

# ESTUDO COMPARATIVO DE MODELOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET<sub>o</sub>) PARA AS REGIÕES CAFEIRAS DO TRIÂNGULO E NOROESTE DE MINAS GERAIS<sup>1</sup>

Robson BONOMO<sup>2</sup>, Everardo Chartuni MANTOVANI<sup>3</sup>, Gilberto C. SEDIYAMA<sup>4</sup>

**RESUMO:** No presente trabalho avaliou-se a ET<sub>o</sub> estimada pelos métodos de Kimberley - Penman (Kpen); Penman FAO (FcPn); Penman FAO sem correção (Pen); Penman original (63Pn); Hargreaves e Samani (Harg); Radiação-FAO (Frad); Blaney e Criddle FAO (FB-C); e Thornthwaite simplificado por Camargo (Camargo) para as regiões cafeeiras do Triângulo e Noroeste de Minas Gerais, tomando-se como referência o método recomendado de Penman-Montheith, para o cálculo da ET<sub>o</sub> da cultura hipotética. Utilizou-se de dados climáticos diários para o cálculo da ET<sub>o</sub>. Os resultados encontrados indicam boas estimativas da ET<sub>o</sub> para todos os métodos avaliados, à exceção dos métodos de Harg e Camargo. O método Camargo apresenta uma tendência clara de subestimação da ET<sub>o</sub> chegando a subestimar em média até 32% a ET<sub>o</sub>. Os resultados indicam que o método de FB-C pode ser utilizado sem ajuste local para a estimativa da ET<sub>o</sub> para as duas regiões estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** evapotranspiração, evapotranspiração de referência.

**ABSTRACT:** On present work was appraised the evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) estimated at the methods of Kimberly - Penman (Kpen); Penman FAO(FcPn); Penman FAO without correction (Pen); Original Penman (63Pn); Hargreaves and Samani (Harg); FAO-Radiation (Frad); Blaney and Criddle FAO (FB-C); and Thornthwaite simplified by Camargo (Camargo) of the coffee plantation of the triangle and North-west at Minas Gerais state, taking as reference the method of Penman-Monteith, recommendable for the evapotranspiration calculation of hypothetic culture. Using daily climatological data for the ET<sub>o</sub> calculation. The results met for the region was indicating as good estimate at ET<sub>o</sub> for everyone methods valued, with exception at Harg and Camargo. This method to present a tendence at underestimation of ET, reaching at underestimate until 32% in average the ET<sub>o</sub>. The results was indicating that the method of FB-C can be utilized without correction to estimate of the ET<sub>o</sub> for everyone region researched.

**KEYWORDS:** evapotranspiration; reference evapotranspiration.

## INTRODUÇÃO

A quantificação da água evapotranspirada pelo sistema solo-planta-atmosfera é de grande importância, pois trata-se de um parâmetro de referência quando da realização de balanços hídricos, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação. A evapotranspiração pode ser definida como sendo a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície vegetal, durante determinado período, incluindo a evaporação da água do solo, a evaporação da água depositada na superfície das folhas e a própria transpiração pelo vegetal (Mantovani, 1993).

A maioria dos modelos citados na literatura, para o cálculo da evapotranspiração, incorporam diferentes parâmetros do clima local e da cultura. Assim o uso de um modelo numa determinada região pressupõe sua validade para cada localidade, sendo de fundamental importância fazer um contraste e calibração dos diferentes modelos para cada localidade onde se deseja utilizá-los, levando em consideração as condições edafoclimáticas (Jensen et al., 1990).

Em 1990 foi proposto uma padronização para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), com base numa cultura hipotética cobrindo toda superfície do solo, com altura de 12 cm, resistência aerodinâmica da superfície de 70 sm<sup>-1</sup> e albedo de 0,23, sendo a equação de Penman-Montheith recomendada como método de cálculo da ET<sub>o</sub>. Essa iniciativa tem por fundamento as dificuldades das medidas lisimétricas que são de realização demorada, dispendiosas e de difícil execução e padronização nas condições de campo (Smith et al., 1991).

