

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE (*Coffea canephora*)
SUBMETIDOS À IRRIGAÇÃO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL EM
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

ROMILDO DOMINGOS GOTTARDO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

Fevereiro - 2016

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE (*Coffea canephora*)
SUBMETIDOS À IRRIGAÇÃO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL EM
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

ROMILDO DOMINGOS GOTTARDO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
Fevereiro - 2016

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. José Carlos Mendonça

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

81/2016

Gottardo, Romildo Domingos

Desenvolvimento inicial de (*Coffea canephora*) submetidos à irrigação superficial e subsuperficial em Campos dos Goytacazes-RJ / Romildo Domingos Gottardo. – Campos dos Goytacazes, 2016.

75 f.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Engenharia Agrícola. Campos dos Goytacazes, 2016.

Orientador. José Carlos Mendonça.

Área de concentração: Agricultura irrigada.

Bibliografia: f. 68-74.

1. IRRIGAÇÃO AGRÍCOLA 2. LÂMINAS DE ÁGUA 3. CAFÉ - IRRIGAÇÃO 4. BALANÇO HÍDRICO 5. GOTEJAMENTO I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Laboratório de Engenharia II. Título

2

CDD

631.587

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE (*Coffea canephora*)
SUBMETIDOS À IRRIGAÇÃO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL EM
CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

ROMILDO DOMINGOS GOTTARDO

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2016.

Comissão Examinadora:

Prof. Henrique Duarte Vieira (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Robson Prucoli Posse (D.Sc., Produção Vegetal) - IFES

Prof. José Carlos Mendonça (D.Sc., Produção Vegetal) - UENF

Orientador

“Um radical é alguém que vai longe demais; um conservador é alguém que não vai bastante longe; um reacionário é alguém que não anda”.

Thomas Wilson

*A todos os pequenos cafeicultores brasileiros;
Em especial aos meus familiares, que como muitos,
extraem dos cafezais o sustento de suas famílias,
com muito trabalho e dedicação.*

Dedicatória

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de estarmos vivos e nos dar esta chance de realizarmos esse trabalho;

Aos meus pais, Pedro Gottardo e Neide Maria Mocelin Gottardo pela sabedoria em incentivar seus filhos a buscar melhoria de vida através do conhecimento;

À minha esposa Raquel Francisca e aos meus filhos Júlia e Davi, razão de minha existência;

A UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro), pelo curso oferecido, pela concessão da bolsa de estudo e pela oportunidade de crescimento pessoal e profissional;

Ao professor José Carlos Mendonça, por sua orientação e paciência, contribuindo com suas sugestões e participações no decorrer deste trabalho;

Ao professor Elias Fernandes de Sousa, sempre amigo e incentivador de um crescimento pessoal e profissional, não medindo esforços em sugerir melhorias para um melhor desenvolvimento das atividades laboratoriais;

Aos colegas servidores: Dorian Felício Peres, Júlio de Oliveira Rodrigues, Fernando Moraes da Silva e José Manoel de Miranda pelo empenho nas atividades diárias na condução do experimento, mesmo encontrando tantas adversidades;

À doutoranda Erina Rodrigues, pelo apoio e amizade, sempre disposta a colaborar com o engrandecimento deste trabalho;

Ao mestre Detoni José Calenzani Petri, pelo apoio irrestrito nas maiores adversidades na condução dos trabalhos;

A FAPERJ pelo apoio financeiro, através do processo 111.476/2014 – APQ1 2014/01;

Enfim, a todos os colegas e professores do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF que nos auxiliaram nesta empreitada.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. Origem e classificação botânica do café	5
3.2. Exigências edafoclimáticas do cafeeiro	6
3.3. Irrigação em Cafeeiro.....	8
3.3.1. Pivô central	9
3.3.2. Aspersão	10

3.3.3. Irrigação localizada - Gotejamento (superficial e subsuperficial)	11
3.3.4. Microaspersão.....	13
3.3.5. Irrigação Split-root.....	14
3.4. Balanço hídrico	14
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1. Caracterização da área experimental	17
4.2. Instalação e condução do experimento.....	18
4.3. Manejo de irrigação.....	21
4.4. Balanço hídrico	25
4.5. Características morfológicas avaliadas.....	27
4.6. Análise estatística	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Manejo da Irrigação	30
5.2 Balanço hídrico	33
5.3 Análise de variância e análise de regressão	40
7. RESUMO E CONCLUSÕES.....	66
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

RESUMO

GOTTARDO, Romildo Domingos, Licenciado em Biologia, M.Sc. em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro, 2016. Desenvolvimento Inicial de (*Coffea canephora*) Submetidos à Irrigação Superficial e Subsuperficial em Campos dos Goytacazes – RJ. Orientador: Prof. José Carlos Mendonça.

A cultura do cafeeiro tem grande importância no desenvolvimento socioeconômico brasileiro. O presente trabalho teve como objetivo estudar o desenvolvimento vegetativo do café conilon em condições de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial com diferentes lâminas de água aplicada. Para isso, foi instalado um experimento, em campo, no município de Campos dos Goytacazes, Região Norte do Estado do Rio de Janeiro. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, composto pelos fatores: Fator I (parcelas): sistema de irrigação (superficial e subsuperficial). Fator II (subparcelas): Lâminas de água (testemunha, 25, 50, 100 e 125% da ET_0), que constituíram os tratamentos. A irrigação foi realizada com sistema localizado, por gotejamento e determinada pela ET_0 , calculada com o uso dos dados de uma estação agrometeorológica instalada próxima ao experimento. As

características avaliadas foram: altura de plantas (AP); diâmetro da copa (DCO); diâmetro do caule (DCA); comprimento do ramo plagiotrópico (CRP) e número de entrenós no ramo ortotrópico (NE). A irrigação do cafeeiro produziu efeitos significativos sobre as características avaliadas, proporcionando maior crescimento das plantas. A altura de planta apresentou resposta linear às lâminas de irrigação, sendo a lâmina de 100% da ET_0 a que proporcionou o melhor desenvolvimento inicial de plantas de café conilon. Não houve interação entre os fatores sistema de irrigação X lâminas. Foi observada influência dos sistemas de irrigação (superficial e subsuperficial), sendo o sistema superficial o que proporcionou melhor desenvolvimento inicial do café conilon. O balanço hídrico demonstrou que é imprescindível o uso da irrigação na cultura do café conilon em Campos dos Goytacazes, devido ao déficit hídrico ocorrido, praticamente, durante o ano todo.

Palavras-chave: Gotejamento, lâminas de irrigação, balanço hídrico.

ABSTRACT

The coffee crop is of great importance in the Brazilian socioeconomic development. This work aimed to study the vegetative growth of coffee conilon able to irrigation by surface and subsurface drip with different water depths applied. For this, an experiment was installed, in the field, in Campos dos Goytacazes municipality, north region of the State of Rio de Janeiro. The experimental design was a randomized block with four replications, in a split plot, composed of factors: Factor I (plots): irrigation system (surface and subsurface). Factor II (subplot): Water blades (0, 25, 50, 100 and 125% of ET_0), these constitute the treatments. Irrigation was carried out with system located, and drip determined by ET_0 calculated with data from a weather station installed near the experiment. The characteristics evaluated were: plant height

(PH); crown diameter (CD); stem diameter (SD); length of plagiotropic branche (LPB); number of internodes in orthotropic branch (NI). Irrigation of the coffee produces significant effects on the evaluated characteristics, providing greater crop growth. The plant height is linear response to irrigation depth. The depth of 100% of ET_0 , in general, is the best option for the initial development of coffee plants. There is no influence of irrigation levels in surface and subsurface systems. The superficial system provides better initial development of conilon coffee. The water balance has shown that it is essential the use of irrigation in conilon coffee culture in Norte Fluminense region due to water deficit, practically all year round.

Keywords: Drip irrigation, irrigation depth, water balance.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Vista aérea do experimento de irrigação superficial e subsuperficial no café conilon sob diferentes lâminas de água, Campos dos Goytacazes, RJ.....18
- Figura 2.** Croqui do experimento de irrigação por gotejamento superficial (S) e subsuperficial (SB) com diferentes lâminas de irrigação na cultura de café conilon, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ23
- Figura 3.** Mensurações das características morfológicas: altura de planta (A), diâmetro da copa (B), diâmetro do caule (C) e comprimento do ramo plagiotrópico (D) no cafeeiro conilon, Campos dos Goytacazes, RJ.....28
- Figura 4.** A) Precipitação pluvial, B) Temperatura média, C) umidade relativa e D) Evapotranspiração de referência (ET_o) ocorridas durante a avaliação do experimento de café conilon, Campos dos Goytacazes, RJ.....32

Figura 5. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação no Município de Campos dos Goytacazes, RJ	34
Figura 6. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação + 25% da ETo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	35
Figura 7 Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação + 50% da ETo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	36
Figura 8. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação + 100% da ETo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	37
Figura 9. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação + 125% da ETo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.....	38
Figura 10. Altura de planta (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G), 270 (H) e 300 (I) dias após o início da irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....	42
Figura 11. Médias da altura de planta (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....	44
Figura 12. Altura de planta (cm) do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas (Lam = %ET ₀), respectivamente, no sistema superficial (A) e subsuperficial (B), Campos dos Goytacazes, RJ, 2015.....	45

Figura 13. Diâmetro da copa (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E), 180 (F), 210 (G), 240 (H), 270 (I), 300 (J) e 330 (K) dias após o início da irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....47

Figura 14. Médias do diâmetro da copa (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....49

Figura 15. Diâmetro da copa (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas ($Lam = \%ET_0$), respectivamente, no sistema superficial (A) e subperifical (B), Campos dos Goytacazes, RJ.....50

Figura 16. Diâmetro do caule (mm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G), 270 (H) 300 (I) e 330 (J) dias após o início da irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....52

Figura 17. Médias do diâmetro do caule (mm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.....54

Figura 18. Diâmetro do caule (mm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas ($Lam = \%ET_0$), respectivamente, no sistema superficial (A) e subperifical (B), Campos dos Goytacazes, RJ.....55

Figura 19. Comprimento do ramo plagiotrópico (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60

(A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G) e 300 (H) dias após o início da irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....57

Figura 20. Médias do comprimento do ramo plagiotrópico (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....59

Figura 21. Comprimento do ramo plagiotrópico (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas ($Lam = \%ET_0$), respectivamente, no sistema superficial (A) e subperifical (B), Campos dos Goytacazes, RJ.....59

Figura 22. Número de entrenós de planta de café clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E), 180 (F), 210 (G), 240 (H), 270 (I), 300 (J) e 330 (K) dias após o início da irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ, 2015.....62

Figura 23. Médias do número de entrenós de planta de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....64

Figura 24. Número de entrenós do clone de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas ($Lam = \%ET_0$), respectivamente, no sistema superficial (A) e subperifical (B), Campos dos Goytacazes, RJ.....65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. - Características físicas do solo da área do experimento, Campos dos Goytacazes, RJ.	19
Tabela 2. Características químicas do solo da área do experimento, Campos dos Goytacazes, RJ.....	19
Tabela 3 - Resultados de análises de água utilizada na irrigação do experimento de	

irrigação por gotejamento superficial (S) e subsuperficial (SB) com diferentes lâminas de irrigação na cultura de café conilon, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ...24

Tabela 4. Resumo da análise de variância e de regressão para altura de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....41

Tabela 5. Resumo da análise de variância e regressão para diâmetro da copa de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....46

Tabela 6. Resumo da análise de variância e regressão para diâmetro do caule de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....51

Tabela 7. Resumo da análise de variância e regressão para comprimento do ramo plagiotrópico de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....56

Tabela 8. Resumo da análise de variância e regressão para o número de entrenós do clone 02 da variedade vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação, Campos dos Goytacazes, RJ.....60

1. INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro tem grande importância no desenvolvimento econômico e social brasileiro, propiciando um aumento de divisas e um desenvolvimento acentuado nas regiões produtoras (Martins et al., 2007). O Brasil destaca-se na produção mundial de café, com uma produção de 43,2 milhões de sacas na safra de 2015, sendo 32,09 milhões de sacas de café arábica (*Coffea arabica*) e 11,18 milhões de café conilon (*Coffea canephora*) (CONAB, 2015). Ainda, segundo a CONAB, em 2015 o estado do Rio de Janeiro, que já foi o maior produtor nacional, produziu apenas 309,6 mil sacas de café arábica. Segundo Gandra e Adjuto (2010), os municípios de Bom Jardim e de Varre-Sai, localizados nas regiões Serrana e Noroeste, respectivamente, são os locais que mais produzem café no estado, sendo que em Varre-Sai, 85% da renda do município é oriunda da cadeia produtiva do café.

A irrigação, embora seja uma técnica antiga, há muito tempo vem sendo útil para aumentar a produtividade das culturas em geral. O uso da irrigação diminui o risco dos agricultores quanto às metas de produções a serem alcançadas. Além do incremento de produtividade, a irrigação pode proporcionar um produto qualificado,

de melhor classificação comercial e com perspectiva de bons preços no mercado. O aumento no consumo de café é acompanhado por maior exigência dos consumidores por uma bebida de produto mais refinado. Com isso, a indústria é forçada a colocar no mercado café com qualidade superior e ela, por sua vez, exige que os produtores também se adequem a esse novo padrão de exigência (Carvalho, 2008).

Dentre os vários métodos de irrigação utilizados para a cultura do café, o da irrigação localizada é o que tem maior potencial para economia de água e de energia elétrica, e, dentro dessa categoria, o gotejamento vem se destacando como um dos principais métodos de irrigação por ter potencial de aumentar a produção e, simultaneamente, conservar o solo, os recursos hídricos e o ambiente, apresentando, ainda, outra grande vantagem que é a possibilidade de efetuar fertirrigação, ou seja, aplicação de fertilizantes via irrigação (Coelho et al., 2009). Ressalta-se que os sistemas de produção de café mais tecnificados e com maior produtividade têm maior capacidade de resistir às eventuais flutuações de preço, quando comparados àqueles padrões tradicionais com baixa utilização de tecnologias.

O manejo da irrigação via clima pode ser realizado pela reposição da água consumida pela cultura desde a última irrigação, ou ainda, por meio do balanço hídrico. Este constitui uma ferramenta importante para determinação dos períodos de déficit hídrico e excedente hídrico que interferem diretamente no crescimento, no desenvolvimento e na produção de café em qualquer região. Para aumentar a produção do cafeeiro conilon por unidade de área deve-se adotar um planejamento no manejo da cultura do café que leve em consideração a demanda hídrica da cultura e as condições edafoclimáticas da região (Martins et al., 2011).

Notadamente dois estádios reprodutivos do café podem ser prejudicados com a ocorrência de déficit hídrico: a floração e a granação dos frutos. No primeiro, a ocorrência de estiagem após a florada faz com que haja menor pegamento dos frutos. Já na granação, faz com que aumente a presença de frutos chochos e/ou mal granados. Além desses dois estádios, o crescimento vegetativo do cafeeiro também pode ser prejudicado pelo déficit hídrico (PEZZOPANE et al., 2010). Partes

vegetativas como a copa e o caule têm o diâmetro aumentado à medida que a irrigação tende a suprir o que é perdido por evapotranspiração (Alves et al., 2000). Quanto ao sistema radicular, a maior profundidade de raízes é importante para que a planta sobreviva durante períodos secos.

A irrigação na agricultura, sempre que aplicada de forma racional, tanto nos aspectos técnicos quanto econômicos, pode contribuir para a melhoria do agronegócio de uma região, a qual pode ser considerada como um elemento importante na diversificação agrícola, além de possibilitar colheitas fora de época e melhoria na qualidade do produto.

O Estado do Rio de Janeiro se mostra promissor para o desenvolvimento da cultura, uma vez que o consumo de café no Estado é de 1,3 milhões de sacas ao ano, o que corresponde a 10% do consumo interno brasileiro. Destaca-se que esse estado recebe anualmente cerca de um milhão de turistas estrangeiros, o que aumenta a responsabilidade do estado de apresentar produtos de alta qualidade, de forma a promover a melhoria da imagem do café brasileiro junto a formadores de opinião (CCCRJ, 2010).

A elaboração de políticas públicas de incentivo, bem como a transmissão de tecnologias pelos órgãos de pesquisas junto aos órgãos de extensão, aliadas à vontade dos produtores em mudar o atual cenário Norte Fluminense, é fundamental para a expansão e aumento da produtividade da cafeicultura no estado (Rodrigues et al., 2012). As regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro possuem características favoráveis ao plantio de *Coffea canephora*, tais como altitude, temperatura do ar, insolação e umidade relativa do ar.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estudar o desenvolvimento vegetativo do café conilon na fase inicial em condições de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial com diferentes lâminas de água aplicada.

2.2. Objetivos específicos

1 - Verificar o nível de armazenamento da água no solo, bem como o impacto da água aplicada na transpiração das plantas, ajudando na identificação da melhor lâmina de irrigação dentro de cada tipo de manejo.

2 – Avaliar o desenvolvimento vegetativo, estudar o efeito de lâminas e dos sistemas de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial na fase inicial de desenvolvimento do café conilon.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Origem e classificação botânica do café

O gênero *Coffea* é de origem africana e possui cerca de 104 espécies (Fazuoli, 1986; Davis et al., 2006; Ferrão et al., 2007). O café pertence à classe *Dicotyledonea*, à ordem *Rubiales*, à família *Rubiaceae*, à tribo *Coffeae*, à subtribo *Coffeinae* e ao gênero *Coffea*. Davis et al. (2006) descreveram 103 espécies no gênero *Coffea*, sendo 41 localizadas na África, 59 na ilha de Madagascar e três nas ilhas Mascarenhas. Com o trabalho conduzido por Davis et al. (2011), os autores incluíram, por meio de análises morfológicas e moleculares, mais 21 espécies do subgênero *Psilanthopsis*, totalizando 124 espécies no gênero *Coffea*.

Apesar dessa grande diversidade, apenas duas espécies têm importância econômica relevante no mercado mundial de café. Uma delas é a espécie *Coffea arabica*, conhecida como café arábica, é originada da Etiópia, África, crescendo no sub-bosque de florestas tropicais (Ronchi, 2009).

A outra espécie é *Coffea canephora* e segundo Ferrão et al. (2007), o primeiro cultivo comercial desta espécie iniciou-se no Congo em 1870, usando

sementes de plantas silvestres coletadas às margens do rio Lomani. Em 1900 foram enviadas sementes de *Coffea canephora* do Congo à casa de Horticultura de L. Linden (Bruxelas), que as enviou, posteriormente, para Java, na Indonésia. A Índia também recebeu coleções de plantas oriundas da Indonésia, Uganda, Gana, Madagascar e Costa do Marfim.

Assim, análises fenotípicas, isoenzimáticas e moleculares permitiram dividir a espécie *Coffea canephora* em dois grupos (Montagnon et al, 1992): i) guineano - originário da Costa do Marfim, Libéria e Guiné, as plantas deste grupo são chamadas de Kouilou, em homenagem ao rio Kouilou, localizado entre o Gabão e o Congo. O nome Conilon originou-se da substituição das letras “K” e “U” por “C” e “N”, respectivamente; ii) congolês - originário da República Democrática do Congo, Camarões, Uganda, Gabão e Congo.

As plantas desse segundo grupo são chamadas de robusta, sendo este termo amplamente utilizado como referência à espécie, independente da variedade. “Robusta” traduz-se como rusticidade e resistência, sobretudo, à ferrugem, o que justifica essa denominação. Essa espécie tem origem em sub-bosques densos de florestas equatoriais. (Ferrão et al., 2007).

3.2. Exigências edafoclimáticas do cafeeiro

O ciclo fenológico do cafeeiro é bastante extenso, conseqüentemente, sujeito a significativas diferenças climáticas dentro de uma mesma florada e, portanto, é de suma importância analisar cada estágio fenológico e identificar suas interações com as variáveis climáticas. Variações regionais e interanuais na fenologia de cultivares de café podem ocorrer devido às diferenças edafoclimáticas entre as áreas de cultivo. (Petek et al., 2009).

O cafeeiro necessita de condições climáticas específicas para seu desenvolvimento e dentre os fatores climáticos que influenciam sua produção cita-se: temperatura do ar, a precipitação pluviométrica, os ventos, a umidade relativa do ar e a insolação. Segundo Partelli et al. (2010), o café conilon é cultivado, predominantemente, em áreas de menor altitude, obtendo-se elevado crescimento

quando a média da temperatura mínima do ar é superior a 17 °C e a média das temperaturas máximas inferior a 31,5 °C.

No Brasil, o cultivo do café conilon, ocorre a altitudes inferiores a 500 m, e temperaturas médias de 22 – 26 °C, sendo que 87% da sua produção nacional está concentrada nos estados do Espírito Santo e Rondônia. Temperaturas iguais ou superiores a 34 °C podem favorecer o abortamento floral do cafeeiro e a formação de “estrelinhas”, diminuindo, consideravelmente, a produtividade (Martins et al., 2011).

A demanda hídrica ideal para o desenvolvimento da cultura fica na faixa de 1500 a 1900 mm anuais. Uma precipitação irregular causa floração desuniforme e maturação desigual dos frutos. O teor de umidade do solo influencia diversos processos fisiológicos da planta, considerando-se seu efeito direto sobre o crescimento e indireto na absorção dos nutrientes existentes na solução do solo (Taiz e Zeiger, 2009).

De acordo com Silva et al., (2008), as alterações nas relações hídricas no cafeeiro são de extrema importância, pois, mesmo pequenas modificações nas condições hídricas, podem reduzir intensamente o crescimento, mesmo não ocorrendo as respostas típicas das plantas nessas condições, como a murcha das folhas. Portanto, características da estrutura interna das folhas podem ser importantes para discriminar o nível de tolerância ao estresse hídrico.

De forma geral, baixas temperaturas e déficit hídrico afetam diversos componentes do processo fotossintético, pois reduzem a condutância estomática, fotossíntese líquida, eficiência fotoquímica do fotossistema II, transporte tilacoidal de elétrons, atividade enzimática e o metabolismo do carbono, alterando, ainda, a composição e a estrutura dos complexos de pigmentos fotossintéticos e dos ácidos graxos na cultura do café (Praxedes et al. 2006, Partelli et al. 2010).

A cultura do cafeeiro apresenta baixa capacidade de absorção de água. Assim sendo, em condições de baixa umidade relativa do ar, a velocidade de transpiração pode ser maior que a absorção de água, levando à desidratação, mesmo com água disponível no solo. Umidade relativa do ar abaixo de 50% pode causar a murcha das folhas do cafeeiro, aliada à ação do vento. Umidade relativa do ar entre 50 e 70% é considerada satisfatória e de 70 a 80%, ideal. Entretanto, a

umidade relativa do ar muito alta pode facilitar o aparecimento de doenças fúngicas e bacterianas (Fernandes et al., 2012).

3.3. Irrigação em Cafeeiro

O uso da irrigação tem proporcionado a produção de café em regiões com precipitação pluvial aquém das suas necessidades, tendo sido verificados aumentos consideráveis de produtividade e qualidade da bebida obtida com a lavoura irrigada. Nas regiões consideradas marginais à cafeicultura, muitos plantios efetuados sem o suprimento complementar de água foram seriamente prejudicados. O efeito da irrigação no crescimento vegetativo, na produção do cafeeiro e a melhoria na qualidade da sua produção são bem documentados na literatura. (Fernandes et al., 2012).

