



COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NA CULTURA DO CAFEIEIRO CONILON

A. A. Pinheiro¹, W. R. Ribeiro², M. S. Gonçalves³, D. S. Ferreira⁴, E. F. dos Reis⁵

RESUMO: Para realização do manejo correto da irrigação é necessário o conhecimento da demanda hídrica da cultura de interesse, obtida através de métodos de estimativa da evapotranspiração e coeficientes culturais. Objetivou-se comparar métodos de estimativa da evapotranspiração de referência e coeficientes culturais utilizando plantas de cafeeiro conilon em crescimento inicial. O experimento foi conduzido num esquema fatorial 2 x 2 x 2, sendo e níveis de variedades de cafeeiro conilon (Vitória Incaper ES8142 e Robusta Tropical), 2 níveis de coeficientes culturais (0,5 e 0,8) e 2 níveis de métodos de estimativa da evapotranspiração (Penman-Monteith e Hargreaves & Samani), num delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. Utilizou-se turno de rega de 3 dias, fornecendo a quantidade de água evapotranspirada no período para cada tratamento, em um período de 33 dias, no qual realizou-se quantificação do número de folhas das plantas. Observou-se maior número de folhas nas plantas que tiveram a reposição de água no solo baseada na evapotranspiração estimada por Penman-Monteith e com a utilização de 0,8 como coeficiente cultural, as quais receberam a maior quantidade de água entre todas as parcelas experimentais.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea canephora*, Vitória Incaper 8142, coeficiente cultural.

COMPARISON OF EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION METHODS IN CONILON COFFEE CULTURE

ABSTRACT: To perform the correct irrigation management, it is necessary to know the water demand of the crop of interest, obtained through methods of estimation of evapotranspiration and cultural coefficients. The objective of this study was to compare methods of estimation of reference evapotranspiration and cultural coefficients using conilon coffee plants in initial growth. The experiment was conducted in a 2 x 2 x 2 factorial scheme, with levels of conilon coffee varieties (Vitória Incaper ES8142 and Robusta Tropical), 2

¹ Mestrando em Produção Vegetal, CCAE/UFES, CEP 29.500-000, Alameda José Amado Aride, 07, Centro, Alegre, ES. Fone (28) 999691430. Email: aalvespinheiro7@gmail.com

² Mestrando, Universidade Federal do Espírito Santo - Alegre-ES. Email: wilianrodrigues@msn.com

³ Doutoranda, Universidade Federal do Espírito Santo - Alegre-ES. Email: morganascg@gmail.com

⁴ Graduando, Universidade Federal do Espírito Santo - Alegre-ES. Email: danielufes@live.com

⁵ Dr. Professor Titular, Universidade Federal do Espírito Santo - Alegre-ES. Email: edreis@cca.ufes.br

levels of cultural coefficients (0.5 and 0.8) and 2 levels of Estimates of evapotranspiration (Penman-Monteith and Hargreaves & Samani), in a completely randomized design, with 4 replicates. A 3-day irrigation shift was used, providing the amount of evapotranspired water in the period for each treatment, in a period of 33 days, in which the number of leaves of the plants was quantified. It was observed a greater number of leaves in the plants that had the replacement of water in the soil based on the evapotranspiration estimated by Penman-Monteith and with the use of 0.8 as cultural coefficient, which received the highest amount of water among all the experimental plots.

KEYWORDS: *Coffea canephora*, Vitória Incaper 8142, cultural coefficient.

INTRODUÇÃO

O Estado do Espírito Santo tem a cafeicultura como uma das atividades econômicas mais significantes para a consolidação da economia, a produção estadual de café conilon é de 9,9 milhões de sacas, representando em torno de 78% do total brasileiro (CONAB, 2014). Esta cultura é a principal fonte de renda de 80% dos municípios capixabas e por volta de 400 mil pessoas trabalham direta ou indiretamente com a cafeicultura (INCAPER, 2012).

Segundo Taiz & Zeiger (2013), todos os processos vitais das plantas, como o metabolismo, transporte, translocação de solutos na planta e expansão do sistema radicular no solo, são afetados pelo decréscimo do potencial hídrico, comprometendo o crescimento e desenvolvimento das plantas, conseqüentemente, afetando a produtividade das culturas.

