

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO BRASIL: UMA ANÁLISE CRÍTICA

Juliana S. B. MUNHOZ^{1,2}, Sueyde F. de OLIVEIRA¹, Fábio MARIN³, Rafael BATTISTI¹

¹ Pós-graduação, ESALQ/USP – Piracicaba – São Paulo – ² jsbiruel@usp.br

³ Embrapa Informática Agropecuária – Campinas – São Paulo

RESUMO: Devido a necessidade de quantificar a perda de água pelas grandes culturas, diversos trabalhos tem sido desenvolvidos com o objetivo de encontrar um modelo de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para uma região específica. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar a produção científica brasileira na área de estimativa da evapotranspiração e identificando os principais métodos de estimativa da ET_o utilizados para as diferentes condições climáticas brasileiras. Para isso, realizou-se uma revisão de bibliográfica de trabalhos de estimativa de ET_o realizados no Brasil. Entre os 38 trabalhos encontrados para a presente discussão, foi possível concluir que os métodos mais adequados foram os métodos de Blaney-Criddle FAO-24 e Radiação Solar FAO-24 para o norte e nordeste, e Thornthwaite e Camargo para o sul e sudeste, onde as regiões norte, centro-oeste e sul necessitam de maiores estudos nesta área.

ABSTRACT: Because of the need to quantify the loss of water by major crops, several studies have been developed with the goal to find a model to estimate reference evapotranspiration (ET_o) for a specific region. Thus, this paper aims to analyze the scientific production in the evapotranspiration area and identifying the main methods of ET_o estimating used for the different Brazilian climatic conditions. For this, we carried out a literature review of ET_o estimating studies in Brazil. Among the 38 papers found for the present discussion, it was concluded that the most appropriate methods were the methods of Blaney-Criddle FAO-24 and FAO-24 Radiation Solar for the north and northeast region, Thornthwaite and Camargo to the south and southeast region, where the northern, midwest and south need more studies in this area.

1 - INTRODUÇÃO

O conhecimento da evapotranspiração da cultura (ET_c) torna-se um fator primordial para o planejamento do plantio e manejo dos recursos hídricos, sendo que o correto dimensionamento dos projetos de irrigação de culturas agrícolas é de fundamental importância para o uso racional da água. Tal dimensionamento pode ser realizado através da identificação da necessidade hídrica da cultura determinado pela ET_c, a qual é estimada pela evapotranspiração de referência (ET_o) e pelo coeficiente da cultura (ALLEN et al., 1998).

Diversos modelos citados na literatura para a estimativa da evapotranspiração incorporam diferentes parâmetros do clima local e da cultura. Portanto, o uso de um modelo em uma determinada região pressupõe sua validade para um local específico, sendo de fundamental importância realizar a calibração e validação dos diferentes modelos para a região onde se deseja utilizá-los, levando em consideração as condições edafoclimáticas (JENSEN et al., 1990).

A produção científica brasileira nessa linha de estudo é vasta, onde podemos citar como pioneiros os trabalhos realizados por Camargo (1962), Camargo e Pereira (1981), Camargo e Camargo (1983) e Camargo e Sentelhas (1997). Essa longa história de atuação na linha de estimativa da ET_o já permite a realização de trabalhos de compilação e análise crítica dos trabalhos científicos, apontando diretrizes para novas pesquisas. O presente trabalho tem como objetivo analisar criticamente a produção científica brasileira na área de estimativa da evapotranspiração, comparando os resultados e identificando os principais métodos de estimativa da ET_o utilizados para as diferentes condições climáticas brasileiras.

