

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA POR PENMAN-MONTEITH FAO COM DADOS DE TEMPERATURA DO AR PARA SANTA CATARINA

ROSANDRO BOLIGON MINUZZI¹; ANDRÉ JÚNIOR RIBEIRO²; DANIELLE OLIVEIRA DA SILVA³ E ANA CARLA KUNESKI³

¹ Meteorologista, Prof. Doutor, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC/CCA. rosandro.minuzi@ufsc.br.

² Agrônomo, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC/CCA. lexr35@yahoo.com.br.

³ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC/CCA. daniagro@live.com; mnaxica@gmail.com.

1 RESUMO

O conhecimento da evapotranspiração de referência (ET_o) permite elaborar e determinar com maior precisão o manejo de irrigação e a estimativa de produtividade. Apesar do método de Penman-Monteith FAO (PMF) ser recomendado para a estimativa diária de ET_o, eventualmente a indisponibilidade de dados meteorológicos impede o seu cálculo. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho da estimativa de ET_o diária por PMF, utilizando apenas dados de temperatura máxima e mínima do ar em oito localidades no estado de Santa Catarina para os meses de janeiro, abril, julho e outubro. Com o software Cropwat, foi estimada a ET_o por PMF de duas formas: a) utilizando dados somente de temperatura máxima e mínima do ar (PMF-Temp); e b) utilizando dados de temperatura média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de brilho solar, a qual foi definida como padrão, para fins de comparação com a ET_o (PMF-Temp). A ET_o por PMF utilizando apenas dados de temperatura do ar tende a ser superestimada, sendo os melhores resultados encontrados em outubro (primavera) e nos municípios de Urussanga e São Miguel do Oeste, enquanto que, as piores estimativas foram para o mês de julho (inverno). Na disponibilidade apenas de dados de temperatura máxima e mínima do ar, deve-se recorrer a outros métodos de estimativa de ET_o que necessitem apenas dessa variável e que sejam comprovadamente eficazes na escala diária para as condições climáticas de Santa Catarina.

Palavras-chave: Cropwat, balanço hídrico do solo, irrigação.

**MINUZZI, R.B.; RIBEIRO, A.J.; SILVA, D.O. da; KUNESKI, A.C.
ESTIMATE OF DAILY REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION BY PENMAN-MONTEITH FAO USING DATA OF AIR TEMPERATURE FROM THE STATE OF SANTA CATARINA, BRAZIL**

2 ABSTRACT

Knowing the reference evapotranspiration (ET_o) enables establishment and more accurate determination of irrigation management and yield estimates. Although the Penman-Monteith FAO (PMF) method is recommended for daily estimate of ET_o, occasionally, the unavailability of meteorological data prevents its calculation. This study aimed at evaluating

the performance of daily ETo estimate by PMF using only maximum and minimum air temperature data in eight regions in the state of Santa Catarina during the months of January, April, July and October. Using the Cropwat software, ETo was estimated by PMF in two different ways: a) using only maximum and minimum air temperature data (PMF-Temp); and b) using data from mean temperature, relative humidity of the air, wind speed and number of sunshine hours, which was defined as standard in order to compare it with the non-standard method. ETo estimated by PMF using only air temperature data tends to be overestimated, and the best results were found in October (Spring), in the cities of Urussanga and São Miguel do Oeste. In contrast, the worst estimates were found in July (Winter). When only maximum and minimum air temperature data are available, other estimate methods of ETo, which require only this variable and have proved effective in daily schedule for the climate conditions of Santa Catarina have to be used.

Keywords: Cropwat, soil water balance, irrigation

3 INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é o processo simultâneo de transferência da água para a atmosfera pela transpiração e evaporação no sistema solo-planta. O seu conhecimento é fundamental na agricultura, pois a sua utilização no balanço hídrico do solo, juntamente com registros de precipitação, permite elaborar e determinar com maior precisão o manejo de irrigação e a estimativa de produtividade.

Dentre o grande número de métodos existentes para estimativa da ETo, a Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) considera o método de Penman-Monteith (PMF) como padrão para a estimativa desta variável, principalmente na escala diária (Allen et al., 1998), por combinar componentes aerodinâmicos e de balanço de energia.