De acordo com DaMatta & Ramalho (2006), no Brasil e em outros países produtores de café, a seca é considerada o principal estresse ambiental capaz de afetar o desenvolvimento e a produção do cafeeiro. Segundo Martins et al. (2015) a seca afeta a evapotranspiração, a extração de umidade pelas raízes, a distribuição do sistema radicular, o tamanho do dossel e as taxas de desenvolvimento dos cultivos. A deficiência hídrica é responsável pela queda da produção do cafeeiro (CARVALHO et al., 2011), já que a disponibilidade hídrica é um dos principais condicionantes da produtividade econômica dos cultivos (PICINI et al., 1999). O estresse hídrico no cafeeiro, após a fecundação, prejudica o crescimento dos frutos (CAMARGO, 2010).

Assim, de acordo com Rolim et al. (2012), faz-se necessário considerar as alterações climáticas para projetar sistemas de irrigação e fazer o manejo correto da água. A irrigação tem papel importante na agricultura, pois, entre outros benefícios, contribui para o aumento da

produtividade e viabiliza o plantio em áreas que não atendem às necessidades hídricas das plantas.

E para isso, o conhecimento das necessidades hídricas da cultura é de grande importância para o estudo do manejo da água utilizada na agricultura irrigada. E a quantificação da evapotranspiração é imprescindível para identificar as variações temporais sobre a necessidade de irrigação (ORTEGAFARIAS; IRMAK; CUENGA, 2009).

Com tudo, objetivou-se com do presente estudo comparar dois métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em base diária e coeficientes culturais utilizados para realizar o fornecimento hídrico necessário ao desenvolvimento de plantas de cafeeiro conilon em crescimento inicial.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, instalada no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20°45'45,38" Sul, longitude 41°32'12,20" Oeste e altitude de 269,0 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno. A temperatura anual média é de 23°C e a precipitação anual em torno de 1200 mm.

O experimento foi conduzido em um esquema fatorial 2 x 2 x 2, sendo variedades de cafeeiro conilon em 2 níveis (Vitória Incaper ES8142 e Robusta Tropical – Emcaper 8151), coeficientes culturais (Kc) em 2 níveis (0,5 e 0,8) e métodos de estimativa da evapotranspiração em 2 níveis (Penman-Monteith - PM e Hargreaves & Samani - HS), num delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições.

O solo utilizado para constituir as parcelas experimentais foi coletado na área experimental do CCAUE-UFES, classificado texturalmente como solo argiloso, sendo portanto solo característico da região. O solo foi destorroado, peneirado (peneiras de 4 mm) e homogeneizado, e posteriormente, foram retiradas amostras para análise química do solo, a qual foi realizada no Laboratório de Solos do CCAUE-UFES, para realização posterior de correção da acidez do solo, de acordo com o método de Prezotti (2007), e a adubação mineral foi feita seguindo a metodologia proposta por Novais, Neves & Barros (1991).

Após a preparação do solo, preencheu-se os vasos de 12 litros, e os revestiu com papel branco para reduzir a absorção de radiação solar a fim de reduzir o aquecimento do solo, e

cobriu-se o solo de cada vaso com isopor de 1,5 cm de espessura, visando garantir que a água perdida em cada parcela experimental fosse apenas proveniente da transpiração das plantas.

Posteriormente ao plantio das mudas, todas as parcelas experimentais foram mantidas por 75 dias com a umidade do solo próxima a capacidade de campo, proporcionando condições ideais para o desenvolvimento das plantas. Passado este período, os tratamentos com os diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração e os coeficientes culturais foram iniciados e mantidos por 33 dias. Na Figura 1 pode-se observar o comportamento dos valores de evapotranspiração de acordo com o método e com o respectivo coeficiente cultural.