2 - DADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE

Com base em pesquisa documental, realizou-se um levantamento dos principais trabalhos presentes na bibliografia que comparam os métodos de estimativa da ETo para diferentes condições brasileiras. Os trabalhos coletados são representativos das regiões nordeste, centro-oeste, sudeste e sul. Entretanto, para a região norte foi encontrado apenas um trabalho, sendo este contabilizado juntamente com a região nordeste. Assim, diante de uma extensa revisão bibliográfica, foi possível identificar os modelos mais utilizados no Brasil para estimativa da ETo e que melhor se ajustaram às diferentes condições climáticas quando comparados com o método direto de lisimetria e com o método indireto de Penman-Monteith modificado pela FAO. Para a seleção dos melhores modelos em cada trabalho, utilizou-se as análises estatísticas empregadas pelos autores. Os parâmetros utilizados para a avaliação da precisão, exatidão e desempenho de cada modelo foram o coeficiente “r”, o índice de concordância “d” (WILLMOTT, 1982) e o coeficiente de desempenho “c” (CAMARGO e SENTELHAS, 1997).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da Tabela 1 é possível observar que as regiões com maiores quantidades de trabalhos publicados sobre os métodos de estimativa da ETo foram o Sudeste e o Nordeste, representando respectivamente 42% e 34% do total de trabalhos, onde os autores comparam diversos modelos de estimativa da ETo para obtenção de melhores ajustes para cada local estudado.

Na região Norte e Nordeste, com o clima dos locais de estudo variando de semi-árido (Bs) a tropical (As, Aw e Af) segundo a classificação de Koppen, os métodos mais frequentes com melhores ajustes dentro desta revisão foram de Blaney-Criddle FAO-24 e da Radiação Solar FAO-24, seguidos de Priestley-Taylor. Os bons ajustes encontrados pelo método de Blaney-Criddle para esta região deve-se ao fato que o modelo foi desenvolvido em clima semiárido no oeste dos EUA, com características microclimáticas próximas ao nordeste brasileiro.

Sales (2008) ressalta que a determinação da ETo em locais com altos valores de radiação solar, esta variável também deve ser considerada nos modelos. Tal afirmação confirma os bons ajustes obtidos pelo método de Radiação Solar (5 trabalhos dos 13 estudados – Tabela 1), o qual foi comparado tanto com dados de lisímetro em Pernambuco (OLIVEIRA et al., 2008), quanto com a evapotranspiração estimada por Penman-Monteith FAO-56 nos estados da Bahia, Paraíba, Rio Grande do Norte e Sergipe.

O método de Thornthwaite apresentou resultados satisfatórios para as regiões sul e sudeste, visto essas regiões apresentarem climas com ocorrência de chuvas durante boa parte do ano, portanto, sem deficiência hídrica (Cfa e Cwa, segundo classificação de Koppen). O método de Camargo, desenvolvido a partir de adaptações do método de Thornthwaite, também foi satisfatório para essas regiões, resultado já esperado, visto a semelhança entre os dois métodos.

Dentre os métodos que apresentaram bom desempenho na região sudeste, também se encontra o de Makkink. Este modelo, desenvolvido na Holanda, com base teórica no modelo de Penman, foi obtido a partir de dados de evapotranspiração de referência em lisímetro de lençol freático constante, o qual considera a radiação solar ao nível da superfície e a temperatura do bulbo úmido para a obtenção da

evapotranspiração. Diversos foram os trabalhos que encontraram este método como satisfatório, dentre eles o de Mendonça et al. (2003), Vescove e Turco (2005) e Medeiros (2008). Segundo esses autores, à medida que a escala de tempo de medida aumenta, há melhoria significativa nos resultados, comparado a trabalhos que apresentam valores diários.

O Centro-Oeste foi a região que obteve diferentes conclusões acerca dos métodos de estimativa de ETo utilizados devido principalmente pela baixa quantidade de trabalhos encontrados (apenas 4). No estado de Goiás e no Distrito Federal, Oliveira et al. (2001) e Oliveira et al. (2005), ao compararem o método de Penman-Montheith FAO-56 com outros modelos, concluíram que o método de Penman modificado pela FAO-24, apesar de superestimar o ETo, foi o que melhor se ajustou, sendo que tal resultado já era esperado devido ao modelo envolver um efeito combinado do balanço de radiação solar e efeitos aerodinâmicos, semelhantemente ao modelo de Penman-Montheith FAO-56, o qual pode ser aplicado em diferentes tipos de clima.

