

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO ARÁBICA, EM RELAÇÃO À FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL DO SOLO

Samuel Cola Pizetta¹, Rogério Rangel Rodrigues², Wilian Rodrigues Ribeiro³,
Edvaldo Fialho dos Reis⁴, Tafarel Victor Colodetti⁵

(Recebido: 11 de março de 2015; aceito: 10 de agosto de 2015)

RESUMO: A compreensão da necessidade hídrica do cafeeiro é primordial para o manejo adequado da cultura, visando obtenção de maiores produtividades e uso racional dos recursos hídricos. Objetivou-se analisar a influência da fração de água transpirável do solo no crescimento inicial do cafeeiro arábica e avaliar a recuperação das plantas, após o déficit hídrico. O experimento foi desenvolvido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Alegre-ES, sendo constituído de dois tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam à ausência (T_0) e presença de déficit hídrico no solo (T_d), aplicados aos 30 e 90 dias após plantio. O T_0 manteve a umidade do solo próxima da capacidade de campo. No T_d , o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do T_0 . As variáveis avaliadas foram: transpiração relativa, área foliar e altura das plantas. Para avaliar a recuperação do cafeeiro após estresse hídrico, as plantas foram mantidas por 30 dias com umidade próxima à capacidade de campo. De acordo com os resultados, houve redução nas médias das variáveis em maiores valores de fração de água transpirável do solo no tratamento aplicado aos 30 dias após plantio, em relação aos de 90 dias. As plantas apresentaram melhor tendência de recuperação após o déficit hídrico no tratamento aplicado aos 90 dias após o plantio.

Termo para indexação: *Coffea arabica* L., déficit hídrico, transpiração, características vegetativas.

ANALYSIS OF GROWTH OF COFFEE ARABIC IN RELATION TO WATER SOIL TRANSPIRABLE FRACTION

ABSTRACT: Understanding the need of the coffee water is essential for proper crop management, aiming obtaining higher yields and rational use of water resources. In this sense, the objective was to analyze the influence of fraction of transpirable soil water on the growth of Arabica coffee and evaluate the recovery of plants after drought. The experiment was carried out in Agricultural Sciences Center of the Federal University of Espírito Santo, located in Alegre-ES municipality, consisting of two treatments and four replicates. The treatments corresponded to the absence (T_0) and presence of soil water deficit (T_d), applied at 30 and 90 days after planting. The T_0 kept the moisture close to field capacity soil. In T_d , the deficit was applied until the plants reach 10% relative sweating T_0 . The variables analyzed were transpiration, leaf area and plant height. To evaluate the recovery of coffee after water stress, the plants were kept for 30 days with moisture content around field capacity. According to the results, a reduction in the variables in higher values of breathable fraction of water in soil treatment applied 30 days after planting, compared to 90 days. The plants has shown better recovery trend after the water deficit in the treatment applied at 90 days after planting.

Index terms: *Coffea arabica* L., water deficit, transpiration, vegetative characteristics.

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Coffea* possui mais de 120 espécies, no entanto, no Brasil, destacam-se com expressão comercial apenas duas: *Coffea arabica* L. e *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (DAVIS et al., 2011).

A produção brasileira de café arábica na safra 2014/15 foi pouco superior a 32,3 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg e 15,6% menor em relação à safra de 2013/14. Esse decréscimo da produção está vinculado às altas temperaturas e deficiência hídrica prolongada

que acometeram os cafezais em estágio crítico de granação dos frutos, nas principais áreas produtoras do País (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015). Além da produtividade, tais condições climáticas desfavoráveis afetaram consideravelmente a formação das lavouras cafeeiras dessas regiões. De acordo com Fernandes (2015), atualmente a área irrigada com café no Brasil quase atinge 300 mil hectares, o que representa apenas 10% da área total cultivada; no entanto, essa porcentagem contribui com 30% do café nacional.

Dentre os vários fatores estressantes que

^{1,2}Rua Isaias Gomes de Oliveira, nº238, apto 201 - Bairro Jardim Fabiana - 37.200-000 Lavras-MG - scpizetta@hotmail.com, scpizetta@hotmail.com

³Rua José Vieira Tatagiba, nº 124, apto 126 - Bairro Guararema - Alegre-ES - wiliandrodrigues@msn.com

⁴Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo/CCA-UFES - Departamento de Engenharia Rural/DER - Cx. P. 16 - 29.500-000 - Alegre-ES - edreis@cca.ufes.br

⁵Rua Ruth Alice, nº 282, apto 1 - Centro - 29.500-000 - Alegre-ES - tafarelcolodetti@hotmail.com

limitam a produção agrícola, o déficit hídrico se apresenta em destaque, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, provocando a alteração de seu metabolismo, é um fenômeno que ocorre em grande extensão das áreas cultiváveis (NOGUEIRA; MORAES; BURITY, 2001). Bierhals e Ferroni (2008) destacam que a seca tem sido o problema que mais afeta a cafeicultura brasileira, colocando em risco o rendimento de safras futuras.

