

POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR E DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIRO CONILON SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO NA REGIÃO E CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

DIEGO ALBANI FURLAN¹; ELIAS FERNANDES DE SOUSA²; JOSÉ CARLOS MENDONÇA³; CLAUDIO LUIZ MELO DE SOUZA⁴; ROMILDO DOMINGOS GOTTARDO⁵ E RODOLPHO ARTUR DE SOUSA LIMA⁶

¹Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Laqmedo, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, diegofurlan_yni@hotmail.com

²Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Laqmedo, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, efs@uenf.br

³Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Laqmedo, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, mendonca@uenf.br

⁴Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Laqmedo, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, clauddiomelo.edu@gmail.com

⁵Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Laqmedo, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, rdgottardo@yahoo.com

⁶Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Av. Alberto Laqmedo, 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, rodolphoartur@hotmail.com

1 RESUMO

Na atividade cafeeira, o Brasil se destaca como maior produtor mundial, porém verifica-se que a sua produtividade é afetada de forma negativa pela seca, o que torna a produção dependente de complementação hídrica. Este trabalho tem como objetivo determinar estresse hídrico e o desenvolvimento do café Conilon em diferentes lâminas de irrigação. O delineamento experimental foi constituído de blocos casualizados, com três repetições, distribuídos em cinco tratamentos, sendo estes as lâminas de água de 0, 25, 50, 100 e 125% da ET_0 . Cada parcela foi constituída de seis plantas, sendo as duas primeiras plantas de cada bloco consideradas bordadura. O potencial hídrico foliar foi determinado pela medição da pressão de turgescência da folha, utilizando a bomba de Scholander, em uma planta por bloco e por tratamento. A altura da planta, secção transversal do caule e diâmetro da copa foram avaliados em três plantas por bloco, utilizando régua e paquímetro graduados. Os valores para o potencial hídrico foliar realizado na antemanhã variaram entre $-0,15$ a $-1,18$ MPa e, ao meio dia, de $-1,17$ a $-2,3$ MPa. As lâminas de irrigação equivalentes a 100 e 125% da ET_0 apresentaram maiores valores ao longo do desenvolvimento da cultura até o momento da avaliação.

Palavras-Chave: cafeeiro, bomba de Scholander, status hídrico, parâmetros biométricos.

FURLAN, D. A.; SOUSA, E.F.; MENDONÇA, J. C.; SOUZA, C. L. M.; GOTTARDO, R. D. E LIMA, R. A. S.

POTENTIAL LEAF WATER AND VEGETATIVE DEVELOPMENT OF COFFEE CONILON UNDER DIFFERENT IRRIGATION DEPTHS IN THE REGION OF CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

2 ABSTRACT

In the coffee production, Brazil stands out as the world's largest producer, but its productivity is negatively affected by drought, which makes production dependent on water supplementation. This work aims to determine water stress and the development of Conilon coffee in different irrigation depths. The experimental design consisted of randomized blocks with three replicates, distributed in five treatments, the irrigation depths of 0, 25, 50, 100 and 125% of ET₀ -. Each plot was constituted of six plants, being the first two plants of each block considered border. The leaf water potential was determined by measuring leaf turgor pressure using the Scholander pump in a plant per block and by treatment. The plant height, stem cross-section and crown diameter were evaluated in three plants per block using a graduated ruler and pachymeter. The values for leaf water potential performed in the morning ranged from -0.15 to -1.18 MPa and, for noon, from -1.17 to -2.3 MPa. The irrigation depths equivalent to 100 and 125% of the ET₀ presented higher values throughout the development of the culture until the moment of the evaluation.

Keywords: coffee, Scholander pump, water status, biometric parameters.

3 INTRODUÇÃO

A produção nacional de café no ano de 2016 foi de 51,37 milhões de sacas de 60 kg, resultado 18,8 % maior que a registrada no ano de 2015, no qual foi registrada uma produção de 43,24 milhões de sacas de 60 kg. Do total de café produzido no país (Arábica e Conilon), o café Conilon foi responsável por 15,6% da produção em 2016, o que equivale a 7,98 milhões de sacas. Apesar do aumento considerável na safra de café em 2016, especificamente na produção do café Conilon, houve uma redução de 28,6% em relação ao ciclo anterior. Essa queda na produção é caracterizada pela redução de 4% da área total cultivada com o Conilon e, principalmente pela seca e má distribuição de chuvas que ocorreram nos últimos dois anos consecutivos nos estádios de florescimento, formação e enchimento dos grãos no estado do Espírito Santo, maior produtor brasileiro de café Conilon (CAFÉ, 2016).

Diante desse cenário fica evidente a influência dos fatores ambientais na produção cafeeira. Segundo DaMatta et al.

(2010), o déficit hídrico é o principal fator ambiental que afeta a produção agrícola no Brasil. Curtos períodos de déficit hídrico podem ser suficientes para reduzir a produção cafeeira (SILVA et al., 2013), o que sugere a necessidade do uso de técnicas capazes de amenizar esses problemas na produção.

O potencial hídrico da planta tem sido utilizado como um forte indicativo do status hídrico na cafeicultura. O potencial de água da folha indica o seu estado energético, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera, de modo que uma acentuada redução no potencial hídrico da folha pode afetar a assimilação do carbono da planta (BERGONCI et al., 2000).

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo determinar estresse hídrico e o desenvolvimento do café Conilon em diferentes lâminas de irrigação, contribuindo, assim, para a identificação do estresse hídrico e auxiliando no manejo da irrigação, reduzindo gastos e racionalizando o uso da água, que é um bem cada vez mais precioso.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Condições experimentais e material vegetal

O experimento foi instalado em uma área pertencente à estação evapotranspirométrica da Universidade Estadual do Norte Fluminense “Darcy Ribeiro” (UENF), localizada nas dependências do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (CEPEAA), da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), em Campos dos Goytacazes, RJ, com localização geográfica consta 21°44'45,7” de latitude sul,

41°18'24.1” longitude oeste e 11 m de altitude.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região Norte Fluminense (RJ) é classificado como Aw, isto é, clima tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura do mês mais frio superior a 18 °C. A temperatura média anual situa-se em torno de 24 °C, sendo a amplitude térmica muito pequena. A precipitação pluviométrica média anual está em torno de 1.023 mm (MENDONÇA et. al., 2007). O solo da área experimental apresenta topografia plana e foi classificado como Neossolo Flúvico Tb distrófico, segundo o sistema brasileiro de classificação de solo (SiBCS) da Embrapa (1999). As características físicas do solo estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas do solo na área do experimento.

