vem apresentando uma expansão significativa na cultura do cafeeiro devido à sua adaptação a esta cultura, apresentando, por um lado, maior custo por unidade de área, e por outro, economia de água, energia, mão-de-obra e facilidade para o uso da fertirrigação (Soares 2001)

O grande potencial de expansão da irrigação por gotejamento está associado à possibilidade de alta uniformidade de aplicação da água, à elevada eficiência de irrigação, à baixa perda por percolação e por evaporação, ao bom controle do volume de água a ser aplicado em cada irrigação, à adaptação a diferentes tipos de solo e topografia, à possibilidade de utilização de água salina ou em solos salinos e à possibilidade de aplicação de fertilizantes diluídos na água (Schmidt 1995).

Alves (1999) concluiu que a irrigação do cafeeiro por gotejamento no município de Lavras é justificável. A irrigação garantiu um maior vigor às plantas e eliminou os riscos advindos de secas ocasionais, elevando a produtividade do cafeeiro. Ainda nesta região, Sorice (1999), irrigando por gotejamento com diferentes parcelamentos de adubação via água e épocas de início de irrigação, chegou à conclusão de que houve diferença significativa tanto do parcelamento da adubação, quanto da época de início de irrigação, os quais propiciaram aumentos da ordem de 95% a 120% quando comparados com a testemunha que produziu 24,6 scs.ha⁻¹

Fernandes et al. (2000) descreveram uma produtividade no ano agrícola 1997/98, igual a 45,7 scs.ha⁻¹ em trabalho conduzido com a variedade catuaí com 8 anos de idade, na região de Bonfinópolis-MG, e irrigando o ano todo com gotejadores autocompensantes da marca Katif, com vazão de 4L/h.

Antunes et al. (2000), nos anos agrícolas 1998/99 e 1999/2000, usaram tubogotejadores de labirinto, da marca Queen Gil, com vazão média de 1 L/h e emissores espaçados de 30 cm. Irrigando durante o ano todo e fertirrigando cafeeiros da variedade Catuaí espaçadas de 2,5 x 1,0 m com 8 anos, no município de Rio Preto-MG, região do Campo das Vertentes, obtiveram os seguintes resultados, de 43,37 sc ha⁻¹ e 78,1 sc ha⁻¹ para os anos agrícolas 1998/99 e 1999/2000, respectivamente. Em relação ao ciclo bienal do cafeeiro, Weill et al. (2000) afirmaram que os cafeeiros ‘mundo novo’ apresentaram acentuado ciclo bienal, no período de 1972 a 1976.

Faria (2001), trabalhando na região de Lavras-MG com a cultivar acaiaí, plantada no espaçamento de 3,0 x 0,6 m e irrigando o ano todo, alcançou uma produtividade de 84,95 sc.ha⁻¹ na safra 2000. Já Soares et al. (2001), em trabalho desenvolvido em Viçosa, na Zona da Mata do estado de Minas Gerais, com a variedade catuaí de 8 anos de idade e plantada no espaçamento de 3,0 x 1,0 m,

irrigando e fertirrigando com Hidran-plus na fórmula 19-04-19 e 9 aplicações anuais, conseguiram uma produtividade igual a 88,0 scs/ha na safra 2000.

Coelho (2001) mostrou resultados em que a irrigação a partir de 01/06 proporcionou melhores resultados de produtividade em 2 de 3 safras estudadas. O autor ressalta também que a irrigação não eliminou o efeito cíclico bienal de produtividade do cafeeiro, todavia, concorreu para sua redução.

Avaliando o efeito de diferentes épocas de irrigação na produtividade do cafeeiro em Lavras/MG, Silva et. al. (2002) observaram que os tratamentos irrigados apresentam um sensível acréscimo na produtividade acumulada das três primeiras safras (1999-2001) comparativamente ao não irrigado, e que dentre os tratamentos irrigados, a produtividade apresentou um aumento com o aumento das lâminas de irrigação.

Avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação na qualidade do café produzido em Lavras/MG, Faria et. al. (2002) observaram que nas três primeiras safras (1999-2001), nos tratamentos irrigados, a porcentagem de grãos peneira 16 e acima foi maior em relação ao não irrigado.

Vicente et al. (2002), estudando a produtividade do cafeeiro catuaí (1ª colheita) sob irrigação por gotejamento na superfície e enterrado, e em condições de sequeiro, observaram um melhor desempenho para os tratamentos irrigados, quando comparados com o não irrigado.

2. 4. Relações Hídricas

O estado hídrico de uma planta é avaliado por meio de seu potencial hídrico, sendo a medida da energia livre disponível para realizar trabalho. A unidade de medida do potencial é o MPa (1MPa=10 bar). O potencial é igual a 0 (zero) quando a água é livremente disponível e a planta está saturada,

decrecendo em valores negativos à medida que a água se torna menos disponível

O movimento da água é governado pelo gradiente de potencial da água existente entre o solo e a planta e entre esta e a atmosfera, bem como pela condutividade hidráulica do meio por onde ele ocorre. Uma vez que as folhas são expostas ao déficit de pressão de vapor do ar (isto é, a um baixo potencial de água), tem início um fluxo de água através da planta.

O potencial hídrico da planta é um parâmetro altamente dinâmico, bastante influenciado pelo microclima dentro do continuum solo-planta-atmosfera (Slatyer 1969). Clark & Hiler (1973) verificaram que o potencial de água na folha foi melhor indicador do estado hídrico da planta em relação à resistência estomática ou à temperatura foliar. Segundo Begg & Turner (1976), o potencial hídrico da planta e a condutância da folha podem variar com a espécie, estágio de desenvolvimento, ambiente de campo e ambiente controlado, hora do dia, demanda evaporativa e desenrolar do estresse hídrico da planta.

De acordo com Rena & Maestri (1987), a taxa de fotossíntese da folha do cafeeiro não é afetada por um potencial hídrico de até -1,0 MPa, reduzindo-se em apenas 25% quando o potencial cai para -2,0 MPa. Mesmo o solo estando na capacidade de campo, nas horas mais quentes do dia o potencial hídrico foliar pode alcançar valores próximos de -1,5 MPa, não diferindo muito do solo com 50% de água disponível. Para um dado conteúdo celular em solutos, a pressão de turgescência diminui à medida que o potencial hídrico da célula diminui (fica mais negativo). O potencial hídrico da maior parte das espécies vegetais situa-se entre -0.5 e os -3.0 MPa. Os autores afirmam também que não há necessidade de se irrigar o cafeeiro enquanto o teor de água não alcançar 50% da disponibilidade da água do solo, quando o potencial hídrico foliar pode apresentar valores próximos de -1,5 MPa, nas horas mais quentes do dia.

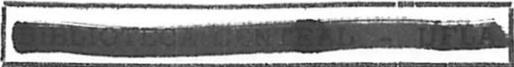
Uma vez que o potencial da água na folha é um parâmetro que varia com outros fatores já citados, é importante avaliar o seu comportamento associado a outras características como a resistência estomática, taxa de transpiração e a cultivares, entre outras.

O potencial da água na folha também diminui com a redução da disponibilidade de água no solo, levando à perda da turgescência e ao fechamento estomático (Mansur & Barbosa 2000).

Apesar do grande número de estudos sobre relações hídricas em cafeeiros, poucos pesquisadores se ocuparam em estudar as resistências à que a água é submetida na sua locomoção.

O conhecimento das interações entre os processos envolvidos no sistema solo-planta-atmosfera é extremamente importante para determinar as relações entre parâmetros fisiológicos e o déficit hídrico das plantas. O déficit de água nos tecidos, causado pela excessiva demanda evaporativa ou pelo suprimento de água no solo limitado, afeta todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Krieg, 1993).

A transpiração das plantas tende a aumentar quando o gradiente de pressão de vapor entre a folha e o ar atmosférico se eleva. Esse gradiente é calculado em função da temperatura e da umidade relativa do ar, que também pode aumentar quando ocorre o secamento do solo (Hopkins 1995). O controle estomático sobre a transpiração tem sido inferido, tradicionalmente, de medidas de condutância estomática nas folhas, obtidas com porômetros ou sistemas de trocas gasosas (Wullschleger et al., 1998). Todavia, a extrapolação das taxas de transpiração nas folhas para a planta inteira é problemática, uma vez que, à medida que a folha transpira, a umidade em seu entorno aumenta e, desse modo, há um desacoplamento entre a pressão de vapor na superfície da folha e no ar turbulento. Geralmente, as plantas transpiraram mais nos horários entre 9 e 12 horas, quando a temperatura do ar e a radiação solar apresentam-se mais



elevadas e com baixa umidade relativa. Portanto, para se obter uma resposta real do déficit hídrico da planta, as medições deverão ser feitas nas plantas e não somente no solo ou atmosfera.

No cafeeiro, o fechamento estomático tem sido freqüentemente considerado como o indicador primário do déficit hídrico. Variações no grau de abertura dos estômatos podem ocorrer até mesmo quando apenas um terço da água disponível do solo é consumida (Nunes, 1976), mas não são acompanhadas, efetivamente, por um decréscimo proporcional nas taxas de transpiração (Bierhuizen et al., 1969). Esses autores observaram que a taxa de transpiração permaneceu em torno de 80% de seu máximo quando a água disponível do solo era de apenas 30%. No entanto, sob forte desidratação, os estômatos puderam controlar eficientemente as perdas transpiratórias.

Alguns autores verificaram que o aumento do déficit de pressão de vapor quando a planta se encontra sob estresse hídrico, reduz o fluxo de vapor d'água do interior da câmara sub-estomática para a atmosfera, causando depressão na transpiração Thomas et al. (2000). A resposta dos estômatos às condições ambientais influencia fortemente o comportamento das plantas em ambientes naturais (Ackerson & Krieg, 1977). Devido à limitada reserva de água nas folhas e à taxa potencial de transpiração, a regulação da abertura estomática para restringir os danos nos tecidos, como resultado da desidratação, é de grande importância para a planta (Ferreira, 1997).

O fechamento dos estômatos como tentativa de manter o conteúdo hídrico favorável nos tecidos por maior tempo possível é uma das primeiras linhas de defesa contra a dessecação, essa redução da abertura do poro estomático, porém, restringe a troca de gases entre o interior da folha e a atmosfera causando diminuição na assimilação de CO₂ que é utilizado no processo fotossintético (Krieg, 1993; Larcher, 2000). Nogueira et al. (2001) observaram que a depressão na taxa de transpiração ocasionada pelo fechamento



parcial ou total dos estômatos, em aceroleiras submetidas a estresse hídrico, foi mais influenciada pelo potencial da água da folha do que por outros fatores ambientais, como umidade relativa ou temperatura do ar.

Sob condições de campo, em que as variações de temperatura estão sempre relacionadas com o processo de desidratação foliar, a variação da condutância pode desempenhar papel importante na regulação da assimilação de CO_2 à medida que o potencial hídrico foliar diminui. A diminuição da condutância associada à desidratação aparentemente tem como causas fundamentais a inibição de transporte de elétrons e a redução da atividade enzimática durante o processo fotossintético.