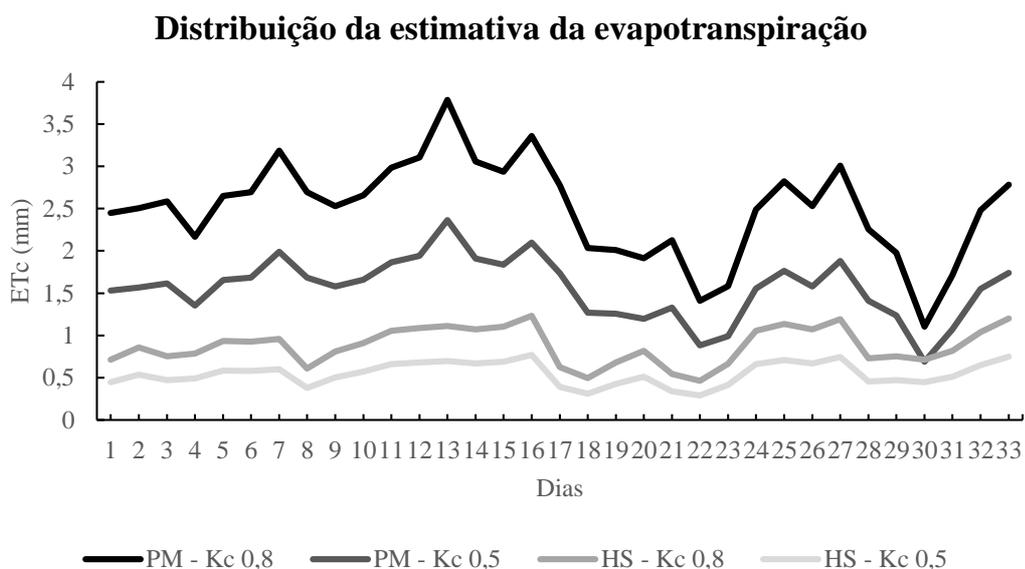


Figura 1. Distribuição dos valores, em milímetros, de evapotranspiração cultural para cada dia do período experimental.

Todos dados meteorológicos necessários para a estimativa da evapotranspiração foram obtidos de estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através de acesso ao portal online do referido instituto, localizada no município de Alegre, mais precisamente sob latitude 20,750412° Sul e longitude 41,488852° Oeste, a qual integra valores observados de minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora.

De posse dos dados meteorológicos diários, os valores de evapotranspiração foram calculados utilizando as equações referentes a cada método já citado. Sendo o método de Penman-Monteith (MONTEITH, 1973), recomendado pela FAO (SMITH,1991), calculado pela equação 1, porém neste trabalho utilizou-se o software SMAI para automatização destes cálculos (MARIANO et al., 2011), e o método de Hargreaves & Samani (HARGREAVES, 1974) calculado pela equação 2.

Equação 1:

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

Em que:

ET_0 – evapotranspiração diária de referência (mm)

λ – calor latente de vaporização (MJ kg^{-1})

Δ – inclinação da curva da pressão de vapor saturado versus temperatura ($\text{k Pa } ^\circ\text{C}^{-1}$)

R_n – saldo de radiação ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

G – fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

e_s – pressão de vapor saturado do ar (k Pa)

e_a – pressão de vapor do ar na altura z (k Pa)

T – temperatura do ar na altura z ($^\circ\text{C}$)

γ° – coeficiente psicométrico modificado (k Pa K^{-1}) = $\gamma (1 + 0,33 U_2)$

U_2 – velocidade do vento medida a 2 metros de altura (m s^{-1})

900 – constante ($\text{k J}^{-1} \text{ kg } ^\circ\text{K}$)

Equação 2:

$$ET_0 = 0,0023 (T_{\text{med}} + 17,8) \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0,5} \cdot R_a$$

Em que:

T_{med} – temperatura média ($^\circ\text{C}$)

T_{max} – temperatura máxima ($^\circ\text{C}$)

T_{min} – temperatura mínima ($^\circ\text{C}$)

R_a – radiação extraterreste (mm dia^{-1})

A reposição de água foi realizada em um intervalo de 3 dias, sempre no período da manhã, utilizando proveta graduada, sempre fornecendo a quantidade de água evapotranspirada nos últimos 3 dias calculada para cada tratamento, garantindo o retorno da quantidade de água utilizada pelas plantas para sua transpiração. A quantidade de água estimada era obtida em milímetros, ou seja, litros por metro quadrado, portanto, era realizado uma correção para se obter a quantidade de água a ser repostada nos vasos, essa correção era realizada utilizando a área superficial dos vasos.