De acordo com Matiello et al. (2009), a ampliação de áreas cultivadas para regiões mais secas e o aumento do déficit hídrico, mesmo em regiões tradicionalmente consideradas aptas, intensificaram o uso da irrigação, cuja implantação traduz-se em retornos produtivos vantajosos com ótima relação custo/benefício, como também, por eliminar riscos sobre os investimentos realizados no processo produtivo, especialmente nos sistemas de produção mais tecnificados. Entretanto, a irrigação apresenta como principal desafio a quantificação adequada do volume de água a ser aplicado por um determinado sistema, nos diferentes períodos de crescimento e frutificação do cafeeiro. Este fato ressalta a importância de um manejo correto de irrigação a fim de proporcionar o uso adequado da água.

O cafeeiro necessita de água facilmente disponível no solo, em sua fase vegetativa, para promover o crescimento dos ramos laterais e, em sua fase reprodutiva, para se desenvolver e produzir satisfatoriamente. Segundo Guerra et al., (2007), fora do período de estresse hídrico, as irrigações devem ser feitas de modo a suprir as necessidades hídricas do cafeeiro, para que as plantas possam expressar seu potencial de crescimento e produção. Desta forma, existem diversos equipamentos, metodologias e modelos agrometeorológicos utilizados no manejo da irrigação. Dessa forma, para definição adequada da lâmina a ser aplicada, faz-se necessário o monitoramento dos elementos meteorológicos e dos métodos relativos à umidade do solo (Scalco et al., 2012).

Existem vários sistemas que podem ser empregados para aplicação de água e esta grande variação ocorre devido aos diferentes tipos de solo, clima, disponibilidade de água, energia e condições socioeconômicas. Assim, é de suma importância que a escolha do sistema seja feita de forma criteriosa, analisando as condições presentes, em função das exigências, visando atender à necessidade específica, considerando os interesses envolvidos (EMBRAPA,2010).

3.3.1. Pivô central

O sistema pivô central é utilizado por cafeicultores empresariais, com predomínio de plantios superiores a 100 ha. Os primeiros pivôs centrais utilizados para café foram adaptados de outras lavouras, com irrigação em área total, ou seja, tanto nas linhas de café quanto nas entre linhas. Apesar de viabilizar a cafeicultura empresarial nas regiões de cerrado, o sistema de pivô central apresenta o inconveniente da aplicação de grandes volumes de água e com irrigação das entre linhas do café (Fernandes, 2006).

Evangelista (2011), em seu trabalho intitulado “Viabilidade Financeira da Produção de Café Irrigado em Regiões Aptas ao Cultivo não Irrigado” utilizando pivô-central com os seguintes tratamentos (lâminas de água): TR1= 0; TR2= 60% KcET; TR3= 80% KcET, TR4=100% KcET; TR5=120% KcET e TR6=140% KcET, concluiu que, nas condições avaliadas, só é viável, economicamente, plantio de café em sequeiro com uma produtividade acima de $38,83 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$. Em áreas irrigadas a produtividade média deve ser de $61,24 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$ em duas safras consecutivas para cobrir os custos totais da atividade sendo igual a receita total. Como obteve uma produtividade de $149,67 \text{ sc}\cdot\text{ha}^{-1}$ com duas safras no tratamento 4 (100% KcET) o autor concluiu que a irrigação do cafeeiro é viável economicamente em regiões climaticamente viáveis ao cultivo de sequeiro.

Custódio et al. (2014), avaliaram o efeito da irrigação por pivô central com diferentes níveis de aplicação de água (0 -não-irrigado, 60, 80, 100, 120 e 140% da lâmina evaporada do tanque “Classe A”) sobre a incidência de ferrugem em café. Os autores observaram que o progresso da doença foi significativamente influenciado pelos diferentes níveis de água; a maior incidência de ferrugem ocorreu com níveis

mais baixos de água: 0, 60 e 80%, ao passo que, a menor incidência foi detectada com maiores níveis de água: 120 e 140%. Este estudo identificou que os métodos de irrigação e níveis de lâmina de água podem afetar decisivamente o comportamento epidemiológico das doenças.

3.3.2. Aspersão

A aplicação de água nos sistemas de irrigação por aspersão se faz pela divisão de um ou mais jatos de água em uma grande quantidade de pequenas gotas no ar, que caem sobre o solo na forma de uma chuva artificial. A passagem de água sob pressão através de orifícios de pequena dimensão é o que causa o fracionamento do jato. Com o auxílio, via de regra, de um sistema de bombeamento, a água percorre um conjunto de tubulações gerando uma pressão suficiente para acionar os aspersores. A ocorrência de ventos fortes ou grandes variações de velocidade e direção constitui importante limitação ao uso da irrigação por aspersão, pois diminui acentuadamente a uniformidade de distribuição de água pelos aspersores e pode reduzir a eficiência de irrigação (Biscaro, 2009).

Dentre as principais vantagens apresentadas por esse método destacam-se a não exigência de um processo de sistematização do terreno e a disponibilidade de maior área cultivável. As desvantagens da aspersão estão relacionadas ao elevado custo inicial, à susceptibilidade à interferência de aplicação devido ao vento, às elevadas perdas por evaporação da água diretamente do jato fracionado e à exigência de um sistema de motobomba com elevada potência, dependendo da área a ser irrigada. Também ocorre que, como os sistemas de aspersão molham uma considerável área do terreno, há o favorecimento da proliferação de plantas daninhas e, devido à força do impacto da gota sobre a superfície solo, o mesmo pode apresentar selamento superficial (Biscaro, 2009).

Fernandes et al. (2012), obtiveram resultados positivos utilizando a irrigação por aspersão em malha em experimento com café, em Uberaba, MG. No sistema de aspersão em malha, as linhas laterais, de derivação e a principal são enterradas, necessitando apenas da mudança dos aspersores. Com isso, a mão de obra é sensivelmente reduzida em comparação com o sistema de aspersão convencional,

que necessita de mudança tanto dos aspersores quanto das linhas laterais. Nestes projetos, os aspersores instalados são espaçados desde 12 x 12 m até 24 x 24 m. A tecnologia tem alta uniformidade de aplicação de água, tornando-se mais atraente aos pequenos produtores rurais.

3.3.3. Irrigação localizada – Gotejamento (superficial e subsuperficial)

Dentre os métodos de irrigação, o localizado é o que tem maior potencial para economia de água e de energia elétrica, e, nesse método, o gotejamento vem se destacando, por aplicar a água em apenas parte da área, reduzindo a superfície do solo que fica molhada, exposta às perdas por evaporação. Assim, a eficiência de aplicação é maior e o consumo de água, menor. Além disso, apresenta a possibilidade de se efetuar fertirrigação, ou seja, aplicação de fertilizantes via irrigação. (Coelho et al.2009).

A introdução de sistemas de irrigação por gotejamento em escala comercial na cultura do café ocorreu durante a década de 90. Na segunda metade dessa década, os sistemas de gotejamento se popularizaram e sua aplicação em lavouras de café cresceu de forma significativa (Martins et al., 2007). A irrigação por gotejamento apresenta estreita relação de aplicabilidade com a cultura do café, motivo pelo qual vem apresentando uma ampla expansão. Trata-se do sistema que melhor se ajusta à irrigação do cafeeiro; normalmente é utilizada distribuindo a tubulação de polietileno ao lado da linha de plantio sobre a superfície do solo.

Alguns trabalhos têm avaliado o uso de sistemas de irrigação subsuperficial, para não influenciar e não ser influenciado pelos tratamentos culturais e colheitas. A irrigação por gotejamento subsuperficial é definida, segundo como um sistema de irrigação que tem o solo como meio de propagação da água, no qual os emissores ficam sob a superfície do solo e dentro da camada que representa a profundidade efetiva do sistema radicular das plantas. O interesse por esse sistema cresce devido às necessidades de aumento de produção e da eficiência do uso da água e nutrientes, uma vez que estes podem ser completamente aproveitados (Azevedo 1986).

Entretanto, esse sistema ainda não foi estudado de forma abrangente e detalhada, apesar de, no Brasil, já haver milhares de hectares irrigados com esse sistema. O principal objetivo buscado é maximizar a eficiência do uso da água, e a maior difusão do gotejamento subsuperficial tem ocorrido nas regiões em que o solo tem grande escassez de água, e também em locais sob condições climáticas determinantes de grande evapotranspiração, como o oeste dos EUA e Israel (Juan, 2000).

Dentre as vantagens do uso da irrigação subsuperficial: redução do total de água requerida; melhor aproveitamento de água e nutrientes devido à aplicação diretamente na zona de maior massa radicular das plantas; redução da evaporação de água, da população de plantas daninhas e do acúmulo de sais na superfície devido à manutenção de 15-20 cm de solo seco na superfície; menor interferência em tratos culturais (capinas, pulverizações etc.) e na colheita das culturas; redução de danos mecânicos ao sistema de irrigação; percolações desprezíveis de água e sais solúveis abaixo da zona radicular; sistema radicular mais profundo e menores perdas de nitrato abaixo da zona radicular; eliminação do problema de crostas superficiais impermeabilizantes do terreno, e de escoamento superficial, com aumento da uniformidade de infiltração; menor incidência de doenças por evitar o contato da água com as folhas (Juan 200).

No entanto, há algumas desvantagens como, por exemplo, os sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial exigem boa filtragem e é imprescindível o uso de ventosas de duplo efeito em todos os pontos altos do sistema para prevenir sucção e entrada de solo na tubulação, especialmente em declives acentuados. A instalação de tubos secundários de lavagem que conectam os finais de todas as laterais facilita a limpeza rápida das mesmas. Existem gotejadores com dispositivos antissucção, estes gotejadores são constituídos de uma esfera que se movimenta dentro do pequeno tubo que compõe o corpo do gotejador, vedando totalmente a entrada de ar e de solução de solo (Gornat & Nogueira, 2003). De acordo com Vicente et al. (2003), experimentos mostraram um melhor desempenho dos tratamentos irrigados superficial e subsuperficialmente sobre o tratamento não irrigado, não havendo diferença significativa entre os tratamentos irrigados.

3.3.4. Microaspersão

Com problemas de entupimento de gotejadores, surgiram os microaspersores, os quais normalmente trabalham com pressão de 5 a 30 mca e com vazão de 20 a 160 l/h. Existem no mercado vários tipos de microaspersores, desde os mais complexos até os constituídos de uma simples “espátula” na extremidade de um microtubo com diâmetro acima de 6 mm. Eles são menos sensíveis ao entupimento, quando comparados aos gotejadores, e se adaptam muito bem à irrigação em casa de vegetação e, principalmente, na fruticultura – nesse último caso, com um microaspersor por cova (Bernardo, 2005). O sistema de irrigação por microaspersão caracteriza-se pela aplicação de água diretamente sobre a região explorada pelo sistema radicular da cultura, com pequenas vazões e alta frequência, o que contribui para manter um conteúdo adequado de umidade do solo (Bernardo et al., 2006).

Esse método de irrigação por microaspersão tem um consumo menor de energia e necessita de menos mão de obra para o manejo do sistema. Além disso, precisa de sistemas de filtragem para seu correto funcionamento, podendo apresentar valores de eficiência de uniformidade de aplicação de água da ordem de 85 a 95% (Mantovani et al., 2007). É relevante ressaltar, que a distribuição de água pelo sistema de irrigação localizada é influenciada pela alteração de pressão ao longo das tubulações, devido ao entupimento dos emissores. Assim, é essencial avaliar os sistemas periodicamente, de modo a minimizar perdas de água, energia elétrica e fertilizantes.

Martins et.al (2013), estudando o desempenho de sistemas de irrigação no Sul do Estado do Espírito Santo, concluíram que o sistema de irrigação localizada apresentou boa uniformidade de aplicação de água, porém a lâmina aplicada é excessiva, muito superior à lâmina real necessária às plantas. Por outro lado, o sistema de irrigação por aspersão apresentou baixa uniformidade de aplicação de água, no entanto, a lâmina aplicada é mais próxima da adequada. Logo, conclui-se que a avaliação periódica da uniformidade de aplicação de água e a adoção de práticas de manejo são fundamentais, independente do sistema de irrigação.

3.3.5. Irrigação Split-root

A técnica de irrigação por split-root requer que uma parte do sistema radicular seja exposta a uma boa disponibilidade hídrica e a outra esteja submetida a estresse hídrico. Assim, as raízes do lado de boa disponibilidade hídrica mantêm o status de água da planta, enquanto que as raízes submetidas a um déficit hídrico podem enviar sinais químicos via xilema para a parte aérea originária das raízes, possivelmente sintetizando o ácido abscísico (ABA). Isso pode permitir que estes sinais, transportados para parte aérea via corrente transpiratória, promovam a diminuição da condutância estomática, da fotossíntese, e do crescimento (De Deus et al., 2010). De acordo com esses autores, experimentos realizados na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro com plantas de cana-de-açúcar em sistema radicular Split-root se mostraram eficientes para reduzir o consumo de água sem prejudicar a nutrição e a fotossíntese da planta.

Segundo Azevedo et al. (2012), a irrigação utilizada de forma racional pode promover uma economia de aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida. Em estudos conduzidos com lima ácida, as irrigações eram realizadas com um ou dois microaspersores localizados a 2,5 m do tronco. Os tratamentos analisados foram: T1, T2, T3 (50% ETc), que constituíram de plantas irrigadas por um microaspersor com sua posição alternada a cada 7, 14 e 21 dias, respectivamente. T4 (controle - 100% ETc) tratamento testemunha com irrigação fixa utilizando dois microaspersores por planta, molhando simultaneamente os lados opostos do sistema radicular, representando o manejo de irrigação desenvolvido na fazenda. Os autores concluíram que a irrigação alternando 14 em 14 dias o lado molhado, apresentou um maior comprimento de raízes em relação aos outros tratamentos realizados no experimento.

3.4. Balanço hídrico

O manejo da irrigação via clima pode ser realizado pela reposição da água consumida pela cultura desde a última irrigação, ou ainda, por meio do balanço hídrico. Este constitui uma ferramenta importante para determinação dos períodos de

déficit hídrico e excedente hídrico que interferem diretamente no crescimento, no desenvolvimento e na produção de café em qualquer região. Assim, ele é compreendido como contabilização das entradas e saídas de água do solo, regido pelo princípio de conservação de massa, em um determinado volume de solo, que possibilita monitorar a variação do armazenamento de água no solo. Portanto, sua interpretação fornece informações sobre ganho, perda e armazenamento da água pelo solo (Carvalho, 2008).

A irrigação, a precipitação e a ascensão capilar são os componentes de entrada no balanço hídrico e as perdas por percolação profunda, escoamento superficial e consumo de água pelas plantas são os componentes de saída (Martins et al., 2007). O balanço hídrico climatológico (BHC) foi desenvolvido por Thornthwaite e Mather para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. Para seu cálculo, há necessidade de se definir o armazenamento máximo no solo (Capacidade de Água Disponível - CAD), a medida da chuva total e a estimativa da evapotranspiração em cada período.

De posse dessas informações, o balanço hídrico permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico e o total de água retida no solo em cada período. O balanço hídrico como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos (Lima e Santos, 2009).

Os valores positivos de balanço hídrico indicam excedentes hídricos e os negativos, deficiência hídrica. Ocorre excedente de água sempre que a precipitação for superior à quantidade necessária para atender a evapotranspiração potencial, e completar o armazenamento de água no volume de solo delimitado pela profundidade efetiva das raízes da cultura em questão. A deficiência aparece sempre que o solo não conseguir suplementar a demanda atmosférica. O balanço hídrico contabiliza a precipitação perante a evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de armazenamento de água no solo.

Martins et al. (2011), apresentaram o balanço hídrico da cultura do café conilon nas condições edafoclimáticas do Município de Ecoporanga-ES. Os autores concluíram que o déficit hídrico anual varia de 113 a 620 mm para o solo de textura média e de 173 a 730 mm para o solo de textura arenosa, ambos distribuídos entre os meses de janeiro a outubro. O excedente hídrico para o solo de textura média variou de 32 a 293 mm e no solo de textura arenosa variou de 14 a 223 mm. Os maiores valores de excedente hídrico ocorreram nos meses de novembro e dezembro. Considerando os valores e o período de ocorrência do déficit hídrico é possível afirmar que há necessidade do uso da irrigação suplementar para atender a demanda da cultura e evitar que a mesma apresente sintomas de deficiência hídrica, devido à ausência de água disponível no solo em alguns meses do ano.

Santos et al. (2010), elaboraram o balanço hídrico mensal para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. Os resultados mostraram que esta região apresenta oito meses de deficiência hídrica no solo, chegando a 490 mm ao ano, concentrando-se nos meses de junho a setembro, o que demonstra que para se garantir altas produtividades e a qualidade da produção agrícola há a necessidade de um planejamento integrado dos recursos hídricos para a implantação do uso de sistemas de irrigação dimensionados para atender de 3,9 a 4,6 mm·dia⁻¹ segundo o critério de maior deficiência ou de maior demanda.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado em uma área pertencente à estação evapotranspirométrica da UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro), localizada nas dependências do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (CEPEAA), da Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Campos dos Goytacazes, RJ (Figura 1). A localização geográfica consta de 21°44'47" latitude Sul e 41°18'24" longitude Oeste e 11 m de altitude, referidas ao Datun WGS1984.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região Norte Fluminense, é classificado com 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 1.053 mm (Mendonça et. al., 2007).



Figura 1. Vista aérea do experimento, Campos dos Goytacazes, região Norte Fluminense do Rio de Janeiro.

O solo da área experimental apresenta topografia plana e foi classificado como Neossolo flúvico Tb distrófico, segundo o sistema brasileiro de classificação de solo da EMBRAPA (1999), cujas características físicas e químicas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

4.2. Instalação e condução do experimento

No presente trabalho foram avaliados diferentes manejos de irrigação em cafeeiros da espécie *canephora*. Os genótipos utilizados foram clones da variedade Vitória: o clone 02 com ciclo precoce, e os clones polinizadores foram: clone 3V (ciclo médio), clone 6V (ciclo médio), clone 11V (ciclo precoce) e clone P2 (ciclo médio). As mudas foram produzidas em viveiro especializado em produção da espécie *Coffea canephora*, no estado do Espírito Santo. Essas mudas foram

Tabela 1. - Características físicas do solo da área do experimento. Campos dos Goytacazes, RJ.

Profundidade m	Granulometria (g.kg ⁻¹)			Teor de água		Densidade do solo (g.cm ⁻³)
	Areia	Argila	Silte	CC (%)	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	357	64	28	22	1,65

CC= Capacidade de campo. PMP= Ponto de murcha permanente.

Tabela 2. Características químicas do solo da área do experimento. Campos dos Goytacazes, RJ.

Profundidade	MO	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	C	S.B	T	t	m	V
M	g.dm ⁻³	H ₂ O	mg.dm ⁻³		-----cmol _c .dm ⁻³ -----				%	-----cmolc.dm ⁻³ -----					%
0 - 0,2	16,6	6,2	17,0	79	1,8	0,7	0,01	0	2,4	0,96	2,7	3,22	2,7	0	57,24
0,2 - 0,4	11,0	5,7	6,0	74	1,3	0,5	0,02	0	1,9	0,64	2,0	4,06	2,0	0	59,88

MO= Matéria orgânica. S.B.= Soma de Bases. T= CTC a pH 7,0. t= CTC efetiva. m= Saturação por Alumínio. V= Saturação de bases.

adquiridas no mês de abril de 2014, com aproximadamente 15 cm de altura foram aclimatadas por 30 dias para, posteriormente, serem transplantadas, no dia 21 de maio do mesmo ano. Foram transplantadas 350 mudas, em sulcos de 30 cm de profundidade, sendo 190 delas usadas como polinizadoras (Figura 2).

A necessidade de calagem foi determinada pelo Método de Saturação por Bases (SB) e visou atingir o valor de 70%, sendo o calcário dolomítico aplicado superficialmente 90 dias antes do plantio. A adubação foi realizada dentro do sulco, em covas, com adição de 200 g de superfosfato simples, cinco litros de esterco de curral e 20 g do formulado com micronutrientes FTE - BR12, cuja composição por kg é de 18 g de B; 8,0 g de Cu; 30 g de Fe; 30 g de Mn; 1,0 g de Mo e 90 g de Zn. As adubações subsequentes foram realizadas conforme a recomendação para cultura (Prezotti et al., 2014) e com base na análise de solo. Após 60 dias decorridos do transplante iniciou-se a fertirrigação.

Os tratamentos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro. Realizou-se controle químico para pragas e doenças de forma preventiva, utilizando-se o produto Actara, em dosagem única de $150\text{g}\cdot 20\text{L}^{-1}$ água, com aplicação de 50 ml da solução em cada planta, via solo. Para o controle da ferrugem foi aplicado o fungicida Ópera $1,5\text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, também em dosagem única, via foliar. Em relação ao controle de plantas daninhas, este foi realizado por meio de capina manual.

Na região Norte Fluminense há ocorrência de ventos relativamente intensos e a cultura do cafeeiro é extremamente sensível ao vento, podendo causar rupturas nas folhas e entrada de patógenos. Para mitigar esses danos foi implantado um quebra vento natural com capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumach.) nas laterais do experimento, a uma distância de seis metros das extremidades.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, composto pelos fatores: Fator I (parcelas): sistema de irrigação (superficial e subsuperficial). Fator II (subparcelas): Lâminas de água (testemunha, 25, 50, 100 e 125% da ET_0), estas se constituíram nos tratamentos. O espaçamento utilizado foi de 2,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas na linha, totalizando uma área de $22,5\text{ m}^2$ por subparcela e área útil

da subparcela com 15 m². Cada subparcela constituiu-se de seis plantas, sendo as duas das extremidades consideradas bordaduras.

No sistema de irrigação superficial as mangueiras com diâmetro de 16 mm, da marca “NETAFIN” foram instaladas na superfície do solo com dois emissores a uma distância de 30 cm da haste da planta (um de cada lado). No sistema subsuperficial as mangueiras de irrigação ultrapassaram o terço inferior das garrafas PET de 2 litros, onde foram instalados os emissores no interior das mesmas. O objetivo do uso das garrafas PET foi proteger o emissor de entupimentos e penetração de raízes do cafeeiro, já que esses são os maiores entraves da irrigação subsuperficial. Cada planta recebeu dois emissores a uma distância de 30 cm da haste (um de cada lado), no interior das garrafas a uma profundidade de aproximadamente 23 cm.

A água foi aplicada com gotejadores da marca “NETAFIN”, de diferentes vazões. A utilização de emissores com diferentes vazões foi para facilitar o manejo durante a irrigação, podendo irrigar todo o experimento de uma só vez, sendo o controle das lâminas aplicadas realizado em função das vazões dos emissores. Para reposição da lâmina com 25% da ET_0 foi utilizado um emissor com vazão de 2,5 Lh⁻¹; já para lâmina com 50% da ET_0 foram utilizados dois emissores com vazão 2,5 Lh⁻¹; para lâmina com 100% da ET_0 foram utilizados dois emissores com vazão de 4 Lh⁻¹ e para uma lâmina de 125% da ET_0 foram utilizados dois emissores com vazão de 2,5 e 8 L·h⁻¹ respectivamente.