Todos os processos fisiológicos na célula ocorrem em meio aquoso. É bem aceito que o estado energético da água nas células e tecidos vivos é melhor expresso em termos de energia livre. O estado energético da água na planta é resultado da interação da demanda evaporativa atmosférica com o potencial da água no solo, densidade e distribuição do sistema radicular e processos fisiológicos (Clark & Hiler, 1973).

O déficit hídrico é uma situação comum à produção de muitas culturas, podendo apresentar um impacto negativo substancial no crescimento e desenvolvimento das plantas (Lecoeur & Sinclair, 1996).

A deficiência hídrica provoca alterações no comportamento vegetal cuja irreversibilidade vai depender do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta. Segundo Levitt (1980) no entendimento das respostas das plantas ao déficit hídrico é de fundamental importância quantificar a capacidade de armazenamento de água no solo e analisar a influência dos mecanismos de adaptação das plantas à redução da disponibilidade de água no solo, pois, de acordo com Kiehl (1979), a quantidade de água armazenada no solo disponível às plantas varia com a textura e as

características físicas do solo, levando a planta a apresentar diferentes respostas em seus mecanismos de resistência morfofisiológicos.

Sabe-se que a resistência estomática é o inverso da condutância: assim, se a condutância é baixa a resistência é alta ou vice-versa; a resistência estomática é menor em cafeeiros (ou folhas) à sombra que a pleno sol (Butler, 1977; Gutiérrez e Meinzer, 1994a); os menores valores de resistência estomática são observados nas primeiras horas da manhã e aumentam após 09:00-10:00h (Barros et al., 1997) e existe uma alta sensibilidade estomática do cafeeiro a fatores ambientes como luz, temperatura e déficit de pressão de vapor (DPV) (Fanjul et al. 1985; Pilar-Hernández et al., 1989; Gutiérrez e Meinzer, 1994b; Kanechi et al., 1995). Alguns estudos indicam que a temperatura e o DPV, mas não a radiação fotossinteticamente ativa, são os fatores mais importantes no controle do comportamento estomático. Por outro lado, altas temperaturas foliares, associadas a altos DPV, determinam forte redução em condutância estomática, independentemente do potencial hídrico foliar (Barros et al., 1997).

Via de regra, as folhas do cafeeiro mantêm elevado teor relativo de água mesmo a potenciais hídricos consideravelmente negativos (Nunes, 1976, Akunda e Kumar, 1981; Josis et al., 1983; Gross e Pham-Nguyen, 1987; DaMatta et al., 1993, 2001); portanto, sintomas visíveis de murcha são raros, a menos que a umidade do solo seja muito baixa. Trabalhando com cinco cultivares de cafeeiro arábica, Meinzer et al. (1990) observaram que, sob irrigação, maior eficiência do uso da água foi decorrência de menor abertura estomática do que maior capacidade fotossintética a uma dada resistência estomática. Este fato sugere, portanto, que maior eficiência do uso da água poderia limitar a fotossíntese (e a produção) em ambientes sem restrição hídrica.

3. METODOLOGIA

3. 1. Características da área experimental

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Muquém, uma das áreas de observação e pesquisa em cafeicultura irrigada, implantada pela UFLA/FAEPE. A área experimental está localizada a 10 km da Universidade Federal de Lavras, a uma latitude de 21° 14' S, longitude de 45° 00' W e altitude média de 910 m, e seu solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico. As análises físico-hídricas e químicas do solo da área experimental foram realizadas nos laboratórios da UFLA, sua classificação textural é argilosa (47% de argila) cuja umidade de capacidade de campo é de 33%, a umidade no ponto de murcha permanente é de 20,2%, sua densidade aparente média é igual a 1,22 g/cm³ e densidade de partículas de 2,58 g/cm³. De acordo com a classificação climática de Koppen, utilizando as Normais Climatológicas (1961 – 1990) (BRASIL, 1992), o clima de Lavras foi classificado como Cwa. A fonte de água utilizada é de um reservatório situada próxima à área experimental. O período de experimental de trabalho foi de junho a outubro de 2003 e de junho a setembro de 2004

3. 2. A cultura

O experimento foi instalado em uma área com uma lavoura de cafeeiro *Coffea arabica* L. cultivar Catuaí Vermelho-IAC 44, que em 2003 estava com dezoito anos de idade, e espaçado de 3,5 m entre as linhas e 0,8 m entre as

plantas. As adubações da cultura foram realizadas com base em análises de fertilidade de solo, complementadas pelas análises foliares.

3. 3. Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação era do tipo localizado, composto de tubogotejadores com emissores auto-compensantes do tipo “Drip Line” inseridos no tubo, espaçados de 0,35 m, com vazão de 1,6 L/h, trabalhando uma pressão variando de 20 a 30 kPa; e um cabeçal de controle.

A lâmina de água aplicada durante o período que compreendia os meses de junho a setembro foi definida em função da evapotranspiração acumulada entre as irrigações, que foram realizadas às segundas, quartas e sextas – feiras. A transformação da lâmina de irrigação em volume de água foi feita com base na Equação 1.

$$V = \left(\left(\sum ECA \right) \times Kc \times Kt \right) - P \times A \times F \quad (1)$$

Em que:

V = Volume de água aplicada, em litros/planta;

ECA = Evaporação do tanque classe A no período entre irrigações (mm);

Kt = Coeficiente do tanque;

Kc = Coeficiente de cultura, para o café 1,1;

A = Área da planta, 2,8 m²/planta;

P = Precipitação ocorrida no período, em mm;

F = Fator de proporção de área molhada, (0,5).

Considerando o volume de água a ser aplicado (V) e a vazão dos gotejadores (q), obtém-se o tempo necessário de irrigação (T).

$$T = \frac{V}{q} \quad (2)$$

Em que:

T = Tempo necessário de irrigação, em horas;

V = Volume de água aplicado, em litros/planta;

q = Vazão dos gotejadores (0,8/0,35 x 1,6 l/h x gotejador).

Entre os meses de outubro a março, restringiram-se as irrigações somente às lâminas aplicadas durante a fertirrigação e/ou uma aplicação de emergência, isso porque na região de Lavras as precipitações concentram-se justamente neste período.

3. 4. Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados climáticos utilizados foram obtidos com o uso de uma estação climatológica da Universidade Federal de Lavras – UFLA até o mês de outubro de 2003, e a partir deste dentro da área experimental em estudo.

3. 5. Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições em esquema de faixa, sendo que cada bloco foi dividido em 3 parcelas, as quais foram subdivididas em 3 subparcelas, cada subparcela composta de uma linha contendo oito plantas, das quais as seis internas foram consideradas plantas úteis e as das extremidades, plantas bordaduras.

As parcelas correspondem à avaliação do parcelamento de adubação, que são:

- P1: 4 parcelamentos de adubação via água de irrigação (fertirrigação).
- P2: 12 parcelamentos de adubação via água de irrigação(fertirrigação).

- P3: 36 parcelamentos de adubação via água de irrigação(fertirrigação).
- As subparcelas correspondem ao início de épocas de irrigação, que são:
- A : irrigação realizada de 1 de junho a 30 de setembro.
 - B : irrigação realizada de 1 de setembro a 30 de setembro.
 - C : irrigação não foi realizada.

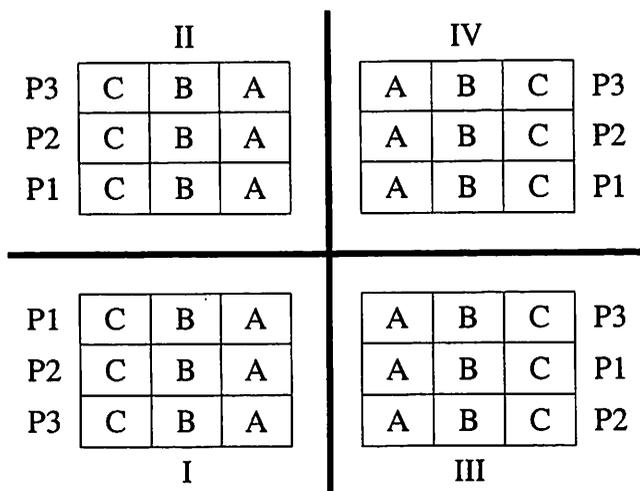


FIGURA 1 – Croqui da Área Experimental

3. 6. Indicadores fisiológicos avaliados

3. 6. 1. Potencial de água na folha

O potencial da água foliar foi programado para ser avaliado a cada 15 dias, em 3 plantas/parcela, uma em cada subparcela, antes do nascer do sol, entre 6 e 7 h e 11 e 12 h em dias claros, com uma câmara de pressão do tipo Scholander, utilizando em cada medição uma folha completamente expandida

do terceiro par foliar, a partir do ápice do terceiro ou quarto ramo plagiotrópico, a contar do nível do solo (altura mediana).

3. 6. 2. Porometria

Resistência Estomática (RE), Transpiração (T) e Temperatura Foliar (TF), Umidade Relativa (UR) foram avaliados sempre às quintas feiras, quinzenalmente, no horário compreendido entre 11 e 12 horas, as medidas foram realizadas em dias claros, em 1 planta de cada parcela, na fase inferior das folhas totalmente expandidas e expostas à luz solar, utilizando um porômetro de equilíbrio no período das avaliações que corresponde de maio de 2003 a setembro de 2004, sendo que, no intervalo de novembro de 2003 a abril de 2004, não foram realizadas avaliações por este ser um período de chuvas em que os tratamentos de irrigação não são aplicados.

3.7. Produtividade

A colheita foi realizada manualmente entre os meses junho a agosto, separando-se o café de pano do café de chão; e a partir do somatório destes obteve-se a produtividade total. Os dados da produtividade foram submetidos a análise de variância e posterior teste de comparação de médias, pelo teste de Scott & Knott, quando se fez necessário, os resultados de produtividade foram expressos em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare (sc.ha⁻¹).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. 1. Caracterização do ambiente

Na Tabela 2 são apresentados os valores, durante o período experimental, de umidade relativa, temperatura foliar (no momento das avaliações) e evaporação no tanque classe A, a cada sete dias até a data da avaliação, e as precipitações pluviométricas.

TABELA 2 – Valores médios da umidade relativa e temperatura foliar (no momento das avaliações) e valores acumulados para evaporação no tanque Classe A e precipitação pluvial, para períodos de sete dias antes da avaliação. UFLA – MG, Lavras-2005.