Profundidade (m)	Granulometria (g·Kg ⁻¹)			Teor de água (%)		Densidade do solo (g·cm ⁻³)
	Areia	Argila	Silte	¹ CC	² PMP	
0,0 – 0,10	764	161	75	21	14	1,60
0,1 – 0,2	731	223	46	22	15	1,77
0,2 – 0,3	672	276	52	25	19	1,79
0,3 – 0,4	579	579	64	28	22	1,65

¹Capacidade de Campo; ²Ponto de Murcha Permanente. Fonte: Adaptado de Gottardo (2016).

Foram avaliadas diferentes lâminas de irrigação no café Conilon (*Coffea canephora*). O genótipo utilizado para a avaliação foi um dos clones da variedade Vitória: o clone 02 de ciclo precoce. As mudas foram produzidas em viveiro especializado em produção de mudas da espécie (*Coffea canephora*). As mudas foram adquiridas com aproximadamente 15 cm de altura e passaram por um período de 30 dias de aclimatação. O transplântio foi realizado em maio de 2014 em sulcos de 30 cm de profundidade com espaçamento de 2,5 m x 1,5 m. No período de avaliação as plantas estavam com dois anos após transplântio.

A água foi aplicada com gotejadores da marca “NETAFIM®” com vazões de 2,5; 4,0 e 8,0 L·h⁻¹. Foram utilizados emissores de diferentes vazões para facilitar o manejo durante a irrigação, assim, todo o experimento foi irrigado de uma só vez. O controle das lâminas de irrigação foi feito através da vazão do emissor. Para reposição da lâmina com 25% da ET₀ foi utilizado um emissor com vazão de 2,5 L·h⁻¹; já para lâmina com 50% da ET₀ foram utilizados dois emissores com vazão 2,5 L·h⁻¹; para lâmina com 100% da ET₀ utilizou-se dois emissores com vazão de 4,0 Lh⁻¹; e para uma lâmina de 125% da ET₀ foram utilizados dois emissores com vazão de 2,5 e 8,0 L·h⁻¹. As lâminas de irrigação foram

determinadas em função da evapotranspiração de referência (ET_0). Com os dados meteorológicos coletados de uma estação localizada próximo à área do

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (1)$$

Em que: ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}); Δ é a declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n é a radiação líquida total diária ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$); γ constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); T é a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$); U_2 é a velocidade média do vento medido a 2 metros de altura (m s^{-1}); e_s é a pressão de saturação de vapor de água (kPa) e e_a é a pressão atual de vapor de água.

O delineamento experimental foi constituído de blocos casualizados, com três repetições, distribuídos em cinco tratamentos, sendo estes as lâminas de água equivalentes a 0, 25, 50, 100 e 125% da ET_0 . Cada parcela foi constituída de seis plantas, sendo as duas primeiras plantas de cada parcela consideradas bordadura. A última parcela de cada tratamento foi constituída de duas plantas como bordadura, uma no início e outra no final.

Para análise dos dados, foi utilizado o software SAEG Sistema para Análise Estatística, versão 9.1, sendo as médias dos dados obtidos comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4.2. Variáveis avaliadas

Neste experimento, foram realizadas avaliações de status hídrico da planta utilizando bomba de Scholander durante toda a estação do inverno. Também foram realizadas avaliações dos parâmetros de desenvolvimento da cultura, sendo estes: altura da planta, diâmetro do caule e

plantio, a evapotranspiração de referência foi calculada a partir do método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), conforme Equação 1.

diâmetro da copa. O período experimental teve como início o dia 01 de julho de 2016 e teve a duração de 140 dias após o início do período (DAP). O potencial hídrico foliar foi avaliado em cinco diferentes ocasiões: aos 16, 44, 90, 86 e 107 DAP. a avaliação foi realizada um dia após a irrigação. Aos 90 e 107 DAP as avaliações foram realizadas três dias após o café ter sido irrigado. Aos 44 e 86 DAP, as avaliações foram realizadas seis dias após o café ter sido irrigado. Os parâmetros de desenvolvimento foram avaliados uma vez por mês durante cinco meses, sendo medidos aos 28, 56, 84, 112 e 140 DAP.

O potencial hídrico foliar (Ψ_{wf}) foi obtido utilizando uma câmara de pressão de Scholander portátil modelo SEC – 3115, P40G4V, da marca Soilmoisture. As medições foram realizadas antes do nascer do sol e ao meio-dia. Esta avaliação foi realizada em uma planta vigorosa por parcela em cada tratamento, sendo feita a leitura de uma folha por planta. As folhas utilizadas para a medição estavam totalmente expandidas, maduras e localizadas no terço médio das plantas. O potencial de cada folha foi avaliado imediatamente após a folha ser destacada da planta.

Para a medição dos parâmetros de desenvolvimento da cultura, foram utilizadas três plantas por parcela nos tratamentos aplicados, constituindo um total de 45 plantas avaliadas. A medição da altura da planta foi realizada utilizando uma régua graduada, partindo da base do caule até o ápice da copa, tendo como referência o último nó formado. A secção transversal

do caule foi aferida entre o 1º e o 2º entrenó do caule, utilizando paquímetro graduado. E para o diâmetro da copa, com o uso de uma régua graduada, foram realizadas medições nos sentidos: Norte-Sul e Leste-Oeste, sendo calculada a média dessas duas medições (em cm).

4.3. Dados Meteorológicos

Durante o período experimental, a temperatura média diária se manteve nas condições favoráveis ao bom desenvolvimento da cultura, oscilando em torno da faixa ideal de 22 a 26°C. Os dados de precipitação pluviométrica mensal durante o período de avaliação estão representados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de precipitação mensal em Campos dos Goytacazes (RJ), durante o período experimental, junho - outubro de 2016.

	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Precipitação (mm)	42,9	4,3	29,7	33	79

O armazenamento de água no solo durante o período experimental foi estabelecido conforme o balanço hídrico diário (Equação 2) sendo a ETr calculada pela Equação 3 (ALLEN et al., 1998).

$$\Theta_i = \Theta_{i-1} + I_i + P_i - ETr_i \quad (2)$$

Em que:

Θ_i – Lâmina de água no solo no dia i, mm;
 Θ_{i-1} – Lâmina de água no solo no dia anterior (i-1), mm;
 I_i – Irrigação aplicada no dia i, mm;
 P_i – Precipitação ocorrida no dia i, mm;
 ETr_i – Evapotranspiração real da cultura ocorrida no dia i, mm.