Após todos os procedimentos realizados, as mangueiras foram cobertas, deixando expostas apenas as tampas das garrafas para observações posteriores. As irrigações realizadas no período de 21 de maio de 2014 a 05 de dezembro de 2014 foram feitas através do sistema de irrigação montado para a fertirrigação aplicando a mesma quantidade de água para todos os tratamentos. O croqui do experimento encontra-se na Figura 3.

4.3. Manejo de irrigação

O sistema de irrigação utilizado no experimento constava de um conjunto motobomba com potência de 0,5 cv, um filtro artesanal, um cabeçal de controle com

registro e dois manômetros: um na entrada da rede principal, por meio do qual se aferia a pressão de entrada do sistema de irrigação, mantida próximo a 5 mca e outro no final da mesma. A água utilizada foi explotada de um poço artesiano de 98 m de profundidade e armazenada em um reservatório de 5000 L. Uma amostra dessa água foi enviada para exame físico-químico no Laboratório da FUNDENOR - Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional, cujos resultados são apresentados na Tabela 3.

A curva de calibração do sistema de irrigação foi realizada de acordo com o método: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). Esses métodos consistem em avaliar a uniformidade de aplicação de água, em sistemas de irrigação por gotejamento.

$$CUD = 100 \frac{q_{25\%}}{q_m} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que: $q_{25\%}$ = média do menor quartil das vazões observadas, em Lh^{-1} ; e q_m = vazão média dos gotejadores, em Lh^{-1} .

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum q_i - q_m}{n \cdot q_m} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

em que: CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; q_i = vazão de cada gotejador, Lh^{-1} . n = número de gotejadores.

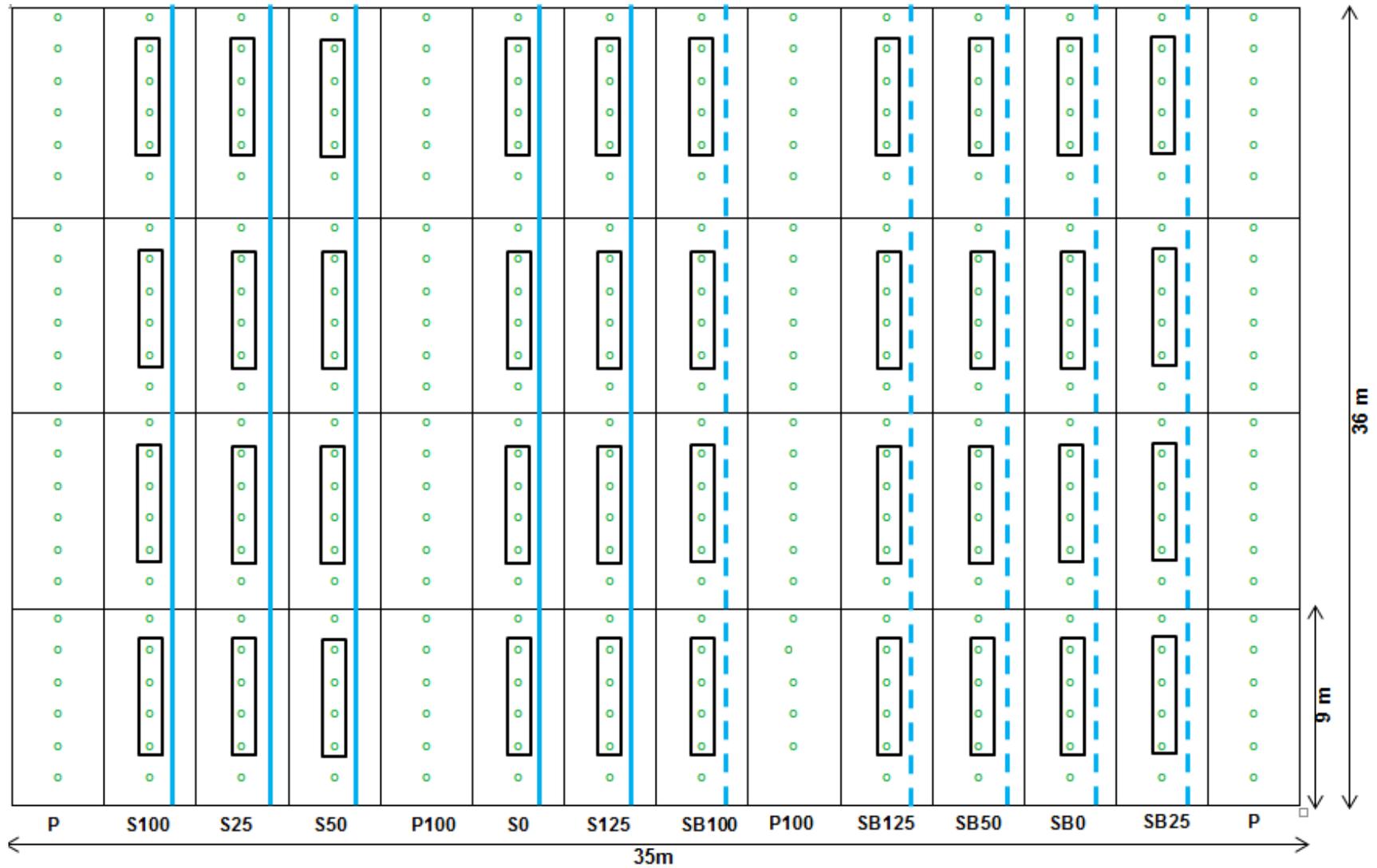


Figura 2. Croqui do experimento de irrigação por gotejamento superficial (S) e subsuperficial (SB) com diferentes lâminas de irrigação na cultura de café conilon, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ.

Tabela 3 - Resultados de análises de água utilizada na irrigação do experimento de irrigação por gotejamento superficial (S) e subsuperficial (SB) com diferentes lâminas de irrigação na cultura de café conilon, PESAGRO, Campos dos Goytacazes, RJ.

Análise	Resultados	VMP
pH	5,70	6,0 – 9,5
Condutividade elétrica (dS/m)	0,69	-
K (potássio)	10,95	-
Na (sódio)	65,78	200 mg/L
Ca (cálcio)	25,30	200 mg/L
Mg (magnésio)	14,50	150 mg/L
Fe (ferro)	4,41	0,30 mg/L
Cu (cobre)	0,00	2,00 mg/L
Zn (zinco)	0,02	5,00 mg/L
Mn (manganês)	0,10	0,10 mg/L
Co ₃ (carbonato)	0,00	-
HCO ₃ (bicarbonato)	8,39	-
S (enxofre)	2,40	250 mg/L
Cl (cloreto)	195,8	250 mg/L
Pb (chumbo)	0,00	0,10 mg/L
Cd (cádmio)	0,00	0,01 mg/L

As lâminas de irrigação foram determinadas em função da evapotranspiração de referência (ET_0), que foi calculada a partir do método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), (Equação 3) com dados observados de uma estação automática localizada próximo à área do plantio.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (\text{Eq. 3})$$

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

4.4. Balanço hídrico

Com o objetivo de quantificar o armazenamento da água no solo no experimento de café conilon, nas condições edafoclimáticas de Campos dos Goytacazes, foi elaborado um balanço hídrico decendial, seguindo metodologia desenvolvida por Thornthwaite e Mather (1955) e programado em uma planilha eletrônica por Rolim et. al. (1998), disponível em <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306.html>. O balanço hídrico foi elaborado para o período compreendido entre 05/12/2014 e 05/12/2015 e teve por objetivo monitorar o armazenamento da água no solo e com isso, aferir a capacidade e a variação da reposição da água em cada tratamento.

Os valores da evapotranspiração potencial (ETP) foram estimados pela Equação 4.

$$ETP_{(T)} = 16 * \left(\frac{10 * T_{\text{méd}}}{I} \right)^{\alpha} \quad (\text{Eq. 4})$$

em que, ETP é a evapotranspiração potencial estimada por Thornthwaite, mm; I é o índice que expressa o calor disponível na região e obtido pela Equação 5 e α , obtido pela equação $\alpha = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} \times I + 0,49239$.

$$I = \sum_{n=1}^n (0,2T_{\text{méd}})^{1.514} \quad (\text{Eq. 5})$$

Para a obtenção da lâmina atual de água no solo, utilizou-se o princípio do balanço hídrico segundo a Equação 6.

$LAA_{ATUAL} = LAA_{ANTERIOR} + P - ETR_{ANTERIOR}$	(Eq. 6)
-----------------------------------------------------	---------

Em que:

LAA_{atual} é a lâmina de água atual no solo, em mm;

$LAA_{anterior}$ é a lâmina de água atual no solo, no dia anterior, em mm;

P é a precipitação, em mm e ETR é a evapotranspiração real do dia anterior, em mm dia⁻¹ obtida pela seguinte Equação 7:

$$ETr = ETo * Kc * Ks \quad (\text{Eq. 7})$$

Gutierrez e Meinzer (1994) obtiveram valores de Kc de 0,58 para cafeeiros de até 12 meses de idade e 0,75 a 0,79 para cafeeiros de 24 a 48 meses. Com base nesses dados adotou-se valor para $Kc = 0,7$, permanecendo até a data da última avaliação.

A ETo utilizada nesse balanço foi obtida pela Equação 3 e o coeficiente de umidade do solo - Ks foi obtido segundo Bernardo et al. (2005), representado na Equação 8:

$$Ks = \frac{\ln(LAA + 1)}{\ln(CTA + 1)} \quad (\text{Eq. 8})$$

Em que:

LAA é a lâmina atual de água no solo, mm;

CTA é a capacidade total de água no solo, mm.

O limite de manejo de água no solo foi estabelecido de acordo com a profundidade das raízes que, durante o período avaliado, foi de 30 cm.

4.5. Características morfológicas avaliadas

O desenvolvimento vegetativo do cafeeiro foi avaliado mensalmente, no período de janeiro de 2015 a novembro de 2015, estabelecendo-se 11 avaliações. As mensurações foram realizadas em quatro plantas individuais de cada parcela. Foram avaliadas as seguintes características morfológicas:

- **Altura de plantas (AP)** medida com régua graduada a partir do colo até o último entrenó da planta, (em cm) (Figura 4A);
- **Diâmetro da copa (DCO)** - medido no sentido Norte - Sul e Leste - Oeste perfazendo uma média das duas medidas no topo da planta (em cm) (Figura 4B);
- **Diâmetro do caule (DCA)** - medido com paquímetro digital a uma altura de 10 cm em relação à superfície do solo (em mm) (Figura 4C);
- **Comprimento do ramo plagiotrópico (CRP)**- obtido pela média do primeiro par de ramos (um de cada lado) selecionado nas plantas, (em cm) (Figura 4D);
- **Número de entrenós no ramo ortotrópico (NE)** - obtido pela contagem dos entrenós nos ramos ortotrópicos das plantas da área útil das subparcelas.

Na Figura 3 são apresentadas fotos da coleta de dados no período experimental.



Figura 3. Mensurações das características morfológicas: altura de planta (A), diâmetro da copa (B), diâmetro do caule (C) e comprimento do ramo plagiotrópico (D) no cafeeiro conilon. Campos dos Goytacazes, RJ.

4.6. Análise estatística

Os dados obtidos, considerando a média da parcela, foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o *software* SAS (SAS INSTITUTE, 1997). Avaliou-se os tipos de sistema de irrigação (superficial e subsuperficial), bem como as lâminas de irrigação (tratamentos).

Para os tratamentos, quando apresentaram diferenças significativas pelo teste F, foi aplicado o teste de regressão e obtidas equações segundo o modelo

linear, de segundo, terceiro e quarto grau, considerando o caso dos níveis do fator quantitativo: níveis de ET_0 . Para a seleção de um melhor modelo de regressão foi selecionada a equação de regressão significativa, em que a posterior a essa foi não significativa, considerando ainda o modelo que possui a maior parte da variação total, que pode ser observado pelos quadrados médios. Também foi calculado o coeficiente de determinação das equações dos referidos modelos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Manejo da Irrigação

O valor do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) foi de 93,13%, considerado excelente, segundo Mantovani (2001). Quanto maior o valor do CUC, menor será a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produção máxima e de acordo com Bernardo (2006), o limite mínimo de CUC aceitável em um sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

O sistema de irrigação por gotejamento conforme as condições de campo, apresentou um coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de 88,5% que segundo os critérios propostos por Merriam e Keller (1978), possui um grau de aceitabilidade considerado bom. O resultado obtido do CUD está acima dos valores convencionalmente recomendados para o funcionamento adequado de um sistema de irrigação localizada, que segundo Mantovani (2001) é de 84%. Santos et al. (2003), em trabalho experimental, avaliaram a uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em subsuperfície, instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* H.B.K.), constataram que a mangueira gotejadora apresentou

grande variação em sua uniformidade de distribuição, sendo que, após 13 meses de uso em campo variou de 98%, para 15,7% no CUC e 97%, para 0,2% no CUD. Com tal afirmação, pode-se notar que o método por gotejamento subsuperficial, além de ter uma grande variação de uniformidade por estar exposto a danos pelo sistema radicular, apresenta maior uniformidade de distribuição que o sistema avaliado apenas no início de utilização.

Na Figura 4 estão apresentados os dados mensais de precipitação pluviométrica (A), da temperatura média do ar (B), umidade relativa do ar (C) e evapotranspiração de referência mensal (D) no período entre janeiro a novembro de 2015. A temperatura do ar é o elemento meteorológico mais importante para a definição da aptidão climática do cafeeiro e a maioria dos estudos são voltados para o café arábica, havendo poucas informações sobre o efeito da temperatura do ar sobre o café conilon (Monteiro, 2009).

Durante o período de avaliação foi registrada temperatura do ar média de 25 °C. Observa-se que os maiores valores de temperaturas médias foram registrados nos meses de janeiro, fevereiro e março. Nos meses de junho, julho e agosto foram observadas as temperaturas médias mais baixas do período avaliado. Esses valores de temperatura são considerados favoráveis ao desenvolvimento do café conilon. Matiello et al. (2005), relataram que temperaturas entre 30 °C durante o dia e 23 °C durante a noite são favoráveis para o crescimento do cafeeiro jovem até um ano e meio de idade e após esse período as temperaturas ideais diminuem e situam-se em torno de 23 °C e 17 °C, sendo que a máxima fotossíntese ocorre a uma temperatura de 24 °C, havendo um decréscimo de 10% a cada grau elevado, sendo que aos 34 °C a fotossíntese líquida é nula.

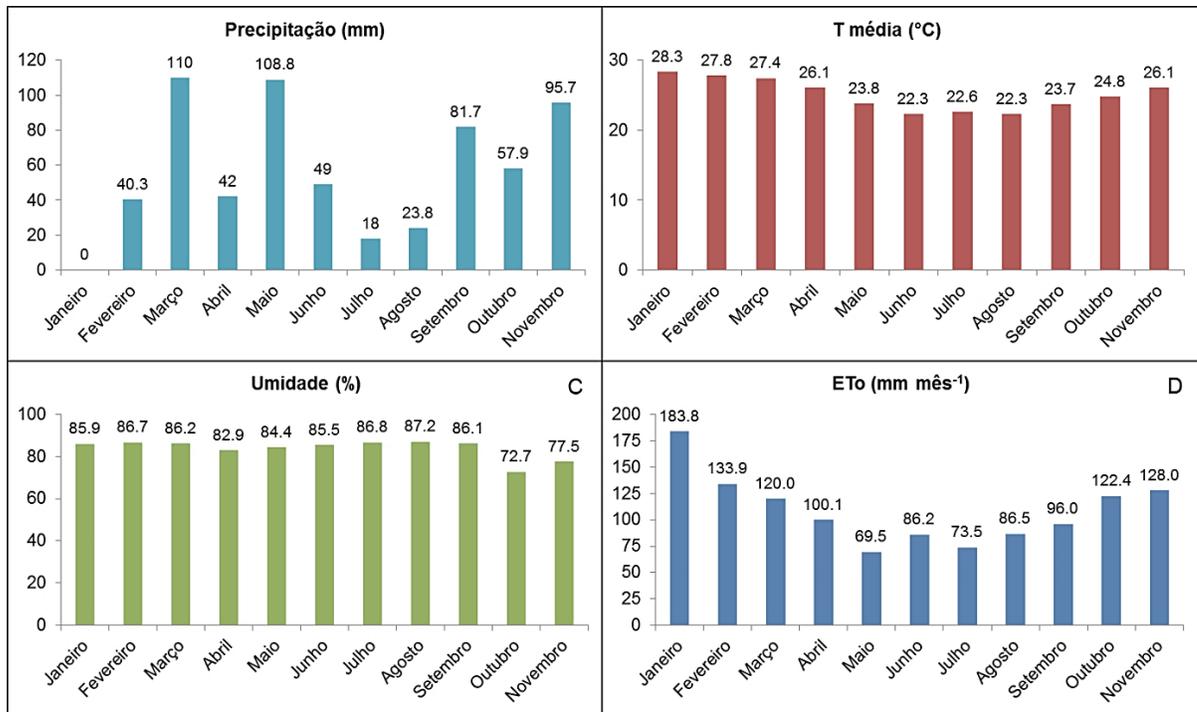


Figura 4 A) Precipitação pluviométrica mensal (mm); B) Temperatura média do ar (°C); C) média da umidade relativa do ar (%); D) Evapotranspiração de referência – Eto (mm/mês) ocorridas durante a avaliação do experimento de café conilon. Campos dos Goytacazes, RJ.

Observando-se ainda a Figura 4 pode-se perceber que a precipitação pluviométrica foi bastante irregular ao longo do ano, sendo que nos meses de julho e agosto foram registrados os menores valores. Esta baixa precipitação pode ter comprometido o crescimento do café. Considerando-se apenas a precipitação pluviométrica total ocorrida durante a avaliação do experimento (627,2 mm), percebe-se que esta não foi suficiente para atender as exigências da cultura. Este fato reforça a necessidade do uso de irrigação complementar. Embora, em alguns casos, o somatório da precipitação anual atenda às exigências do cafeeiro, a má distribuição das chuvas prejudica o desenvolvimento da planta.

Os valores referentes à umidade relativa do ar estão na faixa de 70 a 90%, valores estes que são considerados ideais para o desenvolvimento do cafeeiro. Em relação à evapotranspiração de referência, observa-se que nos meses de janeiro e fevereiro de 2015 os somatórios mensais foram mais elevados quando comparados

com os demais meses, alcançando 183,8 e 133,9 mm·mês⁻¹, respectivamente. A ET_0 total para o período foi de 1199,8 mm e foi calculada a partir do método de Penman-Monteith, ou seja, este valor equivale a quase o dobro da precipitação ocorrida, enfatizando a necessidade da complementação de água na cultura com o uso da irrigação.

5.2 Balanço hídrico

Na Figura 5 são apresentados os valores do coeficiente de umidade do solo (K_s) (Figura 5A), bem como o extrato do balanço hídrico (Figura 5B) de 10 em 10 dias. Observando a Figura 5A, pode observar o K_s se aproximando várias vezes a 0 e isso indica que as plantas neste tratamento estão sofrendo um enorme estresse hídrico, podendo chegar até ao ponto de murcha permanente. Na figura 5B pode-se observar a deficiência hídrica na maioria dos meses do ano, exceto para os meses de maio e dezembro.

O déficit hídrico acumulado, durante a avaliação do experimento, foi de 781,7 mm. Este valor evidencia que o uso da irrigação suplementar é indispensável para o cultivo do café conilon, devido à distribuição irregular das chuvas que ocorrem no ano, nesta região. Matiello et al. (2005), caracterizaram a aptidão hídrica para o cafeeiro, na qual locais com déficit hídrico anual acima de 200 mm são considerados inaptos para o cultivo sem irrigação, o município de Campos dos Goytacazes RJ, se enquadra nessa classificação.

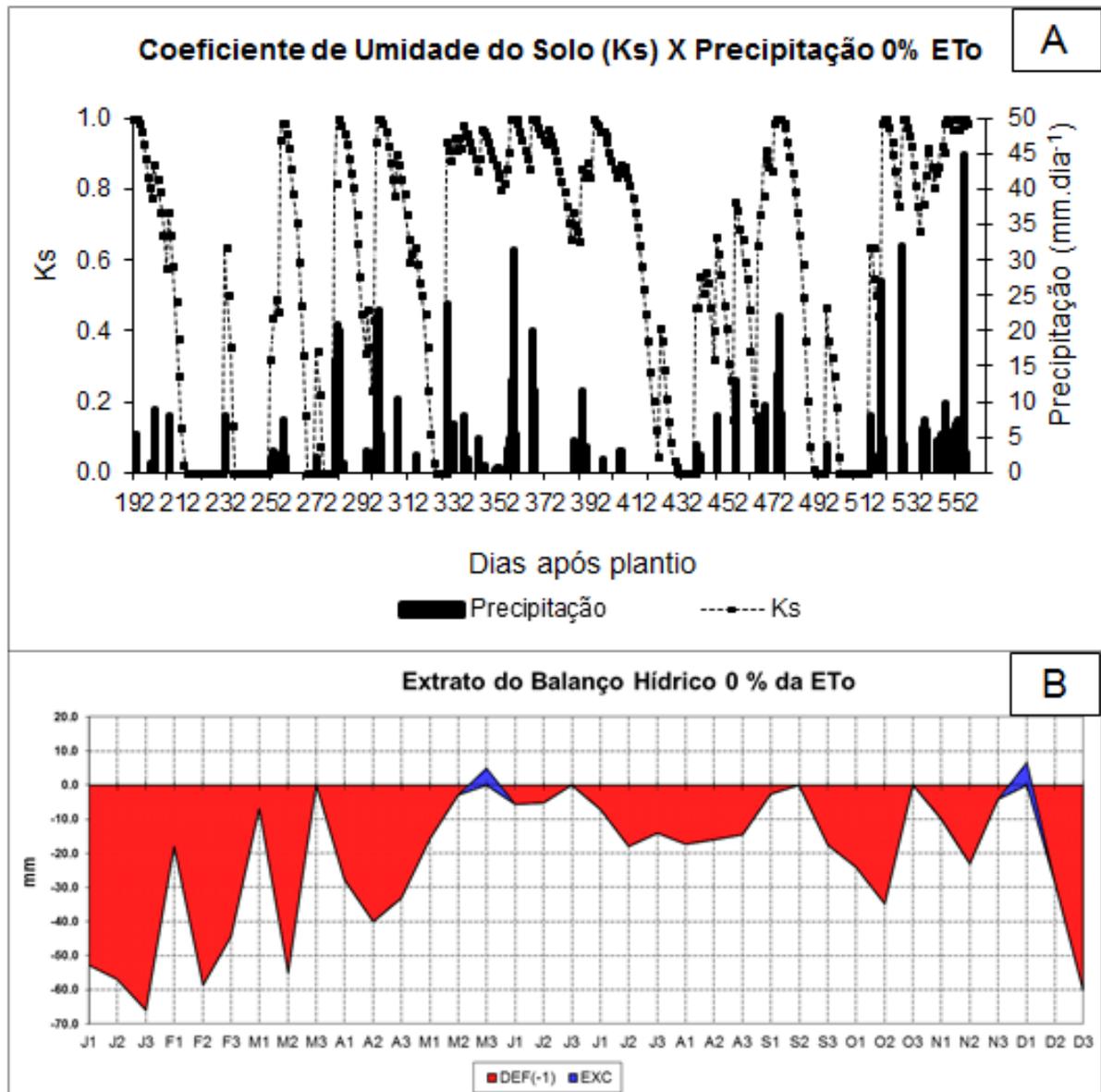


Figura 5. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Nas Figuras 6, 7, 8 e 9 são apresentados, respectivamente, os valores diários do coeficiente de umidade do solo - Ks, bem como o extrato do balanço hídrico sequencial decendial para o tratamento com 25, 50, 100 e 125% de irrigação em função da ETo, elaborados com os dados meteorológicos observados na área experimental.