DATAS	UR %	TF (°C)	EVAPORAÇÃO (mm)	PRECIPITAÇÃO (mm)
16/05/03 a 22/05/03	63,0	28,2	22,98	-
13/06/03 a 19/06/03	67,0	26,9	25,02	-
11/07/03 a 17/07/03	74,0	23,7	21,46	14,8
25/07/03 a 31/07/03	62,0	26,0	30,07	-
08/08/03 a 14/08/03	60,0	29,2	26,10	-
22/08/03 a 28/08/03	74,0	22,0	29,66	6,2
03/09/03 a 09/09/03	64,0	30,1	36,62	-
17/09/03 a 23/09/03	50,0	34,6	44,20	7,6
01/10/03 a 07/10/03	60,0	31,0	43,41	-
14/05/04 a 20/05/04	84,7	25,4	20,67	28,4
18/06/04 a 24/06/04	59,7	22,0	15,67	-
01/07/04 a 08/07/04	67,4	22,9	16,22	1,27
23/07/04 a 29/07/04	53,9	23,8	16,63	0,25
06/08/04 a 12/08/04	63,4	25,0	19,19	-
20/08/04 a 26/08/04	67,1	33,3	22,09	-
03/09/04 a 09/09/04	49,5	33,0	19,76	-

Na Figura 1 é apresentado o comportamento da umidade do solo no período de maio de 2004 a setembro de 2004. Verifica-se que antes de começar a aplicação dos tratamentos, todos apresentavam umidade em torno de $0,28 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Após o início da irrigação no tratamento A (01/06 a 30/09), e de acordo com o citado anteriormente, que a umidade na capacidade de campo do solo em estudo era de $0,33 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, observou-se que a umidade subiu para um valor próximo capacidade de campo. O tratamento B manteve-se com a umidade em torno de $0,28 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, até começar a irrigação em setembro, elevando-se para a capacidade de campo, e o tratamento C manteve-se com a umidade em $0,28 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$.

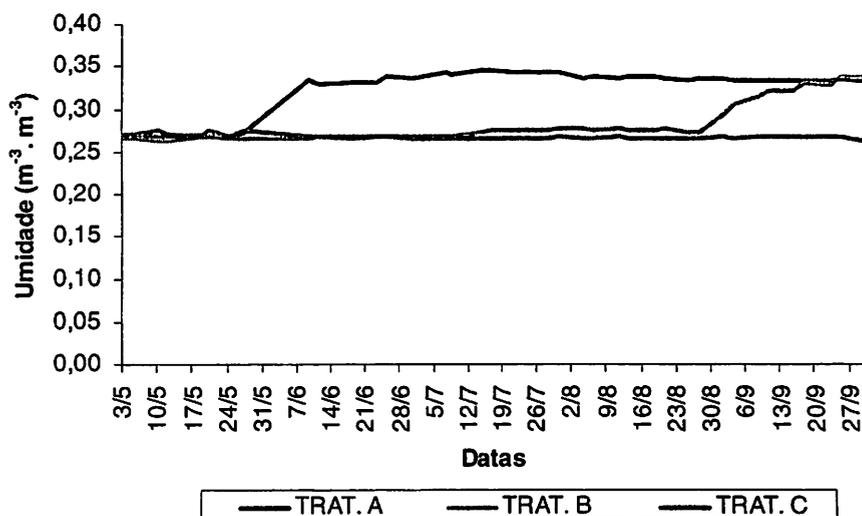


FIGURA 1 – Dados de umidade referentes aos tratamentos A, B e C no período de maio de 2004 a setembro de 2004.

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados os gráficos que mostram o comportamento do déficit de pressão de vapor d'água durante o período das avaliações. Verifica-se que no ano de 2003 os valores do déficit de pressão

variaram de 0,7 kPa a 2,6 kPa. O maior valor do déficit de pressão de vapor d'água ocorreu na avaliação do dia 23/09/03, sendo explicado pelo elevado valor da temperatura em torno dos 35°, e uma umidade relativa bastante baixa em comparação com as outras datas. O menor valor ocorreu no dia 28/08/03, explicado devido a uma chuva de aproximadamente 7 mm que ocorreu no dia 26/08/03, reduzindo a temperatura, com consequente aumento da umidade relativa; com isso o déficit de pressão atingiu um valor próximo de 0,7 kPa.

No ano de 2004 o déficit de pressão de vapor d'água seguiu o mesmo comportamento do ano de 2003, verificando-se valores variando de 0,5 a 2,5 kPa.

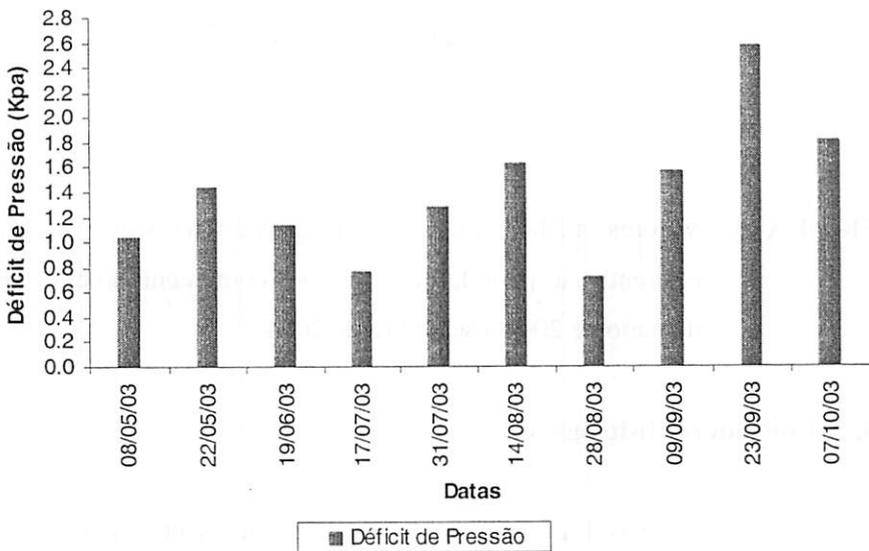


FIGURA 2 - Valores médios de déficit de pressão de vapor d'água (kPa) referentes ao período de avaliações compreendido entre os meses de maio de 2003 a outubro de 2003.

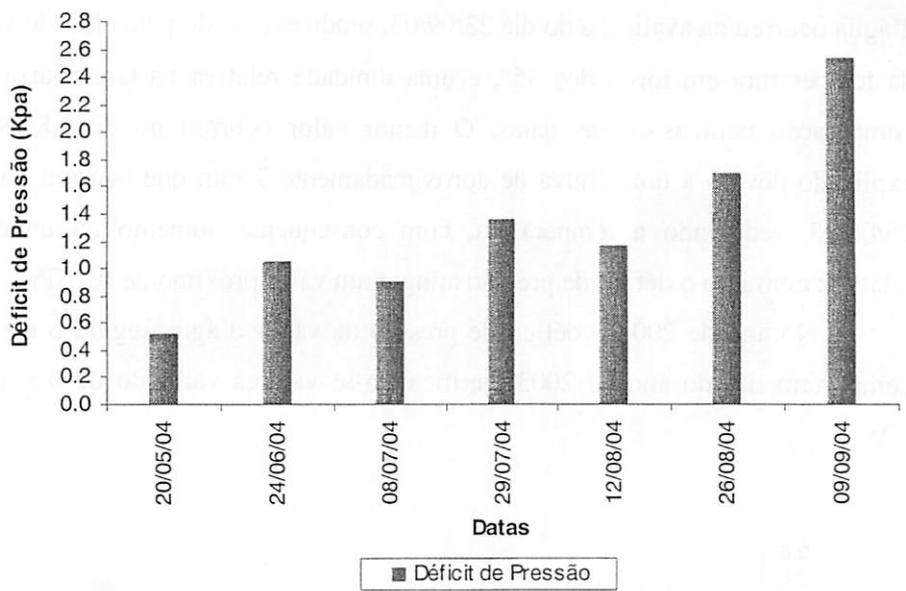


FIGURA 3 –Valores médios do déficit de pressão de vapor d’agua (kPa) referentes ao período de avaliações compreendido entre os meses de maio de 2004 a setembro de 2004.

4. 2. Indicadores fisiológicos

Nas Tabelas 1A a 16A do anexo, estão apresentados os resumos das análises de variância e da aplicação do teste F com nível de significância de 5%, para todas as datas e horas em que foram feitas as avaliações dos indicadores fisiológicos.

4. 2. 1. Potencial hídrico foliar

O comportamento do potencial hídrico foliar ao longo do período avaliado mostrou diferença significativa em nível de 5 %, para o fator épocas de irrigação em 13 das 16 avaliações realizadas às 06:00 horas e em 12 das 16 avaliações feitas às 12:00 horas. Quanto ao parcelamento de adubação e à interação entre épocas de irrigação e o número de parcelamentos da adubação em todas as datas de analisadas não revelou diferenças significativas ($P>0,05$) em nenhum dos indicadores fisiológicos avaliados. A Tabela 3, apresenta os valores médios dos potenciais hídricos foliares às 6h e às 12h em todas as datas do período de avaliação, sendo que as médias seguidas pelas mesmas letras não foram diferentes entre si estatisticamente pelo teste de médias “SCOTT & KNOTT”.

TABELA 3 - Valores médios do potencial hídrico foliares do cafeeiro (*Coffea arábica*), avaliados às 6h e às 12h em 2003 e 2004. Lavras-MG-2005

TRAT.	22-05-03		19-06-03		17-07-03		31-07-03	
	06:00 h (MPa)	12:00 h (MPa)						
A	-0,64	-1,68	-0,50a	-1,65a	-0,36a	-1,28a	-0,36a	-1,57a
B	-0,61	-1,87	-0,58a	-1,94a	-0,60b	-1,98b	-0,69b	-2,34b
C	-0,69	-2,42	-0,96b	-2,41b	-1,03c	-2,65c	-1,29c	-2,95c
TRAT.	14-08-03		28-08-03		09-09-03		23-09-03	
	06:00 h (MPa)	12:00 h (MPa)						
A	-0,36a	-1,48a	-0,38a	-1,27a	-0,42a	-1,65a	-0,28a	-1,88a
B	-0,74b	-2,10b	-0,66b	-1,31a	-0,45a	-2,00a	-0,33a	-2,15a
C	-1,33c	-2,92b	-0,93c	-2,75b	-1,10b	-3,25b	-0,59b	-2,78b
TRAT.	07-10-03		20-05-04		24-06-04		08-07-04	
	06:00 h (MPa)	12:00 h (MPa)						
A	-0,50a	-1,70a	-0,28	-1,40	-0,32a	-1,17	-0,35	-1,28
B	-0,50a	-1,64a	-0,31	-1,74	-0,39a	-1,48	-0,40	-1,59
C	-1,20b	-2,93b	-0,39	-1,52	-0,60b	-1,70	-0,54	-1,83
TRAT.	29-07-04		12-08-04		26-08-04		09-09-04	
	06:00 h (MPa)	12:00 h (MPa)						
A	-0,34a	-1,01a	-0,30a	-1,33a	-0,47a	-1,69a	-0,36a	-2,00a
B	-0,40a	-1,27a	-0,81b	-1,90b	-1,04b	-2,46b	-0,45a	-2,32a
C	-0,55b	-1,41b	-0,90b	-1,86b	-1,10b	-2,40b	-1,31b	-2,95b

Pode-se verificar que nas datas 22/05/03 e 20/05/04, quando foram feitas as avaliações sem que se fizesse aplicação de qualquer regime de irrigação, os

valores médios dos tratamentos irrigados em relação aos não irrigados foram bem próximos. Na data de 07/10/03, quando foi feita a primeira avaliação após o encerramento das irrigações, observou-se uma tendência de aumento nos valores médios quando determinados às 6:00 h, em comparação com o mês anterior, período em que estava sendo aplicado o regime de irrigação .