A comunidade científica tem ratificado este método como o mais preciso, em razão das comparações das suas estimativas com dados de lisímetros em várias regiões do mundo. Souza et al. (2011) mostram que dentre os nove métodos utilizados e comparados com dados de lisímetros, o método de PMF foi o que apresentou as estimativas mais satisfatórias da ETo, em razão da pequena dispersão dos pontos, descrita pelo coeficiente angular de 0,93 e coeficiente de correlação de 0,91 nas condições de Seropédica, estado do Rio de Janeiro.

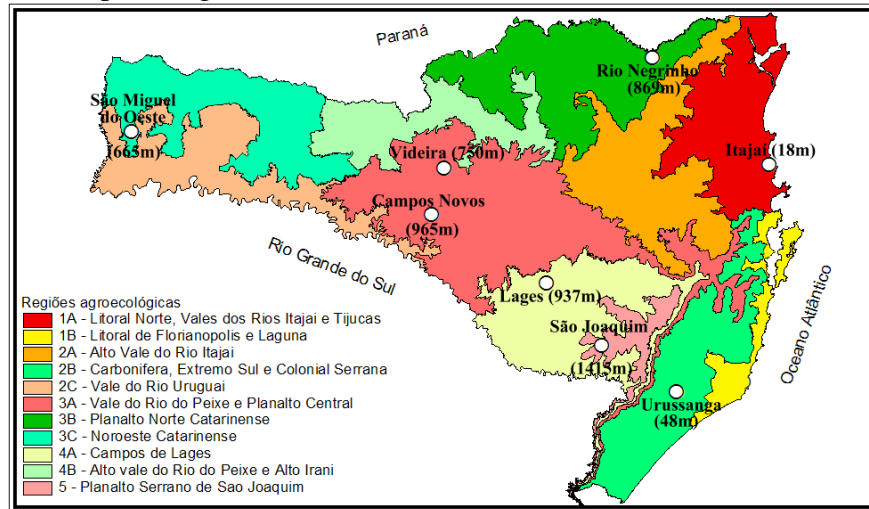
Porém, eventualmente nem sempre há a disponibilidade dos elementos climáticos necessários para a estimativa de ETo por PMF, restringindo o seu uso e comprometendo as análises dependentes de ETo, principalmente na escala diária. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho da estimativa de ETo diária por PMF, utilizando apenas dados de temperatura máxima e mínima do ar nas condições climáticas de Santa Catarina.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados dados diários de temperatura média do ar (obtido pelo método compensado), umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de brilho solar de oito estações meteorológicas localizadas em Santa Catarina (Figura 1) e pertencentes à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As estações foram escolhidas de forma que tivessem igualmente dados meteorológicos no período de análise,

sendo de janeiro, abril, julho e outubro de 1990 a 1999. Os meses analisados foram representativos do verão (janeiro), outono (abril), inverno (julho) e primavera (outubro).

Figura 1. Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo com suas respectivas altitudes (em parênteses) em regiões climaticamente homogêneas de Santa Catarina definidas por Braga & Ghellre (1999).



A evapotranspiração de referência diária pelo método de Penman-Monteith (FAO) (Equação 1) foi estimada de duas formas: a) utilizando dados somente de temperatura máxima e mínima do ar (PMF-Temp); e b) utilizando dados de temperatura média do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de brilho solar, a qual foi definida como padrão, para comparação com a outra forma de estimativa de ETo.

$$ETo = \frac{0,408.s(Rn - G) + \frac{\gamma \cdot 900 \cdot U_2 (e_s - e_a)}{t + 273}}{s + \gamma(1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (1)$$

em que, Rn é a radiação líquida total diária (MJ/m²); G é o fluxo de calor no solo (MJ/m²); $\gamma=0,063$ kPa/°C é a constante psicrométrica; t é a temperatura do ar (°C); U₂ é a velocidade do vento a 2 metros de altura (m/s); e_s é a pressão de saturação do vapor (kPa); e_a é a pressão real do vapor (kPa); e s é a declividade da curva de pressão de vapor na temperatura do ar (kPa/°C).

A avaliação da estimativa de ETo utilizando somente dados de temperatura do ar foi realizada por meio do erro padrão da estimativa (EPE), dos coeficientes de correlação (r) e de determinação (R²) da Regressão Linear, do Índice de Concordância (d) e do Índice de Confiança (c).