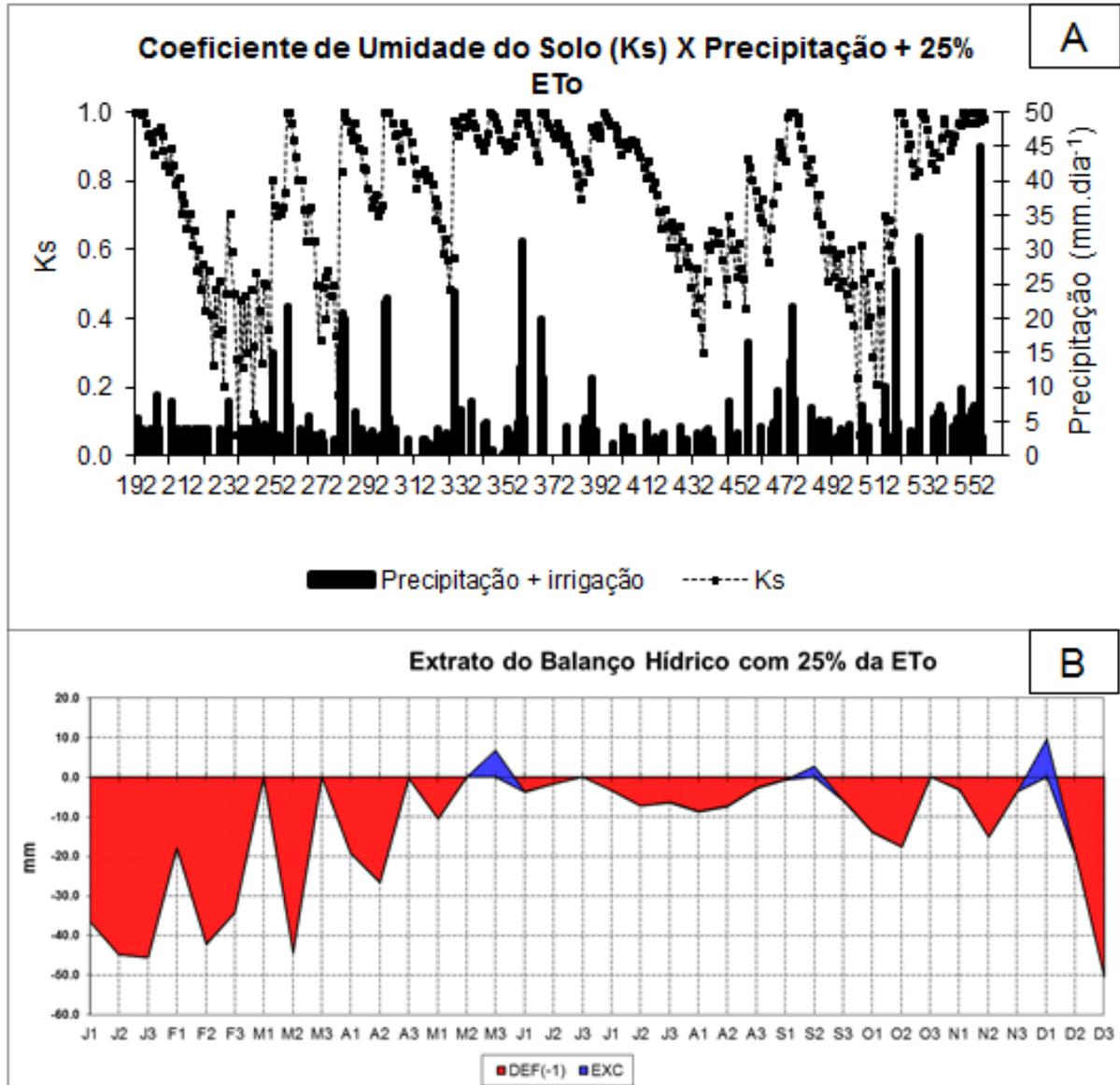


Figura 6. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação + lâmina de irrigação com 25% da ETo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.

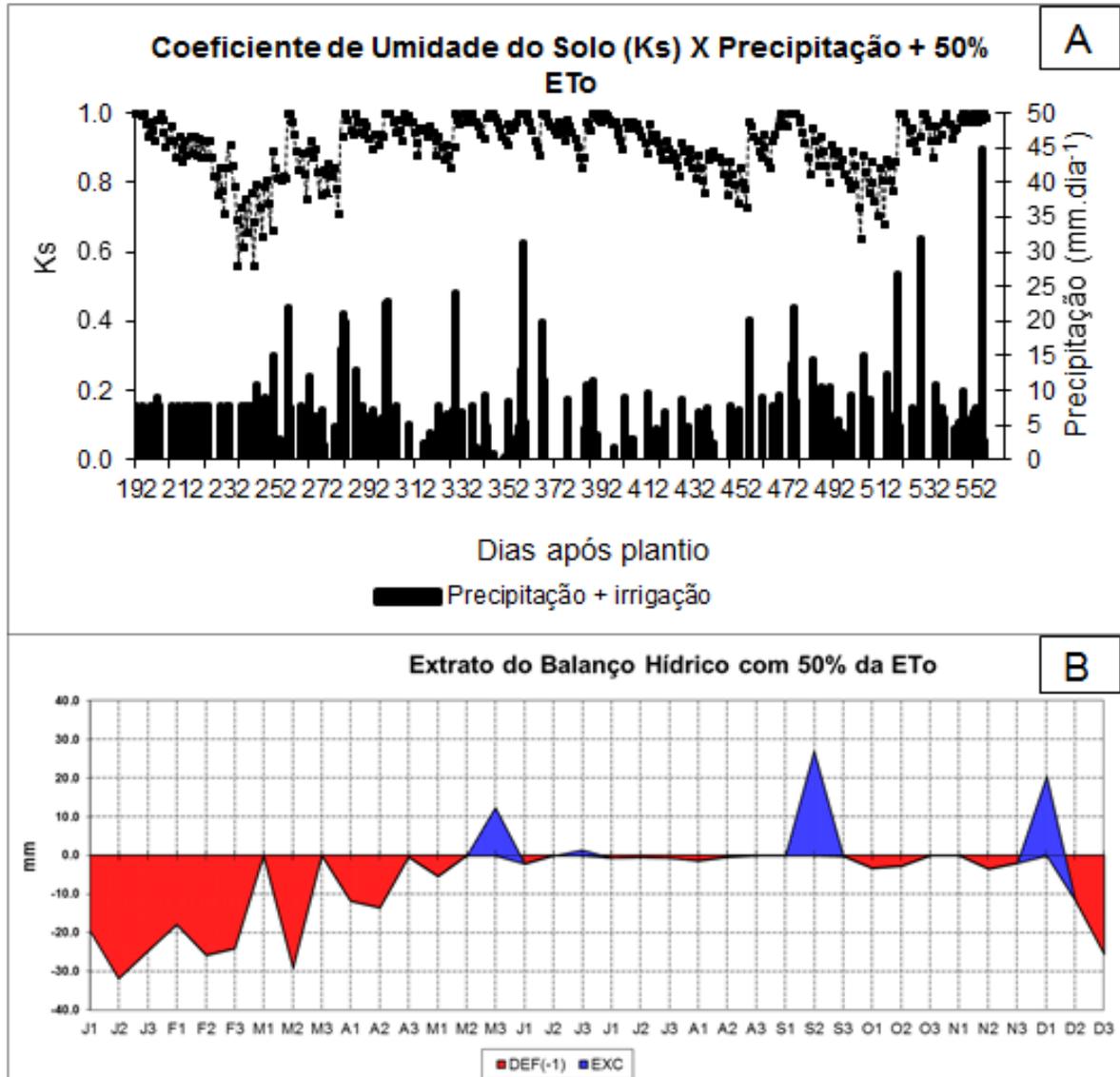


Figura 7 Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (K_s) em função da precipitação + lâmina de 50% da ETo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.

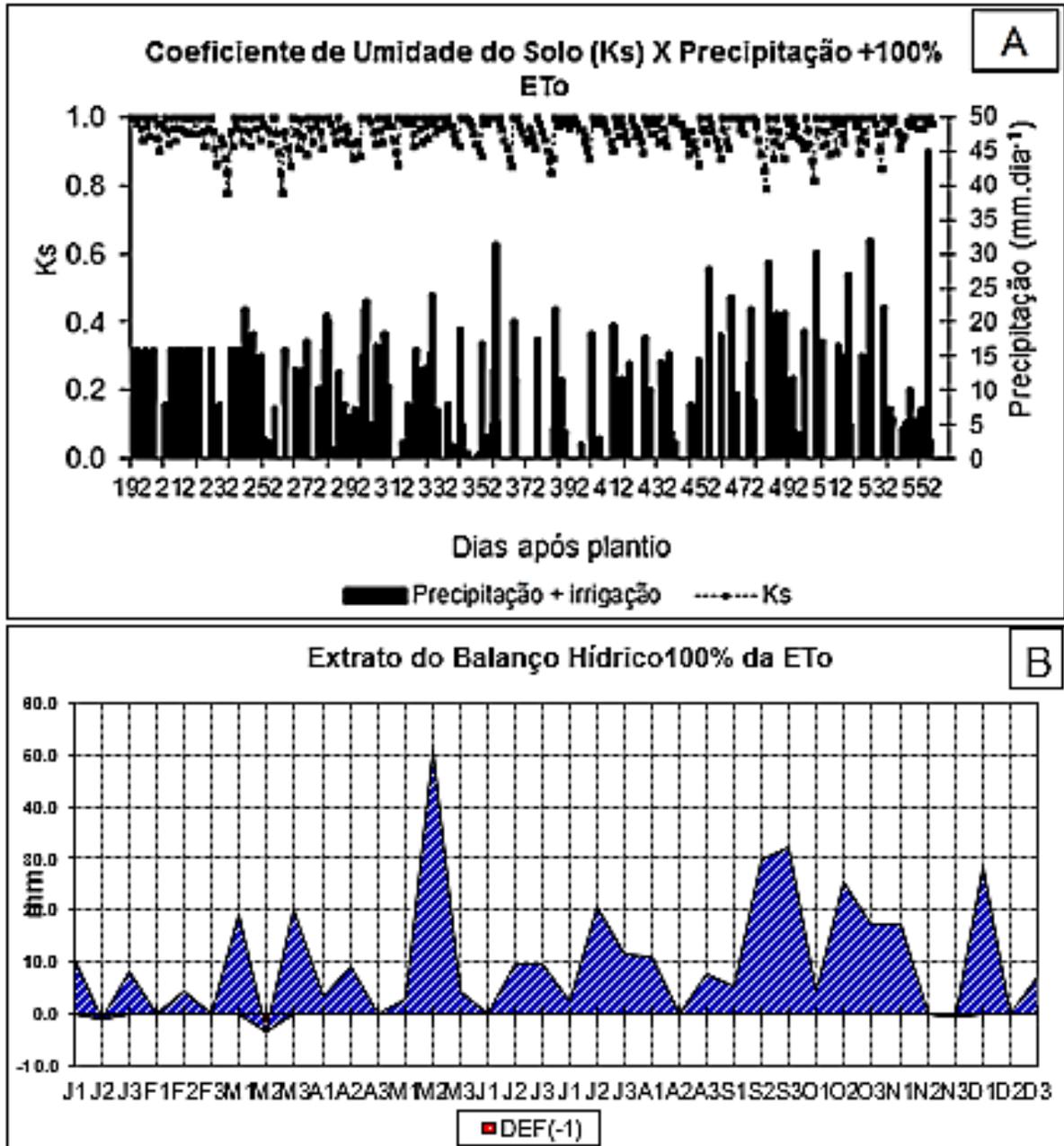


Figura 8. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação + lâmina de 100% da ETo no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.

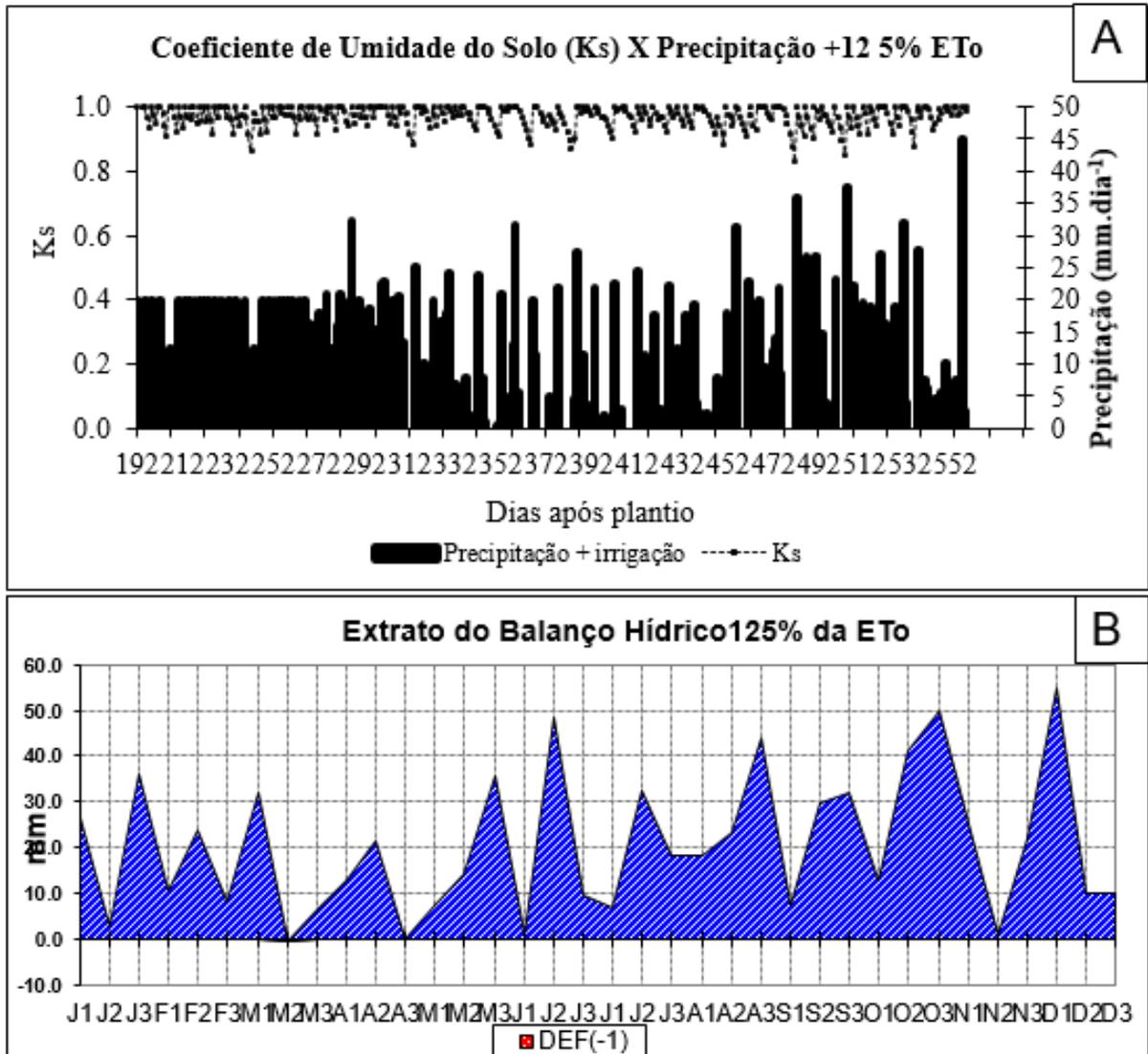


Figura 9. Extrato do Balanço Hídrico da cultura do café conilon com variação do coeficiente de umidade (Ks) em função da precipitação + lâmina de 125% da ETo, no Município de Campos dos Goytacazes, RJ.

O período de intenso déficit hídrico no solo sem a correta reposição de água, por meio da irrigação, pode ocasionar redução do crescimento, do desenvolvimento e da produção da cultura, além de poder reduzir o número de plantas por unidade de área, pois se o teor de água no solo atingir a umidade equivalente ao ponto de murcha permanente, que é diferenciado entre os solos em estudo devido à

composição granulométrica dos mesmos, o cafeeiro entra em senescência até a morte.

Para minimizar os efeitos negativos do déficit hídrico no florescimento, na produtividade e na qualidade da produção do cafeeiro conilon, os cafeicultores da região devem utilizar a irrigação suplementar com a aplicação do manejo da irrigação para que a cultura ao longo do seu ciclo e em diferentes épocas do ano possa ter água disponível no solo para atender sua demanda hídrica, sem reduzir o crescimento, o desenvolvimento, a floração e o enchimento dos grãos, o que resultará em boa produtividade por unidade de área (Martins et al., 2011)

Quando se aplicou uma lâmina de 25% da ETo, ainda percebeu-se déficit hídrico, porém em uma magnitude menor 494,3 mm. (Figura 6B). Já com 50% da ETo observou-se déficit de 258,5 mm (Figura 7B), entretanto, a lâmina atual de água no solo ficou acima do limite estabelecido no manejo. Embora os valores de umidade nas camadas chegassem ao ponto de murcha, na profundidade de 0,2 a 0,4m os valores situaram-se próximo à capacidade de campo, ou seja, havia teor de água suficiente para as plantas realizarem suas atividades metabólicas. Este fato foi observado pelo aspecto geral da planta, folhas túrgidas. Com baixos níveis do teor de umidade no solo, a absorção de água e a transpiração das plantas são afetadas. Não ocorrendo a transpiração, o desenvolvimento da planta é afetado. Martins et al. (2006), estudando diferentes lâminas de irrigação no cafeeiro conilon em seu desenvolvimento inicial, verificaram que o cafeeiro apresentou melhor desenvolvimento radicular nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica, evidenciando a influência negativa do déficit hídrico.

Porém, com uma lâmina de 100% da ETo (Figura 8B), percebeu-se claramente o teor de umidade do solo suficiente para que as plantas apresentassem o máximo de aproveitamento de água e desenvolvimento satisfatório. De acordo com a Figura 9, não é viável a aplicação de uma lâmina de 125% da Eto, pois há um excesso de água e conseqüentemente, desperdício, isso poderia acarretar prejuízos ao agricultor, como aumento da mão de obra e aumento na conta de energia elétrica.

5.3 Análise de variância e análise de regressão

Altura de planta

Na Tabela 4 são apresentados o resumo da análise de variância e de regressão para a altura das plantas, onde pode-se observar o efeito significativo para a fonte de variação tipo de sistema (superficial e subsuperficial), indicando que estes influenciam no desenvolvimento inicial de plantas de café. Entretanto, pode-se perceber ainda que esta influência dos sistemas no desenvolvimento das mudas só ocorre a partir dos 60 dias após o início dos tratamentos. O efeito da interação sistemas x lâminas foi 'não significativo' em todas as avaliações, podendo-se inferir que as lâminas de irrigação não influenciam os sistemas utilizados.

O efeito de lâminas foi 'significativo' a ($P < 0,01$) em todas as épocas de avaliação, indicando a possibilidade de selecionar a lâmina mais adequada para o desenvolvimento inicial de plantas de café. Observa-se que os coeficientes de variação ambiental (CV%) variaram de 6,31 a 9,94% para a variável altura de planta. De modo geral, indicaram boa precisão na condução do experimento, uma vez que a magnitude deste parâmetro foi inferior a 10% (Gomes, 1990), assim sendo, pode-se inferir que o delineamento experimental utilizado favoreceu a redução de efeitos não controláveis.

Como são cinco níveis da fonte de variação (lâminas), pode-se obter um polinômio de até quarto grau, a fim de melhor interpretar a relação entre as lâminas de irrigação e o desenvolvimento inicial de plantas de café. Desta forma, observa-se que os coeficientes de regressão linear (b_1) foram altamente significativos ($P < 0,01$) para a altura de planta e o coeficiente de regressão quadrático (b_2) foi não significativo em todas as épocas avaliadas. Deste modo, a regressão linear simples (b_1) é o modelo mais adequado para explicar a variação da altura de planta em função das lâminas de irrigação. Observa-se que a regressão linear simples possui a maior parte da variação total, que pode ser observada pelos quadrados médios. Fato esse que reforça a escolha deste modelo para melhor expor o efeito das lâminas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância e de regressão para altura de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

FV	GL	Quadrados médios					
		Dias após o início do experimento					
		30	60	90	120	150	180
Blocos	3	19,38	32,14	32,5	35,31	34,68	64,62
Sistema (S)	1	6,4 ^{ns}	31,95*	92,26**	382,85**	483,02**	427,3**
Erro I	3	16,72	20,23	19,50	17,95	51,37	27,33
Lâminas (L)	4	62,99**	105,3**	148,5**	195,3**	213,42**	280,5**
Linear (b ₁)	1	78,01**	174,7**	303,22**	502,5**	518,92**	596,7**
Quadrática	1	4,72 ^{ns}	2,50 ^{ns}	8,72 ^{ns}	3,75 ^{ns}	52,59 ^{ns}	6,75 ^{ns}
Cúbica (b ₃)	1	40,26*	78,01 ^{ns}	75,56*	56,53 ^{ns}	115,8 ^{ns}	252,0**
Quártica (b ₄)	1	128,9**	166,1 ^{ns}	206,7**	218,4**	166,39*	266,7**
S x L	4	2,69 ^{ns}	3,93 ^{ns}	3,61 ^{ns}	15,16 ^{ns}	9,65 ^{ns}	20,23 ^{ns}
Erro II	24	6,56	6,74	9,86	15,08	20,55	14,22
Média	-	32,06	35,09	38,43	43,94	45,58	47,93
CV (%)	-	7,99	7,39	8,17	8,83	9,94	7,86

FV	GL	Dias após o início do experimento				
		210	240	270	300	330
		Blocos	3	109,74	133,85	124,92
Sistema (S)	1	342,22**	194,7**	69,56**	171,18**	90,75*
Erro I	3	27,50	39,58	26,40	31,41	32,69
Lâminas (L)	4	269,58**	255,5**	324,04**	333,27**	394,72**
Linear	1	714,01**	696,2**	864,61**	864,6**	1020,66**
Quadrática	1	14,28 ^{ns}	31,60 ^{ns}	45,64 ^{ns}	71,52 ^{ns}	98,9 ^{ns}
Cúbica	1	117,0 ^{ns}	102,94 ^{ns}	143,78*	140,45*	90,84 ^{ns}
Quártica	1	233,03*	191,23*	242,15*	256,5**	368,46**
S x L	4	16,91 ^{ns}	6,19 ^{ns}	3,86 ^{ns}	3,69 ^{ns}	6,34 ^{ns}
Erro II	24	14,61	15,08	17,11	16,03	19,95
Média	-	51,00	54,63	57,54	63,43	69,14
CV (%)	-	7,49	7,10	7,18	6,31	6,46

*, **, ^{ns}: significativo a (P<0,05), significativo (P<0,01) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Para a variável altura de planta a equação de regressão de primeiro grau foi a que melhor se ajustou, entretanto, os coeficientes de determinação (R²) foram

baixos, variando de 51 a 75% aos 90 e 240 dias, respectivamente, explicando pouco a altura de planta em função das lâminas de irrigação. Todavia, os resultados indicam uma tendência de melhor ajuste da equação nas próximas épocas de avaliação (Figura 10).