Nas Figuras 4, 5, 6 e 7 pode-se observar o comportamento do potencial hídrico avaliados às 6h e às 12h em todas as datas do período experimental, constatando-se que houve, em todas as datas, uma redução nos valores dos potenciais hídricos quando foram feitos tratamentos de irrigação em relação aos não irrigados.

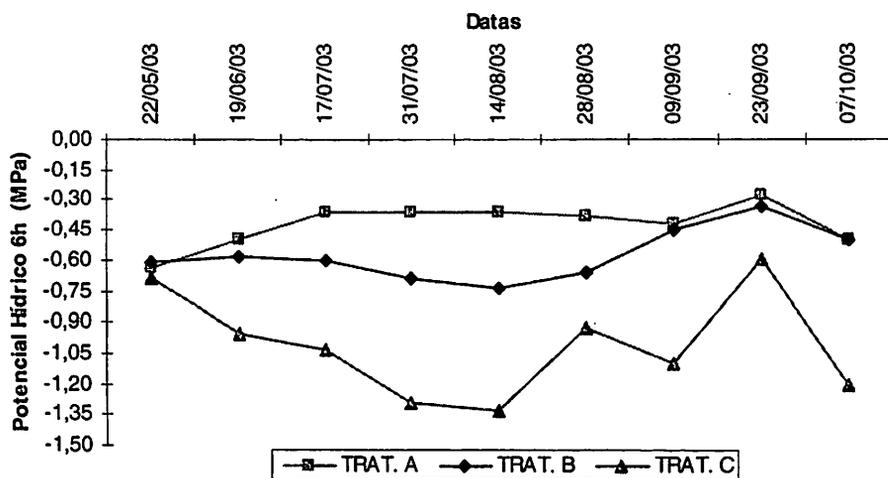


FIGURA 4 – Valores médios do potencial hídrico foliar do cafeeiro (*Coffea arabica*), avaliados às 6h em 2003. Lavras-MG-2005

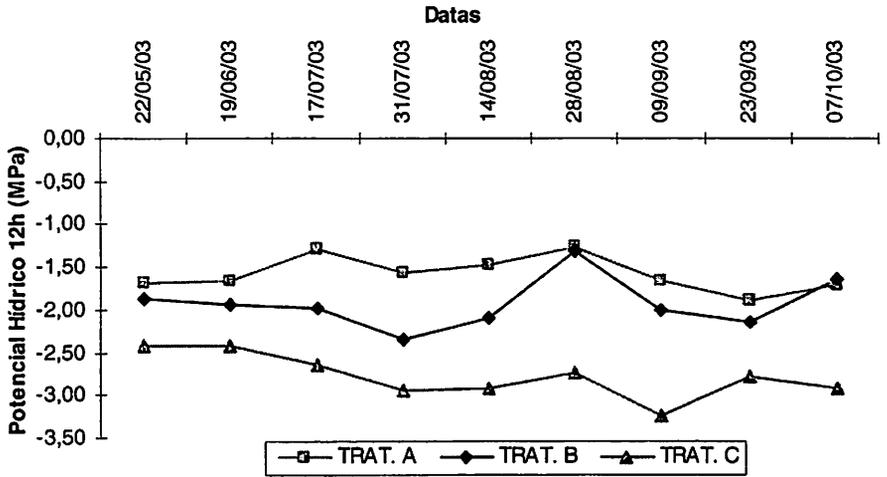


FIGURA 5 – Valores médios do potencial hídrico foliar do cafeeiro (*Coffea arábica*), avaliados às 12h em 2003. Lavras-MG-2005

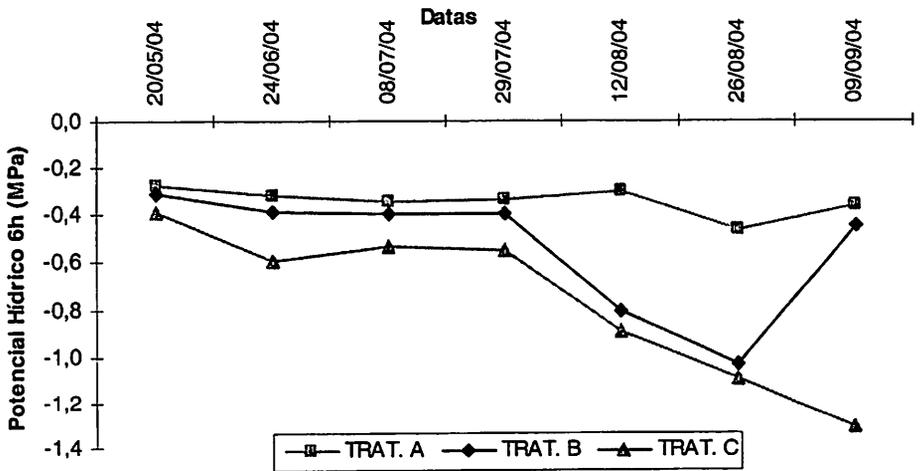


FIGURA 6 – Valores médios do potencial hídrico foliar do cafeeiro (*Coffea arábica*), avaliados às 6h em 2004. Lavras – MG - 2005

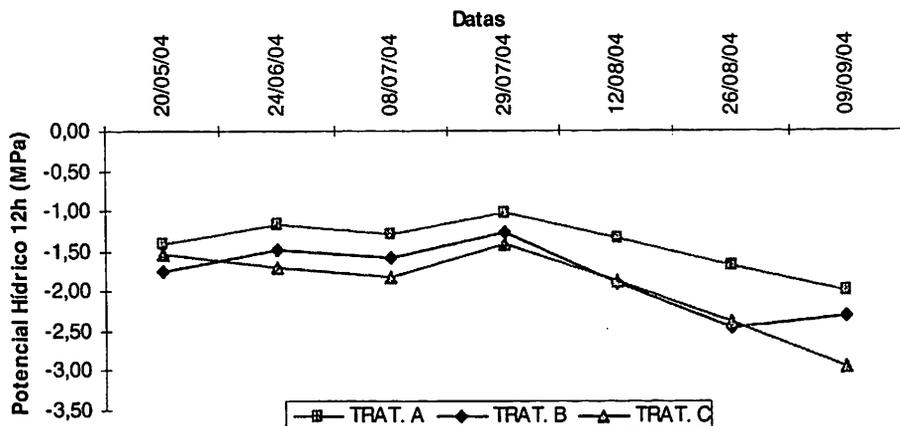


FIGURA 7 – Valores médios do potencial hídrico foliar do cafeeiro (*Coffea arabica*), avaliados às 12h em 2004. Lavras – MG - 2005

Com o início das irrigações em 01/jun/2003, próximo ao final da safra 2003, observou-se, na Tabela 4, uma variação nos valores dos potenciais hídricos às 6h. A subparcela (A) apresentou valores que variaram de -0,64 MPa, a -0,28 MPa; Na subparcela (B) os valores médios variaram de -0,74 MPa a -0,32 MPa e na subparcela (C), variaram de -1,33 a -0,59 MPa no ano de 2003. No ano de 2004 os potenciais hídricos foliares variaram de -0,47 a -0,28 MPa na subparcela (A) e de -1,04 a -0,39 MPa e -1,31 a -0,49 MPa nas subparcelas (B) e (C), respectivamente, quando os potenciais hídricos foliares foram avaliados às 6h, sendo estes valores similares aos encontrados por Antunes et al. (2000) e também Soares et al. (2001).

Verifica-se também que em 2003, às 12 h, os valores médios do potencial hídrico foliar variaram de -1,88 a -1,27 MPa na subparcela (A), de -2,34 a -1,31 MPa na subparcela (B), e de -3,25 a -2,41 MPa na subparcela (C). No ano de 2004 variaram de -2,00 a -1,01 MPa na subparcela (A) de -2,46 a -1,27 MPa e -2,95 a -1,41 MPa nas subparcelas (B) e (C), respectivamente.

Na Tabela 4 observou-se que o maior valor encontrado para o tratamento A foi na avaliação do dia 23/09/03, quando se verifica também que ocorreu, o maior valor para a temperatura e uns dos menores valores de umidade relativa (Tabela 2).

Golberg et al. (1988) verificaram em condições de campo, que a fotossíntese foliar foi pouco afetada pelo potencial da água foliar quando estava em torno de -1,5 MPa; pela Tabela 3, pode-se constatar que não houve stresse hídrico às 6:00h em nenhuma das épocas de avaliação, em todos os tratamentos. Todavia, o decréscimo do valor do potencial hídrico foliar se deu devido ao um provável fechamento estomático, pelo qual a planta ficou resguardada de possíveis problemas de desidratação. Os autores afirmaram também que não houve necessidade de irrigar o cafeeiro enquanto o teor de água não alcançou a metade da água disponível da capacidade de campo, quando o potencial hídrico foliar pode apresentar valores próximos de -1,5 MPa nas horas mais quentes do dia. Quanto ao potencial hídrico foliar avaliado às 12h observa-se que em algumas épocas de avaliação ficou abaixo de -1,5 MPa, porém nunca inferior a -2,0 MPa no tratamento A; entretanto, o solo sempre mostrou boa disponibilidade hídrica.

Com relação à subparcela B observaram-se valores menores que -2,43 MPa, ocorrendo nestas épocas de observações subparcelas que se diferenciaram da A, caracterizando status hídricos mais pobres. O tratamento não irrigado (C) chegou a um valor máximo de -3,25 MPa, podendo-se dizer que este foi submetido a um estresse hídrico acentuado naquela hora, portanto sendo necessária a irrigação.

Na Tabela 4 estão os intervalos de variação dos valores médios de potencial hídrico foliar, durante os períodos de aplicação dos tratamentos de irrigação A (01/06 a 30/09), B (01/09 a 30/09) e C (não irrigado), para os anos 2003 e 2004. Pela análise dos resultados, se constata que as 6 horas o potencial

hídrico foliar apresentou maiores valores, com menor amplitude de variação já às 12 horas os valores foram menores e com maior amplitude de variação. Outra constatação é de que os tratamentos irrigados apresentaram melhor status hídrico que os tratamentos não irrigados.

TABELA 4 – Intervalo de variação dos valores médios de Potencial Hídrico foliar, analisados às 6h e às 12h para os anos de 2003 e 2004.

2003			2004		
TRAT.	Pot. Hid. 6h (MPa)	Pot. Hid. 12h (MPa)	TRAT.	Pot. Hid. 6h (MPa)	Pot. Hid. 12h (MPa)
A	-0,28 a -0,64	-1,27 a -1,88	A	-0,28 a -0,47	-1,01 a -2,00
B	-0,32 a -0,74	-1,31 a -2,34	B	-0,39 a -1,04	-1,27 a -2,46
C	-0,59 a -1,33	-2,41 a -3,25	C	-0,49 a -1,31	-1,41 a -2,95

4. 2. 2. Resistência estomática e taxa de transpiração.