O Índice de Concordância (d) (Willmott, 1981), descrito pela equação 2, varia de 0 a 1 e representa o quanto os valores de ETo estimados pela forma padrão se ajustam aos valores obtidos pelas outras duas formas, sendo que, valores próximos de um indicam uma concordância perfeita.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|Y_i - \bar{X}| + |X_i - \bar{X}|)^2} \right] \quad (2)$$

em que, X_i são os valores de ETo estimado pela forma padrão; \bar{X} é a média dos valores de ETo estimado pela forma padrão; Y_i são os valores estimados pela formas não padrão; e N é o número de dados de ETo.

Analogamente, para a análise da confiabilidade de ETo estimado pela forma não padrão, considerou-se o Índice de Confiança (c), proposto por Camargo & Sentelhas (1997), conforme equação 3. O critério adotado para interpretar os valores de c , consta na Tabela 1.

$$c = r \cdot d \quad (3)$$

Tabela 1. Critério de interpretação do índice de confiança (Camargo & Sentelhas, 1997).

| Índice de confiança (c) | Desempenho |
|-----------------------------|------------|
| >0,85 | Ótimo |
| 0,76 a 0,85 | Muito Bom |
| 0,66 a 0,75 | Bom |
| 0,61 a 0,65 | Mediano |
| 0,51 a 0,60 | Sofrível |
| 0,41 a 0,60 | Mau |
| ≤ 0,40 | Péssimo |

Já o erro padrão da estimativa (EPE), foi calculado utilizando-se a equação 4:

$$EPE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2}{N - 1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Os cálculos da estimativa de ETo por PMF pelas duas formas foram feitos utilizando o software Cropwat 8.0, desenvolvido pela FAO especificamente para dar suporte as decisões quanto ao manejo de irrigação. No cálculo de ETo utilizando dados somente de temperatura máxima e mínima do ar, a estimativa dos demais elementos climáticos necessários ao cálculo de ETo, foram realizados pelo software mediante os procedimentos sugeridos por Allen et al. (1998).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da estimativa de ETo diária por Penman-Monteith FAO (PMF) com dados de temperatura do ar, são apresentadas na Tabela 2 para os municípios e meses utilizados no estudo. Os valores do coeficiente de determinação (R^2) mostram que a ETo padrão explica em

sua maioria, de 55 a 70% da variação da ETo estimada apenas com dados de temperatura do ar (PMF-Temp), principalmente em janeiro, abril e outubro. Algumas exceções são observadas neste quesito, como no município de Rio Negrinho que apresentou os menores valores de R² nos meses de janeiro (0,50), abril (0,40) e julho (0,37), ou seja, a variação de ETo estimada pela temperatura do ar explica menos de 0,50 dos valores da ETo padrão. Na contrapartida, estão os municípios de Urussanga nos meses janeiro (0,71) e outubro (0,74), e de Lages, em julho (0,72) e outubro (0,72).

Na associação dos resultados dos coeficientes de correlação (r) e de concordância (d), percebe-se que os meses representativos do verão (janeiro) e, principalmente, da primavera (outubro), tiveram desempenhos relativamente mais satisfatórios. Na análise entre municípios, Urussanga e São Miguel do Oeste foram os de melhor desempenho, exceto em julho, que foi unânime em apontar os piores desempenhos para todos os municípios. O município do oeste catarinense também teve a menor dispersão dos dados estimados de ETo por PMF-Temp para os meses de janeiro e abril, com variabilidade de 0,466 e 0,377 mm/dia, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Avaliação da estimativa da ETo diária por Penman-Monteith FAO utilizando dados da temperatura do ar.