Segundo Carvalho et al. (2011), na fase inicial da lavoura cafeeira, a disponibilidade de água no solo deve ser adequada, a fim de propiciar o pegamento e o desenvolvimento das mudas. Batista et al. (2010) apontam que o estresse hídrico é um fator limitante para o cafeeiro, especialmente devido à expansão da cafeicultura brasileira para áreas consideradas marginais para o cultivo dessa cultura, por estarem situadas em localidades sujeitas à deficiência hídrica.

Várias pesquisas vêm sendo realizadas para estudar o comportamento do cafeeiro submetido ao déficit hídrico (CAVATTE et al., 2012; DIAS et al., 2007; FIALHO et al., 2010; MIRANDA et al., 2011; REZENDE; FARIA; MIRANDA, 2009) com o objetivo de analisar as respostas das plantas em condições de baixa disponibilidade de água. No entanto, estudos para avaliar o efeito da redução da água disponível para a transpiração (conceito de Fração de Água Transpirável no Solo) ainda não foram publicados, abordando a cultura do cafeeiro arábica. Várias espécies têm sido utilizadas para o estudo da FATS, tais como: Arroz (HEINEMANN; STONE; FAGERIA, 2011), batata (LAGO et al., 2012), cafeeiro conilon (PIZETTA et al., 2012), eucalipto (MARTINS et al., 2008), mandioca (LAGO et al., 2011) e videira (RAMOS; MARTÍNEZ-CASANOVAS, 2014).

No conceito da fração de água transpirável do solo, admite-se que o conteúdo de água no solo, utilizado pela planta para a transpiração, varia entre o conteúdo de água no solo na capacidade de campo, (quando a transpiração é máxima), e o conteúdo de água no solo, quando a transpiração da planta é igual a 10% da transpiração máxima (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

Inserido nesse contexto, buscou-se com o presente trabalho, estudar a influência da fração de água transpirável do solo (FATS), no crescimento inicial e na transpiração do cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L. cultivar cutucaí 785-15), e avaliar a recuperação dessas variáveis, em plantas submetidas ao estresse hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, situada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20°76'26,35" Sul, longitude 41°53'66,33" Oeste e altitude de 270 m. O clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura anual média é de 23°C e a precipitação anual em torno de 1.200 mm. O experimento teve início em 16 de outubro de 2012 e término em 11 de fevereiro de 2013.

Foram utilizadas mudas de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.), da cultivar Catucaí Vermelho 785-15. O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo o mesmo destorroado, peneirado em malha de 4 mm e homogeneizado. A adubação química foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Novais, Neves e Barros (1991), para cultivo em vaso.

A análise físico-hídrica do solo foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1997) (Tabela 1).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo constituído de dois tratamentos (com déficit hídrico - T_d e sem déficit hídrico - T_0) e quatro repetições. No tratamento com déficit hídrico, o mesmo foi aplicado em duas épocas: 30 e 90 dias após o plantio. As plantas que receberam o tratamento T_0 foram irrigadas diariamente (ao final de cada tarde), a água foi aspergida na superfície do solo com o auxílio de um Becker. Devido à alta frequência de irrigação, a umidade do solo permaneceu próxima à capacidade de campo. No tratamento T_d , o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento T_0 .

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade para 12 L, que foi saturado com água e submetido à livre drenagem por 48 horas, de modo a atingir a capacidade de campo, com mensuração da massa do vaso em tal condição (Mcci).

Cada vaso foi revestido lateralmente com papel branco, com a finalidade de reduzir a absorção de radiação solar e aquecimento do solo. Sobre o solo foi depositado um filme plástico transparente com a mesma área do vaso, para minimizar a perda de água pela evaporação direta, uma vez que, no conceito de FATS, não é admitida nenhuma perda de água, exceto aquela transpirada pela planta (MARTINS et al., 2008).

TABELA 1 - Atributos físico-hídricos do solo utilizado como substrato.