As Figuras 8, 9 ,10 e 11 apresentam os gráficos que mostram o comportamento da resistência estomática e da taxa de transpiração ao longo do período avaliado.

Verificou-se, para o ano de 2003, que os valores médios da resistência estomática para o tratamento A variaram de 2,93 a 29,71 s.cm⁻¹; para o B, de 3,12 a 31,74 s.cm⁻¹; e para o C de 5,07 a 53,25 s.cm⁻¹. No ano de 2004 os valores de resistência estomática para o tratamento A variaram de 3,54 a 8,72 s.cm⁻¹; e para o B variaram de 5,62 a 14,75 s.cm⁻¹; e para o C de 7,08 a 21,74 s.cm⁻¹, podendo-se constatar que tanto no ano de 2003 quanto o ano de 2004 houve um aumento dos valores da resistência no tratamento não irrigado em relação aos irrigados. Este fato leva à suposição de que no tratamento não irrigado houve um

fechamento mais intenso dos estômatos a fim de evitar uma maior perda de água, o que corrobora as afirmações de Turner (1986), segundo o qual a resistência aumentada é ocasionada pelo fechamento estomático, mecanismo eficiente no controle da perda de água pelas folhas.

Quanto aos valores para taxa de transpiração no ano 2003, o tratamento A variou de 2,57 a 9,97 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, o B de 1,76 a 9,67 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; e o C de 0,52 a 6,52 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. No ano de 2004 os valores variaram de A de 3,20 a 6,80 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, o B variaram de 2,17 a 4,30 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ e o C de 1,63 a 3,72 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, podendo-se constatar que tanto no ano de 2003 quanto no ano de 2004 que houve uma queda nos valores da taxa de transpiração no tratamento não irrigado em relação aos irrigados.

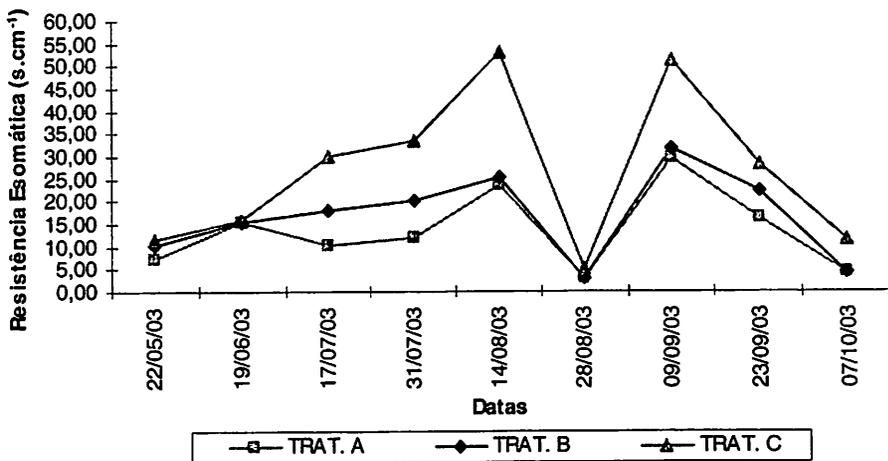


FIGURA 8 – Valores médios da resistência estomática observados no período de irrigação compreendido entre maio de 2003 a outubro de 2003. Lavras - 2005

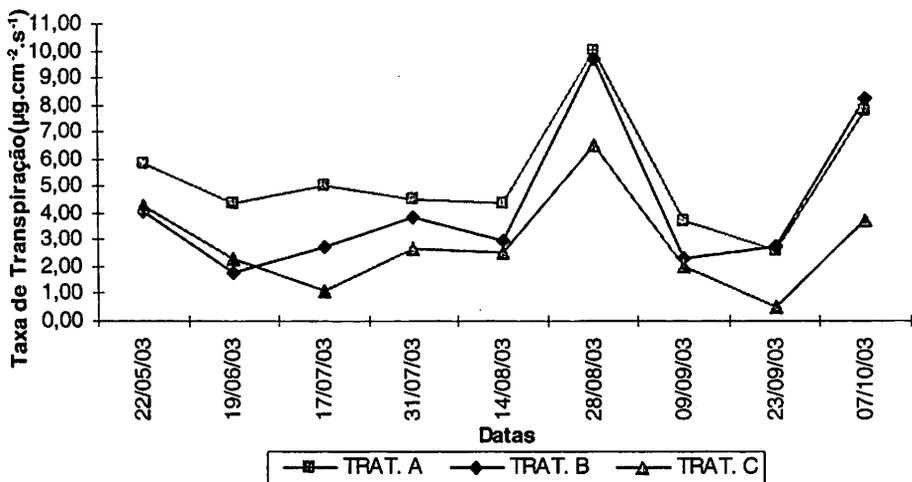


FIGURA 9 – Valores médios da taxa de transpiração observados no período de irrigação compreendido entre maio de 2003 a outubro de 2003. Lavras-2005.

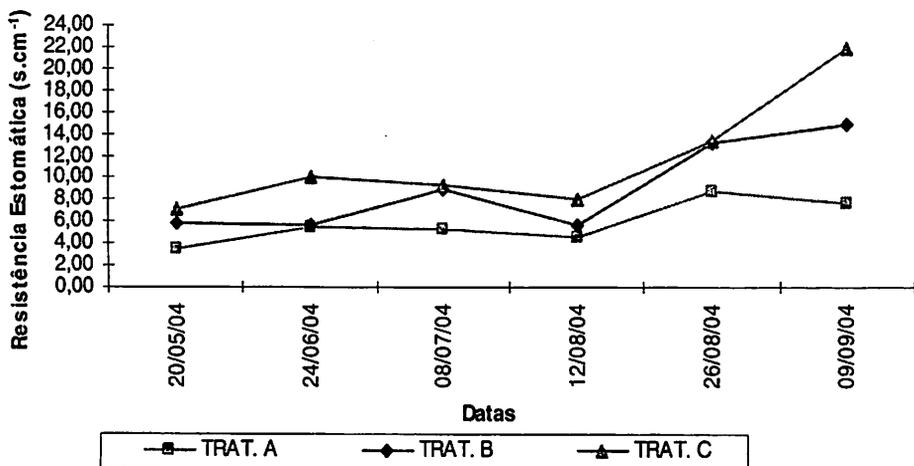


FIGURA 10 – Valores médios da resistência estomática observados no período de irrigação compreendido entre maio de 2004 a setembro de 2004. Lavras-2005.

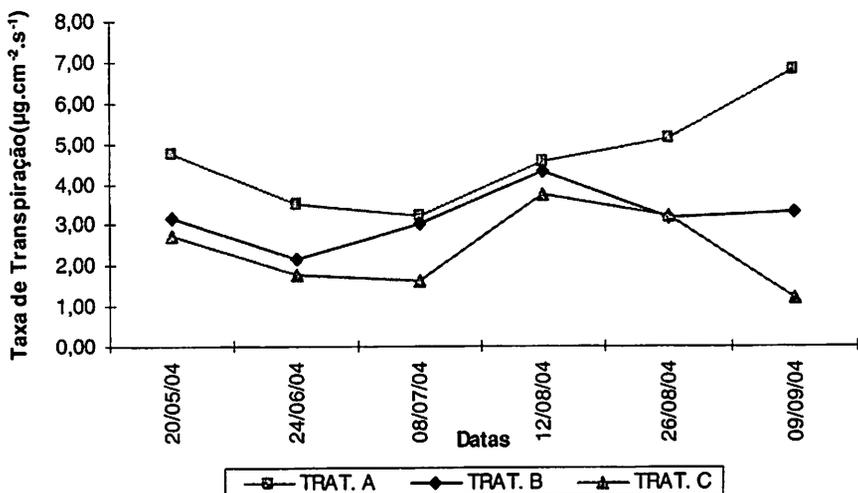


FIGURA 11 – Valores médios da taxa da transpiração observados no período de irrigação compreendido entre maio de 2004 a setembro de 2004. Lavras-2005

Nas Tabelas em anexo, de 1A a 16A, apresentam-se os resumos da análise de variância da resistência estomática e da taxa de transpiração, obtidos ao longo do período avaliado. Observaram-se diferenças significativas entre os tratamentos a nível de 5 %, para o fator épocas de irrigação sobre a resistência estomática, somente em 3 das 16 avaliações realizadas e em 3 das 16 avaliações feitas para a taxa de transpiração. Quanto ao parcelamento das adubações e à interação destas com o fator época de irrigação, não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P > 0,05$) em todas as épocas observadas, isto provavelmente se deveu ao fato de que na totalidade do período experimental proposto para análise não houve aplicação de água além da utilizada pelas fertirrigações, por este ser um período em que ocorre um maior índice de precipitações, não permitindo que se realizassem as avaliações.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de resistência estomática e de taxa de transpiração nas datas em que houve diferenças significativas dos tratamentos com relação ao fator épocas de irrigação. Pode-se verificar que os tratamentos irrigados (irrigação a partir de 01/06 e 01/09) apresentaram menores valores de resistências estomáticas, e maiores valores de taxa de transpiração.

TABELA 5. Valores médios de resistência estomática e taxa de transpiração em que houve efeitos significativos. Lavras-2005

ÉPOCAS	Resistência Estomática (s.cm ⁻¹)			Taxa de Transpiração (µg.cm ⁻² .s ⁻¹)		
	28-08-03	12-08-04	09-09-04	28-08-03	20-05-04	09-09-04
A	2,93a	4,64a	7.71a	9,97a	4,72a	6,80a
B	3,12a	5,62a	14.75b	9,67a	3,15a	3,31b
C	5,07b	8,09b	21.75c	6,52b	2,73b	1,19c

Nas Figuras 12 e 13 pode-se constatar que nas datas observadas ocorrem diferença significativa entre as épocas, evidenciando claramente que os tratamentos irrigados apresentam menores valores de resistência devido ao fato de os estômatos estarem mais abertos e, com isso, ocorrerem maiores valores das taxas de transpiração.

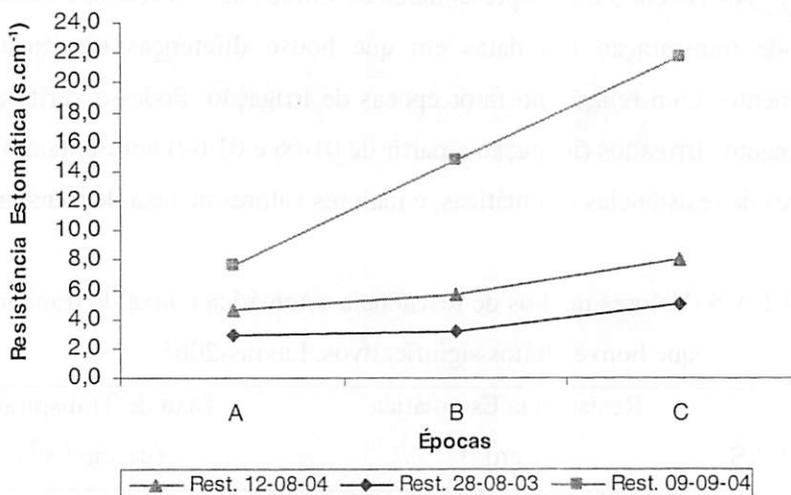


FIGURA 12 – Valores médios da resistência estomática em função das épocas de irrigação, observados nos dias 28/08/03; 12/08/04 e 09/09/04.