No fim do período de aplicação dos tratamentos foi realizada a quantificação do número de folhas das plantas, utilizando como critério um comprimento mínimo de 1 centímetro para se considerar uma folha visível. Com essa quantificação pode-se comparar o desenvolvimento dos dois materiais genéticos estudados sob dois métodos de estimativa de evapotranspiração e dois coeficientes culturais, podendo identificar qual tratamento propiciou melhores condições ao crescimento das plantas.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando-se o *software free* R Studio.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios do número de folhas das plantas sob estudo, com a representação dos desdobramentos do fatorial triplo entre as variedades de cafeeiro conilon, métodos de estimativa de evapotranspiração e coeficiente cultural, possibilitando a observação de diferenças no desenvolvimento das plantas a partir dos tratamentos impostos.

Analisando o fator variedade de café conilon dentro dos níveis dos fatores estimativa de evapotranspiração e coeficiente cultural, pode-se notar que o número de folhas da variedade Vitória Incaper ES8142 foi significativamente superior ao da variedade Robusta Tropical apenas no tratamento onde a demanda hídrica foi calculada a partir da equação de Penman-Monteith associada ao coeficiente cultural de 0,8, sendo que esta apresentou os maiores valores de evapotranspiração entre todos os tratamentos aplicados.

Nos outros tratamentos aplicados, diferentes do citado acima, as plantas de cafeeiro conilon, independente da variedade, apresentaram número de folhas estatisticamente iguais, gerando conhecimento importante para ser utilizado no manejo de lavouras.

Comparando os métodos de estimativa de evapotranspiração a partir da combinação dos fatores variedades de cafeeiro conilon e coeficiente cultural, observa-se que em todos os tratamentos analisados as plantas que estiveram sob reposição de água a partir da estimativa por Hargreaves & Samani tiveram número de folhas significativamente menor do que as plantas submetidas à reposição por Penman-Monteith.

Sendo assim, pode-se inferir sobre uma subestimação dos valores da evapotranspiração pelo método de Hargreaves & Samani, quando realiza-se comparação com o método de Penman-Monteith, podendo ocasionar prejuízos ao desenvolvimento da cultura do cafeeiro

em crescimento inicial. Portanto, mesmo com a dificuldade de obtenção de todos dados meteorológicos para cálculo da estimativa da evapotranspiração por Penman-Monteith, como a necessidade de estação meteorológica com maior nível de tecnologia, é importante a tentativa de viabilizar o que for necessário para possibilitar o cálculo através deste método.

De acordo com o exposto acima, Bragança et al.(2010), observou um desempenho mediano do método de Hargreaves & Samani quando comparado com o método de Penman-Monteith utilizado neste experimento, considerado o padrão, realizando análise a partir de escala temporal diária e de três, cinco e sete dias, no município de Cachoeiro de Itapemirim, próximo ao município do presente trabalho. Contudo, algumas pesquisas, como é o caso de Borges & Mendiondo (2007), reforçam a idéia da utilização do método de Hargreaves & Samani, pois pode apresentar boa confiabilidade relacionado ao método citado como padrão, de acordo com ajuste para a região em que será aplicado, e por ter como vantagens a simplicidade e exequibilidade.

Desdobrando o fator coeficiente cultural dentro dos níveis dos fatores métodos de estimativa de evapotranspiração e variedades de cafeeiro conilon, é de conhecimento que apenas na combinação da variedade Robusta Tropical e a estimativa da evapotranspiração por Penman-Monteith não houve diferença estatística significativa entre os valores de número de folhas das plantas encontrados neste experimento, ou seja, a variação do coeficiente cultural, que realiza modificação na quantidade de água repostada no solo, não alterou o desenvolvimento das plantas deste tratamento, sendo uma resposta interessante para o manejo da lavoura, possibilitando uma redução da quantidade de água necessária para o desenvolvimento desta variedade em crescimento inicial.

As plantas da variedade Vitória Incaper ES8142 submetidas à reposição de água a partir da estimativa pelos dois métodos de evapotranspiração estudados e a variedade Robusta Tropical sob o método de Hargreaves & Samani apresentaram maior desenvolvimento da variável quando utilizou-se o coeficiente 0,8, ou seja, um maior valor de evapotranspiração foi estimado para tais plantas. Sendo que este coeficiente é o recomendado para utilização nos cálculos para irrigação de cafeeiro conilon em crescimento inicial, de acordo com a literatura consultada de Santinato, Fernandes & Fernandes (1996).