Análise Granulométrica			Ds ⁽¹⁾	Dp ⁽²⁾	P _T ⁽³⁾	CC ⁽⁴⁾	PMP ⁽⁵⁾
Areia	Silte	Argila					
----- % -----			----- kg dm ⁻³ -----		m ⁻³ m ⁻³	-----%-----	
50,15	6,45	43,4	1,03	2,63	0,608	28,6	13,2

⁽¹⁾Ds = densidade do solo; ⁽²⁾Dp = densidade de partícula; ⁽³⁾P_T = porosidade total; ⁽⁴⁾CC = percentual de umidade no solo na capacidade de campo (tensão de 0,01 MPa); ⁽⁵⁾PMP = percentual de umidade no solo no ponto de murcha permanente (tensão de 1,5 MPa).

Após as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento T₀ (calculado pela Equação 1), quatro plantas foram mantidas de cada tratamento, sendo irrigadas por mais 30 dias, no intuito de avaliar a recuperação, após passarem por período de déficit hídrico.

Foi adotado o limite de 10% da transpiração relativa por assumir-se que, abaixo desta taxa de transpiração, os estômatos estão fechados e a perda de água é proveniente apenas da condutância epidérmica. A transpiração relativa (TR) foi calculada pela Equação 1 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$TR = \frac{TDT_d}{TDT_0}$$

Em que:

TR = Transpiração relativa;

TDT_d = Média da Transpiração diária dos tratamentos em déficit (em L)*, e;

TDT₀ = Média da Transpiração diária do tratamento T₀ (em L)*.

*Realizado por meio de pesagem dos referidos tratamentos no final de cada tarde, efetuando-se a diferença da massa do vaso no referido dia, em relação ao dia anterior utilizando balança eletrônica. Logo, foi considerada a transpiração diária, a diferença de massa da unidade experimental entre dias sucessivos.

Para avaliar as respostas ecofisiológicas do cafeeiro ao déficit hídrico, foi utilizado o conceito da fração de água transpirável no solo, utilizado por alguns autores, tais como Bindi et al. (2005) e Sinclair, Holbrook e Zwieniecki (2005). A fração de água transpirável no solo foi calculada pela equação 2 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$FATS = \frac{M_{diária} - M_f}{M_{cci} - M_f}$$

Em que:

M_{diária} = Massa da parcela experimental em cada dia, em kg;

M_{cci} = Massa inicial de cada parcela experimental na capacidade de campo, em kg; e

M_f = Massa final, em kg.

A massa final foi obtida, quando a parcela atingiu 10% da transpiração relativa do T₀. Ao final da tarde de cada dia, cada vaso teve sua massa determinada em uma balança eletrônica. Após a determinação da massa de cada parcela experimental, aquelas do tratamento T₀ foram irrigadas, visando repor o conteúdo de água do solo na capacidade de campo. A quantidade de água foi determinada pela diferença entre a massa do vaso no dia específico e a massa inicial (capacidade de campo). Durante a vigência da deficiência hídrica no solo, as plantas do T_d não foram irrigadas.

Para avaliar a influência da deficiência hídrica no solo sobre o crescimento inicial do cafeeiro arábica, foram avaliadas as seguintes variáveis: transpiração relativa (TR), área foliar (AF- determinada pelo método de Barros (BARROS, 1973)) e altura das plantas, sendo essas variáveis avaliadas a cada quatro dias. As mesmas foram normalizadas, para ficarem entre os intervalos de valores de 0 a 1, pela Equação 3 (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005):

$$Vn = \frac{\text{valor TR 10\%} - \text{valor (n)}}{\text{valor TR 10\%} - v_{inicial}}$$

Em que:

Vn = Variável normalizada (AF e ALT);

Valor = TR 10 %– Valor da variável quando a TR foi 10 % (final do experimento);

valor (n) = Valor da variável no dia específico; e

v_{inicial} = Valor da variável no primeiro dia do experimento.

Os dados das variáveis Vn e TR (variável dependente – y) foram ajustados a uma equação logística da variável FATS (variável independente – x) do tipo (Equação 4):

$$y = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{x - x_0}{b}\right)}$$

Em que:

a , x_0 e b São coeficientes estimados com o procedimento de software estatístico.

Os valores críticos de fração de água transpirável no solo, para as variáveis avaliadas foram estimados pela equação logística, como sendo o valor da fração de água transpirável no solo, quando essas variáveis foram de 0,95. Usou-se o valor de 0,95, ou seja, 95% de acurácia (LAGO et al., 2012).