Apesar das diferentes conclusões dos trabalhos para a região Centro-Oeste, podemos destacar o método de Priestley-Taylor como um possível modelo a ser utilizado para a região, onde Fietz et al. (2005) compara tal modelo, juntamente com o de Penman-Montheith FAO-56, com dados medidos no campo por meio de lisímetros, onde obteve excelentes resultados. Segundo Sentelhas et al. (2000), tem-se obtido bons resultados em locais sob condições de alta umidade com este método, corroborando o resultado encontrado por Fietz et al. (2005) em Dourados-MS onde o clima é classificado como temperado úmido (Cwa).

É importante ressaltar que dentre os 38 trabalhos analisados, 26% utilizaram a lisimetria como padrão de comparação, enquanto que o restante dos trabalhos compararam somente o método padrão da FAO com os demais métodos indiretos de estimativa da ETo. Apesar do modelo de Penman-Montheith FAO-56 obter excelentes ajustes com os dados medidos no campo, tal método também possui incertezas acerca da estimativa da ETo, podendo haver a sub ou superestimação dos dados (BARROS et al., 2009; CARVALHO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2008; SANTIAGO et al., 2002), mostrando que a simples comparação entre dois modelos pode não representar a realidade do local estudado.

Assim, o simples teste de métodos com ausência de comparação prévia de dados de ETo medidos no campo, podem não chegar a conclusão prática alguma. Sendo, portanto, questionável a qualidade científica de alguns trabalhos encontrados para as regiões brasileiras. Diante disto, novas diretrizes podem ser sugeridas para a pesquisa na área de evapotranspiração, de forma a aumentar as pesquisas de comparação da ETo nas regiões Norte, Centro-Oeste e Sul; e através de todos os resultados obtidos nas diferentes regiões brasileiras, será possível indicar o melhor modelo de ETo para cada tipo de clima no Brasil.

4 – CONCLUSÕES

Ocorreu alta correlação dos dados lisimétricos com o método de Penman-Montheith FAO-56, apesar de tal método também mostrar incertezas acerca dos valores obtidos. Os métodos de melhores ajustes, foram influenciados pelas condições climáticas.

Os métodos de melhores ajustes para o Brasil de acordo com a frequência de resultados encontrados nesta revisão, foram os métodos de Blaney-Criddle FAO-24 e Radiação Solar FAO-24 para o N e NE, Thornthwaite e Camargo para o S e SE.

A região Norte, Centro-Oeste e Sul ainda carecem de mais pesquisas de comparação dos dados de lisimetria com diferentes modelos de estimativa da ETo. Enquanto que a região Nordeste e Sudeste já possuem trabalhos suficientes para indicar o melhor método de estimativa de acordo com o clima.

Tabela 1- Número de trabalhos realizados por região do Brasil sobre estimativas para a evapotranspiração de referência, com os principais modelos que obtiveram melhores ajustes. Os números entre parênteses representam a quantidade de artigos encontrados com o respectivo modelo. As siglas referem-se aos seguintes métodos: PE – Penman FAO-24; HG – Hargreaves; BC – Blaney-Criddle FAO-24; Priestley-Taylor; RS – Radiação Solar FAO-24; TW – Thornthwaite; CA – Camargo; MK – Makkink.

REGIÃO	CLIMA	Nº TRABALHOS	PRINCIPAIS MODELOS
N ¹ e NE ²	Aw, As, Af, Bsh	13	BC (5), RS (5)
CO ³	Aw, Cwa	4	PE (2), HG (2)
SE ⁴	Aw, Am, Cwa, Cwb	16	TW (4), CA (4), MK (3)
S ⁵	Cfa, Cfb	5	TW (3), CA (3)