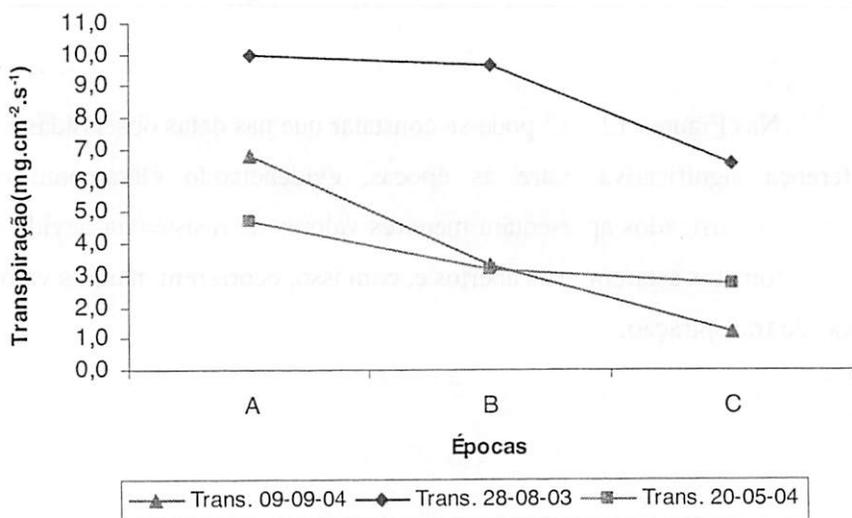


FIGURA 13 – Valores médios da taxa de transpiração em função das épocas de irrigação, observados nos dias 28/08/03; 20/05/04 e 09/09/04.

Os menores valores de resistência estomática que aconteceram em 28/08/03, quando comparados com os valores de 12/08/04, foram devidos a uma chuva de aproximadamente 7 mm que ocorreu no dia 26/08/03 verificado na Tabela 2, causando um aumento na umidade relativa e uma redução na temperatura, que proporcionaram um menor valor no déficit de pressão de vapor, conforme pode ser verificado na Figura 2. Isto reflete o efeito de parâmetros climáticos no comportamento fisiológico da cultura

Constatou-se também que em 28/08/03 as resistências estomáticas foram menores no mesmo momento em que as taxas transpiratórias eram altas; nestas condições o tratamento irrigado “A” apresentou valores de taxa de transpiração superiores aos do tratamento não irrigado “C” nas datas de avaliação 28/08/03 e 09/09/04.

4. 4. Produtividade e Rendimento

Na Tabela 6 pode-se observar um resumo da análise de variância, através do qual se observou que o fator número de parcelamentos de N-P-K e sua interação com o fator época de irrigação com relação à produtividade e o rendimento não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$). Verificou-se, no entanto, que houve diferenças significativas ($P<0,05$) quanto aos tratamentos com relação à época de irrigação sobre a produtividade, e o rendimento.

TABELA 6 - Resumo da análise de variância contendo os quadrados médios para produtividade e rendimento (safra 2004). UFLA, Lavras – MG-2005.

FV	GL	QM	
		Produtividade	Rendimento
Blocos	3	1524,188ns	1519,582ns
Parcelamentos	2	119,763ns	7835,069ns
Resíduo 1	6	776,700	8981,913
Épocas	2	10276,173*	33583,219*
Resíduo 2	6	1612,223	341,589
Parc. X Épocas	4	871,368ns	4402,169ns
Resíduo 3	10	442,690	2825,332
Total	33		
CV1 %		63,31	17,47
CV2 %		91,32	3,41
CV3 %		47,80	9,80

ns não significativo, * significativo ao nível de 5%,

A seguir faz-se a comparação, pelo teste de médias por Scott-Knott, dos dados de produtividade e rendimento. O tratamento A, que é a época de irrigação de 1º de junho a 30 de setembro, foi o que apresentou a melhor produtividade, com valor médio de 76,95 sc.ha⁻¹. O tratamento que apresentou a pior média de produtividade foi o que recebeu irrigação a partir de 01/09 (B), 21,57 sc.ha⁻¹, embora esta produtividade tenha sido inferior à apresentada pelo tratamento não irrigado (C), 30,55 sc.ha⁻¹, elas não se diferenciaram estatisticamente. Este fato pode ser explicado pela alta produtividade apresentada pelo tratamento B na safra anterior (65,94 sc.ha⁻¹), demonstrando, desta forma, um possível efeito do ciclo bienal de produtividade.

A produtividade pela subparcela A (76,95 sc.ha⁻¹) foi superior à produtividade descrita por Fernandes et al. (2000) na safra 1997/1998 (45,7 sc ha⁻¹) e também superior à encontrada por Antunes et al. (2000) na safra 1998/99 (43,37sc ha⁻¹).

Fazendo uma comparação entre os valores dos indicadores fisiológicos avaliados, pode-se verificar que todos os indicadores em que houve diferenças significativas dos tratamentos, mostram que a época (A) foi a que apresentou os melhores resultados. Sendo assim, as plantas estavam sob melhores condições hídricas, o que veio refletir posteriormente na produtividade e no rendimento.

O fato de a irrigação realizada a partir de 1º de junho propiciar efeitos mais expressivos sobre a produtividade do cafeeiro que outras épocas de início da irrigação também foi constatado por Silva et al. (2002).

TABELA 7 – Comparação de médias de produtividade (sc ha-1) e Rendimento (litros /sc) Safra 2004. UFLA Lavras – MG-2005.

Épocas	Prod. (sc ha-1)	Rend. (litros/sc)
A	76,95a	595,54a
B	21,57b	487,49c
C	30,55b	539,15b

Valores seguidos pela mesma letra não se diferem entre si.

Quanto ao rendimento, o tratamento A também foi o que apresentou o maior valor médio, 595,54 litros/sc; ou seja, são necessário 595 litros de café de roça para gerar uma saca de 60 Kg de café beneficiado. Os tratamentos B e C também se diferenciaram entre si, com valores médios de 487,49 litros/sc e 539,15 litros/sc, respectivamente, verificando-se que o tratamento B foi o que obteve o menor valor, de acordo com a Tabela 7.

Na Figura 14, pode-se observar o comportamento da produtividade e do rendimento nos respectivos tratamentos avaliados.

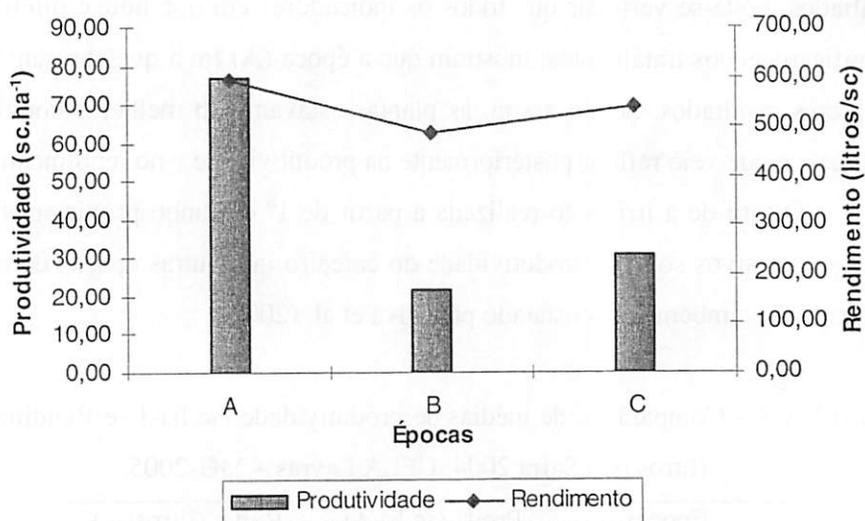


FIGURA 14– Produtividade (sc.ha⁻¹) e Rendimento (Litros/sc) conforme respectivos tratamentos. UFLA, Lavras – MG. 2005.

5. CONCLUSÕES

O potencial hídrico foliar mostrou-se bastante sensível ao fator época de irrigação, no período estudado, sendo que, somente em duas datas (24/06/04) e (08/07/04), não houve efeito significativo nas avaliações realizadas às 12 horas, e uma data (08/07/04), nas avaliações realizadas às 6 horas.

A resistência estomática e a taxa de transpiração apresentaram baixa sensibilidade para expressar efeito do fator épocas de irrigação, pois, somente em duas e em três dentre todas avaliações analisadas houve diferenças significativas para taxa de transpiração e para a resistência estomática, respectivamente.

Constatou-se que em todas as avaliações, em que os tratamentos se diferiram de forma significativa sobre resistência estomática e taxa de transpiração, foi também, sobre o potencial hídrico foliar.

Quanto à produtividade o tratamento A foi o que apresentou o melhor resultado, com valor médio de $76,95 \text{ sc.ha}^{-1}$, o tratamento B apresentou a pior média de produtividade de $21,57 \text{ sc.ha}^{-1}$ e o tratamento não irrigado C, $30,55 \text{ sc.ha}^{-1}$.

Outra constatação é que o tratamento A apresentou sempre os melhores índices fisiológicos, corroborando o fato, de que, o status hídrico da cultura do cafeeiro, guarda relação direta com a sua produtividade, e, que, sobretudo, o potencial hídrico foliar pode ser empregado como um bom indicador para o manejo da irrigação.

REFERRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERSON, R. C.; KRIEG, D. R. Stomatal and nonstomatal regulation of water use in cotton, corn and sorghum. **Plant Physiology**, Rockville, v. 60, n. 6, p. 850-853, Dec. 1977.

AKUNDA, E. M. W.; KUMAR, D. A simple technique for timing irrigation in coffee using cobalt chloride paper disks. **Irrigation Science**, New York, v. 3, n. 1, p. 57-62, 1981.

ALVES, M. E. B. **Respostas do cafeeiro (Coffea arabica L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação**. 1999. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANTUNES, R. C. B. **Determinação da evapotranspiração e influência da irrigação e da fertirrigação em componentes vegetativos, reprodutivos e nutricionais do café Arábica**. 2000. 162 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARROS, R. S.; MOTA, J. W. S.; DAMATTA, F. M.; MAESTRI, M. Decline of vegetative growth in Coffea arabica L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1, p. 65-72, Aug. 1997.

BEGG, J. E.; TURNER, N. C. Crop water deficits. **Advance in Agronomy**, New York, v. 28, p. 161-217, 1976.

BIERHUIZEN, J. F.; NUNES, M. A.; PLOEGMAN, C. Studies on productivity of coffee. II. Effect of soil moisture on photosynthesis and transpiration. **Acta Botanica Neerlandica**, Oxford, v. 18, n. 3, p. 367-374, 1969.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

BUTLER, D. R. Coffee leaf temperatures in a tropical environment. **Acta Botanica Neerlandica**, Oxford, v. 26, n. 2, p. 129-140, 1977.