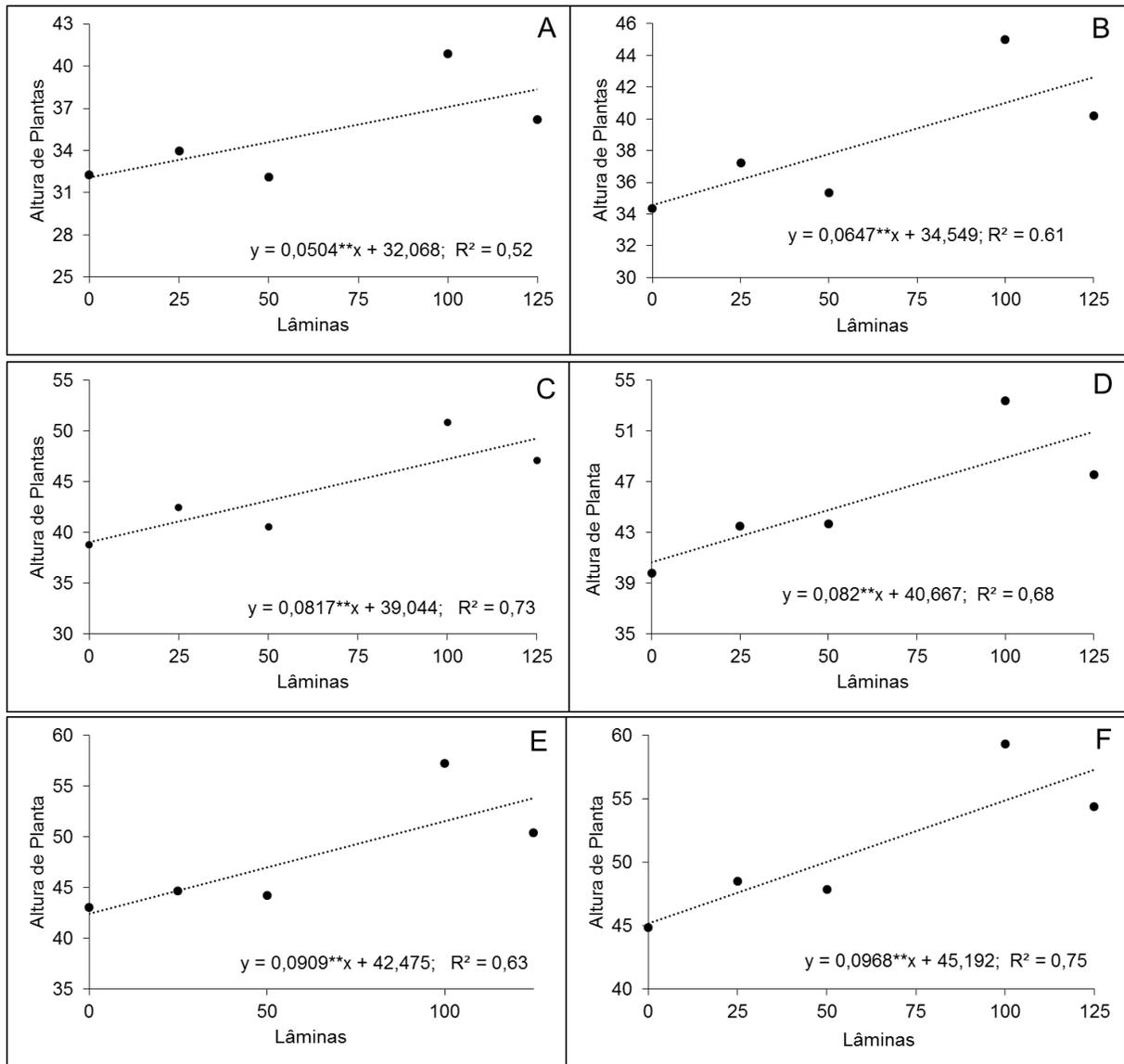


Figura 10. Altura de planta (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G), 270 (H) e 300 (I) dias após o início dos tratamentos. Campos dos Goytacazes, RJ.

Continua...

...continuação

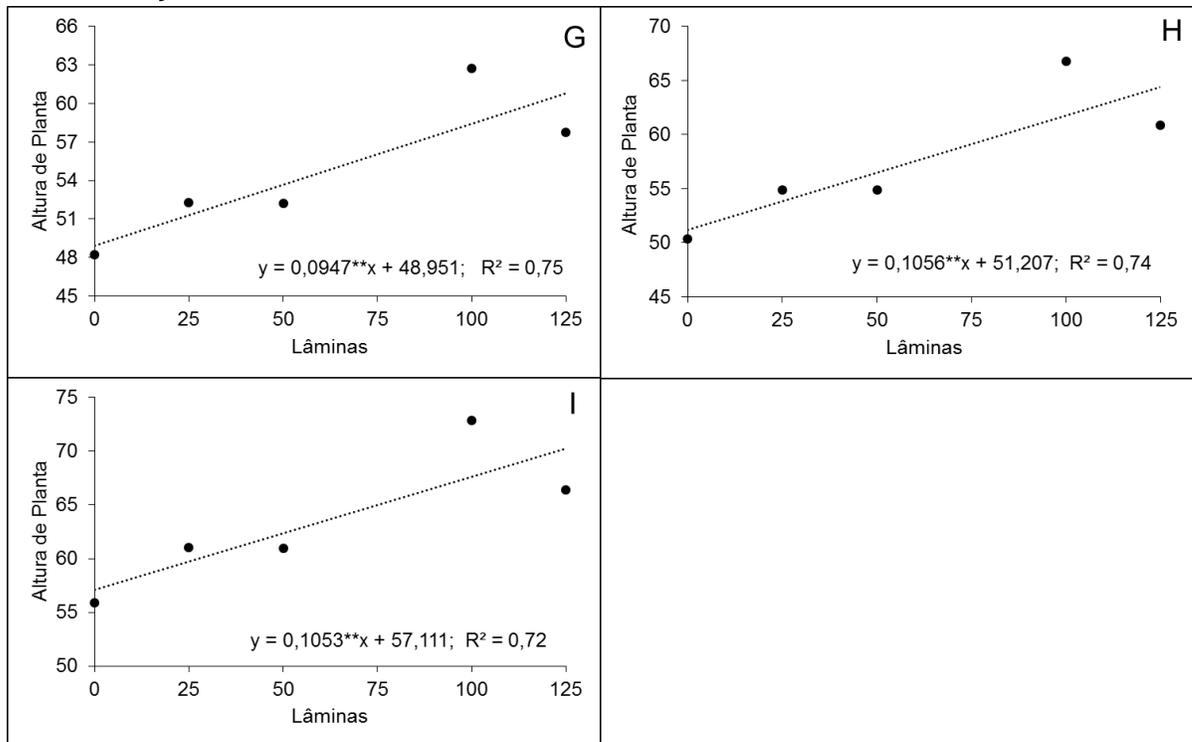


Figura 10. Altura de planta (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G), 270 (H) e 300 (I) dias após o início dos tratamentos. Campos dos Goytacazes, RJ.

A altura de planta foi significativamente afetada pelas lâminas de irrigação, sendo que as lâminas com valores superiores proporcionaram maior altura de planta. Contudo, a lâmina 100%% da ET_0 , foi a que propiciou melhor desenvolvimento inicial da altura de planta em função das lâminas de irrigação. Do ponto de vista agrônomo, deve-se observar se as maiores alturas vêm acompanhadas de um aumento na produção, pois quando isso não ocorre, origina-se um problema para o produtor, uma vez que dificulta a colheita, impondo a necessidade de realizar a poda das plantas precocemente.

Quanto aos sistemas de irrigação utilizados, pode-se observar que o sistema superficial proporcionou as melhores médias em todas as avaliações, indicando a superioridade deste sistema (Figura 11). Todavia, Barros et al. (2009) avaliando a distribuição da água no solo aplicada por gotejamento no sistema superficial e subsuperficial, concluíram que o sistema subsuperficial apresentou menor área molhada na superfície do solo, atingiu maior largura e profundidade e disponibilizou água a uma distância maior do ponto de emissão.

Porém, este fato não influenciou significativamente a altura de planta. Deste modo, pode-se inferir que o sistema superficial por apresentar maior área superficial molhada, favoreceu o desenvolvimento inicial de plantas de café conilon. O sistema superficial possui maior facilidade de instalação, entretanto dificulta os tratos culturais devido a presença, principalmente, das mangueiras na superfície do solo.

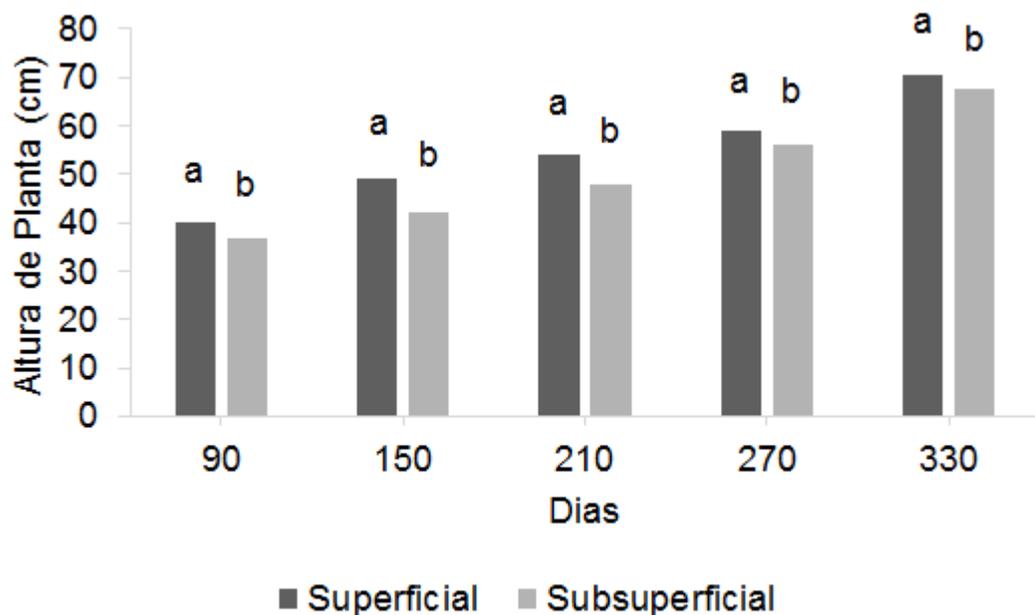


Figura 11. Médias da altura de planta (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação, aos 90, 150, 210, 270 e 330 dias. Campos dos Goytacazes, RJ. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Avaliando o comportamento das lâminas nos diferentes sistemas de irrigação, percebeu-se a superioridade da lâmina 100% da ET_0 tanto no sistema superficial quanto no sistema subsuperficial (Figura 13). Bonomo et al. (2013), observaram interação significativa entre clones de café conilon e lâminas de irrigação, podendo existir uma lâmina ótima diferente para cada clone e espécie, o que justifica os resultados divergentes na literatura. Vilela e Farias (2003), Arantes et al. (2009), e Paula Carvalho (2008), concluíram que quanto maior a lâmina de irrigação, maior a altura das plantas. No entanto, Rodrigues et al. (2010), avaliando café arábica obtiveram a lâmina ótima para altura de planta de 80% da evapotranspiração real da cultura.

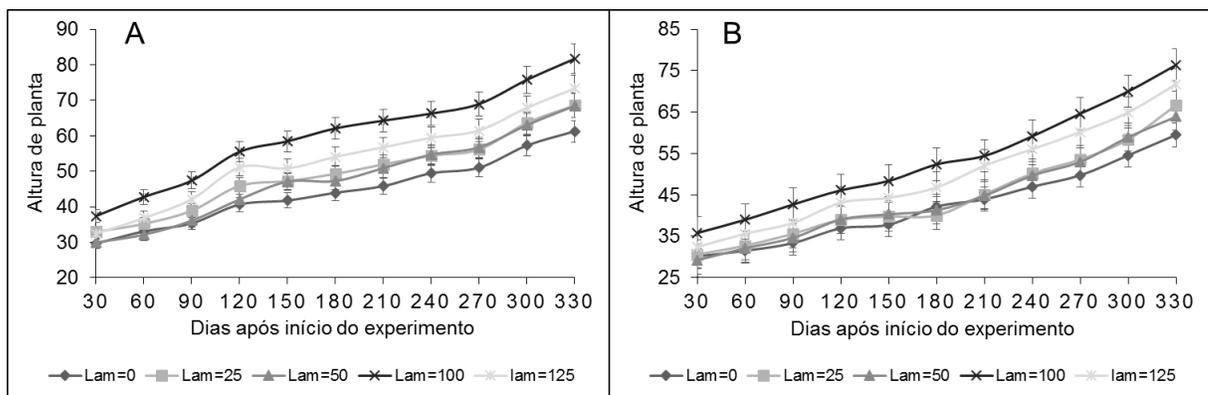


Figura 12. Altura de planta (cm) do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas (Lam = % ET_0), respectivamente, no sistema superficial (A) e subsuperficial (B). Campos dos Goytacazes, RJ, 2015.

Diâmetro da copa

A interação sistema x lâminas (S x L) foi não significativa para todas as épocas avaliadas, indicando que o desempenho dos sistemas independe das lâminas utilizadas. O efeito dos sistemas não foi significativo aos 60 dias e 330 dias, porém foi significativo em todas as outras avaliações, onde pode deduzir uma influência positiva dos sistemas no diâmetro da copa (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância e regressão para diâmetro da copa de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

FV	GL	Quadrados médios					
		Dias após o início do experimento					
		30	60	90	120	150	180
Blocos	3	37,88	22,27	34,78	33,98	108,23	32,32
Sistema (S)	1	57**	35,15 ^{ns}	97,12**	258,8**	370,57**	592,9**
Erro I	3	30,73	12,56	21,07	29,60	28,81	29,91
Lâminas (L)	4	79,75**	75,22**	117,87**	214,7**	264,65**	237,3**
Linear	1	91,91**	108,11**	204,29**	515,1**	630,0**	531,7**
Quadrática	1	50,56*	23,68 ^{ns}	77,79*	60,77 ^{ns}	106,08 ^{ns}	54,67 ^{ns}
Cúbica	1	34,78 ^{ns}	69,84*	39,31 ^{ns}	60,81 ^{ns}	85,59 ^{ns}	137,8 ^{ns}
Quártica	1	141,75*	99,24**	150,09**	222,2**	236,92*	225,04*
S x L	4	2,6 ^{ns}	7,71 ^{ns}	77,62 ^{ns}	11,15 ^{ns}	5,12 ^{ns}	49,95 ^{ns}
Erro II	24	5,36	8,98	101,42	20,63	23,52	25,19
Média	-	25,89	27,95	32,75	41,87	47,33	53,50
CV (%)	-	8,94	10,72	11,15	10,84	10,24	9,37

FV	GL	Dias após o início do experimento				
		210	240	270	300	330
		Blocos	3	51,65	69,64	122,45
Sistema (S)	1	316,4**	155,03*	126,91*	126,91*	123,37 ^{ns}
Erro I	3	27,35	21,93	11,24	17,05	20,36
Lâminas (L)	4	403,22**	458,1**	525,25**	563,20**	650,16**
Linear	1	1035,0**	1.222,6**	1522,51**	1.665,3**	1942,91**
Quadrática	1	108,52 ^{ns}	73,53 ^{ns}	170,03*	210,37**	209,69*
Cúbica	1	159,61*	139,12*	123,13 ^{ns}	95,70 ^{ns}	124,37 ^{ns}
Quártica	1	309,77**	396,98**	285,35**	281,44**	323,68**
S x L	4	25,02 ^{ns}	27,88 ^{ns}	28,64 ^{ns}	14,96 ^{ns}	21,66 ^{ns}
Erro II	24	23,38	25,23	27,07	28,22	31,83
Média	-	58,65	62,11	65,5	70,91	74,66
CV (%)	-	8,24	8,08	7,94	7,49	7,55

*, **, ^{ns}: significativo a (P<0,05), significativo (P<0,01) e não significativo, respectivamente, pelo teste

F.

O ajuste da regressão para a variável diâmetro da copa foi linear em todas avaliações, (Figura 13).

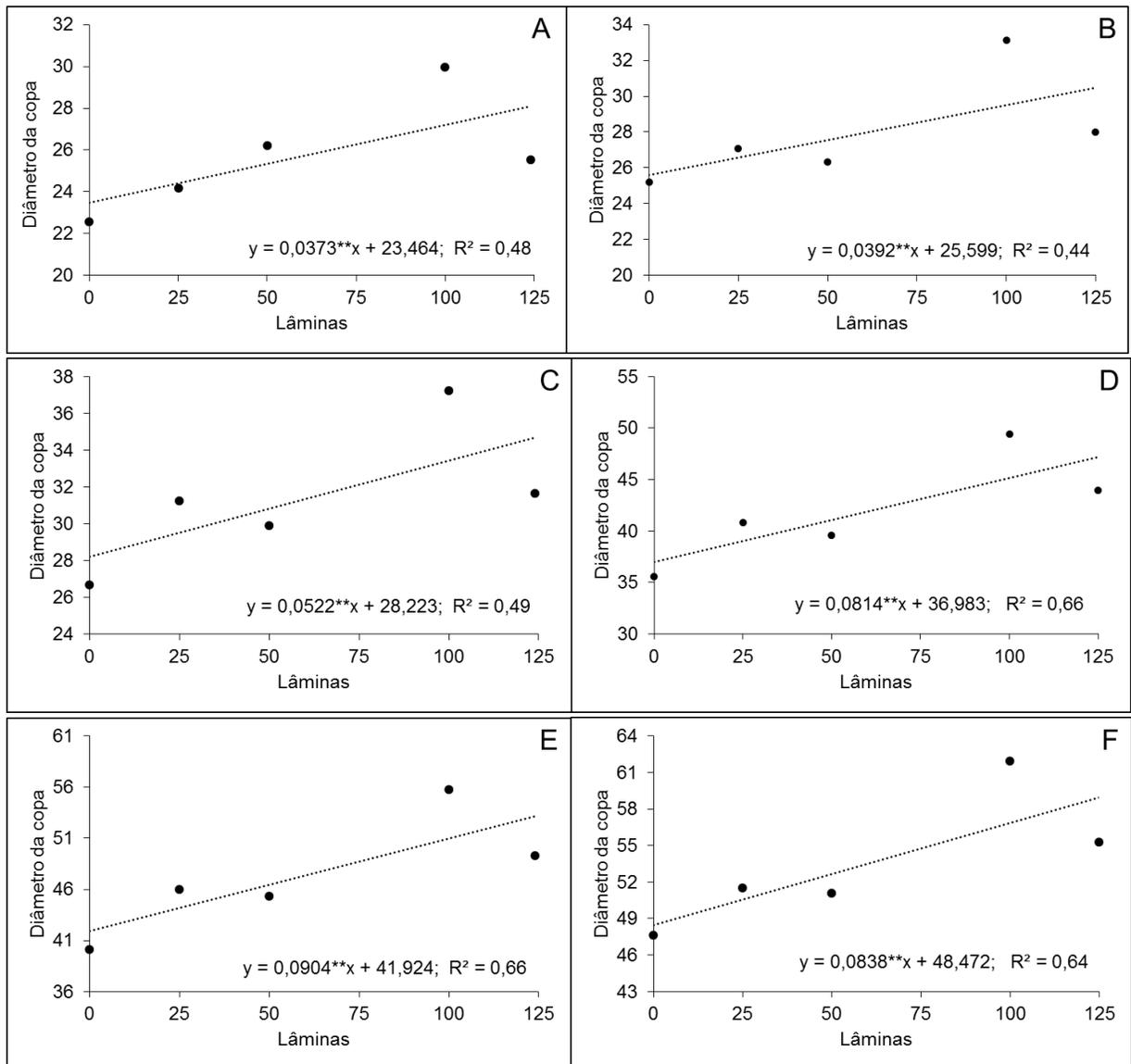


Figura 13. Diâmetro da copa (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E), 180 (F), 210 (G), 240 (H), 270 (I), 300 (J) e 330 (K) dias após o início dos tratamentos. Campos dos Goytacazes, RJ.

Continua...

...continuação

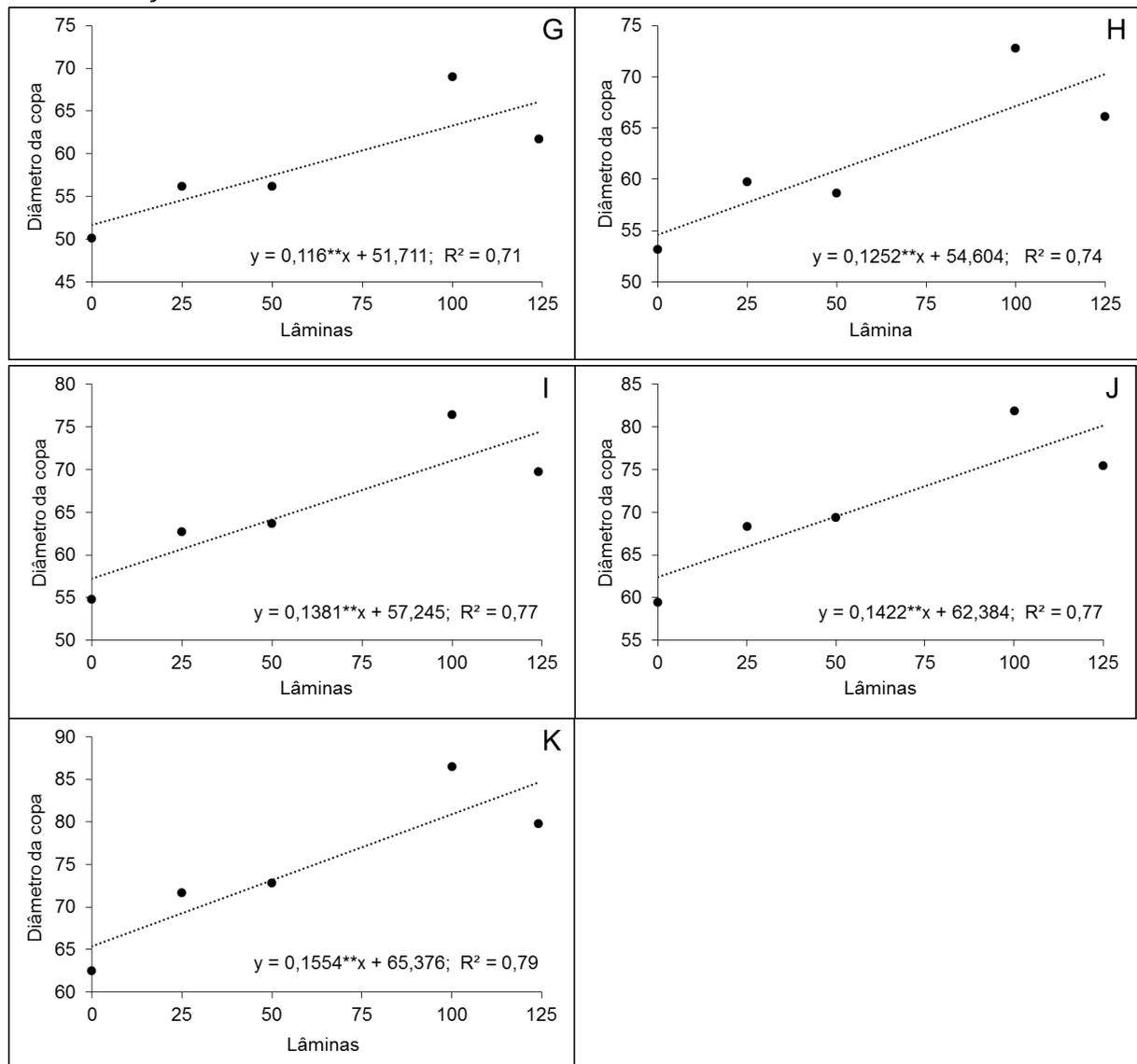


Figura 13. Diâmetro da copa (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E), 180 (F), 210 (G), 240 (H), 270 (I), 300 (J) e 330 (K) dias após o início dos tratamentos. Campos dos Goytacazes, RJ.