Com as seguintes condições de contorno:

Se: $\Theta_i < 0$, então $\Theta_i = 0$

Se $\Theta_i > CTA$, então $\Theta_i = CTA$

$$ETr_i = ETo_i \cdot Kc_i \cdot Ks_i \quad (3)$$

Em que: sendo:

ETo_i – Evapotranspiração de referência ocorrida no dia i, mm;

Kc_i – Coeficiente cultura no dia i, adimensional;

Ks_i – Coeficiente de umidade do solo no dia i, adimensional;

$$(Ks_i = \frac{\ln(LAA_i + 1)}{\ln(CTA_i + 1)}) \quad (4)$$

LAA_i – Lâmina atual de água no solo no dia i, mm;

CTA_i – Capacidade total e água do solo no dia i, mm.

Na Tabela 3 está representada a disponibilidade hídrica no solo, nos dias em que o potencial hídrico foliar foi avaliado, para cada lâmina de irrigação aplicada.

Tabela 3. Valores da disponibilidade hídrica no solo (mm) para os dias em que foram feitas as avaliações do status hídrico da planta, em cada lâmina aplicada na região de Campos dos Goytacazes-RJ, (julho a outubro de 2016).

Tratamento	Disponibilidade hídrica (mm)				
	16 DAP	44 DAP	79 DAP	96 DAP	107 DAP
0%	15,2	27,2	24,5	28	29,3
25%	11,1	23	22,7	25,8	27,7
50%	6,16	16,32	18,57	21	22
100%	2,15	12,9	14,8	14	11,13
125%	2,15	12,9	13,6	13,2	11,13

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Potencial hídrico foliar

As variações médias do potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{AM}) e potencial

hídrico foliar ao meio dia (Ψ_{MD}) do café Conilon sob diferentes lâminas de irrigação estão representadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1. Variação média do potencial hídrico foliar antemanhã (Ψ_{AM}) medido no cafeeiro Conilon (clone 02), sob diferentes lâminas de irrigação em Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016).

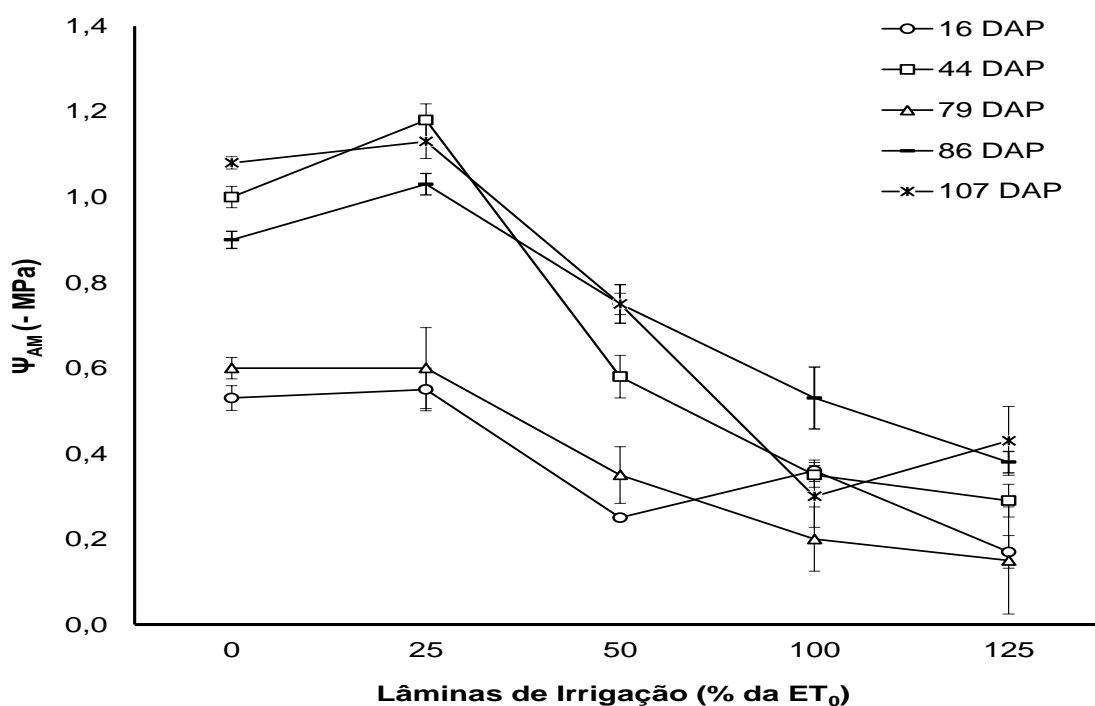
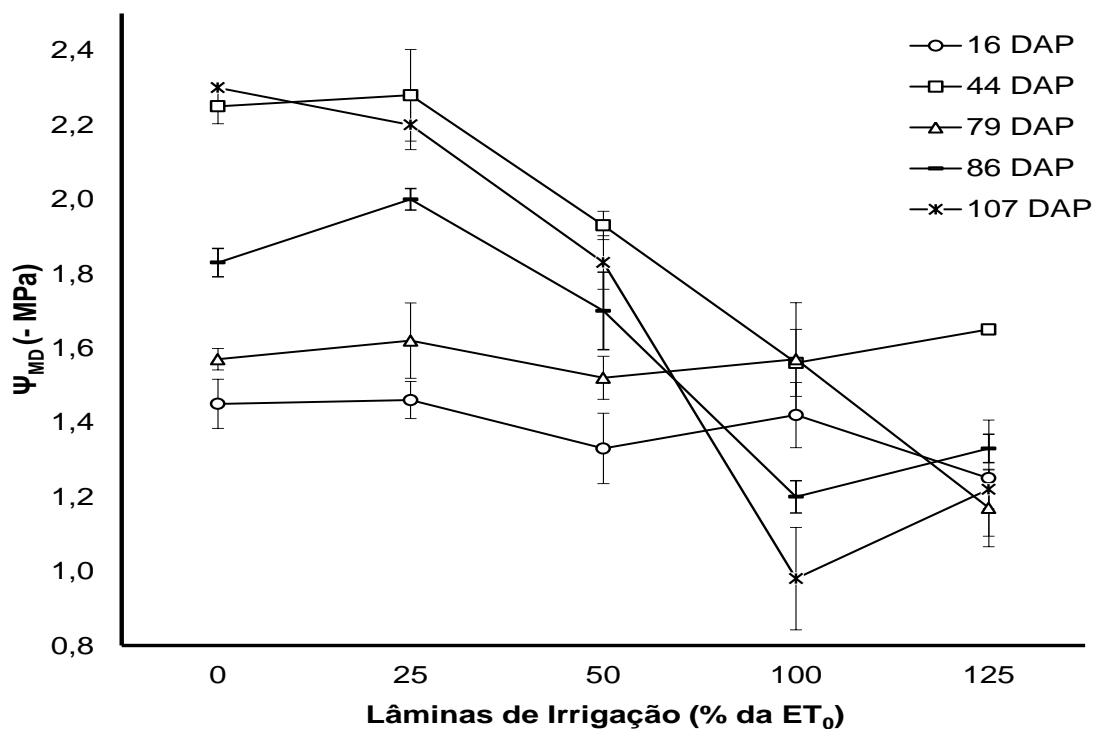


Figura 2. Variação média do potencial hídrico foliar ao meio dia (Ψ_{MD}) medido no café Conilon, clone 02 sob diferentes lâminas de irrigação em Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016).