¹Araújo et al. (2007). ²Medeiros (2002); Andrade Jr et al (2003); Cardoso et al (2005); Henrique (2006); Oliveira et al. (2008); Sales (2008); Araujo (2010); Mendonça e Dantas (2010); Sousa et al.(2010); Tagliaferre (2010); Calvacante Jr. (2011); Guedes Filho et al. (2011). ³Oliveira et al. (2001); Oliveira et al. (2005); Fietz et al. (2005); Oliveira et al. (2011). ⁴Camargo e Sentelhas (1997); Oliveira e Carvalho (1998); Bonomo et al. (1998); Machado e Mattos (2000); Santiago et al. (2002); Mendonça et al.(2003); Vescove e Turco (2005); Barreto (2006); Carvalho et al. (2006); Borges e Mediondo (2007); Reis et al. (2007); Medeiros (2008); Turco et al. (2008); Barros et al. (2009); Pereira et al. (2009); Uliana et al (2011). ⁵Klosowski e Galvani (1997); Medeiros (1998); Conceição e Mandelli (2005); Sypereck et al. (2008); Lorenzi (2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; MARTIN, S. **Crop Evapotranspiration**. Rome: FAO. 1998, 297p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDRADE Jr., A.S.; BASTOS, E.A.; SENTELHAS, P.C.; SILVA, A.A.G. da. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Rev Bras Agromet.**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 63-68, 2003.
- ARAÚJO, E.M.; OLIVEIRA, J.B. de; ARAÚJO, E.M.; LEDO, E.R.F.; SILVA, M.G. da. Desempenho de métodos de estimativa de ETo correlacionados com a equação padrão Penman- Monteith FAO-56, em cidades do estado do Ceará. **Rev ACTA Tecnol.**, v. 5, n. 2, 2010.
- ARAÚJO, W.F.; COSTA, S.A.A.; SANTOS, A.E. dos. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para Boa Vista, RR. **Rev Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.
- BARRETO, C.E.A.G. **Balanco hídrico em zona de afloramento do sistema aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia – USP, São Carlos, 271p, 2006.
- BARROS, V. R. et al. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Rev Bras Cienc Agrárias**, Recife, v. 4, n. 2, p.198-203, 2009.
- BONOMO, R.; MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G.C. Estudo comparativo de modelos de evapotranspiração de referência (ETo) para as regiões cafeeira do Triângulo e Noroeste de Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA / SBEA, v. 1, p.307-309, 1998.
- BORGES, A.C.; MENDIONDO, E.M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Rev Bras Eng Agr Amb**, Campina Grande, v.11, n.3, p.293-300, 2007.
- CAMARGO, A. Paes. Contribuição para a determinação da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.21, p.163-203, 1962.
- CAMARGO, A. Paes; CAMARGO, M.B. Paes. Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., Campinas, **Anais...** Campinas: Soc. Bras. de Agromet., 1983. p.229-244.
- CAMARGO, A. Paes; PEREIRA, A.R. A evapotranspiração potencial segundo Thornthwaite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1981, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Soc. Bras. de Agromet., 1981. p.110-118.
- CAMARGO, A.P. de; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev Bras Agromet**, v.5, p.89-97, 1997.
- CARDOSO, G.B.; VIANA, T.V. de A.; AZEVEDO, B.M. de; SOUSA, V.F. de; SOUZA, F. de. Determinação da ET de referência pela razão de Bowen com psicrômetros instalados a diferentes alturas. **Rev Cienc Agron**, v.36, n.1, p.16 - 23, 2005.
- CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Rev Bras Agromet**, v.14, n.2, p.108-116, 2006.

CAVALCANTE JR, E.G.C.; OLIVEIRA, A.D.; ALMEIDA, B.M.; SOBRINHO, J.E. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina: Cienc Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1699-1708, 2011.

CONCEIÇÃO, M.A.F.; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. **Rev Bras Agromet**, v.12, n.2, p 303-307, 2005.

FIETZ, C. R.; SILVA, F. C.; URCHIEL, M.A. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para a região de Dourados, MS. **Rev Bras Agromet**, v.13, n.2, p.250-255, 2005.

GUEDES FILHO, D.H.; et al. Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Areia, PARAÍBA. **Rev Bras Agric Irrig**, Fortaleza, v.5, n.1, p.37-47, 2011.

HENRIQUE, F. de A. N. **Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande, PB**. 2006. 102 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. (Manuals and reports on engineering practice, n. 70).

KLOSOWSKI, E.S.; GALVANI, E. Estimativa de evapotranspiração potencial para a região de Maringá: estudo comparativo entre os métodos do tanque classe A, Thornthwaite, Camargo e Penman simplificado. **Rev UNIMAR**, v.19, p.1113-1124, 1997.