CAMARGO, A. P. de. Necessidades hídricas do cafeeiro. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA, 3., Campinas, 1989. Campinas: IAC, 1989. 20 p.

CASTRO NETO, P.; VILELA, E. de A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 59-62, jun. 1986.

CLARK, R. N.; HILER, E. A. Plant measurements as indicators of crop water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 4, p. 466-469, July/Aug. 1973.

COELHO, G. **Épocas de Irrigação, parcelamento de adubação e fertirrigação do cafeeiro irrigado no sul d Minas Gerais**. 2001. 54 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DAMATTA, F. M.; LOOS, R. A.; SILVA, E. A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M. E. Effects of soil water deficit and nitrogen nutrition on water relations and photosynthesis of pot-grown *Coffea canephora* Pierre. *Trees –Structure and Function*, 2001.

DAMATTA, F. M.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S.; REGAZZI, A. J. Water relations of coffee leaves (*Coffea arabica* and *C. canephora*) in response to drought. **Journal of Horticultural Science**, Ahsford, v. 68, n. 5, p. 741-746, Sept. 1993.

FANJUL, L.; ARREOLA-R., R.; MENDEZ-C., M. P. Stomatal responses to environmental variables in shade and sun grown coffee plants in Mexico. **Experimental Agriculture**, Oxford, v. 21, n. 3, p. 249-258, July 1985.

FARIA, M. A.; REZENDE, F. C. **Irrigação na cafeicultura**. Lavras, MG: UFLA-FAEPE, 1997. 110 p. (Curso de Especialização “Lato Sensu” por Tutoria à Distância).

FARIA, M. F.; VILLELE, SILVA, M. de L. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; da SILVA, E. L. Influência das lâminas de irrigação na maturação e produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) – 2 a Colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 4., 2001, Araguari- MG. **Resumos...** Uberlândia: UFU/DEAGO, 2001. p. 11-14.

FARIA, M. A. de; SILVA, M. L. O. e; SILVA, A. L. da.; COSTA, GARCIA, P. R.; GUIMARÃES, P. T. G.; SILVA, E. L. da. Qualidade do café produzido pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 5., 2002, Araguari. **Anais...** Uberlândia: ICIAG/UFU, 2002. p. 138-143

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; DRUMOND, L. C. D.; LESSI, R. Irrigação e utilização de granulados de solo na Produção de cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 9., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos Expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café e Minasplan, 2000. v. 2, p. 957-959.

FERREIRA, V. M. Aspectos de crescimento, nutrição e relações hídricas em dois genótipos de milho (*Zea mays* L.) em função da disponibilidade de água no solo. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GOLBERG, A. D.; RENARD, C.; LANNOYE, R.; LEDENT, J. -F. Effects and after-effects of water stress on chlorophyll fluorescence transients in *Coffea canephora* Pierre and *Coffea arabica* Capot and Ake Assi. **Café Cacao Thé**, Paris, v. 32, p. 11-16, ene./mar. 1988.

GOPAL, N. H. Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. **Indian Coffee**, Bangalore, v. 38, n. 8, p. 217-221, Aug. 1974.

GRANER, E. A.; GODOY JUNIOR, C. **Manual do cafeicultor**. São Paulo: USP, 1967. 320 p.

GROSS, K.; PHAM-NGUYEN, T. Pressure volume analysis on shoot of *Picea abies* and leaves of *Coffea liberica* at various temperatures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 70, n. 2, p. 189-195, June 1987.

GUTIERREZ, M. V.; MEINZER, F. C. Energy balance and latent heat flux partitioning in coffee hedgerows at different stages of canopy development. **Agricultural & Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 68, n. 3/4, p. 173-186, Apr. 1994a.

GUTIÉRREZ, M. V.; MEINZER, F. C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. **Journal of American Society of Horticulture Science**, Alexandria, v. 119, n. 3, p. 652-657, May 1994b.

HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley, 1995.

JOSIS, P.; NDAYISHIMIYE, V.; RÉNARD, C. Étude des relations hydriques chez *Coffea arabica* L. II. Évaluation de la résistance à la sécheresse de divers cultivars à Ghisa (Burundi). **Café Cacao Thé**, Paris, v. 27, p. 275-282, jui./sept. 1983.

KANECHI, M.; UCHIDA, N. U.; YASUDA, T.; YAMAGUCHI, T. Water stress effects on leaf transpiration and photosynthesis of *Coffea arabica* L. under different irradiance conditions. In: **INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE**, 16., 1995, Kyoto. **Proceedings...** Paris: Association Scientifique Internationale du Café, 1995. p. 520-527.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. p. 191-215.

KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: **WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESS**, 1993, Nebraska: INTSORMIL. **Proceedings...** Nebraska: INTSORMIL, 1993. p. 65-79.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000.

LECOEUR, J.; SINCLAIR, R. T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 2, p. 331-335, Mar./Apr. 1996.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress. II: Water radiation, salt and other stress**. New York: Academic Press, 1980. 606 p.

MANSUR, R. J. C. N.; BARBOSA, D. C. A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton**, Buenos Aires, v. 68, n. 1, p. 97-106, 2000.

MANTOVANI, E. C. Irrigação do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, I. (Ed.). **Viçosa café - Produtividade, qualidade e sustentabilidade**, 1, 2000. p. 263-290.

MEINZER, F. C.; GRANTZ, D. A.; GOLDSTEIN, G.; SALIENDRA, N. Z. Leaf water relations and maintenance of gas exchange in coffee cultivars grown in drying soil. **Plant Physiology**, Rockville, v. 94, n. 4, p. 1781-1787, Dec. 1990.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-87, abr. 2001.

NUNES, M. A. Water relations in coffee - significance of plant water deficits to growth and yield: a review. **Journal of Coffee Research**, Balehonnar, v. 6, p. 4-21, 1976.

PILAR-HERNANDEZ; COCK, J. H.; EL-SHARKAWY, A. The responses of leaf gas exchange and stomatal conductance to air humidity in shade-grown coffee, tea and cacao plants as compared with sunflower. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 155-161, 1989.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Ecofisiologia do cafeeiro. In: **Ecofisiologia na produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1987. 249 p.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Relações hídricas no cafeeiro. In: **ITEM**, Brasília, n. 48, p. 64-73, set. 2000.

SANTINATO, et al. Irrigação de cafezal com o sistema tripa CS (tripa plástica e válvula CS) em região hídrica marginal para café arábica. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS**, 15., Maringá, 1989. **Resumos...** Maringá, 1989. p. 198-204.

SCHMIDT, M. V. V. **Características hidráulicas do tubogotejador "Queen Gil"**. 1995. 43 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, A. M.; COELHO, G.; SILVA, P. A. M.; COELHO, G. S.; FREITAS, R. A. Efeito das épocas de irrigação sobre a produtividade do cafeeiro catuai em 4 safras consecutivas. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA**, 2002, Araguari MG. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. p. 144-149.

SLATYER, R. O. Physiological significance of internal water relations to crop yield. In: EASTIN, J. D.; HASKINS, F. A.; SULLIVAN, C. Y.; VAM BAVEL, C. H. M. **Physiological aspects of crop yield**. Madison: ASA-CSSA, 1969.

SOARES, A R. **Irrigação, fertirrigação, fisiologia e produção em cafeeiros adultos na região da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2001. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SORICE, L. S. D. **Irrigação e fertirrigação de cafeeiros em produção**. 1999. 59 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

THOMAS, D. S.; EAMUS, D.; SHANAHAN, S. Influence of season, drought and xylem ABA on stomatal responses to leaf-to-air vapour pressure difference of trees of the Australian wet-dry tropics. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 48, n. 2, p. 143-151, 2000.

TURNER, N. C. Crop water deficits: a decade of progress. **Advances in Agronomy**, New York, v. 39, p. 1-51, 1986.

VICENTE, M. R.; SOARES, A. R.; MANTOVANI, E. C.; FREITAS, A. R. Produtividade do café catuaí iac 144, sob irrigação por gotejamento e em condição de sequeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu MG. **Anais...** Caxambu, 2002. p. 142.

WEILL, M. de A. M.; IAFFE, A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; GRANJA, N. Variabilidade da produção de café em um ensaio em Pindorama, SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DE CAFÉ DO BRASIL, 9. , 2000, Poços de Caldas-MG. **Resumos Expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café Minasplan, 2000. v. 2, p 779-781.

WULLSCHLEGER, S. D.; MEINZER, F. C.; VERTESSY, R. A. A review of whole-plant water use studies in trees. **Tree Physiology**, Victoria, v. 18, n. 8/9, p. 499-512, Aug./Sept. 1998.

ANEXOS

ANEXO A

Página

- TABELA 1A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 22/05/03.....49
- TABELA 2A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 19/06/03.....49
- TABELA 3A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 17/07/03.50
- TABELA 4A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 31/07/03.....50
- TABELA 5A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 14/08/03.51
- TABELA 6A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 28/08/03.....51

- TABELA 7A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 09/09/03.....52
- TABELA 8A.** Resumo d Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 23/09/03.....52
- TABELA 9A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 07/10/03.....53
- TABELA 10A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 20/05/04.....53
- TABELA 11A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 24/06/04.....54
- TABELA 12A.** Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 08/07/04.....54
- TABELA 13A.**Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 29/07/04.....55

TABELA 14A. Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 12/08/04.....55

TABELA 15A. Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 26/08/04.....56

TABELA 16A. Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, transpiração 09/09/04.....56

TABELA 1A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 22/05/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.0248ns	0.3074ns	154.6075ns	25.7017ns
Parcelamentos	2	0.0646ns	0.1104ns	139.4259ns	8.9118ns
Resíduo 1	6	0.0436	0.3684	114.5606	6.8319
Épocas	2	0.0192ns	1.7692*	63.707ns	11.1405ns
Resíduo 2	6	0.0107	0.2502	78.8441	12.0509
Parc. X Épocas	4	0.0138ns	0.1647ns	157.867ns	8.4937ns
Resíduo 3	12	0.0111	0.33	147.7465	8.2242
Total	35				
CV1 %		32.21	30.50	110.62	55.31
CV2 %		15.96	25.13	91.77	73.46
CV3 %		16.27	28.87	125.63	60.69

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 2A – Resumo do Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 19/06/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.0700ns	0.4263ns	93.2822ns	5.3963ns
Parcelamentos	2	0.1238ns	0.7342ns	287575ns	4.3457ns
Resíduo 1	6	0.04937	0.4405	281.7242	10.2358
Épocas	2	0.7252*	1.7969*	1.7757ns	8.0054ns
Resíduo 2	6	0.6991	0.1199	48.5768	3.5027
Parc. X Épocas	4	0.1731ns	0.3411ns	90.9128ns	3.0029ns
Resíduo 3	12	0.0312	0.1824	80.2575	3.2905
Total	35				
CV1 %		32.78	33.21	107.20	130.31
CV2 %		38.80	17.33	44.52	76.23
CV3 %		26.08	21.37	57.22	73.88