As curvas ajustadas, através de software estatístico SigmaPlot, foram utilizadas para determinar o valor de fração de água transpirável no solo, em que se iniciou a redução da transpiração relativa e, conseqüentemente, da condutância estomática, bem como a fração de água transpirável no solo em que o crescimento começou a ser afetado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre as variáveis transpiração relativa e fração de água transpirável no solo, nas duas épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 1.

O valor da fração de água transpirável do solo, em que se inicia a redução da transpiração

relativa ocorre quando a curva estimada pela equação logística afasta-se de 1 e inicia o decréscimo linear (ponto crítico) (SINCLAIR; LUDLOW, 1986). Dessa forma, observa-se que o valor crítico de fração de água transpirável do solo em que o cafeeiro arábica inicia a redução da TR foi de, aproximadamente, 0,52 e 0,44 com início do déficit hídrico aos 30 e 90 dias após o plantio das mudas, respectivamente.

Segundo Ray e Sinclair (1997), o fechamento estomático precoce (em um alto valor de fração de água transpirável no solo) durante um déficit de curta duração, acarretará em perda de produtividade. No entanto, em sistema de cultivo em monocultura, a espécie que reduz o grau de abertura dos estômatos em maior fração de água transpirável no solo irá poupar água e aumentar suas chances de sobrevivência, durante secas prolongadas. No entanto, como já citado, pode haver perdas de produtividade e redução no crescimento das plantas, já que a abertura estomática atua diretamente na atividade fotossintética e ciclo fotorrespiratório (durante o dia) (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Os diferentes valores de fração de água transpirável no solo, determinados nas duas épocas de déficit hídrico indicam que o cafeeiro arábica apresentou-se menos sensível ao déficit hídrico iniciado aos 90 dias após plantio, uma vez que apresentaram menores valores de fração de água transpirável no solo, no início da redução da transpiração relativa. Nota-se que, aos 30 dias após plantio, as plantas apresentaram redução na transpiração em maior valor de fração de água transpirável no solo.

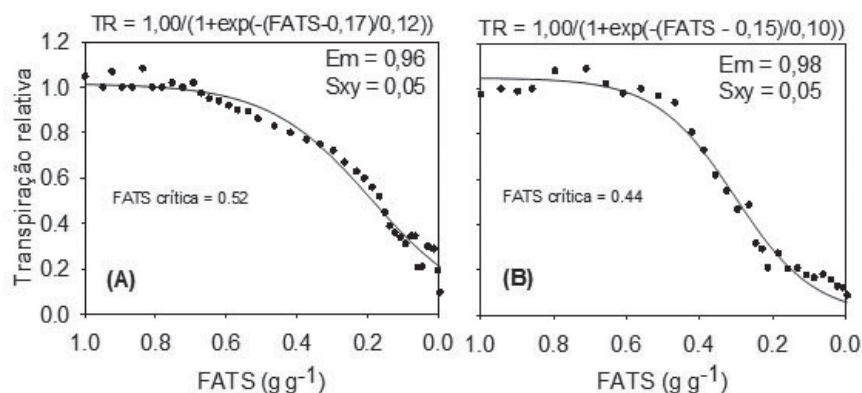


FIGURA 1 - Transpiração relativa (TR) do cafeeiro arábica, cultivar Catucaí Vermelho 785-15, em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em duas épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio e “B”- 90 dias após plantio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Sxy: Erro-padrão da estimativa.

Tal fato indica que o cafeeiro é sensível, quando exposto ao déficit hídrico de curta duração, uma vez que o fechamento estomático ocorre assim que a umidade do solo começa a ser reduzida.

Os valores de fração de água transpirável no solo, no qual se iniciou a redução da transpiração relativa do cafeeiro arábica foram relativamente superiores aos encontrados em algumas espécies perenes, como a videira (FATS = 0,35) (BINDI et al., 2005), tuia (FATS = 0,35), algarrobeira (FATS = 0,30), hibisco (FATS = 0,30) e azevinho europeu (FATS = 0,30) (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005).

A relação entre as variáveis área foliar e fração de água transpirável no solo, nas duas épocas de déficit hídrico, encontra-se na Figura 2, em que é observado o decréscimo da área foliar, à medida que a fração de água transpirável no solo diminui até zero.