Os valores do Ψ_{AM} das plantas (Figura 1) variaram de $-0,17$ a $-0,55$ MPa no 16° DAP. Já o valor do Ψ_{AM} das avaliações realizadas 3 dias após a irrigação (79 e 107 DAP) variou de $-0,15$ a $-1,13$ MPa. Nas plantas avaliadas seis dias após a irrigação, os valores obtidos variaram entre $-0,29$ e $-1,18$ MPa. Os tratamentos 0 e 25% da irrigação não diferiram significativamente entre si (teste Tukey, $r \leq 0,05$) e foram sempre inferiores estatisticamente em relação aos demais tratamentos em todos os dias avaliados. Fica evidenciado pela Figura 1, que os valores do potencial hídrico foliar (Ψ_{AM}) do 107° DAP, apesar de terem sido obtidos três dias após a irrigação, os valores estão mais próximos dos valores obtidos seis dias após a irrigação nas lâminas de menor reposição de água no solo (0%, 25% e 50% de reposição da ET_0). Esse comportamento pode ter ocorrido, devido à baixa precipitação acumulada durante o mês, que

pode ter contribuído para a redução do potencial hídrico foliar nesses tratamentos.

Para o dia 16 DAP, o valor do Ψ_{MD} (Figura 2) variou entre $-1,25$ e $-1,46$ MPa. Os valores para o Ψ_{MD} das avaliações realizadas três dias após a irrigação variaram de $-1,17$ a $-2,3$ MPa e de $-1,2$ a $-2,28$ MPa, para as avaliações realizadas seis dias após a irrigação. Para o 16° e 79° DAP, não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados. Para a avaliação realizada aos 107 DAP, as lâminas de menor reposição de água: 0, 25 e 50% da ET_0 , apresentaram valores mais próximos aos avaliados seis dias após a irrigação para as mesmas lâminas. Já as lâminas de 100 e 125% da ET_0 apresentaram valores próximos aos observados nas demais lâminas e nas demais avaliações feitas um e três dias após a irrigação, sendo justificada pela possível em resposta à maior disponibilidade de água, no solo, via irrigação (Tabela 3).

Os valores do Ψ_{AM} (Figura 1) e Ψ_{MD} (Figura 2) foram reflexos dos tratamentos aplicados. As lâminas de maior reposição de água no solo apresentaram os maiores potenciais hídricos, que foram decrescendo à medida que as lâminas aplicadas foram reduzidas.

O potencial hídrico foliar pode variar conforme a espécie da planta, época do ano e hora do dia, sendo que os valores mais baixos são encontrados em épocas secas e em medições conduzidas próximas ao meio-dia, ou seja, períodos em que a transpiração foliar é mais intensa (TOBIN; LOPEZ; KURSAR, 1999).

Quando medido na antemanhã, o potencial hídrico pode indicar a disponibilidade hídrica no solo, uma vez que há uma tendência de equilíbrio entre as condições hídricas da planta e do solo, em situações em que o déficit hídrico não é severo (SILVA et al., 2003).

Os menores valores de Ψ_{AM} ao longo do período experimental foram de -0,9 Mpa, -1,0 Mpa, -1,08 para a lâmina 0% e -1,18 Mpa, -1,03 Mpa e -1,13 Mpa para a lâmina de 25% aos ao maior período de deficiência hídrica do solo, principalmente pelo baixo volume e má distribuição das precipitações pluviais antecedentes a estas datas. Segundo Camargo e Camargo (2001), apesar do Ψ_{AM} mais baixo, a cultura do café não é afetada de forma negativa pelo estresse hídrico, quando este coincide com a época de indução e maturação das gemas florais, que ajuda a promover floradas mais uniformes.

Avaliações realizadas na antemanhã que apresentaram potenciais hídricos mais altos (Figura 1), como foram observadas nas lâminas de 100 e 125% da ET_0 e refletem a boa capacidade de recuperação do status hídrico da planta, após atingir um valor mais baixo. Segundo Silva et al. (2008), quando não há restrição hídrica, os tecidos das plantas estão hidratados ao máximo pouco antes do amanhecer, ao passo que as medições

realizadas ao longo do dia sofrem os efeitos da transpiração, consumindo mais nitrogênio e estando mais susceptíveis às variações no clima, como: radiação incidente, temperatura e déficit de pressão de saturação do ar.

Golberg et al. (1988), verificaram que a fotossíntese foliar do café foi pouco afetada, quando o potencial hídrico foliar atingia valores de até -1,5 MPa em condições de campo. Para o Ψ_{AM} (Figura 1), nenhum dos tratamentos apresentou valores de potencial hídrico foliar superiores a -1,18 MPa, o que sugere que as plantas nesse momento não estejam sofrendo de forma negativa pelo estresse aplicado. Já nas avaliações realizadas do Ψ_{MD} (Figura 2), foi observado que no 44° DAP, o Ψ_{MD} variou de -1,56 MPa a -2,28 MPa dentre todas as lâminas aplicadas. Para o 79° DAP, os valores do Ψ_{MD} foram maiores que -1,5 Mpa para as lâminas de 0, 25, 50 e 100% da ET_0 .

Silva et al. (2008), trabalhando com café Catuaí em tratamentos irrigados e não irrigados, encontraram valores de potencial hídrico foliar antemanhã similares aos valores encontrados na Figura 1, conforme os tratamentos aplicados.

5.2. Parâmetros de desenvolvimento

A seca é considerada o principal estresse ambiental capaz de afetar o desenvolvimento e a produção dos cafezais no Brasil e no mundo (DAMATTA e RAMALHO, 2006). Covre et al. (2016), estudando o café Conilon no estado da Bahia, verificaram que a irrigação é importante para o bom desenvolvimento da cultura e consequente aumento de produtividade. Resultados similares também foram observados para o cafeeiro Arábica (FERREIRA et al., 2013; SAKAI et al., 2015).

Portanto, manter a umidade do solo em níveis satisfatórios para a cultura, irá beneficiar seu desenvolvimento e produção.