O diâmetro da copa foi influenciado positivamente pelas lâminas de irrigação podendo-se aludir que a irrigação é benéfica ao desenvolvimento do cafeeiro, o que irá refletir sobre sua produtividade. Entretanto, os níveis de irrigação devem ser bem

definidos, uma vez que nas lâminas de 125% houve decréscimo do diâmetro da copa.

Da mesma forma que ocorreu para a variável altura de planta, o sistema superficial também favoreceu o melhor desenvolvimento do diâmetro da copa em todas as avaliações. Reforçando a hipótese levantada neste trabalho de que nas fases iniciais o sistema de irrigação superficial promove melhor desenvolvimento dos clones de café (Figura 15).

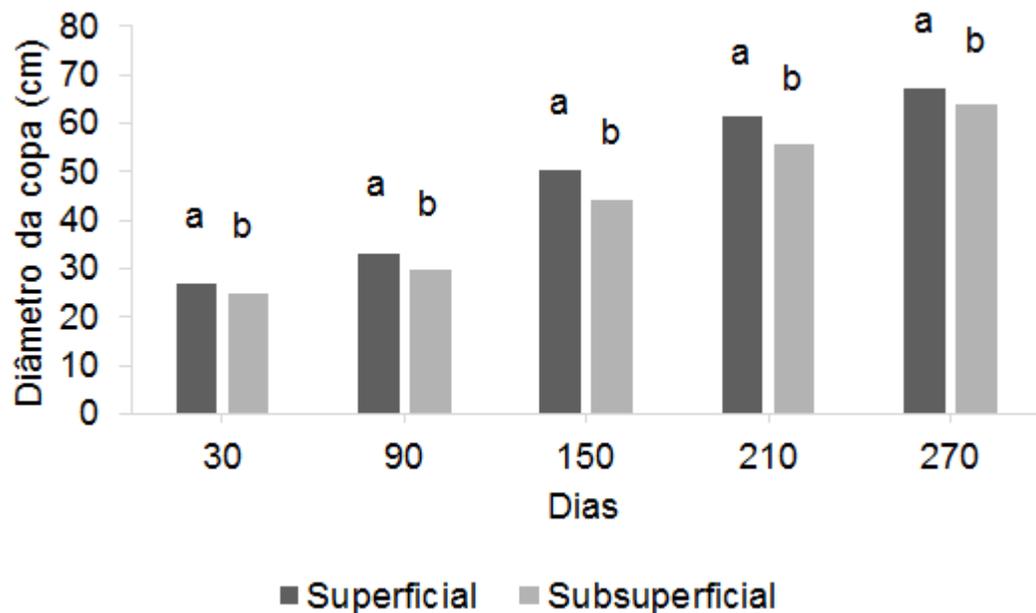


Figura 14. Médias do diâmetro da copa (cm) de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Esse resultado pode estar relacionado ao fato que, na fase inicial, o sistema radicular dos clones se encontrava nas camadas mais superficiais do solo, favorecendo a melhor absorção de água e conseqüentemente o maior desenvolvimento. Isto posto, pode-se optar pelo sistema de irrigação superficial nas fases iniciais.

No sistema superficial (Figura 15A) a lâmina de 100% da ET_0 proporcionou melhores resultados em todas as avaliações. Já no sistema subsuperficial (Figura 15B) a lâmina de 100 e 125% apresentou resultados semelhantes. Nas fases iniciais, até os 150 dias após o início dos tratamentos (lâminas de irrigação), pode-se

perceber que ocorre pequenas diferenças do efeito de lâminas. Este resultado pode estar relacionado ao fato de que, nas fases iniciais, a necessidade de água na cultura era suprida até mesmo pelas menores lâminas, porém, conforme o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, maior exigência por água ocorre então a maior diferenciação das lâminas, principalmente no sistema superficial.

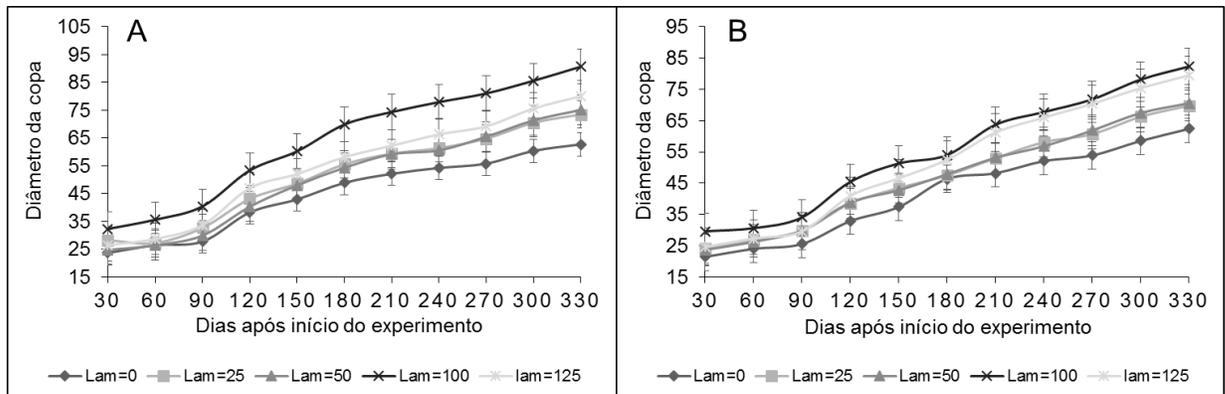


Figura 15. Diâmetro da copa (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas (Lam = %ET₀), respectivamente, no sistema superficial (A) e subperifical (B). Campos dos Goytacazes, RJ.

Diâmetro do caule

O efeito dos sistemas e lâminas foram significativos ($P < 0,01$) em todas as épocas avaliadas com exceção aos 60 dias para sistemas. Podendo deduzir que, assim como para altura de planta e diâmetro da copa, os sistemas e lâminas de irrigação influenciam no diâmetro do caule (Tabela 6).

A interação sistemas x lâminas foi não significativa em todas as épocas de avaliação, ratificando a não influência das lâminas nos sistemas de irrigação. O coeficiente de variação denotou uma boa precisão experimental, ou seja, o delineamento experimental utilizado foi adequado para minimizar as variações não controláveis, uma vez que este apresentou valores inferiores a 10%.

Tabela 6. Resumo da análise de variância e regressão para diâmetro do caule de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

FV	GL	Quadrados médios					
		Dias após o início do experimento					
		30	60	90	120	150	180
Blocos	3	3,51	3,42	3,56	1,41	3,43	2,34
Sistema (S)	1	4,4**	5,50 ^{ns}	10,07**	21,88**	27,58**	15,88**
Erro I	3	1,22	1,31	1,69	1,86	2,88	2,14
Lâminas (L)	4	2,88**	10,19**	19,97**	27,16**	33,43**	38,06**
Linear	1	3,22 ^{ns}	18,69**	35,38**	64,49**	84,52**	90,75**
Quadrática	1	0,41 ^{ns}	2,01 ^{ns}	11,97*	7,09 ^{ns}	15,53*	12,75*
Cúbica	1	1,81 ^{ns}	4,15 ^{ns}	5,61 ^{ns}	6,58 ^{ns}	9,80 ^{ns}	17,97**
Quártica	1	6,09 ^{ns}	15,91**	26,93**	30,49**	23,89**	30,77**
S x L	4	0,39 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,41 ^{ns}
Erro II	24	0,55	1,54	1,3	1,52	1,76	1,58
Média	-	8,91	10,24	11,28	12,91	14,08	15,89
CV (%)	-	8,13	10,48	10,13	9,55	9,44	7,92

F.V.	G.L.	Dias após o início do experimento				
		210	240	270	300	330
Blocos	3	3,02	3,95	3,33	2,02	2,86
Sistema (S)	1	31,8**	31,95**	36,57**	26,81**	50,62**
Erro I	3	1,18	1,05	1,66	1,14	1,89
Lâminas (L)	4	39,89**	35,72**	41,76**	50,23**	41,29**
Linear	1	103,42**	95,70**	121,27**	163,87**	135,20**
Quadrática	1	12,44*	10,93 ^{ns}	6,03 ^{ns}	6,75 ^{ns}	2,14 ^{ns}
Cúbica	1	9,63 ^{ns}	6,32 ^{ns}	14,87*	5,12 ^{ns}	9,8 ^{ns}
Quártica	1	34,05**	29,94**	24,86**	25,18**	18,03*
S x L	4	1,04 ^{ns}	1,18 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,58 ^{ns}	4,44 ^{ns}
Erro II	24	1,97	2,38	1,71	1,84	2,37
Média	-	17,21	19,41	20,7	22,53	23,98
CV (%)	-	8,16	7,94	6,33	6,02	6,43

*, **, ^{ns}: significativo a (P<0,05), significativo (P<0,01) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Nenhum modelo polinomial explicou o efeito das lâminas no diâmetro do caule aos 30 dias após o início do experimento. Observa-se que o modelo linear foi o

que melhor se ajustou em todas épocas de avaliação (Figura 16 A, B, C, D, E, F, G, H, I E J).

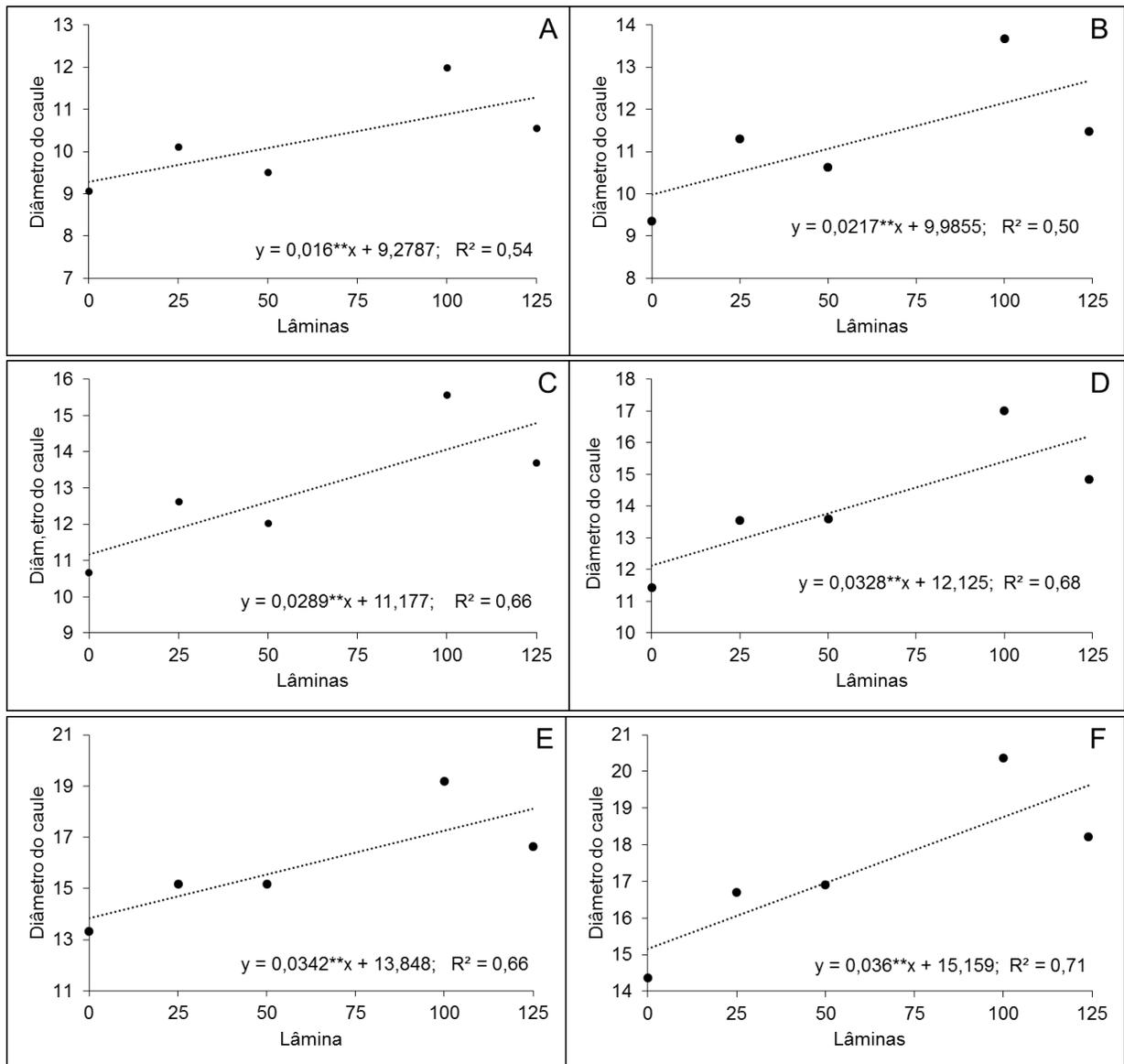


Figura 16. Diâmetro do caule (mm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G), 270 (H) 300 (I) e 330 (J) dias após o início dos tratamentos. Campos dos Goytacazes, RJ.

Continua...

...continuação

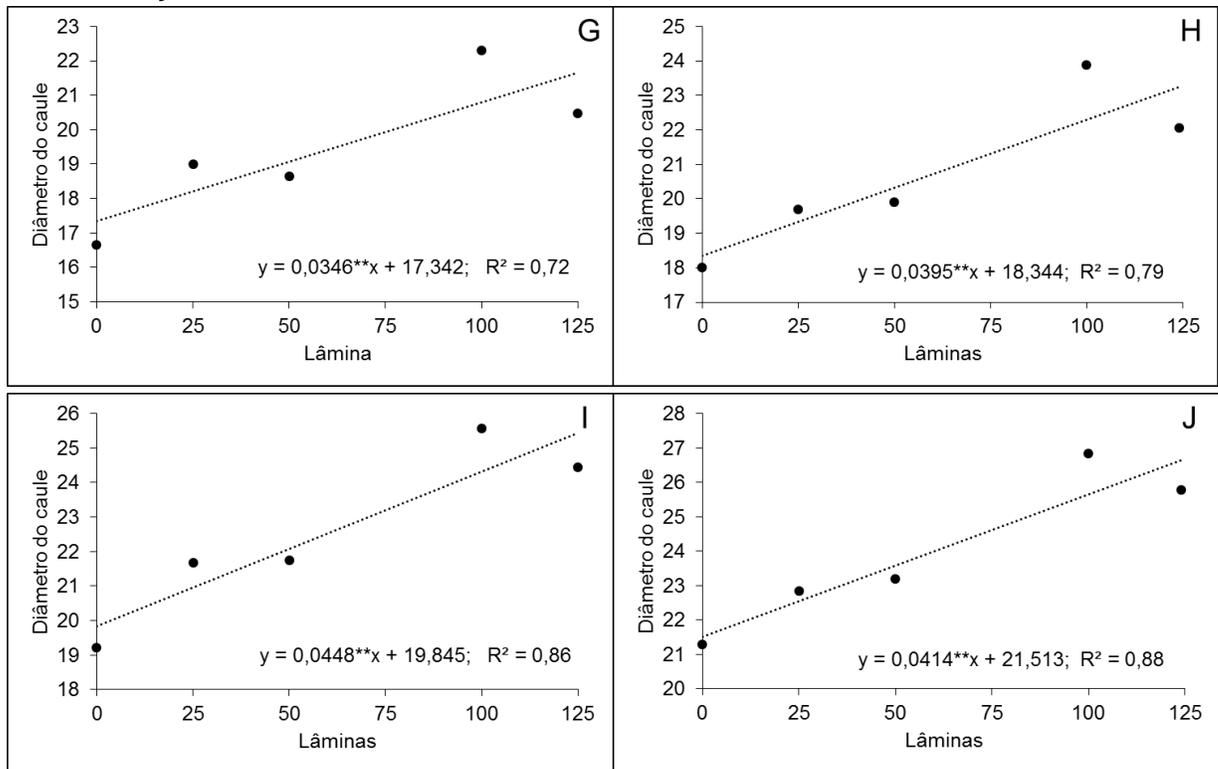


Figura 16. Diâmetro do caule (mm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G), 270 (H) 300 (I) e 330 (J) dias após o início dos tratamentos. Campos dos Goytacazes, RJ.

Os valores do coeficiente de determinação indicam que os modelos selecionados explicam 50 a 88% da variação do diâmetro do caule em função das lâminas de irrigação. Indicando a possibilidade de se obter plantas com maiores diâmetros do caule selecionando-se a melhor lâmina de irrigação. Observa-se ainda que após os 270 dias há uma tendência de ajuste do modelo linear simples, deste modo, pode-se inferir que na existência de correlações positivas entre as lâminas de irrigação e o diâmetro do caule, deve-se salientar ainda na existência de correlações positivas entre o diâmetro do caule e a produtividade de grãos, como relatado por Carvalho et al (2010).

Aumento no diâmetro do caule decorrente de maiores lâminas de irrigação também foi verificado por Busato et al. (2007), e Carvalho et al. (2008), no qual os autores observaram aumento do diâmetro do caule com lâminas de 132% da ECA (lâmina evaporada do tanque “CLASSE A”). Mesmo sendo unidades de irrigação diferentes utilizadas pelos autores, conclui-se, de forma geral, que o diâmetro do caule é afetado pelas lâminas de irrigação. Dardengo et al., (2009), estudando o déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, verificaram que o déficit hídrico reduziu o diâmetro do caule do cafeeiro conilon. Martins et al. (2004) e Zonta et al. (2009) verificaram que menores valores de diâmetro do caule estão associados a maiores intervalos de irrigação. Busato et al. (2007) encontraram menores valores de diâmetro de caule no cafeeiro conilon com a aplicação de lâminas deficitárias de irrigação.

Quando avalia-se o efeito dos sistemas de irrigação no diâmetro do caule, percebe-se resultado coincidente com as variáveis mencionadas anteriormente, ou seja, o sistema superficial proporciona as maiores médias em todas as épocas avaliadas (Figura 17).

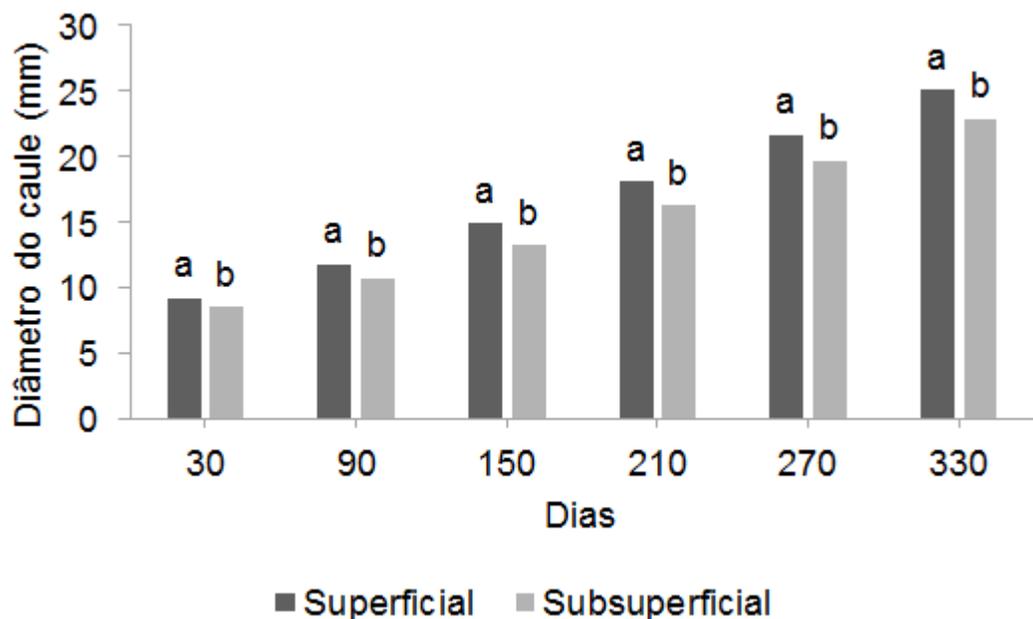


Figura 17. Médias do diâmetro do caule (mm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória avaliada em dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes,

RJ, 2015. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Como vem ocorrendo, de forma geral, a lâmina de 100% da ET_0 proporcionou os maiores diâmetros do caule em todas as épocas de avaliação e nos dois sistemas de irrigação, denotando esta lâmina como a mais adequada para o desenvolvimento inicial do café conilon (Figura 18).

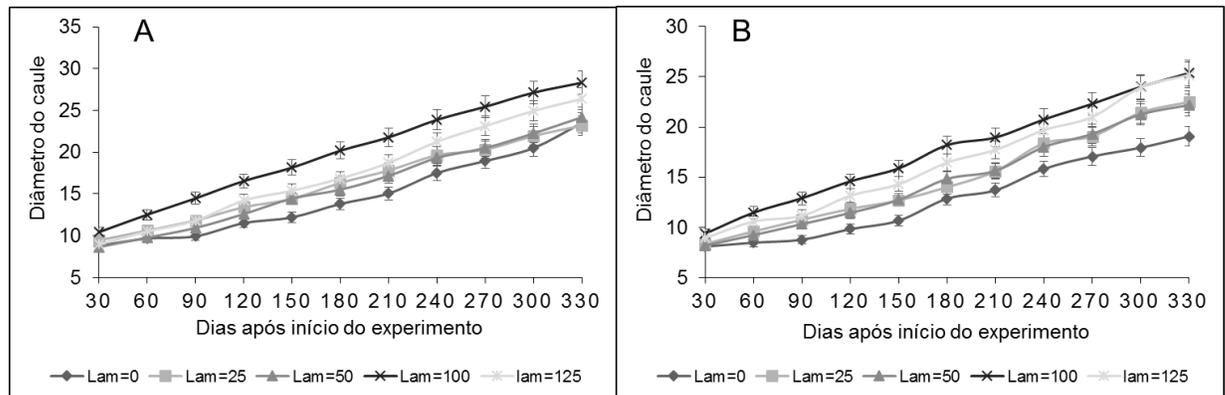


Figura 18. Diâmetro do caule (mm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas ($Lam = \%ET_0$), respectivamente, no sistema superficial (A) e subperiférico (B). Campos dos Goytacazes, RJ.