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 3A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 17/07/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.0272ns	0.3972ns	828.7739ns	0.8108ns
Parcelamentos	2	0.0592ns	0.6527ns	242.1804ns	1.4895ns
Resíduo 1	6	0.012	0.5663	269.2911	2.2868
Épocas	2	1.3669*	5.7393*	1212.0183ns	8.6074ns
Resíduo 2	6	0.0336	0.2243	452.241	3.5886
Parc. X Épocas	4	0.0092ns	0.7208ns	322.1738ns	3.9895ns
Resíduo 3	12	0.0192	0.6236	218.6808	2.3788
Total	35				
CV1 %		16.58	39.69	84.02	74.91
CV2 %		27.73	24.99	108.88	93.84
CV3 %		20.98	41.65	75.71	76.40

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 4A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 31/07/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.2815ns	0.3297ns	8.5192ns	3.1053ns
Parcelamentos	2	0.0442ns	1.4286ns	9.8103ns	0.9096ns
Resíduo 1	6	0.261	0.4366	9.4028	4.2154
Épocas	2	2.6844*	5.7300*	4.3466ns	2.3316ns
Resíduo 2	6	0.0996	0.3403	4.4736	1.2869
Parc. X Épocas	4	0.0294ns	0.4048ns	3.1970ns	0.8360ns
Resíduo 3	12	0.0843	0.2991	7.5678	3.1251
Total	35				
CV1 %		65.46	28.91	64.46	41.05
CV2 %		40.44	25.52	44.46	22.68
CV3 %		37.21	23.93	57.83	35.34

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 5A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 14/08/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.2134ns	0.3832ns	26487.0489ns	12.614*
Parcelamentos	2	0.0056ns	0.0902ns	9322.8969ns	6.3873ns
Resíduo 1	6	0.1573	0.6332	12003.8191	2.649
Épocas	2	2.8727*	3.175*	11363.1442ns	8.6419ns
Resíduo 2	6	0.0936	0.2058	11467.2439	2.8117
Parc. X Épocas	4	0.058ns	0.2936ns	19933.8921ns	4.7311ns
Resíduo 3	12	0.0951	0.2268	21626.8906	6.3642
Total	35				
CV1 %		49.08	39.19	259.43	48.73
CV2 %		37.86	22.34	253.57	50.21
CV3 %		38.17	23.46	348.23	75.54

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 6A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 28/08/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.1137ns	0.01932ns	0.2092ns	21.4914ns
Parcelamentos	2	0.0238ns	0.1502ns	0.2275ns	4.6770ns
Resíduo 1	6	0.0425	0.5197	0.3113	11.1926
Épocas	2	0.9213*	8.4868*	0.7578*	43.8627*
Resíduo 2	6	0.0255	0.4175	0.0417	3.3604
Parc. X Épocas	4	0.0396ns	0.0514ns	0.0626ns	17.3074ns
Resíduo 3	12	0.0318	0.1629	0.2017	6.6112
Total	35				
CV1 %		31.39	40.52	50.44	38.37
CV2 %		24.35	36.32	18.47	21.02
CV3 %		27.16	22.69	40.61	29.49

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 7A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 09/09/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.1672ns	0.8059ns	920.8787ns	2.6319ns
Parcelamentos	2	0.2136ns	0.3136ns	4575.5903ns	7.3593ns
Resíduo 1	6	0.0361	0.3578	2496.1267	2.3336
Épocas	2	1.7488*	8.0019*	1695.236ns	1.4793ns
Resíduo 2	6	0.0715	0.3734	2099.7494	0.6935
Parc. X Épocas	4	0.0535ns	0.2113ns	4801.9891ns	6.3229ns
Resíduo 3	12	0.043	1.114	2676.3802	5.0118
Total	35				
CV1 %		28.99	25.26	133.02	65.07
CV2 %		40.82	25.81	122.00	35.47
CV3 %		31.67	44.57	137.73	95.36

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 8A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 23/09/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.0099ns	0.3939ns	524.5675ns	4.8095ns
Parcelamentos	2	0.0013ns	0.1567ns	727.8144ns	3.1990ns
Resíduo 1	6	0.02483	0.2106	723.4727	7.5917
Épocas	2	0.3321*	2.5329*	403.1462ns	14.5599ns
Resíduo 2	6	0.0028	0.2332	1489.3646	2.9062
Parc. X Épocas	4	0.0031ns	0.3729ns	571.5107ns	2.2306ns
Resíduo 3	12	0.0061	0.4524	361.0658	2.9902
Total	35				
CV1 %		39.68	20.23	120.93	172.10
CV2 %		13.54	21.29	173.51	106.48
CV3 %		19.75	29.66	85.43	108.01

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 9A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 07/10/03.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.156ns	0.03925ns	24.0112ns	23.8328ns
Parcelamentos	2	0.4419ns	0.1286ns	48.0295ns	7.1309ns
Resíduo 1	6	0.021	0.26	78.1219	5.2864
Épocas	2	3.9434*	6.3019*	216.9788ns	74.4224ns
Resíduo 2	6	0.8665	0.1723	45.3547	11.871
Parc. X Épocas	4	0.8319ns	0.0986ns	41.7517ns	13.9091ns
Resíduo 3	12	0.553	0.1589	76.7647	14.1567
Total	35				
CV1 %		19.70	24.41	133.96	35.01
CV2 %		51.63	19.87	102.07	52.46
CV3 %		29.16	19.09	132.80	57.29

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 10A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 20/05/04.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.01657ns	0.0023ns	26.5406ns	2.244ns
Parcelamentos	2	0.0325ns	0.01798ns	3.9634ns	13.5669ns
Resíduo 1	6	0.0032	0.0600	46.0815	3.6955
Épocas	2	0.04333ns	0.3509ns	39.1668ns	13.1915*
Resíduo 2	6	0.01518	0.2334	7.7167	2.7957
Parc. X Épocas	4	0.002083ns	0.1698ns	43.0492ns	3.2479ns
Resíduo 3	12	0.008935	0.2478	27.8094	3.3737
Total	35				
CV1 %		17.52	15.78	122.89	54.37
CV2 %		37.92	31.12	50.29	47.29
CV3 %		29.08	32.06	95.47	51.95

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 11A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 24/06/04.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.0272ns	0.7226ns	19.6377ns	3.2431ns
Parcelamentos	2	0.0544ns	0.5159ns	138.6678ns	10.1243ns
Resíduo 1	6	0.0361	0.5888	32.5315	2.5557
Épocas	2	0.2646*	0.8338ns	79.5946ns	1.9315ns
Resíduo 2	6	0.0185	0.4476	45.5820	3.2773
Parc. X Épocas	4	0.0199ns	0.3363ns	78.422ns	4.12.33ns
Resíduo 3	12	0.004	0.179	38.741	1.697
Total	35				
CV1 %		43.30	53.02	81.05	64.46
CV2 %		31.03	46.23	95.94	73.00
CV3 %		45.71	29.20	88.44	52.53

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 12A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 08/07/04.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.1758ns	0.0344ns	204.2959ns	7.9712*
Parcelamentos	2	0.006458ns	0.3325ns	136.6981ns	3.685ns
Resíduo 1	6	0.083	0.1247	128.0908	1.636
Épocas	2	0.1108ns	0.8858ns	60.4721ns	8.808ns
Resíduo 2	6	0.0554	0.2397	164.1902	3.793
Parc. X Épocas	4	0.0451ns	0.2358ns	80.0677ns	0.5606ns
Resíduo 3	12	0.0365	0.0566	104.4617	3.1054
Total	35				
CV1 %		67.14	22.54	143.69	48.86
CV2 %		54.88	31.25	162.68	74.4
CV3 %		44.54	15.19	129.76	67.32

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 13A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 29/07/04.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.0196ns	0.1925ns	47877.0707ns	4.0562ns
Parcelamentos	2	0.0302ns	0.2525ns	33104.3570ns	7.1594ns
Resíduo 1	6	0.0332	0.3312	41543.1489	4.0389
Épocas	2	0.1386*	0.9963*	29224.7562ns	4.4263ns
Resíduo 2	6	0.0149	0.1255	71456.6633	3.0716
Parc. X Épocas	4	0.0147ns	0.1153ns	44908.6861ns	4.7628ns
Resíduo 3	12	0.0239	0.09269	41239.134	3.9547
Total	35				
CV1 %		42.76	44.66	298.45	75.78
CV2 %		28.63	27.49	391.42	66.08
CV3 %		36.31	23.62	297.35	74.98

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 14A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa transpiração 12/08/04.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.1468ns	0.3115ns	45.9239ns	25.0801ns
Parcelamentos	2	0.10009ns	0.3417ns	16.7646ns	24.6911ns
Resíduo 1	6	0.2116	0.166	24.919	11.5163
Épocas	2	1.2721*	1.2234*	59.9998*	2.2418ns
Resíduo 2	6	0.1812	0.1083	9.191	3.9568
Parc. X Épocas	4	0.0499ns	0.3186ns	20.1835ns	0.7734ns
Resíduo 3	12	0.1361	0.1765	19.3998	3.7293
Total	35				
CV1 %		68.41	24.01	78.14	80.94
CV2 %		63.33	19.39	47.46	47.44
CV3 %		54.88	24.76	68.95	46.06

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 15A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 26/08/04.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.1998ns	0.1610ns	73.0772ns	1.7863ns
Parcelamentos	2	0.2302ns	0.1025ns	5.9414ns	1.1110ns
Resíduo 1	6	0.3084	0.3835	40.1449	4.4976
Épocas	2	1.4617*	2.1996*	83.197ns	15.1172ns
Resíduo 2	6	0.1407	0.1651	68.0208	9.588
Parc. X Épocas	4	0.1987ns	0.4561ns	53.5318ns	1.9126ns
Resíduo 3	12	0.3135	0.1793	68.9287	5.5851
Total	35				
CV1 %		63.98	28.40	53.88	55.47
CV2 %		43.21	18.63	70.13	80.99
CV3 %		64.50	19.42	70.60	61.81

*significativo a 5%; ns não significativo

TABELA 16A – Resumo da Tabela de análise de variância para potencial hídrico medido às 6h e as 12h , resistência estomática, taxa de transpiração 09/09/04.

FV	GL	QM			
		Pot. Hídr. 6h	Pot. Hídr. 12h	Resistência	Transpiração
Blocos	3	0.2917ns	0.1158ns	625.4339ns	28.1512ns
Parcelamentos	2	0.1242ns	0.8108ns	518.9621ns	1.1587ns
Resíduo 1	6	0.2709	0.4686	165.8793	41.0587
Épocas	2	3.2825*	2.7658*	591.4375ns	95.9759*
Resíduo 2	6	0.2847	0.3436	148.6062	11.6847
Parc. X Épocas	4	0.0485ns	0.1366ns	272.754ns	17.6755ns
Resíduo 3	12	0.124	0.0638	308.5635	44.4866
Total	35				
CV1 %		73.62	28.23	87.4	170.09
CV2 %		75.49	24.17	82.72	90.74
CV3 %		49.82	10.42	119.2	177.05

*significativo a 5%; ns não significativo