| Janeiro | r | R ² | d | EPE | C | Desempenho |
|---------------------|------|----------------|------|-------|------|------------|
| Campos Novos | 0,74 | 0,55 | 0,77 | 0,522 | 0,57 | Sofrível |
| Videira | 0,82 | 0,67 | 0,72 | 0,532 | 0,59 | Sofrível |
| São Miguel do Oeste | 0,79 | 0,62 | 0,77 | 0,466 | 0,61 | Mediano |
| Urussanga | 0,84 | 0,71 | 0,78 | 0,602 | 0,66 | Bom |
| Rio Negrinho | 0,71 | 0,50 | 0,67 | 0,641 | 0,48 | Mau |
| Lages | 0,82 | 0,67 | 0,79 | 0,491 | 0,65 | Mediano |
| Itajaí | 0,75 | 0,56 | 0,77 | 0,595 | 0,58 | Sofrível |
| São Joaquim | 0,79 | 0,62 | 0,78 | 0,475 | 0,62 | Mediano |
| Abril | r | R ² | d | EPE | C | Desempenho |
| Campos Novos | 0,77 | 0,59 | 0,82 | 0,584 | 0,63 | Mediano |
| Videira | 0,78 | 0,61 | 0,62 | 0,481 | 0,48 | Mau |
| São Miguel do Oeste | 0,82 | 0,67 | 0,83 | 0,377 | 0,68 | Bom |
| Urussanga | 0,81 | 0,66 | 0,77 | 0,433 | 0,62 | Mediano |
| Rio Negrinho | 0,63 | 0,40 | 0,64 | 0,480 | 0,40 | Péssimo |
| Lages | 0,82 | 0,67 | 0,73 | 0,356 | 0,60 | Sofrível |
| Itajaí | 0,82 | 0,67 | 0,68 | 0,323 | 0,56 | Sofrível |
| São Joaquim | 0,80 | 0,64 | 0,75 | 0,352 | 0,60 | Sofrível |
| Julho | r | R ² | d | EPE | C | Desempenho |
| Campos Novos | 0,66 | 0,44 | 0,74 | 0,374 | 0,49 | Mau |
| Videira | 0,79 | 0,62 | 0,52 | 0,420 | 0,41 | Mau |
| São Miguel do Oeste | 0,70 | 0,49 | 0,58 | 0,368 | 0,41 | Mau |
| Urussanga | 0,79 | 0,62 | 0,67 | 0,409 | 0,53 | Sofrível |
| Rio Negrinho | 0,61 | 0,37 | 0,64 | 0,458 | 0,39 | Péssimo |
| Lages | 0,85 | 0,72 | 0,56 | 0,277 | 0,48 | Mau |
| Itajaí | 0,71 | 0,50 | 0,50 | 0,387 | 0,36 | Péssimo |
| São Joaquim | 0,72 | 0,52 | 0,54 | 0,232 | 0,39 | Péssimo |

| Outubro | r | R ² | d | EPE | C | Desempenho |
|---------------------|------|----------------|------|-------|------|------------|
| Campos Novos | 0,77 | 0,59 | 0,82 | 0,584 | 0,63 | Mediano |
| Videira | 0,83 | 0,69 | 0,76 | 0,641 | 0,63 | Mediano |
| São Miguel do Oeste | 0,82 | 0,67 | 0,81 | 0,525 | 0,66 | Bom |
| Urussanga | 0,86 | 0,74 | 0,87 | 0,602 | 0,75 | Bom |
| Rio Negrinho | 0,78 | 0,61 | 0,73 | 0,654 | 0,57 | Sofrível |
| Lages | 0,85 | 0,72 | 0,83 | 0,484 | 0,71 | Bom |
| Itajaí | 0,78 | 0,61 | 0,78 | 0,492 | 0,61 | Mediano |
| São Joaquim | 0,80 | 0,64 | 0,78 | 0,469 | 0,62 | Mediano |

r=coeficiente de correlação; R²=coeficiente de determinação; d=índice de concordância; c=índice de confiança; EPE= erro padrão de estimativa.