Comprimento do ramo plagiotrópico (CRP)

Os sistemas de irrigação foram significativos ($P < 0,05$) aos 30, 60, 90, 120, 150, 210 e 240 dias e não significativos aos 180, 270, 300 e 330 dias de avaliação. Isso faz pensar que os sistemas não interferem no crescimento dos ramos plagiotrópicos à medida que a planta cresce. O efeito da interação sistemas x lâminas foi não significativo em todos os períodos de avaliação (Tabela 7).

O coeficiente de variação apresentou os maiores valores para esta variável em relação às demais, entretanto os valores foram inferiores a 15, denotando boa precisão experimental, fato este que permite uma boa estimativa dos efeitos dos sistemas e lâminas sobre o comprimento do ramo plagiotrópico.

Tabela 7. Resumo da análise de variância e regressão para comprimento do ramo plagiotrópico de plantas de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

FV	GL	Quadrados médios					
		Dias após o início do experimento					
		30	60	90	120	150	180
Blocos	3	21,6	25,64	35,68	41,80	68,94	63,34
Sistema (S)	1	30,18*	43,57*	58,2*	121,6*	104,81*	65,02 ^{ns}
Erro I	3	9,28	9,23	12,65	20,21	25,34	61,7
Lâminas (L)	4	36,31**	61,02**	84,88**	105,8**	141,61**	153,85**
Linear	1	5,77 ^{ns}	30,01 ^{ns}	67,53*	172,5*	224,45**	180,7*
Quadrática	1	33,77 ^{ns}	60,03*	79,73*	80,58 ^{ns}	138,39*	192,2*
Cúbica	1	66,61 ^{ns}	76,05*	86,63*	70,31 ^{ns}	86,11 ^{ns}	83,53 ^{ns}
Quártica	1	39,11*	78,00**	105,66*	99,8 ^{ns}	117,48*	158,8*
S x L	4	2,50 ^{ns}	2,69 ^{ns}	6,84 ^{ns}	15,37 ^{ns}	6,82 ^{ns}	18,07 ^{ns}
Erro II	24	6,79	8,47	13,32	20,14	22,37	24,66
Média	-	20,33	22,11	25,23	30,36	32,93	36,45
CV (%)	-	12,81	13,15	14,46	14,78	14,36	13,62

FV	GL	Dias após o início do experimento				
		210	240	270	300	330
		Blocos	3	79,83	98,25	83,42
Sistema (S)	1	131,4*	94,55*	72,9 ^{ns}	75,62 ^{ns}	61,87 ^{ns}
Erro I	3	37,22	30,72	34,67	45,25	26,61
Lâminas (L)	4	169,84**	183,38**	190,09**	223,77**	261,67**
Linear	1	303,22**	321,0**	380,62**	450,06**	638,45 ^{ns}
Quadrática	1	153,80*	190,97*	167,58*	222,18**	209,00 ^{ns}
Cúbica	1	125,62*	91,37 ^{ns}	85,5 ^{ns}	76,53 ^{ns}	81,51 ^{ns}
Quártica	1	96,73	130,17*	126,58*	146,31*	117,71*
S x L	4	7,05 ^{ns}	8,36 ^{ns}	7,98 ^{ns}	9,49 ^{ns}	4,3 ^{ns}
Erro II	24	22,65	22,15	24,4	20,75	22,06
Média	-	37,21	39,93	40,31	45,00	49,01
CV (%)	-	12,79	12,08	12,25	10,12	9,58

*, **, ^{ns}: significativo a (P<0,05), significativo (P<0,01) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

O efeito de lâminas foi significativo ($P < 0,01$) em todas as épocas avaliadas, entretanto apenas o modelo de regressão ao quarto grau explicou a relação de lâminas de irrigação e o comprimento do ramo plagiotrópico nas épocas 30 e 330 dias após o início do experimento. Mas, este modelo linear de quarto grau torna-se ineficaz para explicar os efeitos biológicos, como a relação do comprimento do ramo plagiotrópico com as lâminas de irrigação. Nas demais avaliações o modelo linear simples foi o que melhor explicou a relação.

De acordo com Alves et al. (2000), a floração possui uma dependência em relação ao comprimento do ramo plagiotrópico e o número de entrenós, conseqüentemente a produção tem relação com a floração.

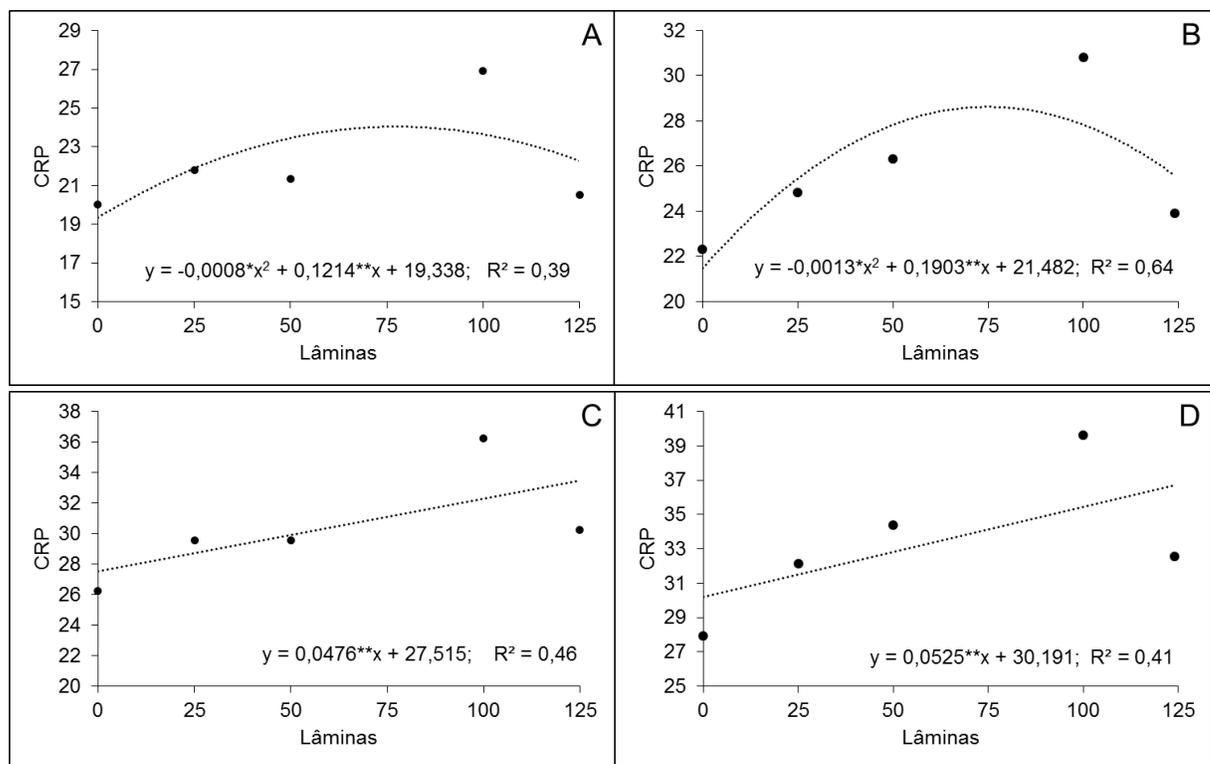


Figura 19. Comprimento do ramo plagiotrópico (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G) e 300 (H) dias após o início da irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

Continua...

...continuação

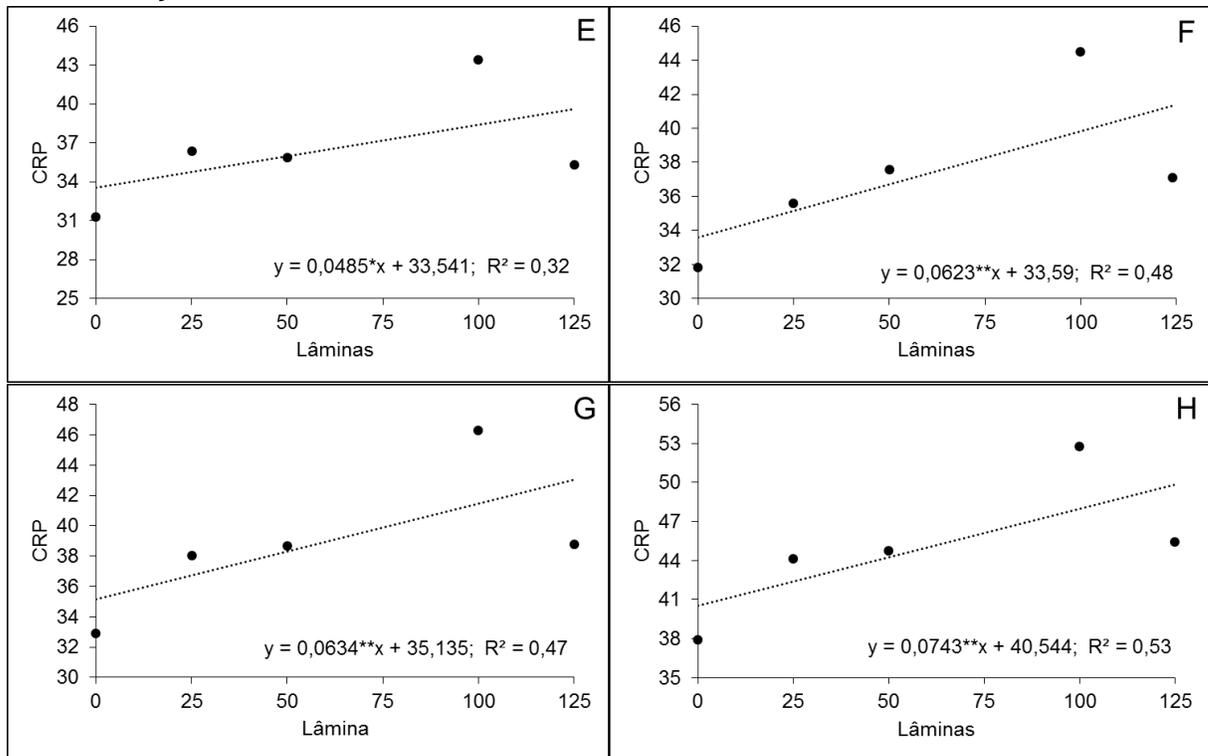


Figura 19. Comprimento do ramo plagiotrópico (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 60 (A), 90 (B), 120 (C), 150 (D), 180 (E), 210 (F), 240 (G) e 300 (H) dias após o início da irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

Como o número de ramos plagiotrópicos é um importante parâmetro a ser avaliado em experimentos com o cafeeiro, visto que é um indicativo da produtividade, uma vez que são nesses ramos que se desenvolvem os botões florais e, conseqüentemente, a produção de frutos, neste sentido deve-se optar pela lâmina de 100% da ET_0 associada ao sistema de irrigação superficial, pois este apresentou as maiores médias em todas as épocas avaliadas (Figura 19).

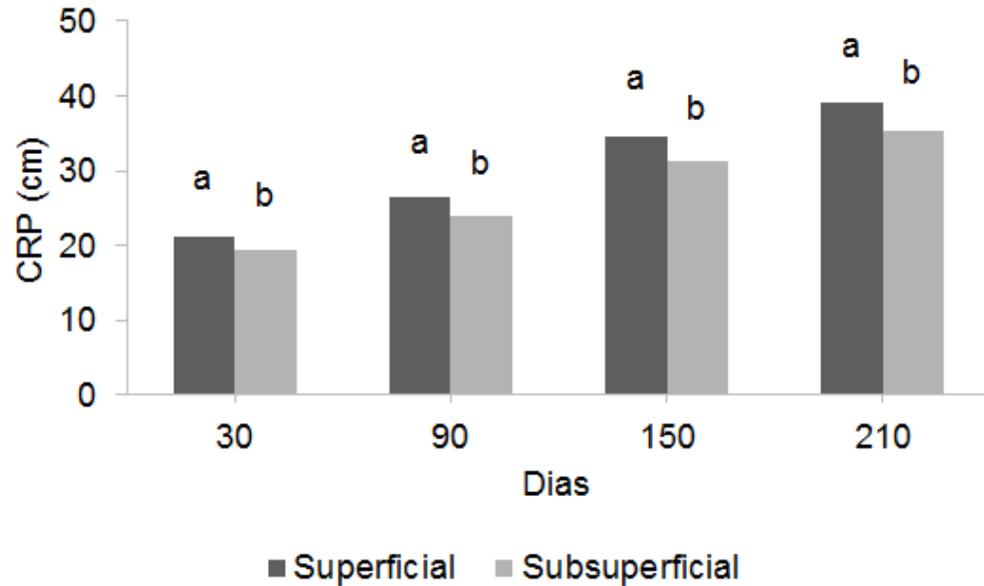


Figura 20. Médias do comprimento do ramo plagiotrópico (cm) do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

A lâmina 100% da ET_0 , assim como para as outras variáveis, apresentou as maiores médias nos dois sistemas de irrigação (Figura 21). Entretanto, deve-se optar pela lâmina que proporciona a melhor eficiência no crescimento do ramo plagiotrópico. Diante do exposto, pode-se aferir que a lâmina de 100% proporcionou, na maioria dos casos, o melhor desempenho dentre os níveis avaliados.

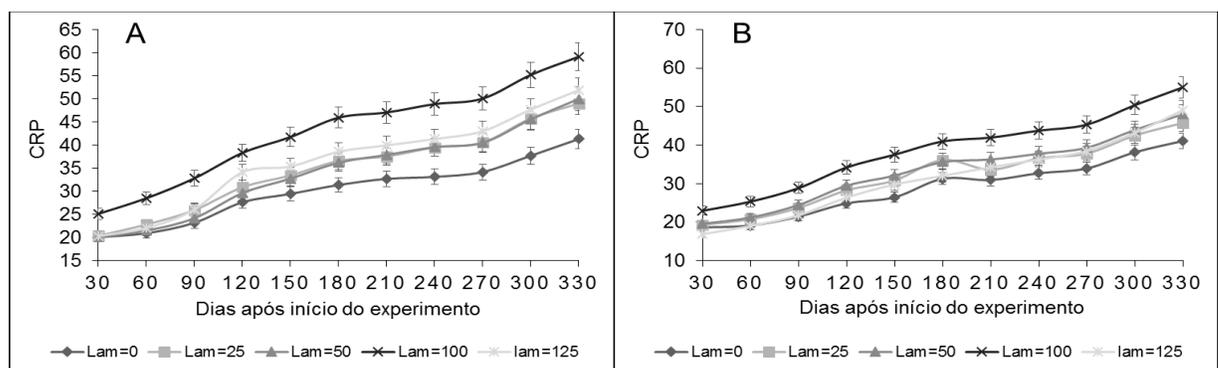


Figura 21. Comprimento do ramo plagiotrópico (cm) de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas ($Lam = \%ET_0$), respectivamente, no sistema superficial (A) e subsuperficial (B). Campos dos Goytacazes, RJ.

Número de entrenós

Na Tabela 8 são apresentados o resumo da análise de variância e regressão para o número de entrenós.

Tabela 8. Resumo da análise de variância e regressão para o número de entrenós do clone 02 da variedade vitória em função da aplicação de diferentes lâminas e dois sistemas de irrigação.

FV	GL	Quadrados médios					
		Dias após o início do experimento					
		30	60	90	120	150	180
Blocos	3	0,26	1,03	0,83	0,49	1,8	0,32
Sistema (S)	1	0,3 ^{ns}	0,82 ^{ns}	5,43 ^{**}	11,55 ^{**}	6,6*	5,25 ^{**}
Erro I	3	0,41	0,18	0,7	0,35	3,06	0,81
Lâminas (L)	4	2,57 ^{ns}	7,87 ^{**}	9,64 ^{**}	11,45 ^{**}	18,2 ^{**}	12,59 ^{**}
Linear	1	5,00 ^{**}	22,31 ^{**}	28,20 ^{**}	34,78 ^{**}	48,43 ^{**}	37,46 ^{**}
Quadrática	1	0,08 ^{ns}	0,84 ^{ns}	3,75*	3,66*	5,69 ^{ns}	4,62*
Cúbica	1	1,58*	2,62*	0,7 ^{ns}	0,56 ^{ns}	6,75*	5,38 ^{**}
Quártica	1	3,65 ^{**}	5,70 ^{**}	5,90 ^{**}	7,29*	11,93*	2,89*
S x L	4	0,16 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,10 ^{ns}
Erro II	24	0,36	0,38	0,48	0,70	1,44	0,40
Média	-	10,21	11,49	12,84	14,73	15,64	16,90
CV (%)	-	5,87	5,42	5,4	5,68	7,67	3,77
FV	GL	Dias após o início do experimento					
		210	240	270	300	330	
		210	240	270	300	330	
Blocos	3	1,68	2,46	1,19	1,08	1,21	
Sistema (S)	1	6,00 ^{**}	1,70 ^{ns}	1,05 ^{ns}	2,62 ^{ns}	2,13 ^{ns}	
Erro I	3	0,76	0,86	0,81	1,00	0,78	
Lâminas (L)	4	13,38 ^{**}	11,44 ^{**}	15,95 ^{ns}	17,95 ^{**}	17,87 ^{**}	
Linear	1	41,68 ^{**}	37,12 ^{**}	50,80 ^{**}	54,86 ^{**}	56,95 ^{**}	
Quadrática	1	2,5 ^{ns}	3,93*	6,15 ^{**}	7,90 ^{**}	7,77 ^{**}	
Cúbica	1	1,72 ^{ns}	1,01 ^{ns}	1,95 ^{ns}	2,36 ^{ns}	2,36 ^{ns}	
Quártica	1	7,60 ^{**}	3,69*	4,92*	6,69*	4,41*	
S x L	4	0,79 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,64 ^{ns}	
Erro II	24	0,57	0,60	0,74	0,97	0,9	
Média	-	17,9	18,89	19,56	21,28	22,5	
CV (%)	-	4,25	4,10	4,41	4,65	4,23	

*, **, ^{ns}: significativo a (P<0,05), significativo (P<0,01) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Observando a Tabela 8 pode-se perceber que os sistemas foram significativos nas épocas 90, 120, 150, 180 e 210 dias após o início dos tratamentos, sugerindo então que estes afetam o número de entrenós apenas em um determinado período. Aos 30 dias, o efeito das lâminas foi não significativo, como também aos 270, dias após o início dos tratamentos, o que leva a crer que com o crescimento vegetativo do café não importa o sistema a ser utilizado para essa variável.

A interação sistema x lâminas foi não significativo em todas as épocas de avaliação. Desta forma, em todas as variáveis, pode-se levantar a hipótese que as lâminas não exercem influência sobre os sistemas nas fases iniciais de desenvolvimento do café conilon.

Em todas as avaliações após o início do experimento, o modelo linear simples foi o que mais se ajustou (Figura 22), indicando que as lâminas utilizadas foram suficientes para identificar qual lâmina mais indicada para um maior número de entrenós do café conilon.

Derivando a equação de regressão obteve-se a lâmina 100% da ET_0 como a que mais favorece o desenvolvimento do número de entrenós. Mesmo não havendo uma correlação exata entre o número entrenós e a produtividade, devido à interferência de outros fatores, Garcia et al. (2006), encontraram um aumento na produção de $4,1 \text{ sc ha}^{-1}$ para cada entrenó surgido no ano anterior. Neste contexto, existe a possibilidade de ganhos na produtividade com o aumento do número de entrenós.

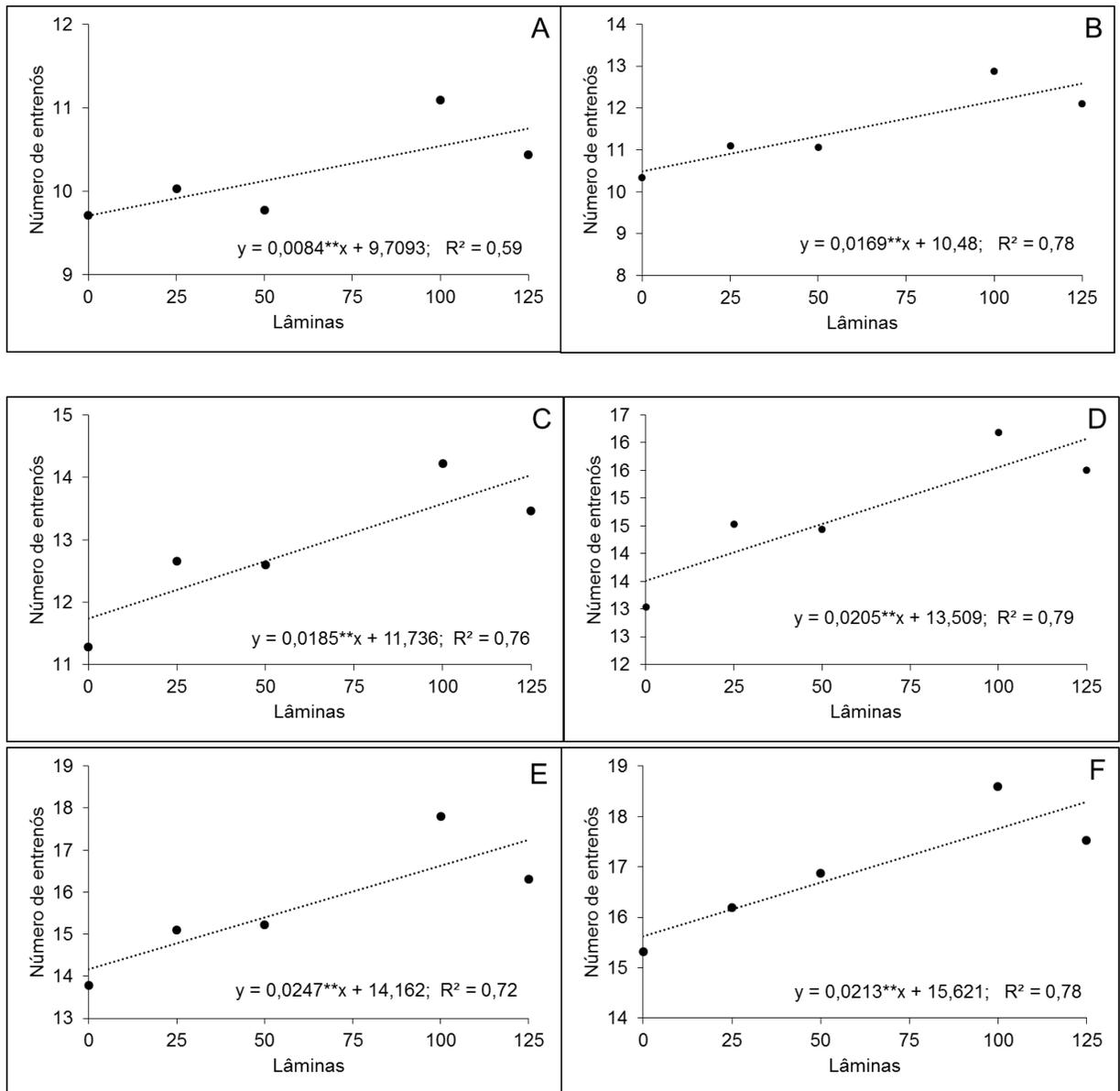


Figura 22. Número de entrenós de planta de café clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E), 180 (F), 210 (G), 240 (H), 270 (I), 300 (J) e 330 (K) dias após o início da irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

Continua...