É necessário maiores estudos para conhecimento da interação destes fatores para confirmar os efeitos observados sobre as plantas.

CONCLUSÕES

A variedade Vitória Incaper ES8142 apresentou maior número de folhas que a variedade Robusta Tropical quando a estimativa de evapotranspiração foi calculada por Penman-Monteith e utilizou-se coeficiente cultural de 0,8.

A estimativa da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith proporcionou maior número de folhas nas plantas.

Na utilização da equação de Hargreaves & Samani, independente das variedades estudadas, o coeficiente cultural de 0,8 proporcionou maior número de folhas nas plantas.

Quando utiliza-se a metodologia de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de plantas de Robusta Tropical não há diferença significativa entre a utilização dos coeficientes culturais 0,5 e 0,8.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 11, n. 3, p. 293-300, 2007.

BRAGANÇA, R.; REIS, E. F. dos; GARCIA, G. de O.; PEZZOPANE, J. E. M. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso para três localidades no Estado do Espírito Santo. **Idesia**. v. 28, n. 2, p. 21-29, 2010.

CAMARGO, M. B. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**. v. 69, p. 239-247, 2010.

CARVALHO, H. de P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de Cafés do Brasil**. Safra de 2014: MAPA –SPC-CONAB, dez. 2014.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.

HARGREAVES, G. H. **Estimation of potential and crop evapotranspiration**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.17, n.1, p.701-704, 1974.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL – INCAPER. **Dia nacional do café: potencial capixaba é reconhecido mundialmente**. Acesso em: 26 de maio de 2017.

MARIANO, J. C. Q.; SANTOS, G. O.; FEITOSA, D. G.; HERNANDEZ, F. B. T. Sistema para manejo da agricultura irrigada - SMAI versão 2.0 copyright. Ilha Solteira: UNESP. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br/smai>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

MARTINS, E.; APARECIDO, L. E. de O.; SANTOS, L. P. S.; MENDONÇA, J. M. A. de; SOUZA, P. S. de. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na Região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, n. 4, p. 499 - 506, 2015.

MONTEITH, J. L. **Principles of environmental physics**. Edward Arnold, London, 241 p. 1973.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (Coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA, p.189-253, 1991.

ORTEGA-FARIAS, S.; IRMAK, S.; CUENGA, R.H. Special issue on evapotranspiration measurement and modeling. **Irrigation Science**, v. 28, n.1, p. 1-13, 2009.

PICINI, A. G.; CAMARGO, M. B. P. de; ORTOLANI, A. A.; FAZUOLI, L. C.; GALLO, P. B. Desenvolvimento e teste de modelos agrometeorológicos para a estimativa de produtividade do cafeeiro. **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 157- 170, 1999.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5. ed. Vitória: SESA, 2007. 305p.

ROLIM, J.; TEIXEIRA, J.; CATALÃO, J. Irrigation management of crops rotations in a changing climate. **Geophysical Research Abstracts**, v. 14, n. 1, p. 14427, 2012.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. Campinas: Arbore, 1996. 146 p.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome FAO. 45p. 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Piracicaba, Artmed, 2013. 820p.

TABELAS**Tabela 1.** Médias do número de folhas das plantas nas duas variedades de cafeeiro conilon em função do método de evapotranspiração e coeficiente cultural.

	HS - Kc 0,5	HS - Kc 0,8	PM – Kc 0,5	PM - Kc 0,8
Vitória Incaper	13 a	19,25 a	22 a	33,75 a
Robusta Tropical	11 a	21,25 a	22,5 a	25 b
	Robusta Tropical - Kc 0,5	Robusta Tropical - Kc 0,8	Vitória Incaper -Kc 0,5	Vitória Incaper - Kc 0,8
PM	22,5 a	25 a	22 a	33,75 a
HS	11 b	21,25 b	13 b	19,25 b
	HS - Robusta Tropical	HS - Vitória Incaper	PM - Robusta Tropical	PM - Vitória Incaper
Kc – 0,8	21,25 a	19,25 a	25 a	33,75 a
Kc – 0,5	11 b	13 b	22,5 a	22 b

*Interação tripla significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas por letras iguais na vertical são estatisticamente iguais ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.