<sup>1</sup> Trabalho financiado pela FAPEMIG e pelo CONSÓRCIO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO CAFÉ.

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, D.S., Ex-Bolsista PNP&D Café / EMBRAPA; atualmente Professor CAJ/UFV, rbonomo@jatai.ufv.br

<sup>3</sup> Eng. Agrícola, D.S, Prof. Titular do DEA/UFV, Bolsista do CNPq, everardo@mail.ufv.br ;

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, PhD. Prof. Titular do DEA/UFV, Bolsista do CNPq, sediyama@mail.ufv.br

Face ao exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a ETo estimada por vários métodos de uso comum, com distintos níveis de complexidade e necessidade de dados de entrada, comparando os resultados com a nova conceituação da ETo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado utilizando-se de dados climatológicos diários de seis estações meteorológicas localizadas nas regiões do Triângulo e Noroeste de Minas Gerais nos municípios de Araxá, Capinópolis, João Pinheiro, Paracatu, Patos de Minas e Uberaba. Avaliou-se a ETo estimada pelos métodos de Penman-Montheith (PM), Kimberley - Penman (KPen); Penman FAO (FcPn); Penman FAO sem correção (Pen); Penman original (63Pn); Hargreaves e Samani (Harg); Radiação-FAO (FRad); Blaney e Criddle FAO (FB-C); e Thornthwaite simplificado por Camargo (Camargo). Calculou-se a ETo, para valores diários, tomando-se como referência a nova conceituação de ETo padrão (Penman-Montheith). A descrição dos métodos pode ser obtida nos trabalhos Doorenbos e Pruitt (1977), Jensen et al. (1990) e Camargo e Pereira (1990).

Com os valores de ETo para o ano todo, para o período de temperaturas mais baixas do ano (abril a setembro) e período de temperaturas mais altas do ano (outubro a março), foram ajustadas equações de regressão utilizando-se de uma planilha de cálculo, a fim de analisar as relações da ETo estimadas entre o modelo de referência e os outros modelos em estudo. A equação de regressão ajustada foi da seguinte forma:  $Y = a + bX$ , em que, X é a ETo estimada para cada um dos outros métodos avaliados, Y é a ETo estimada pelo método padrão de referência (PM), e a e b são os coeficientes da equação de regressão.

Avaliou-se o erro padrão de estimativa do método avaliado (SEE) e o grau de dispersão dos pontos com a equação da reta gerada pela regressão utilizando-se o erro padrão de estimativa ajustado pela regressão (ASEE), conforme descrito por Jensen et al. (1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 está apresentado o resumo das análises estatísticas e a classificação entre os métodos avaliados utilizando-se de dados de todos os meses do ano.

Dentre os resultados encontrados pode-se destacar que para todos os locais estudados e período de estudo ocorreram boas estimativas de ETo para valores diários para todos os métodos avaliados com  $r^2$  acima de 0,90, à exceção de Harg e Camargo que apresentaram  $r^2$  inferiores a 0,56 e 0,30 respectivamente. Tal fato indica a necessidade de ajuste regional para estes métodos. Os métodos FcPn, Pen, 63Pn e FRad podem ser utilizados para a estimativa da ETo na região desde que utilizem fatores que ajustem a superestimação observada, já Kpen necessita de ajuste devido a subestimação. Observou-se ainda que existe uma tendência clara de subestimação da ETo pelo método Camargo, sendo mais acentuada para o período do ano de temperaturas mais baixas, de abril a setembro, chegando a subestimar em média até 32% a ETo, como é o caso de Uberaba (dados apresentados na íntegra do trabalho).

Para fins práticos, dentre os três métodos que apresentam basicamente requerimento de dados medidos de temperatura do ar, ou seja Harg, FB-C e Camargo as melhores estimativas da ETo foram dadas pelo método de FB-C, indicando que o mesmo pode ser utilizado sem ajuste local para a estimativa da ETo em toda a região estudada.