...continuação

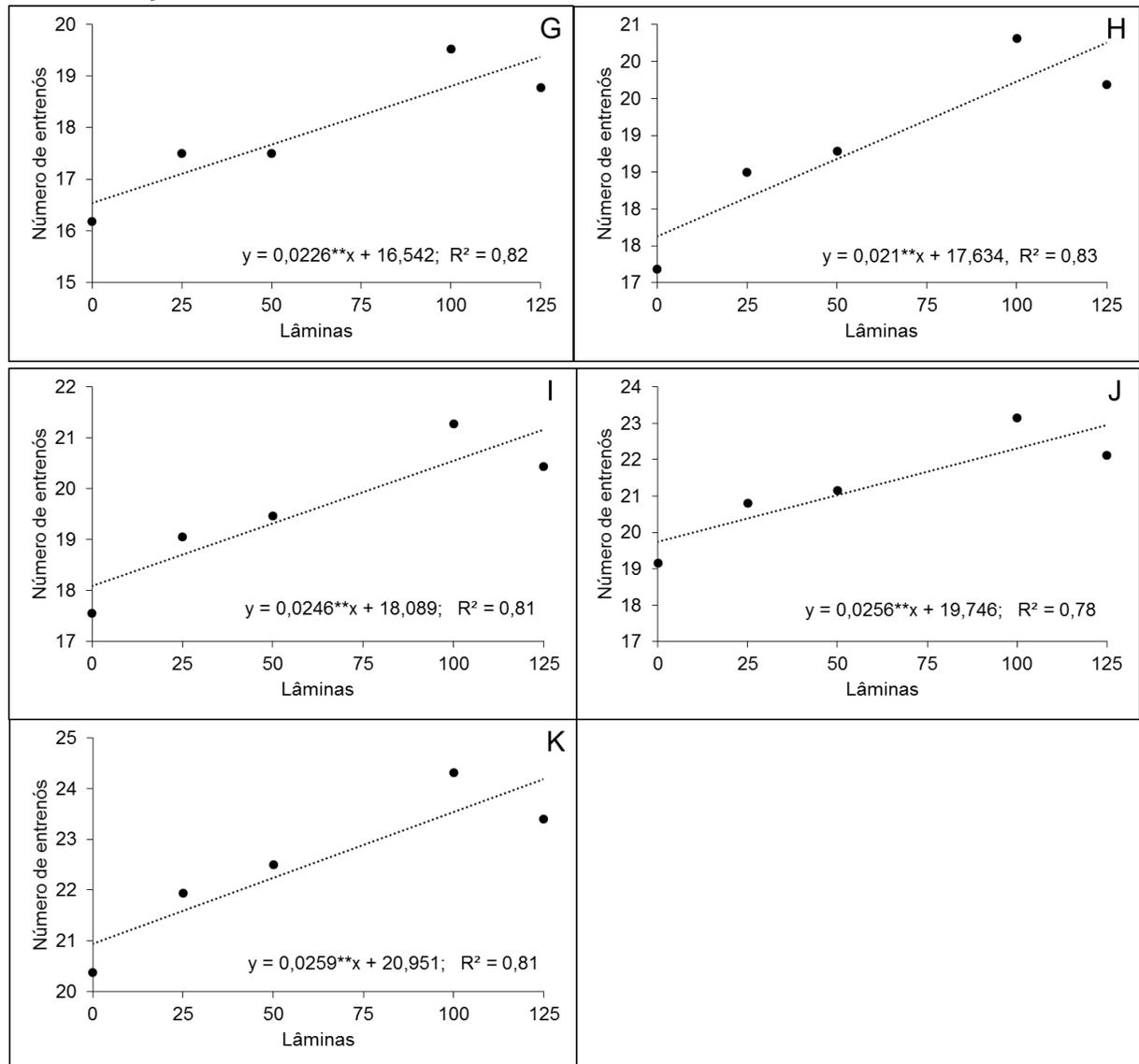


Figura 22. Número de entrenós de planta de café clone 02 da variedade Vitória em função da aplicação de diferentes lâminas de irrigação aos 30 (A), 60 (B), 90 (C), 120 (D), 150 (E), 180 (F), 210 (G), 240 (H), 270 (I), 300 (J) e 330 (K) dias após o início da irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ.

O sistema superficial proporcionou o maior número de entrenós, em todas as épocas avaliadas (Figura 23). Em todas as variáveis avaliadas o sistema superficial

se mostrou como o mais adequado para o desenvolvimento inicial de plantas de café.

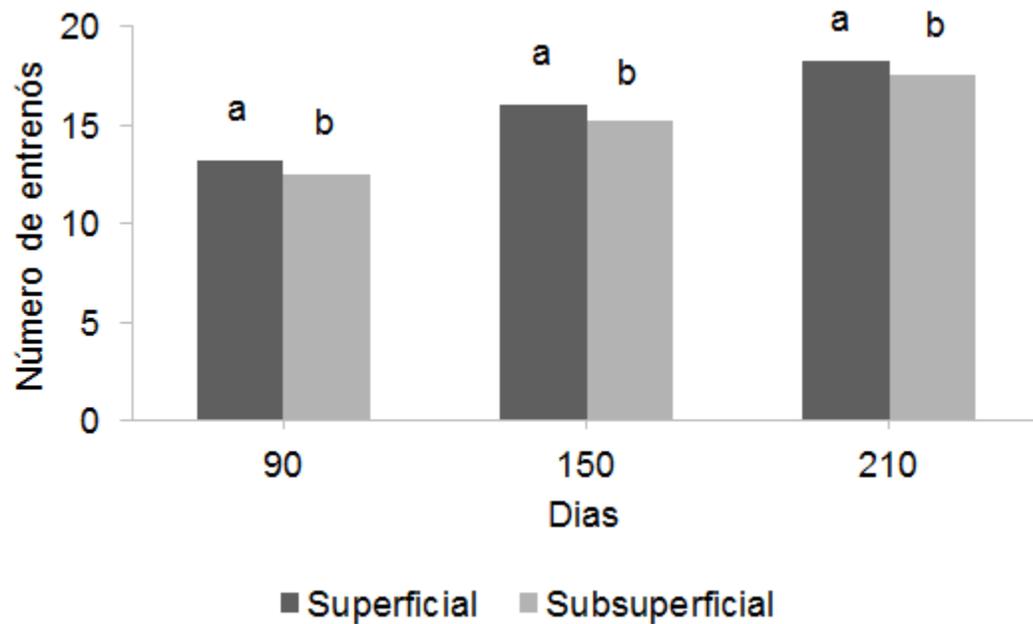


Figura 23. Médias do número de entrenós de planta de café do clone 02 da variedade Vitória avaliado em dois sistemas de irrigação. Campos dos Goytacazes, RJ. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

No sistema superficial a lâmina 100% da ET_0 foi superior em relação às demais, permitindo o desenvolvimento de maior número de entrenós. Entretanto, pode-se perceber que diferentemente das outras variáveis a distância entre as lâminas de irrigação no sistema superficial foi menor, indicando que mesmo sendo a melhor lâmina, as demais apresentam resultados semelhantes (Figura 24A).

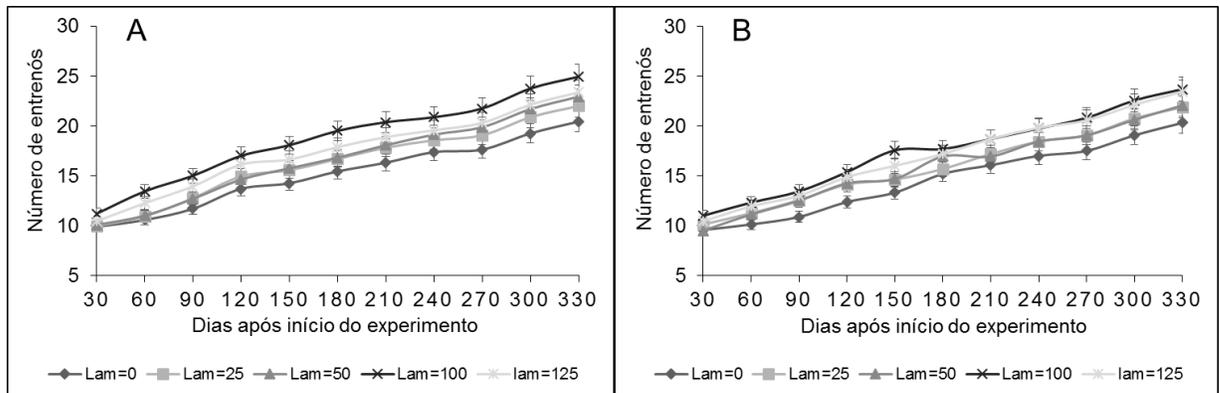


Figura 24. Número de entrenós do clone de planta de café do clone 02 da variedade Vitória em função dos dias após o início do experimento e das lâminas de irrigação aplicadas ($Lam = \%ET_0$), respectivamente, no sistema superficial (A) e subperifical (B). Campos dos Goytacazes, RJ.

No sistema subsuperficial as lâminas de 100% e 125% da ET_0 possuem, resultados semelhantes, o mesmo efeito sobre o número de entrenós. Neste caso, deve-se optar pela menor lâmina a fim de maximizar os ganhos para o produtor com menor aplicação de água, favorecendo, deste modo, melhor manejo da irrigação.

7. CONCLUSÕES

A cultura do cafeeiro tem grande importância no desenvolvimento socioeconômico brasileiro. O presente trabalho teve como objetivo estudar o desenvolvimento vegetativo do café conilon em condições de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial com diferentes lâminas de água aplicada. Para isso, foi instalado um experimento, em campo, no município de Campos dos Goytacazes, Região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

A partir dos resultados pode-se concluir que:

- ✓ O balanço hídrico demonstrou que foi imprescindível o uso da irrigação na cultura do café conilon na região Norte Fluminense devido ao déficit hídrico ocorrido, praticamente, durante o ano todo;
- ✓ A irrigação do cafeeiro produziu efeitos significativos sobre as características avaliadas, proporcionando maior crescimento da cultura;
- ✓ A altura de planta apresentou resposta linear às lâminas de irrigação;

- ✓ A lâmina de 100% da ET_0 , de forma geral, foi a que apresentou maior resposta para o desenvolvimento inicial de plantas de café conilon;
- ✓ Não foi observada influência das lâminas de irrigação na fase inicial nos sistemas superficial e subsuperficial;
- ✓ O sistema superficial proporcionou melhor desenvolvimento inicial do café conilon.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smuth, M. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.
- Alves, M.E.B.; Faria, M.A.; Guimarães, R.J.; Muniz, J.A.; Silva, E.L.; Crescimento do cafeeiro sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. (2000) *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4 (2): 219-225.
- Arantes, K.R.; Faria, M.A.; Rezende, F.C. Recuperação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) após recepa, submetido a diferentes lâminas de água e parcelamentos da adubação. (2009) *Acta Scientiarum Agronomy*, 31 (2): 313-319.
- Azevedo, H. M. (1986) Irrigação localizada. *Informe Agropecuário*, 12 (139): 40-53.
- Azevedo, N. F.; Carvalho, G. C.; Coelho, E. F.; Andrade, T. P.; Pamponet, A. J. M.; Oliveira, R. C (2012). Sistema Radicular da Lima Ácida 'tahiti', Sob Manejo de

Irrigação com Molhamento Parcial do Sistema Radicular, *INOVAGRI – IV Winotec Workshop internacional de inovações tecnológicas em irrigação*.

Barros, A.C.; Folegatti, M.V.; Souza, C.F.; Santoro, B.L. (2009) Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.13 (3): 700-707.

Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C.; Manual de irrigação. Viçosa: UFV, 2005 – 7ª edição, 503p

Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C.; Manual de irrigação. Viçosa: UFV, 2006.625 p.

Biscaro, G. A. *Sistemas de irrigação por aspersão*. Dourados, MS: Editora UFGD, 2009, 134p.

Bonomo, D.Z.; Bonomo, R.; Partelli, F.L.; Souza, J.M.; Magiero, M. (2013) Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro conilon submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. 7 (2): 157-169.

Busato, C.; Reis, E. F. Dos; Martins, C. C.; Pezzopane, J. E. M. Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase Inicial de desenvolvimento. (2007).

Carvalho, A. M.; Mendes, A. N. G.; Carvalho, G. R.; Botelho, C. E.; Gonçalves, F. M. A.; Ferreira, A. D. (2010) Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45 (8): p.269-275.

Carvalho, H. P.; (2008). Irrigação, balanço hídrico climatológico e uso eficiente da água na cultura de café (Dissertação), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

CCCRJ - Centro de comércio de café do Rio de Janeiro (2010) Café no Rio: Evolução da Produção Disponível em:<http://www.cccrj.com.br/rio/producao.html>. 18/12/2012. Página mantida pelo Centro de comércio de café do Rio de Janeiro. Acesso em: 18 de dezembro de 2012.

- Coelho, G., Silva, A. D., Rezende, F. C., Silva, R. D., & CUSTÓDIO, A. P. (2009). Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuaí'. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, 33(1), 67-73.
- CONAB - *Companhia Nacional de Abastecimento Café Brasil: Série histórica de produção*: Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_02_47_boletim_cafe_dezembro_2015_2.pdf>. Acesso em: 05 de dezembro de 2016.
- Custódio, A. A. de P.; Pozza, E. A.; Souza, P. E. de; Lima, L. A.; Silva, A. M. da; 2014. Effect of center-pivot irrigation in the rust and brown eye spot of coffee. *Plant Dis.* 98:943-947.
- Dardengo; M. C. J.D.; Reis, E.F.; Passos, R. R. (2009). Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. *Bioscience. Journal* 25(6), 1-14.
- Davis, A. P., Govaerts, R., Bridson, D. M., Stoffelen, P. (2006) An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152: 465- 512.
- Davis, A. P.; Tosh, J., Ruch, N.; Fay, M. (2011) Frowning coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data: implications for the size, morphology, distribution and evolutionary. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167: 357-377.
- De Deus, B. C. S.; Medeiros, M, P.; Peçanha, A. L.; Netto, A. T.; Campostrini E.; (2010) Irrigação Parcial do Sistema Radicular: Relações Hídricas, Capacidade Fotossintética e Teores de Macronutrientes em Cana-de-açúcar, XV Congresso de Iniciação Científica e tecnológica, Campos dos Goytacazes – RJ.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412p.

- EMBRAPA Milho e Sorgo, versão eletrônica – 6ª edição - setembro/ 2010.
- Evangelista, A.W.P.; Lima, L. A.; Silva, A. C. da; Martins, C. P. (2011) Viabilidade financeira da produção de café irrigado em regiões aptas ao cultivo não irrigado. *Coffee Science*, Lavras, 6 (2): 137-146.
- Fazuoli, L.C. (1986). Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Eds.). *Cultura do Cafeeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, p 87-114.
- Fernandes, A. L. T., Partelli, F. L., Bonomo, R., & Golynski, A. (2012). A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 42(2), 231-240.
- Fernandes, A. L. T. www.cafepoint.com.br - 01/11/2006
- Ferrão, M. A. G.; Ferrão, R. G.; Fonseca, A. F. A.; Verdim Filho, A. C.; Volpi, P. S. (2007) Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: Ferrão, R. G. *Café conilon*. Vitória, ES: Incaper, p. 66-91.
- Ferrão, R. G.; Fonseca, A. F. A. da; Bragança. S. M.; Ferrão, M. A. G.; Muner, L. H. (2007) *Café Conilon*. Vitória: Incaper, 702p.
- Gandra, A., Adjuto, G. (2010) *Centro – Sul do Rio de Janeiro pode voltar a cultivar café*: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/213608.html> em 18/10/2015.
- Gomes, F. P.; Curso de estatística experimental. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990.
- Gornat, B.; Nogueira, L.C. Avaliação da economia de água com irrigação localizada convencional e subterrânea em fruteiras tropicais. Disponível em: <http://www.iica.org.uy/p2-4.htm> . Acesso em 28 de fevereiro de 2016.
- Guerra, A. F., Rocha, O. C., Rodrigues, G. C., Sanzonowicz, C. (2007) Manejo da irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização da

- florada. In: Zambolim, L. (ed). *Boas práticas agrícolas na produção de café*. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia. p. 83-116.
- Juan, J.A.M.S. Riego por goteo: teoría y práctica. 4ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000. 302p.
- Lima, F. B.; Santos, G. O. (2009) Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis – SP.
- Mantovani, E. C.; Bernardo, S.; Polaretti, L. F. irrigação: Princípios e métodos. Viçosa UFV – 2007. 318 p.
- Mantovani, E.C. programa avaliação da irrigação por aspersão e localizada. Viçosa, M.G. – 2001.
- Martins, C. A. da S.; Uliana, E. M.; Reis E. F. dos; Silva J. G. F. da ; Bernardes C. de O.; (2011) ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12.
- Martins, C. C., Reis, E. F., Busato, C., & Pezzopane, J. E. M. (2006). Crescimento inicial do café Conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) sob diferentes lâminas de irrigação. *Engenharia na Agricultura*, 14(3), 193-201.
- Martins, C. C., Reis, E. F., Busato, C., & Pezzopane, J. E. M. (2004). Desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon (*Coffea canephora* pierre) submetido a diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente. *Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG*, 12(3), 222-228.
- Martins, C. L.; Busato, C.; Silva, S. F. da. Rodrigues, W. N.; Reis, E. F. dos; Revista Agro@mbiente On-line, v. 7, n. 2, p. 236-241, maio-agosto, 2013.

- Martins, C. C.; Soares, A. A.; Busato, C.; Reis, E. F. dos. (2007) Manejo da Irrigação por Gotejamento no Cafeeiro (*Coffea arabica*). *Biosciense Journal*, 23 (2): 61-69.
- Martins, C. De P. et al. (2004) Produção e desenvolvimento do cafeeiro irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2004, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, CD-ROM.
- Matiello, J. B.; Fernandes, A. L.; santinato, R. (2009). Facilitando a irrigação em cafezais. Procafé. 82p.
- Matiello, J. B.; Santinato, R.; Garcia, A. W. R.; Almeida, S. R.; Fernandes, D. R. (2005) Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações. 2ª ed. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 438 p.
- Mendonça, J. C.; Souza, 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*, V. 11, n.5, p 442, 2007.
- Montagnon, C.; Leroy, T.; Yapo, A. B. (1992) Diversité genotypique et phénotypique de quelques groupes de caféiers (*Coffea canephora* Pierre) em colletion. Consequences sur leur utilisation em selection. *Café Cacao Thé*, 36: 187-198.
- Monteiro, J. E. B. A. (Org.). (2009) Agrometeorologia dos cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola. Brasília, DF: INMET, 530 p.
- Partelli, F. L.; Vieira, H. D.; Gabeto, M.; Silva, M. G.; Ramalho, J. C. (2010) Seasonal vegetative growth of different age branches of Conilon coffee tree. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 31(3): 619-626.
- Petek, M. R.; Sera, T.; Fonseca, I. C. B. (2009) Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arábica*. *Bragantia*, 68 (1): 169-181.

- Pezzopane, J.R.M.et al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. *Ciência Agronômica*, v. 41, n. 3, p.341-348, 2010.
- Praxedes, S. C., DaMatta, F. M., Loureiro, M. E., Ferrao, M. A., & Cordeiro, A. T. (2006). Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. kouillou) leaves. *Environmental and Experimental Botany*, 56(3), 263-273.
- Prezotti, L.C. (2014) Sistema de recomendação de calagem e adubação. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/downloads>>. Acesso em (25/01/2016).
- Rodrigues, S., Ferreria Filho, G. S., Almeida, W. A., & Neto, A. F. C. (2010). Desenvolvimento do café arábica (*Coffea arábica*) submetido a diferentes lâminas de irrigação, nas condições do estado de Rondônia. *Global Science and Technology*, 3(1).
- Rodrigues, V.G.S. Avaliação do desenvolvimento vegetativo de cafeeiros arborizados e a pleno sol. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009. 4 p. (Circular Técnica nº 112).
- Rodrigues, W. P., Vieira, H. D., Barbosa, D. H. S. G., Vittorazzi, C. (2012) Growth and yield of *Coffea arabica* L. in Northwest Fluminense. 2nd Harvest. *Revista Ceres*, 59 (6): 809 – 815.
- Rolim, G. S.; Sentelhas, P.C.; Barbieri, V. Planilhas no ambiente EXCEL™ para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n.1, p 133- 137, 1998.
- Ronhi, C. P. www.cafepoint.com.br em 19 - 08 - 2009.
- Santos, G. O., Hernandez, F. B. T., & Rossetti, J. C. (2010). Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis,

noroeste do estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 4(3), 142-149.

Santos, R. A.; Hernandez, F. B. T.; Ferreira, E. J. S.; Vanzela, L. S.; Lima, R. C. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em sub superfície instalado na cultura de pupunheiras (*bactris gasipaes* h.b.k.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32. 2003, Goiânia – GO. Anais...Goiânia: COMBEA, 2003. 4p.

SAS INSTITUTE.SAS/STAT software: changes and enhancements through release 6.12. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1997. 1167p.

Scalco, M. S., Alvarenga, L. A., Guimarães, R. J., Colombo, A., & Assis, G. A. (2012). Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. *Coffee Science*, Lavras, 6 (3), 193-202.

Silva, C. A.; Teodoro, R. E. F.; Melo, B. de. (2008) Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro 'Catuai' em função da época de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12 (1): 21-25.

Ronchi, C. P; www.cafépoint.com.br– 19/08/2009

Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 819p

Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. (1955) The water balance. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 104p.

Vicente, Marcelo R.; Soares, Adilson R.; Mantovani, Everardo C.; Freitas, Alexandro R. (2003) Efeito da irrigação e do posicionamento das linhas de gotejadores (superficial e subsuperficial) na produtividade de cafeeiros na região do cerrado. In: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde*, Anais. Brasília, DF: Embrapa Café, p. 124-125.

Vilella, W. M. C.; Faria, M. A. (2003) Crescimento de cafeeiros submetidos a cinco lâminas de irrigação e três parcelamentos de adubação. *Irriga* 8 (2): 168-177.

Zonta, J. H.; Braun, H., Fialho dos Reis, E., Paulucio, D., & Batista Zonta, J. (2009).
Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no
desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre).
Idesia (Arica), 27(3), 29-34.