Percebe-se que, enquanto o mês mais frio analisado (julho) obteve as piores classificações, os dois municípios localizados nas regiões mais quentes de Santa Catarina, tiveram os melhores desempenhos ($c \geq 0,61$), ou seja, a estimativa da ETo utilizando somente dados de temperatura do ar é mais precisa em locais e períodos com clima mais quente no estado. Uma hipótese para tal comportamento pode ser explicado pela maior resposta da variação diária da temperatura do ar em relação à radiação solar ser observada durante os períodos mais quentes do ano. No inverno, as condições pós-frontais (atuação de massas de ar frio e/ou polar) são habituais na região Sul do Brasil, resultando numa sequência de dias de céu com pouca nebulosidade (maior intensidade de radiação solar), mas com baixas temperaturas. Situação contrária à observada no verão, quando os dias com maior intensidade de radiação, está associada com maior temperatura do ar, ou seja, a ETo por PMF-Temp responde de forma semelhante a ETo padrão, que necessita da radiação para a sua estimativa. Para a Tunísia, Jabloun & Sahlí (2008) encontraram resultados satisfatórios da ETo por PMF estimada somente com dados de temperatura em comparação com a ETo por PMF padrão, com valores de R² acima de 0,90 para as oito localidades analisadas. Considerando o clima predominantemente quente neste país ao norte do continente africano, os resultados sustentam as hipóteses previamente destacadas para Santa Catarina.

De acordo com Chang (1971), a radiação líquida, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento possuem uma importância sobre a evapotranspiração de aproximadamente 80, 6 e 4%, respectivamente. Melo (1998) destacou que entre os componentes da equação de estimativa da ETo por PMF, a radiação apresenta o maior coeficiente de sensibilidade relativa (0,87). Sentelhas et al. (2010) ratificam esta afirmação para o sul de Ontário (Canadá), ao constatarem que o método de Penman-Monteith FAO pode ser usado na estimativa diária de ETo quando a velocidade do vento e/ou a umidade relativa do ar não são disponíveis, havendo erros menores do que 0,6 mm/dia. Já na ausência de dados de radiação solar, as estimativas de ETo por PMF tornaram-se insatisfatórias. Hupet & Vanclooster (2001) ao analisarem quais elementos climáticos (radiação, velocidade do vento, temperaturas máxima, mínima e dos bulbos seco e úmido) exercem maior influência sobre a estimativa da ETo-PMF diária, encontraram o maior erro significativo na estimativa foi devido a radiação solar (0,62 mm/dia) e a temperatura máxima (0,36 mm/dia). Seguindo este objetivo de realizar análise de sensibilidade de elementos climáticos na estimativa de ETo por PMF, Irmak et al. (2006) realizaram o estudo em regiões dos Estados Unidos com diferentes características climáticas. Em geral, a radiação solar foi o elemento mais influente nas regiões úmidas, comparado ao déficit de pressão de vapor d'água (DPV). Situação oposta foi observada durante o inverno que, segundo os autores, deve-se à menor disponibilidade de energia nesta estação do ano e, conseqüentemente, maior DPV.

Chang (1968) apud Lemos Filho et al. (2010) chamam a atenção que em regiões onde ocorrem fortes advecções, a importância relativa da radiação líquida diminui e a advecção passa a contribuir significativamente na evapotranspiração, aumentando assim, a influência da velocidade do vento e da umidade do ar. Na estimativa da ETo por PMF utilizando somente dados de temperatura do ar para Minas Gerais, Lima (2005) encontrou os resultados mais satisfatórios quando estabeleceu a velocidade do vento inferior a 2 m/s. Esta relação do vento com a evapotranspiração pode ter contribuído em parte com os resultados predominantemente insatisfatórios obtidos em municípios com velocidade do vento relativamente alta em razão da altitude (São Joaquim e Rio Negro) e da proximidade com o mar (Itajaí).

Os gráficos de dispersão dos pontos entre a ETo padrão com a ETo estimada somente com dados de temperatura do ar em torno da reta 1:1, são apresentados na Figura 2 para os municípios com os melhores desempenhos ($c \geq 0,61$) no mês de janeiro. Percebe-se que os resultados de ETo por PMF-Temp tendem a ser superestimados em Urussanga (2b), Lages (2c), São Joaquim (2d) e para valores aproximadamente menores do que 5 mm/dia, em São Miguel do Oeste (2a). A mesma tendência é observada nas análises para o mês de abril (Figura 3) e de outubro (Figura 4), inclusive para São Miguel do Oeste e Campos Novos, onde o diferencial nestes municípios deve-se apenas ao valor que limita a tendência da estimativa de ETo não-padrão. Em abril e outubro, este limite fica em torno de 3 mm/dia (Figura 3a e 3c) e 4 mm/dia (Figura 4a e 4e), respectivamente.