Na Figura 2, nota-se que, na primeira época de déficit hídrico (30 dias após o plantio), a área foliar começa a apresentar decréscimo a um valor maior de fração de água transpirável no solo (0,97). Logo, essa variável começa a ser afetada imediatamente após o início da deficiência hídrica. Muchow e Sinclair (1991) mencionam que esse comportamento conserva água no solo e é um critério adaptativo para suportar uma deficiência hídrica prolongada.

Tal resultado indica que deve ter ocorrido diminuição na turgescência das células antes do fechamento estomático, suficiente para afetar o metabolismo e causar redução no crescimento e desenvolvimento das mudas, conforme observado por Martins et al. (2008).

Na segunda época de déficit hídrico (90 dias após plantio), o cafeeiro arábica apresentou

redução da área foliar no valor da fração de água transpirável no solo de 0,47, bem inferior à primeira época de deficiência hídrica. Esse resultado demonstra que possivelmente, quanto maior o grau de desenvolvimento da planta, menor é o grau de sensibilidade da mesma ao estresse hídrico.

A redução da área foliar é a primeira linha de defesa da planta ao déficit hídrico. Assim, logo no início do déficit hídrico, a perda de turgor nas células do mesófilo reduz o potencial de pressão interna destas células, resultando em menor expansão da parede celular (TAIZ; ZEIGER, 2013), reduzindo, portanto, a expansão foliar.

Lago et al. (2012) ao avaliarem o crescimento foliar de quatro clones de batata, observaram que a área foliar das plantas começaram a reduzir em valor de fração de água transpirável do solo de 0,40; esse valor apresenta-se bem similar ao observado na segunda época de déficit hídrico (90 dias após plantio) do cafeeiro arábica.

As relações entre a variável altura de planta e fração de água transpirável no solo nas duas épocas de déficit hídrico encontram-se na Figura 3, em que se observa o decréscimo da altura à medida que a fração de água transpirável no solo diminui até zero.

Na primeira época de déficit hídrico, a altura do cafeeiro começou a ser reduzida com valor de fração de água transpirável no solo de 0,46. Já na segunda época de déficit hídrico, essa variável começou a ter redução no valor de 0,29. Nota-se que esse comportamento foi semelhante ao ocorrido com a área foliar, ou seja, as plantas em menor grau de desenvolvimento (30 dias após o plantio) quando submetidas ao déficit hídrico, tendem a apresentar decréscimo do crescimento mais precocemente que as plantas mais desenvolvidas (90 dias após o plantio).

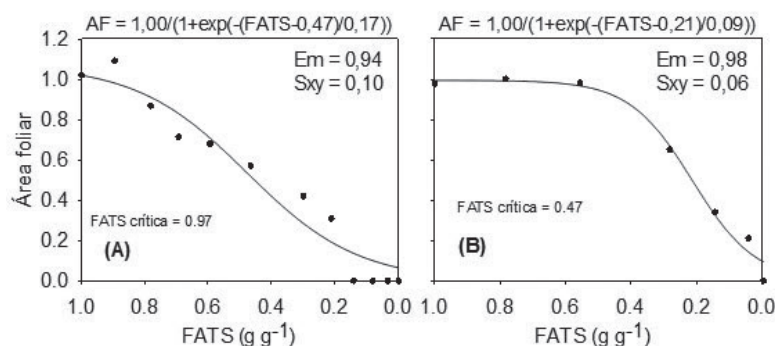


FIGURA 2 - Área foliar (AF) do cafeeiro arábica, cultivar Catucaí Vermelho 785-15, em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em duas épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio e “B”- 90 dias após plantio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Sxy: Erro-padrão da estimativa.

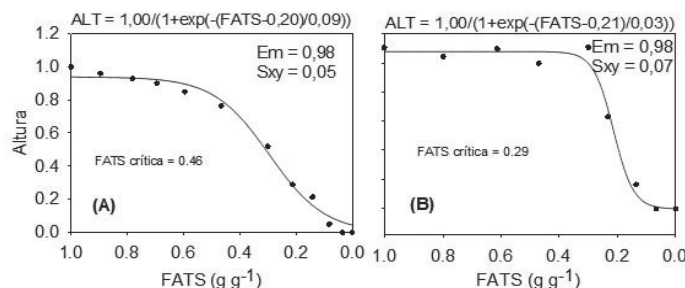


FIGURA 3 - Altura (ALT) do cafeeiro arábica, cultivar Catucaí Vermelho 785-15, em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em duas épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio e “B”- 90 dias após plantio), em casa de vegetação. Em: Eficiência do modelo, Sxy: Erro-padrão da estimativa.