Os resultados dos parâmetros de desenvolvimento, coletados durante os cinco meses de avaliação do cafeeiro Conilon, estão representados nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4. Altura (média \pm DP) das plantas de cafeeiro Conilon em função das lâminas de irrigação (% da ET_0), em dias após a primeira avaliação (DAP), Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016)

(% ET_0)					B1	B2	R ²
0	25	50	100	125			
(28 DAP) Eq. $\hat{Y} = -0,00084X^2 + 0,196X + 86,24$							
86,4Bb	92,6Bb	89,2Cb	102,5Ca	95,1Ca	-1,59 ^{ns}	-0,86 ^{ns}	0,61*
(56 DAP) Eq. $\hat{Y} = -0,0011X^2 + 0,242X + 86,83$							
86,6ABc	94,4Bb	92,2BCb	103,6BCa	98,0Ca	1,79*	-1,07 ^{ns}	0,77*
(84 DAP) Eq. $\hat{Y} = -0,00079X^2 + 0,218X + 88,46$							
88,4ABc	95,3Bb	93,6BCb	106,1BCa	101,5BCa	1,79*	0,84 ^{ns}	0,82*
(112 DAP) Eq. $\hat{Y} = -0,00088X^2 + 0,25X + 89,69$							
90,1ABb	96,4Bb	97,3ABb	110,4ABa	106,2ABa	2,32*	-1,04 ^{ns}	0,89*
(140 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,0017X^2 + 0,35X + 94,94$							
94,2Ac	105,5Ab	104,6Ab	115,1Aa	110,8Aa	2,76*	-1,79*	0,89*

¹Médias seguidas das mesmas letras maiúscula na coluna (% ET_0) e minúscula na linha (DAP), não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 3,25); ns – efeito não significativo e * efeito significativo dos termos de B1 e B2 ao modelo de regressão, segundo o teste t ($P \leq 0,05$) e * efeito significativo para o coeficiente de determinação, segundo o teste F ($P \leq 0,05$).

Tabela 5. Secção transversal do caule (média \pm DP) das plantas de cafeeiro Conilon em função das lâminas de irrigação (% da ET_0) no solo, em dias após a primeira avaliação (DAP), Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016).

(% ET_0)					B1	B2	R ²
0	25	50	100	125			
(28 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,00045X^2 + 0,0016X + 7,24$							
7,1Ac	7,4Ac	9,0Ab	11,1Ab	14,8Ba	0,05 ^{ns}	1,81*	0,97*
(56 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,00056X^2 - 0,0083X + 8,13$							
8,0Ac	8,2Ac	9,4Ab	12,4Ab	16,0ABa	-0,28 ^{ns}	2,47*	0,99*
(84 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,00050X^2 + 0,0046X + 8,94$							
8,8Ac	9,4Ac	10,7Ac	14,1Ab	17,5ABa	0,13 ^{ns}	1,57*	0,99*
(112 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,0007X^2 - 0,017X + 9,30$							
9,1Ac	9,4Ac	10,3Ac	14,1Ab	18,3Aa	-0,52 ^{ns}	2,75*	0,99*
(140 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,00081X^2 - 0,031X + 9,66$							
9,4Ac	9,6Ac	10,1Ac	14,3Ab	18,7Aa	-0,85 ^{ns}	2,95*	0,99*

¹Médias seguidas das mesmas letras maiúscula na coluna (% ET_0) e minúscula na linha (DAP), não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 3,25); ns – efeito não significativo e * efeito significativo dos termos de B1 e B2 ao modelo de regressão, segundo o teste t ($P \leq 0,05$) e * efeito significativo para o coeficiente de determinação, segundo o teste F ($P \leq 0,05$).

Tabela 6. Diâmetro da copa (DC, média \pm DP) das plantas de cafeeiro Conilon em função das lâminas de irrigação (% da ET_0) no solo, em dias após o a primeira avaliação (DAP), Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016).

(% ET_0)					B1	B2	R ²
0	25	50	100	125			
(28 DAP) Eq. $\hat{Y} = -0,0022X^2 - 0,11X + 103,56$							
101,3Ab	105,8Ab	103,2Ab	110,8Aa	125,8Aa	-0,56 ^{ns}	1,46*	0,91
(56 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,0016X^2 - 0,0043X + 104,69$							
105,5Ab	104,1Ab	108,7Ab	122,2Aa	129,4Aa	-0,02 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,99
(84 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,0018X^2 - 0,036X + 105,48$							
104,6Ab	107,6Ab	107,3Ab	119,8Aa	130,2Aa	-0,22 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,98
(112 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,0019X^2 - 0,048X + 110,15$							
109,5Ab	112,5Ab	109,9Ab	125,8Aa	133,2Aa	-0,28 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,96
(140 DAP) Eq. $\hat{Y} = 0,00089X + 0,035X + 116,58$							
115,7Ab	119,7Aa	119,7Aa	128,5Aa	135,3Aa	0,24 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,98

¹Médias seguidas das mesmas letras maiúscula na coluna (% ET_0) e minúscula na linha (DAP), não diferem entre si segundo o teste de Tukey ($P \leq 0,05$; DMS = 3,25); ns – efeito não significativo e * efeito significativo dos termos de B1 e B2 ao modelo de regressão, segundo o teste t ($P \leq 0,05$) e * efeito significativo para o coeficiente de determinação, segundo o teste F ($P \leq 0,05$).