Figura 2. Relação entre a ETo diária por Penman-Monteith FAO estimada pela forma padrão e utilizando apenas dados de temperatura para o mês de janeiro em São Miguel do Oeste (a), Urussanga (b), Lages (c) e São Joaquim (d).

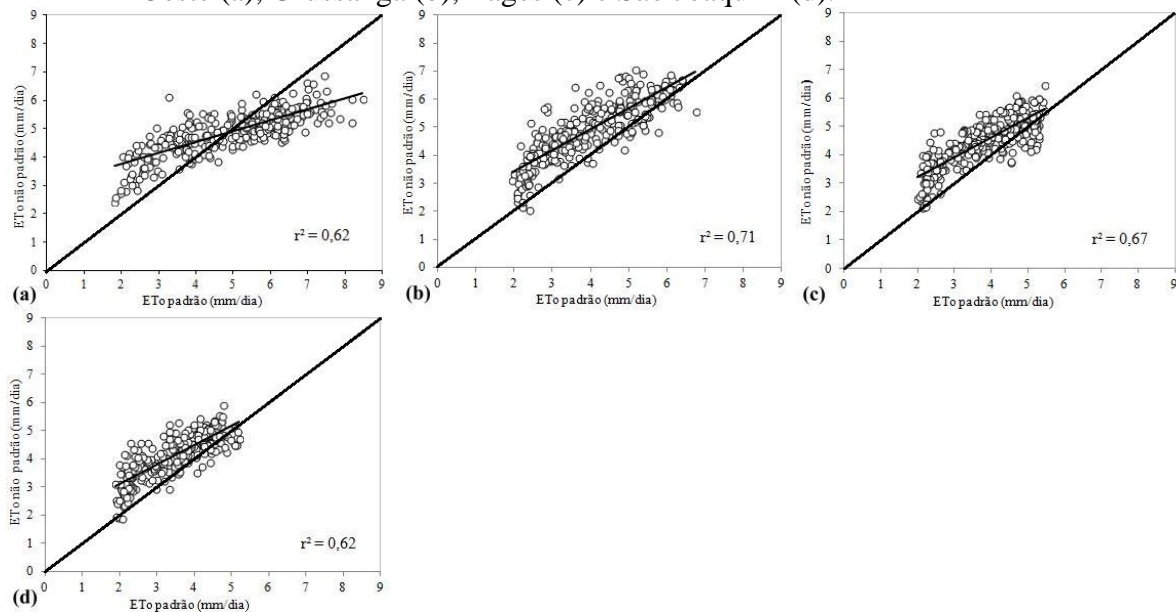


Figura 3. Relação entre a ETo diária por Penman-Monteith FAO estimada pela forma padrão e utilizando apenas dados de temperatura para o mês de abril em São Miguel do Oeste (a), Urussanga (b) e Campos Novos (c).