## CONCLUSÕES

Os resultados encontrados para as regiões indicam boas estimativas de ETo para valores diários para todos os métodos avaliados, à exceção de Harg e Camargo. O método Camargo apresenta uma tendência clara de subestimação da ETo chegando a subestimar em média até 32% a ETo. Os resultados indicam que o método de FB-C pode ser utilizado sem ajuste local para a estimativa da ETo para as duas regiões estudadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camargo, A. P., e Pereira, A. R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Fundação Cargil, Campinas. 1990. 27p.
- Doorenbos, J. e Pruitt, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. (FAO Irrig. and Drain. Paper nº 24), FAO, Rome, Italy. 1975. 179p.
- Jensen, M. E., Burman, R. D. e Allen, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. ASCE, Manuals and Reports on Engineering Practice no 70, New York. 1990. 332p.
- Mantovani, E.C. **Desarrollo y evaluacion de modelos para el manejo del riego: estimacion de la evapotranspiracion y efectos de la uniformidad de aplicacion del riego sobre la produccion de los cultivos**. Universidad de Cordoba, Cordoba, España, 1993. 184 p.

Smith, M.; Segeren, A.; Pereira, L. S.; Perrier, A.; Allen, R. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guideline for prediction of crop water requirements.** FAO, Rome, Italy. 1991. 45 p.

Quadro 1 - Resumo das análises estatísticas e a classificação entre os métodos avaliados: (1) Percentagem em relação ao método padrão (PM); (2) Erro padrão de estimativa em relação ao método padrão; (3) e (4) Coeficientes da equação de regressão ajustada; (5) Coeficiente de determinação para a regressão; (6) Erro padrão de estimação em relação a regressão