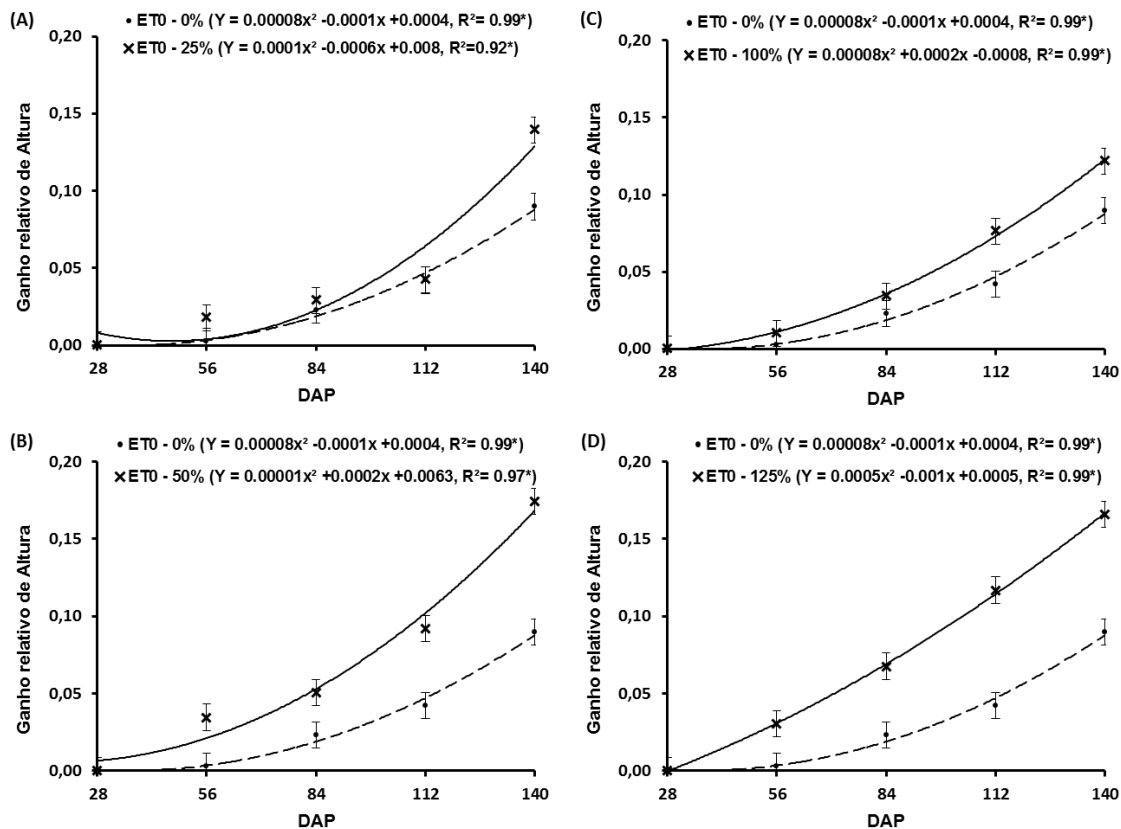
Ao longo dos cinco meses de avaliação, as lâminas de irrigação 100% e 125% da ET_0 foram as que sempre estiveram superiores às demais estatisticamente. No início do período experimental, as lâminas de irrigação 100 e 125% da ET_0 apresentavam altura de 102,56 cm e 95 cm, enquanto, aos 140 dias, a altura registrada foi de 115,11 cm e 110,89 cm, respectivamente.

A lâmina de 0% de reposição foi a que apresentou pior resultado estatístico partindo de 86,44 cm (início do período experimental) para 94,22 cm (140 DAP). Já as lâminas de 25 e 50% de reposição da ET_0 , não diferiram significativamente entre si, apresentando, respectivamente, 92,67 cm e 89,22 cm (início do período experimental)

e 105,56 cm e 104,57 cm (140 DAP) (Tabela 4).

Também, foi observado que as lâminas de 50% e 125% de reposição da ET_0 , foram as que apresentaram a maior taxa de crescimento relativo com aumentos de 17,2% e 16,6% cm, respectivamente, sendo a lâmina de irrigação 125% da ET_0 , aquela com um desenvolvimento mais uniforme. Apesar do destaque no ganho em altura, das lâminas de 50% e 125%, quando observado o desenvolvimento a partir da primeira avaliação, verificou-se que não houve diferença estatística entre as lâminas avaliadas (Figura 3). A lâmina de 0% de reposição da ET_0 foi a que apresentou numericamente o menor valor de desenvolvimento relativo durante o período avaliado (Figura 3).

Figura 3. Ganho relativo em altura das plantas de cafeeiro Conilon, comparativos entre níveis de lâminas d'água e o tratamento sem irrigação ao longo dos dias após a primeira avaliação (DAP), Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016): (A) ET_0 25%, (B) ET_0 50%, (C) ET_0 100%, (D) ET_0 125%.

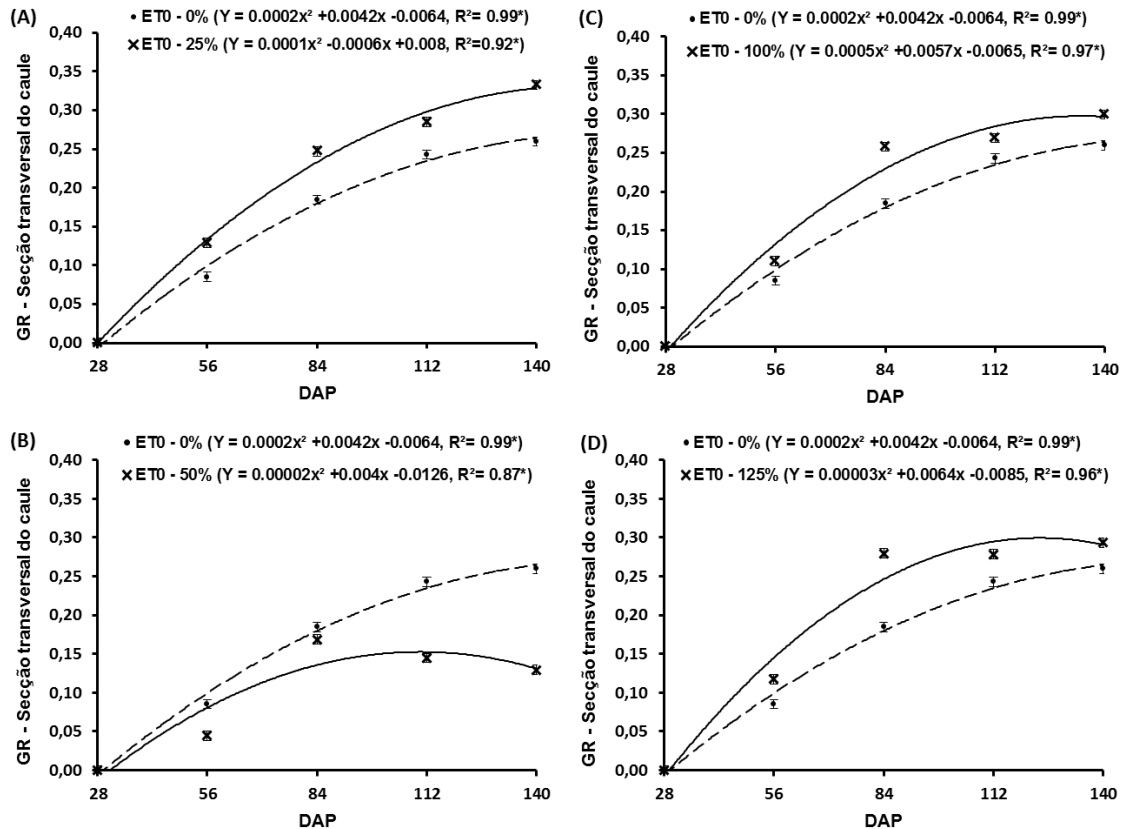


Apesar do desenvolvimento mais uniforme das plantas nos tratamentos mais bem irrigados (100 e 125% de reposição da ET_0), nas lâminas de menor reposição (0, 25 e 50% de reposição da ET_0) houve um pico de ganho em altura no último mês de avaliação (Figura 3). Este desenvolvimento acentuado na última avaliação pode estar relacionado ao elevado valor de precipitação registrado no mês de outubro (Tabela 2), indicando que as plantas do café Conilon, após um período submetido a condições hídricas deficitárias ao seu desenvolvimento, apresentaram boa

capacidade de recuperação conforme há aumento do nível de umidade do solo.