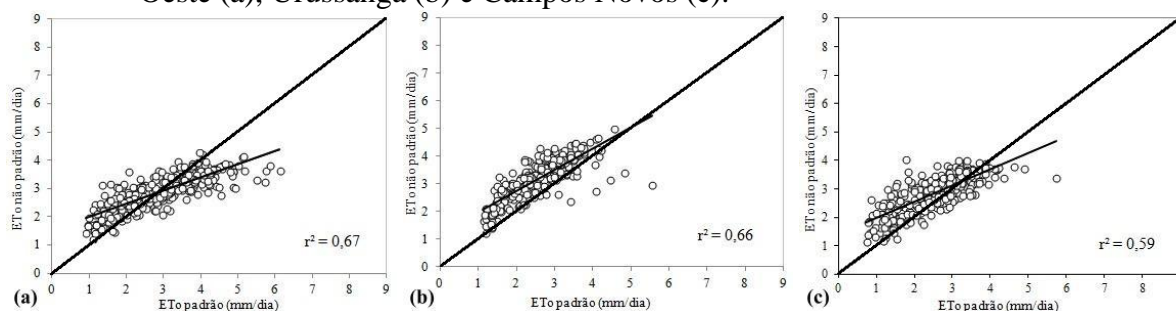
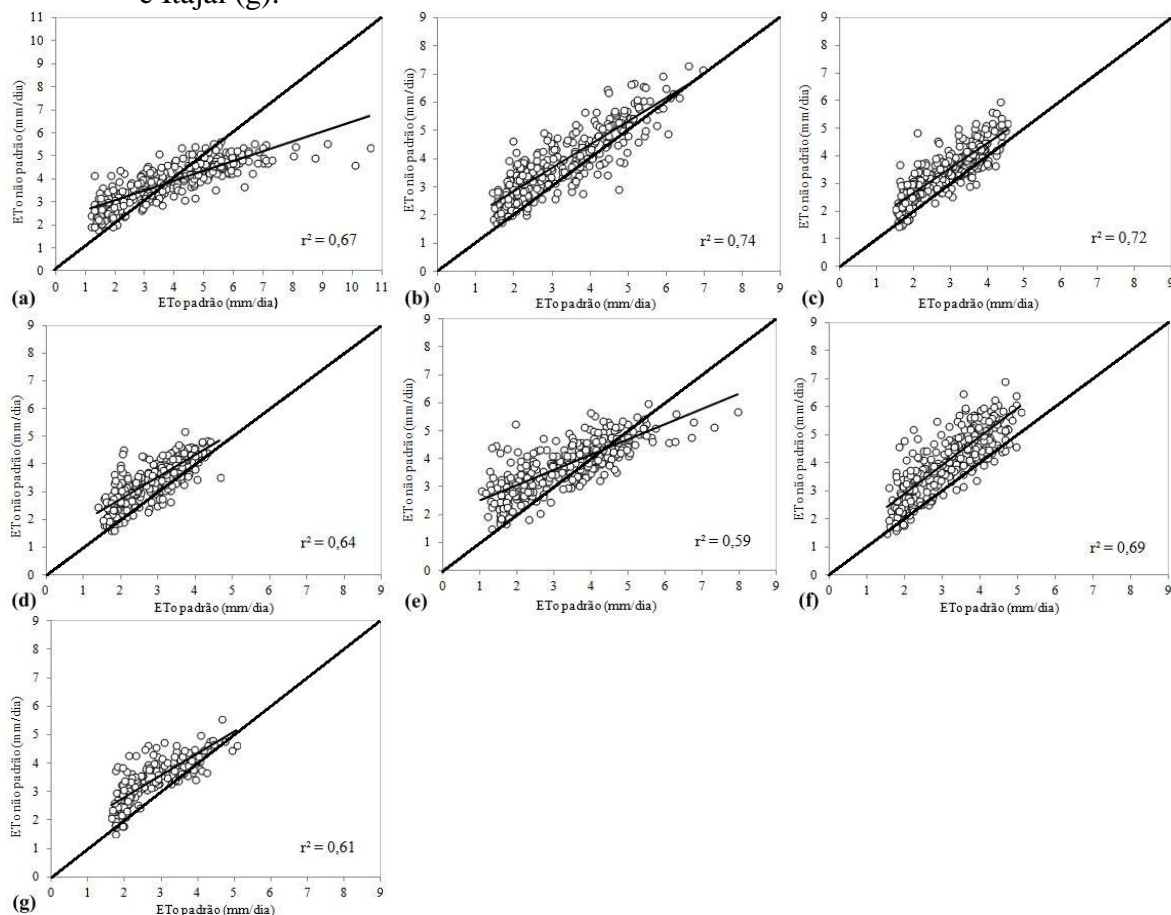


Figura 4. Relação entre a ETo diária por Penman-Monteith FAO estimada pela forma padrão e utilizando apenas dados de temperatura para o mês de outubro em São Miguel do Oeste (a), Urussanga (b), Lages (c), São Joaquim (d), Campos Novos (e), Videira (f) e Itajaí (g).



Num contexto geral, percebe-se que as estimativas da ETo diária por Penman-Monteith FAO utilizando apenas dados de temperatura não apresentam resultados muito satisfatórios para as condições climáticas de Santa Catarina, principalmente, no inverno.