Todas as equações logísticas, nas duas épocas de déficit hídrico, apresentaram boa precisão, com valores elevados de eficiência do modelo (Em) e baixos valores de erro padrão da estimativa (Sxy), corroborando com trabalho de Lago et al. (2011, 2012) e Martins et al. (2008).

Na Figura 4, são apresentados os valores da evolução da transpiração relativa do cafeeiro arábica durante e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) nas duas épocas de déficit.

Pode-se observar na Figura 4 que, no início do déficit hídrico, a transpiração relativa das plantas de ambos os tratamentos eram semelhantes, no entanto, essa diferença foi crescendo até o fim do estresse hídrico (EH).

Apesar de haver incremento na transpiração relativa do cafeeiro arábica durante a recuperação, a transpiração das plantas submetidas ao déficit não se igualou àquelas não submetidas ao déficit hídrico.

O início do déficit hídrico que ocasionou a redução da transpiração relativa do cafeeiro foi de 12 e 8 dias para as épocas de avaliação 30 e 90 dias, respectivamente. Esses valores demonstram que a transpiração relativa começou a ser reduzida antes que as demais variáveis avaliadas apresentassem início de redução.

Para o déficit hídrico aplicado aos 30 dias (Figura 4A), as plantas submetidas a tais condições obtiveram, ao final do período de recuperação, transpiração relativa de 65,5% em relação àquelas sem restrição hídrica. No entanto, observa-se que, quando o déficit hídrico foi aplicado aos 90 dias após plantio (Figura 4B), a transpiração relativa entre os tratamentos é reduzida, obtendo-se transpiração relativa de 74,5% nas plantas do

tratamento com déficit, assim, pode-se inferir que o cafeeiro submetido ao estresse hídrico aos 90 dias, após o plantio, apresentou uma melhor recuperação da transpiração, em relação às plantas sujeitas ao déficit, aos 30 dias de plantio.

Oliveira, Oliveira e Castro (2009), ao estudarem o efeito da irrigação na transpiração do cafeeiro, observaram que as plantas não irrigadas apresentam média de transpiração 21,5% em relação às plantas submetidas à irrigação para a cultivar Catucaí, com 36 meses de idade.

Na Figura 5, são apresentados os valores da evolução da área foliar do cafeeiro arábica, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas duas épocas de déficit.

Ao analisar a Figura 5, observa-se que, à medida que o déficit hídrico foi aplicado (até atingir 10% da transpiração referente ao T0), ocorreu redução da área foliar do cafeeiro arábica. Contudo, com déficit aplicado aos 30 dias (Figura 5A), a área foliar do cafeeiro arábica teve redução iniciada aos 32 dias. No déficit aplicado aos 90 dias (Figura 5B), a redução da área foliar teve início aos 12 dias. Essa redução iniciada mais precocemente na época de 90 dias pode ser justificada pelo fato destas plantas possuírem maior área foliar, conseqüentemente maior transpiração, logo, maior absorção de água armazenada no solo.

A diferença na área foliar entre os tratamentos foi de 37,70% para as plantas que foram submetidas ao déficit hídrico, com início aos 30 dias e término da recuperação aos 105 dias após o plantio (A) e 24,80% para o que foi exposto ao déficit hídrico com início aos 90 dias e término da recuperação aos 154 dias após plantio (B).

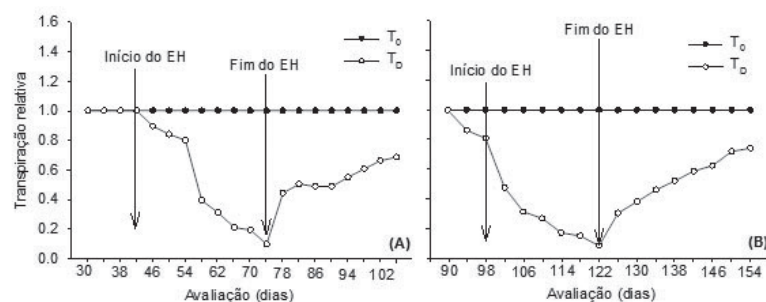


FIGURA 4 - Evolução da transpiração relativa do cafeeiro arábica, cultivar Catucaí Vermelho 785-15, antes, durante e após as duas épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio e “B”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro.