Rodrigues et al. (2015), concluíram em seu trabalho, que a altura do cafeeiro é comprometida com o déficit hídrico e tende a reduzir os ganhos em desenvolvimento de altura conforme é aumentado o período de restrição hídrica, evidenciando a sensibilidade da cultura a níveis mais baixos de umidade do solo. Esses resultados corroboram com os dados obtidos neste trabalho e evidenciam a importância da água para o crescimento e expansão celular.

Figura 4. Ganho relativo da secção transversal do caule das plantas de cafeeiro Conilon, comparativos entre níveis de lâminas d'água e o tratamento sem irrigação ao longo dos dias após a primeira avaliação (DAP), Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016): (A) ET_0 25%, (B) ET_0 50%, (C) ET_0 100%, (D) ET_0 125%.



Para o diâmetro do caule, as plantas da lâmina de 125% de reposição, foram as que apresentaram estatisticamente a maior secção transversal do caule, seguida das plantas da lâmina de 100% da ET_0 . As plantas com lâminas de 0 e 25% de reposição, foram as que apresentaram os menores valores de secção transversal do caule, atingindo valor máximo na última leitura de 9,48 cm² e 9,68 cm², respectivamente (Tabela 5). Esses dois tratamentos não sofreram diferença significativa ao longo do período avaliado. Apesar das plantas do tratamento de 125% de reposição terem apresentado o maior valor estatisticamente, esse tratamento seguido do tratamento de 50% de reposição, foram os que apresentaram menor ganho em secção transversal do caule dentro do

período avaliado (Figura 4). A lâmina de 50% de reposição diferiu estatisticamente, apresentando menor ganho de secção transversal na última avaliação. Esse fato pode estar relacionado ao maior investimento das plantas no ganho de altura (Figura 3).

Araújo et al. (2011), verificaram que plantas das cultivares do café Conilon RT e V5 sob diferentes períodos de aplicação de estresse hídrico, apresentaram redução no diâmetro do caule em relação às plantas que não passaram por períodos de estresse, na ordem de 34,05% e 44,13%, para RT e V5 respectivamente, aos 180 dias de desenvolvimento inicial.

Alves et al. (2000), trabalhando com café Arábica, concluíram que a irrigação promoveu efeitos significativos sobre o

diâmetro do caule e da copa. Esses autores ainda concluíram que a irrigação proporcionou melhor crescimento da cultura, garantindo maior vigor à planta.

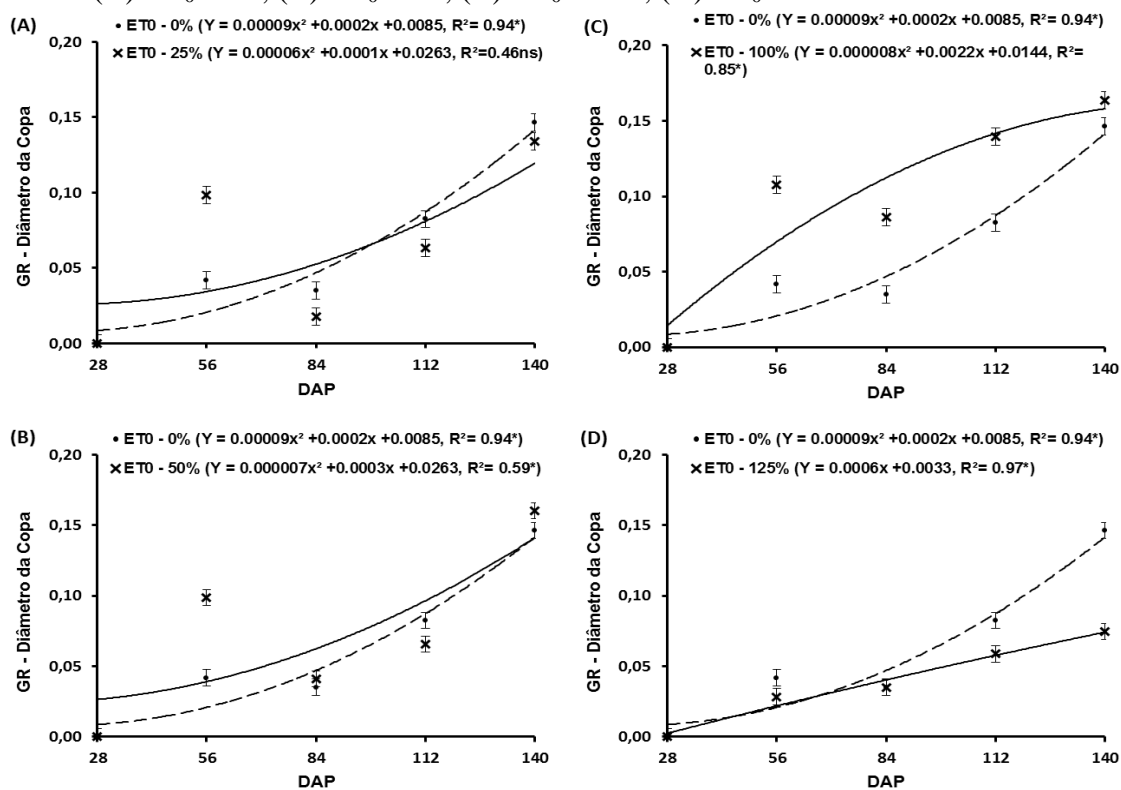
Trabalhando com cafeeiro Conilon, Zonta et al. (2009), observaram que o menor desenvolvimento das mudas e, conseqüentemente, o menor diâmetro do caule, estava associado a maiores turnos de rega, evidenciando que maiores períodos de restrição hídrica podem influenciar negativamente o café Conilon.

Em relação aos resultados encontrados para o diâmetro da copa, os tratamentos 100% e 125% da ET_0 , apresentaram estatisticamente os maiores valores e não diferiram entre si, seguidos dos tratamentos de 25% e 50% de reposição da ET_0 , que também não diferiram entre si, ao nível de 5% pelo Teste F (Tabela 6). Apesar dos tratamentos terem apresentado diferença estatística ao longo das

avaliações, para a última avaliação, não houve diferença estatisticamente significativa entre as lâminas de 25% a 125% da ET_0 , fato que quando comparado com a Figura 5, observa-se que nas lâminas de menor reposição (0%, 25% e 50% da ET_0) pode estar relacionado a maior precipitação neste último mês (Tabela 2), assim como ocorrido com o ganho relativo da altura conforme Figura 3, reforçando a ideia da boa capacidade de recuperação do desenvolvimento das plantas quando bem hidratadas após um período de menor disponibilidade hídrica.