Assim, diante de situações em que haja somente a disponibilidade de dados de temperatura do ar para a estimativa de ETo, recomenda-se a utilização de outros métodos que sejam mais eficientes. Syperreck et al. (2008) encontraram bom ajuste e desempenho dos métodos de Thornthwaite, Hargreaves-Samani e de Camargo, quando comparados com o de Penman-Monteith FAO na escala diária para o município de Palotina, no Paraná, sendo as três metodologias, dependentes apenas da temperatura para sua realização. Silva et al. (2011) também chegaram a mesma conclusão para o município de Uberlândia, quanto aos métodos de Thornthwaite e Hargreaves-Samani. Nas condições de Juazeiro, no norte da Bahia, Oliveira et al. (2010) encontraram bom desempenho na estimativa da ETo diária obtida pelos métodos de Makkink e de Hargreaves-Samani.

Para as principais regiões produtoras de café arábica de Minas Gerais e da Bahia, dentre dois métodos (Blaney-Criddle-FAO e Hargreaves-Samani) avaliados, França Neto et al. (2011) concluíram que o de Hargreaves-Samani foi o de maior aproximação as estimativas de ETo por PMF, na escala diária.

Allen et al.(1998) propôs o uso do método de Hargreaves como alternativa para a estimativa da ETo tendo apenas dados de temperatura do ar. No entanto, este método funciona melhor para estimativas semanais ou maiores que esta escala, embora estudos como de Hargreaves & Allen (2003), relatem estimativas precisas da ETo na escala diária. Jabloun & Sahli (2008) mostram que a ETo pelo método de Hargreaves tende a superestimar nas regiões interioranas e subestimar nas áreas costeiras da Tunísia, quando comparado com os valores de ETo por PMF.

6 CONCLUSÕES

A ETo por PMF utilizando apenas dados de temperatura máxima e mínima do ar para o estado de Santa Catarina tende a ser superestimada, sendo os melhores resultados encontradas em outubro (primavera) e nos municípios de Urussanga e São Miguel do Oeste.

Na disponibilidade apenas de dados de temperatura máxima e mínima do ar, deve-se recorrer a outros métodos de estimativa de ETo que necessitem apenas dessa variável e que sejam comprovadamente eficazes na escala diária para as condições climáticas de Santa Catarina.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BRAGA, H. J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. 1 CD-ROM.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 89-97, 1997.

CHANG, J. Evapotranspiration. In: CHANG, J. **Climate and agriculture: an ecological survey**. 2. ed. Chicago: Aldine Publishing, 1971. p. 129-143.

FRANÇA NETO, A. C. de; MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; VIEIRA, G. H. S.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G. Comparação entre métodos simplificados de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para regiões produtoras de café brasileiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 159-171, 2011.

HARGREAVES, G. H.; ALLEN, R. G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 129, n. 1, p. 53-63, 2003.

HUPET, F.; VANCLOOSTER, M. Effect of the sampling frequency of meteorological variables on the estimation of the reference evapotranspiration. **Journal of Hidrology**, Amsterdam, v. 243, p. 192-204, 2001.

IRMAK, S.; PAYERO, J. O.; MARTIN, D. L.; IRMAK, A.; HOWELL, T. Sensitivity analyses and sensitivity coefficients of standardized daily ASCE-Penman-Monteith equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 132, n. 6, p. 564-578, 2006.

JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, p.707-715, 2008.

LEMOS FILHO, L. C. A.; CARVALHO, L. G.; EVANGELISTA, A. W. P.; ALVES JÚNIOR, J. Análise espacial da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 1294-1303, 2010.

LIMA, E. de P. **Evapotranspiração de referência por Penman-Monteith, padrão FAO (1998), a partir de dados de temperaturas máxima e mínima de Minas Gerais**. 2005. 67 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

MELLO, J. L. P. **Análise de sensibilidade dos componentes da equação de Penman-Monteith-FAO**. 1998. 78 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

OLIVEIRA, G. M. de; LEITÃO, M. de M. V. B. R.; BISPO, R. de C.; SANTOS, I. M. S.; ALMEIDA, A. C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região Norte da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 104-109, 2010.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 635-644, 2010.

SILVA, V. J. da; CARVALHO, H. de P.; SILVA, C. R. da; CAMARGO, R. de; TEODORO, R. E. F. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 95-101, 2011.

SOUZA, A. P. de; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da; ALMEIDA, F. T. de; ROCHA, H. S. da. Estimativa da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 3, p. 219-228, 2011.

SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSKI, E. S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 603-609, 2008.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, Oxford, v.2, n.2, p.184-194, 1981.