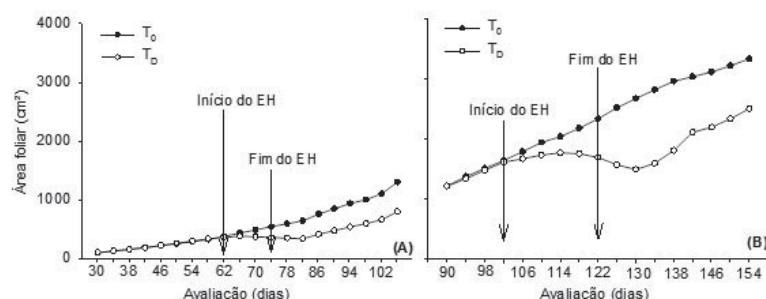


FIGURA 5 - Evolução da área foliar do cafeeiro arábica, cultivar Catucaí Vermelho 785-15, antes, durante e após as duas épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio e “B”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro.

Nota-se que, quando o déficit hídrico foi aplicado aos 90 dias, o efeito desse estresse foi minimizado, favorecendo a recuperação destas, em relação às plantas submetidas ao estresse aos 30 dias após o plantio.

A redução da área foliar é comum em plantas sob déficit hídrico, como relatado por Fialho et al. (2010), ao observarem que o cafeeiro arábica, que teve suspensão da irrigação por 30 dias, com déficit hídrico aplicado aos 30, 60 e 90 dias após o plantio, apresentou em média, redução de 61,56% da área foliar, em relação ao tratamento que foi irrigado regularmente. Os mesmos autores relataram que o déficit aplicado nas três diferentes épocas não diferiram entre si.

Na Figura 6, são apresentados os valores da evolução da altura do cafeeiro arábica, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início da redução da altura e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas duas épocas de déficit.

Na análise de altura, os tratamentos submetidos ao déficit hídrico apresentaram as menores médias independentemente da época em que foram expostos ao estresse. Todavia, para a época de 30 dias (Figura 6A), pode-se observar que ocorreram diferenças expressivas entre os dois tratamentos, em que o T_0 apresentou média de 22,40% superior ao T_D . Para a época de 90 dias (Figura 6B), no entanto, essa redução foi consideravelmente menor, com uma diferença de apenas 3,00%.

A redução da altura do cafeeiro foi observada aos 28 e 12 dias, após a indução do déficit hídrico aos 30 e 90 dias, respectivamente.

Nota-se que a diferença entre os tratamentos diminuíram à medida que o déficit hídrico foi aplicado nas plantas mais desenvolvidas, ou seja, na época de 90 dias após plantio (Figura 6B). Provavelmente, com maior grau de desenvolvimento, as plantas criaram uma estratégia de defesa que as possibilitou passar por um período de estresse e se recuperarem com ausência de danos severos.

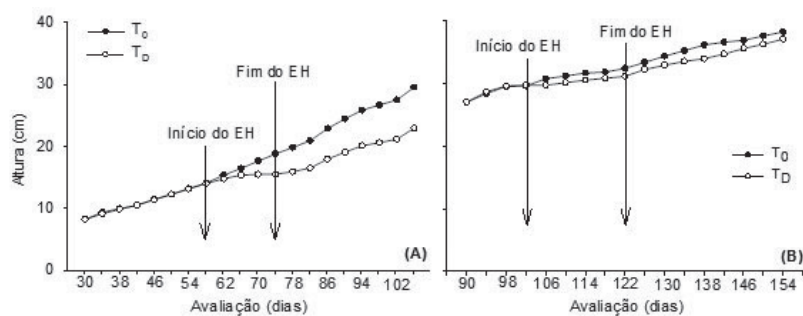


FIGURA 6 - Evolução da altura do cafeeiro arábica, cultivar Catucaí Vermelho 785-15, antes, durante e após as duas épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio e “B”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH) pelo cafeeiro.

A redução da altura do cafeeiro submetido ao déficit hídrico pode estar associado ao acúmulo de ácido abscísico (ABA), nas folhas da planta. O acúmulo desse hormônio em plantas sob estresse hídrico é uma resposta a esse fenômeno que, dentre outras funções, atua na redução do crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Custódio et al. (2013), ao trabalharem com a cultivar Mundo Novo constaram que o tratamento isento de irrigação obteve a menor média de altura, em relação aos tratamentos irrigados. Carvalho et al. (2011), observaram que o aumento do turno de rega (estresse hídrico mais pronunciado) repercutiu em redução da altura em mudas de cafeeiro da variedade Topázio.