Neste último mês (Tabela 2), assim como ocorrido com o ganho relativo da altura conforme Figura 3, reforçando a ideia da boa capacidade de recuperação do desenvolvimento das plantas quando bem hidratadas após um período de menor disponibilidade hídrica.

Figura 5. Ganho relativo do diâmetro da copa das plantas de cafeeiro Conilon, comparativos entre níveis de lâminas d'água e o tratamento sem irrigação ao longo dos dias após a primeira avaliação (DAP), Campos dos Goytacazes-RJ (junho a outubro de 2016): (A) ET_0 25%, (B) ET_0 50%, (C) ET_0 100%, (D) ET_0 125%.



Os resultados para o diâmetro da copa (Figura 5) demonstram que os tratamentos com as lâminas de maior reposição (100% e 125% de reposição da ET_0), apresentaram maiores valores, salientando, assim, os benefícios da irrigação no desenvolvimento do cafeeiro, refletindo diretamente sobre sua produtividade.

Assim como no presente trabalho, Lambert (2009), verificou que plantas de cafeeiro Arábica, variedade Rubi, linhagem MG-1192, sob diferentes lâminas de irrigação, apresentaram maior diâmetro da copa em relação às plantas não irrigadas.

O déficit hídrico causa redução da taxa fotossintética, uma vez que as plantas afetadas tendem a fechar os estômatos com intuito de reduzir as perdas de água pela transpiração. Com a redução da abertura do estômato, além de reduzir as perdas de água, a planta tende a diminuir a assimilação de CO_2 , ocasionando a redução na produção de fotoassimilados dessa forma um longo período de deficiência hídrica poderá afetar negativamente a produção da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Estudando diferentes variedades de café, cultivados em diferentes espaçamentos, Martinez et al. (2008), verificaram que as variáveis: altura da planta, diâmetro da copa e do caule, apresentaram boa correlação com a

produtividade da cultura, evidenciando a importância desses parâmetros na definição da produtividade do cafeeiro. Comparando esses dados e fazendo uma analogia com os resultados obtidos neste trabalho, verifica-se a importância de se minimizar a deficiência hídrica nos plantios, a fim de maximizar o desenvolvimento da cultura, gerando ganhos de produtividade.

6 CONCLUSÃO

O Ψ_{wf} foi correspondente aos tratamentos aplicados. As lâminas de maior reposição de água apresentaram menores Ψ_{wf} na antemanhã e ao meio-dia, quando comparados aos valores do Ψ_{wf} nos tratamentos de menor reposição de água, que foram afetados de forma negativa. Os valores do Ψ_{wf} antemanhã foram menores quando comparados com os observados ao meio-dia, dentre os tratamentos aplicados.

Pode-se concluir que o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro foi responsivo às lâminas aplicadas, quando analisadas ao longo do desenvolvimento da cultura. A lâmina de 100% de reposição da ET_0 apresentou melhor desenvolvimento da cultura até o final do período avaliado, justificando o uso dessa lâmina no manejo da irrigação do cafeeiro Conilon.

7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES, M. E. B.; FARIA, M. D.; GUIMARÃES, R. J.; MUNIZ, J. A.; SILVA, E. D. Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v. 4, n. 2, p. 219-225, 2000.

- ARAÚJO, G. L.; DOS REIS, E. F.; MORAES, W. B.; DE OLIVEIRA GARCIA, G.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.
- CAFÉ. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, Brasília, DF, v. 3, n. 4, p. 1-77, 2016. Safra 2016, Quarto levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe?start=10>. Acesso em: 20 dez. 2016.
- CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; BRAUN, H.; RONCHI, C. P. Vegetative growth of Conilon coffee plants under two water conditions in the Atlantic region of Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 535-545, 2016.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.
- DAMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Coffee: environment and crop physiology. In: DAMATTA, F. M. (ed.). **Ecophysiology of tropical tree crops**. New York: Nova Science Publishers, 2010. p. 181-216.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999.
- FERREIRA, E. D. B.; PARTELLI, F. L.; DIDONET, A. D.; MARRA, G. E. R.; BRAUN, H. Crescimento vegetativo de *Coffea arabica* L. influenciado por irrigação e fatores climáticos no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34 n. 6, p. 3235-3244, 2013.
- 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 Aké Assi. **Café, Cacao, Thé (Francia)**, Paris, v. 32, n. 1, p. 1-16, 1988.
- GOTTARDO, R. D. **Desenvolvimento inicial de (*Coffea canephora*) submetidos à irrigação superficial e subsuperficial em Campos Dos Goytacazes – RJ**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campus dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense “Darcy Ribeiro”, 2016.
- LAMBERT, R. A. **Lâminas de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro**. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MARTINEZ, H. E. P.; AUGUSTO, H. S.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W.; SAMPAIO, N. F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 29, n. 4, p. 481-489, 2008.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.

RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F.; OLIVEIRA GARCIA, G. Disponibilidade hídrica no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 46-55, 2015.

SAKAI, E.; BARBOSA, E. A. A.; SILVEIRA, J. M. C.; PIRES, R. C. M. Coffee productivity and root systems in cultivation schemes with different population arrangements and with and without drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 148, n. 1, p. 16-23, 2015.

SILVA, A. D.; LIMA, E. P.; COELHO, G.; COELHO, M.; COELHO, G. Produtividade, rendimento de grãos e comportamento hídrico foliar em função da época, parcelamento e do método de adubação do cafeeiro Catuaí. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 434-440, 2003.

SILVA, A. C.; SILVA, A. D.; COELHO, G.; REZENDE, F. C.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 21-25, 2008.

SILVA, P. E.; CAVATTE, P. C.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DAMATTA, F. M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to the water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and experimental botany**, Edinburgh, v. 87, n. 1, p. 49-57, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Artmed: Porto Alegre, 2013.

TOBIN, M. F.; LOPEZ, O. R.; KURSAR, T. A. Responses of Tropical Understory Plants to a Severe Drought: Tolerance and Avoidance of Water Stress1. **Biotropica**, New Jersey, v. 31, n. 4, p. 570-578, 1999.

ZONTA, J. H.; BRAUN, H.; REIS, E. F.; PAULUCIO, D.; ZONTA, J. B.; Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia**, Arica, v. 27, n. 3, p. 29-34, 2009.