Método	%	SEE	a	b	r <sup>2</sup>	ASEE	%	SEE	a	b	r <sup>2</sup>	ASEE
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Araxá (1971-1978)						Capinópolis (1971-1978)						
<b>63Pn</b>	<b>108</b>	<b>0,34</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>	<b>0,15</b>	<b>108</b>	<b>0,39</b>	<b>0,05</b>	<b>0,92</b>	<b>0,96</b>	<b>0,23</b>
FB-C	101	0,38	0,23	0,92	0,89	0,36	104	0,54	0,38	0,87	0,83	0,48
<b>KPen</b>	<b>92</b>	<b>0,41</b>	<b>0,33</b>	<b>0,99</b>	<b>0,93</b>	<b>0,29</b>	<b>91</b>	<b>0,52</b>	<b>0,49</b>	<b>0,97</b>	<b>0,91</b>	<b>0,35</b>
Pen	116	0,67	0,25	0,80	0,97	0,18	115	0,74	0,44	0,77	0,95	0,27
<b>FRad</b>	<b>119</b>	<b>0,89</b>	<b>0,62</b>	<b>0,69</b>	<b>0,91</b>	<b>0,33</b>	<b>115</b>	<b>0,88</b>	<b>0,72</b>	<b>0,71</b>	<b>0,86</b>	<b>0,44</b>
FcPn	123	1,00	0,57	0,68	0,97	0,18	123	1,11	0,68	0,67	0,95	0,27
<b>Harg</b>	<b>115</b>	<b>1,05</b>	<b>0,78</b>	<b>0,68</b>	<b>0,40</b>	<b>0,83</b>	<b>120</b>	<b>1,23</b>	<b>0,64</b>	<b>0,71</b>	<b>0,40</b>	<b>0,91</b>
Camargo	81	1,20	1,71	0,64	0,21	0,96	85	1,23	1,65	0,70	0,23	1,04
João Pinheiro (1973-1978)						Paracatu (1973-1978)						
<b>63Pn</b>	<b>110</b>	<b>0,44</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>	<b>0,16</b>	<b>108</b>	<b>0,32</b>	<b>-0,04</b>	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>	<b>0,15</b>
KPen	90	0,50	0,36	1,01	0,92	0,31	91	0,42	0,44	0,97	0,94	0,27
<b>FB-C</b>	<b>105</b>	<b>0,50</b>	<b>0,40</b>	<b>0,87</b>	<b>0,84</b>	<b>0,45</b>	<b>102</b>	<b>0,40</b>	<b>0,15</b>	<b>0,94</b>	<b>0,86</b>	<b>0,39</b>
Pen	115	0,79	0,30	0,79	0,97	0,21	114	0,59	0,21	0,83	0,97	0,18
<b>FRad</b>	<b>110</b>	<b>1,03</b>	<b>0,88</b>	<b>0,71</b>	<b>0,34</b>	<b>0,90</b>	<b>116</b>	<b>0,80</b>	<b>0,67</b>	<b>0,70</b>	<b>0,87</b>	<b>0,37</b>
FcPn	122	1,07	0,86	0,65	0,88	0,38	122	0,94	0,57	0,69	0,97	0,18
<b>Harg</b>	<b>127</b>	<b>1,16</b>	<b>0,45</b>	<b>0,71</b>	<b>0,96</b>	<b>0,21</b>	<b>125</b>	<b>1,22</b>	<b>0,50</b>	<b>0,69</b>	<b>0,48</b>	<b>0,75</b>
Camargo	83	1,23	1,77	0,69	0,22	0,97	87	1,06	1,52	0,67	0,24	0,91
Patos de Minas (1966-1978)						Uberaba (1966-1978)						
<b>63Pn</b>	<b>110</b>	<b>0,41</b>	<b>-0,22</b>	<b>0,96</b>	<b>0,98</b>	<b>0,16</b>	<b>109</b>	<b>0,39</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,17</b>
KPen	91	0,46	0,43	0,97	0,91	0,32	91	0,49	0,50	0,96	0,92	0,33
<b>FB-C</b>	<b>103</b>	<b>0,47</b>	<b>0,25</b>	<b>0,90</b>	<b>0,84</b>	<b>0,44</b>	<b>105</b>	<b>0,51</b>	<b>0,24</b>	<b>0,89</b>	<b>0,84</b>	<b>0,45</b>
Pen	118	0,75	0,15	0,81	0,97	0,19	116	0,74	0,23	0,81	0,97	0,21
<b>FRad</b>	<b>119</b>	<b>0,93</b>	<b>0,59</b>	<b>0,71</b>	<b>0,87</b>	<b>0,39</b>	<b>118</b>	<b>0,94</b>	<b>0,67</b>	<b>0,71</b>	<b>0,88</b>	<b>0,40</b>
FcPn	114	0,95	0,20	0,83	0,51	0,77	115	0,98	0,25	0,82	0,56	0,76
<b>Harg</b>	<b>126</b>	<b>1,10</b>	<b>0,40</b>	<b>0,71</b>	<b>0,96</b>	<b>0,22</b>	<b>125</b>	<b>1,14</b>	<b>0,52</b>	<b>0,70</b>	<b>0,97</b>	<b>0,21</b>
Camargo	82	1,19	1,63	0,69	0,23	0,96	81	1,25	1,61	0,74	0,30	0,96

## **AVISO**

ESTA PUBLICAÇÃO PODE SER ADQUIRIDA NOS  
SEGUINTE ENDEREÇOS:

### **FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES**

Edifício Sede, s/nº. - Campus Universitário da UFV  
Viçosa - MG  
Cep: 36571-000  
Tels: (31) 3891-3204 / 3899-2485  
Fax : (31) 3891-3911

### **EMBRAPA CAFÉ**

Parque Estação Biológica - PqEB - Av. W3 Norte (Final)  
Edifício Sede da Embrapa - sala 321  
Brasília - DF  
Cep: 70770-901  
Tel: (61) 448-4378  
Fax: (61) 448-4425