Independente da época de déficit hídrico, nenhuma das características avaliadas (transpiração, área foliar e altura) no tratamento com déficit apresentou recuperação ao ponto de equivalência aos valores apresentados pelo tratamento sem déficit hídrico.

4 CONCLUSÕES

O valor crítico de fração de água transpirável no solo, para o crescimento e transpiração do cafeeiro arábica é maior em plantas com déficit hídrico iniciado aos 30 dias após plantio. As plantas submetidas ao déficit hídrico, com início aos 90 dias após plantio são menos sensíveis à redução da fração de água transpirável do solo, de forma que apresentam melhor recuperação, quando comparadas às que foram submetidas ao déficit iniciado aos 30 dias após plantio.

5 REFERÊNCIAS

BARROS, R. S. et al. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. “Bourbon Amarelo”). *Revista Ceres*, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.

BATISTA, L. A. et al. Leaf anatomy and water potential in the coffee cultivars tolerance to water stress. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.

BIERHALS, J. D.; FERRONI, P. H. C. Café: safra 2008/2009 encolhe e preços sobem. In: **ANUÁRIO da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria, 2008. p. 213-215.

BINDI, M. et al. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 56, n. 3, p. 68-72, 2005.

CARVALHO, J. de A. et al. Utilização de polímero hidroretentor no plantio de mudas de cafeeiro. *Engenharia na agricultura*, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 164-171, mar./abr. 2011.

CAVATTE, P. C. et al. Functional analysis of the relative growth rate, chemical composition, construction and maintenance costs, and the payback time of *Coffea arabica* L. leaves in response to light and water availability. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 63, n. 8, p. 3071-3082, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_22_09_53_55_boletim_dezembro_2014.pdf>. Acesso em: 8 fev. 2015.

CUSTÓDIO, A. A. de P. et al. Características vegetativas e produtivas de cafeeiros em diferentes supressões de irrigação e faces de exposição. *Coffee Science*, Lavras, v. 8, n. 4, p. 411-422, 2013.

- DAVIS, A. P. et al. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 167, n. 3, p. 357-377, 2011.
- DIAS, P. C. et al. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability. **Journal of Plant Physiology**, Bethesda, v. 164, n. 12, p. 1639-1647, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- FERNANDES, A. L. T. **Fenicafé - Feira Nacional de Irrigação em Cafeicultura**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2520700/minas-gerais-promove-maior-evento-de-cafeicultura-irrigada-do-pais>>. Acesso em: 29 jun. 2015.
- FIALHO, G. S. et al. Comportamento de plantas de café arábica submetidas a déficit hídrico durante o desenvolvimento inicial. **Idesia**, Arica, v. 28, n. 3, p. 35-39, 2010.
- HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K. Transpiration rate response to water deficit during vegetative and reproductive phases of upland rice cultivars. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 24-30, 2011.
- LAGO, I. et al. Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta à fração de água transpirável no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 36, p. 745-754, 2012.
- _____. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, p. 1415-1423, nov. 2011.
- MARTINS, F. B. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 32, p. 1297-1306, 2008.
- MIRANDA, W. L. et al. Desenvolvimento vegetativo de plantas de café arábica enxertadas sobre café robusta e submetidas à reposição hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1618-1624, dez. 2011.
- MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and “greenhouse” climates. **Agronomic Journal**, Madison, v. 83, p. 1052-1059, 1991.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Ed.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-253.
- OLIVEIRA, L. F. C de; OLIVEIRA, R. Z.; CASTRO, T. de A. P. Comportamento fisiológico de cafeeiros submetidos a diferentes disponibilidades de água no solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 3, p. 83-91, 2009.
- PIZETTA, S. C. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1090-1101, 2012.
- RAMOS, M. C.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. Soil water variability and its influence on transpirable soil waterfraction with two grape varieties under different rainfall regime. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 185, p. 253-262, 2014.
- RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal conductance of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 803-807, 1997.
- REZENDE, F. C.; FARIA, M. A.; MIRANDA, W. L. Efeitos do potencial de água da folha na indução da floração e produção do cafeeiro (*Coffea arabica*, L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 126-135, 2009.
- SINCLAIR, T. R.; HOLBROOK, N. M.; ZWIENIECKI, M. A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree Physiology**, Berlin, v. 25, p. 1469-1472, 2005.
- SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, Collingwood, v. 13, p. 319-340, 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.