MACHADO, R.E.; MATTOS, A. Avaliação do desempenho de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. **Rev Bras Agromet**, v.8, n.2, p.193-197, 2000.

MEDEIROS, A.T.; SENTELHAS, A.C.; LIMA, R.N. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraíba – CE. **Eng Agric**, Jaboticabal, v. 23, n.1, p. 31-40, 2003.

MEDEIROS, P.V. **Análise da evapotranspiração de referência a partir de medidas lisimétricas e ajuste estatístico de estimativas de nove equações empírico-teóricas com base na equação de Penman-Monteith**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia – USP, São Carlos, 2008.

MEDEIROS, S. L. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região mesoclimática de Santa Maria-RS. **Rev Bras Agromet**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 105-109, 1998.

MENDONÇA, E.A.; DANTAS, R.T. Estimativa da evapotranspiração de referência municipal de Capim, PB. **Rev Bras Eng Agric Amb**, Campina Grande, PB, v.14, n.2, p.196-202, 2010.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; DIAS, G.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Rev Bras Eng Agric Amb**, v.7, n.2, p.275-279, 2003.

OLIVEIRA, G.Q. de; et al. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência baseadas na temperatura do ar, em Aquidauana-MS. **Rev Bras Agric Irrig**, Fortaleza, v.5, nº. 3, p.224-234, 2011.

OLIVEIRA, L.F.C.; CARVALHO, D.F.; ROMÃO, P.A.; CORTÊS, F.C. Estudo comparativo de modelos de estimativa de evapotranspiração de referência para algumas localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesq Agrop Trop**, v.31, n.2, p.121-126, 2001.

OLIVEIRA, L.M.M.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; AZEVEDO, J.R.G.; SANTOS, F.X. Evapotranspiração de referência na bacia experimental do riacho Gameleira, PE, utilizando-se lisímetro e métodos indiretos. **Rev Bras Cienc Agrárias**, v.3, n.1, p.58-67, 2008.

OLIVEIRA, R.Z.; OLIVEIRA, L.F.C.; WERH, T.R.; BORGES, L.B.; BONOMO, R. Comparação de metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Goiânia, GO. **Biosci J**, v.21, n.3, p. 19-27, 2005.

PEREIRA, D. dos R. et al. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Cienc Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2488-2493, dez. 2009.

REIS, E.F.; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G. O.; PEZZOPANE, J.E.M.; TAGLIAFERRE, C. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para tres localidades do estado do espírito santo no periodo seco. **IDESIA**, Chile, v. 25, n. 3, p. 75-84, 2007.

SALES, J.C. **Caracterização climática e comparação de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para regiões do estado do Ceará**. Teses (Doutorado em Irrigação e drenagem) – UNESP, Botucatu, 2008.

SANTIAGO, A.V.; PEREIRA, A.R.; FOLEGATTI, M.V.; MAGGIOTO, S.R. Evapotranspiração de referência medida por lisímetros de pesagem e estimada por Penman-Monteith (FAO-56), nas escalas mensal e decenal. **Rev Bras Agromet**, v.10, n.1, p.57-66, 2002.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; FOLEGATTI, M. V.; PEREIRA, F. A. C.; VILLA NOVA, N. A.; MAGGIOTTO, S. R. Variação sazonal do parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa diária de evapotranspiração de referência. **Rev Bras Agromet**, v.8, n.1, p.49-53, 2000.

SOUZA, F. J. Comparação de diferentes modelos utilizados para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) nas condições do Brejo Paraibano. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 24., 1995. Viçosa. **Anais...SBEA** n. 95, 13p.

SYPERRECK, V. L. G. et al. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agron.**, Maringá, v.30, n.5, p.603- 609, 2008.

TAGLIAFERRE, C.; SILVA, R.A.J.; ROCHA, F.A.; SANTOS, L.C.; SILVA, C.S. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Euanópolis-BA. **Rev Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 103-111, 2010.

TURCO, J.E.P. **Influência da acurácia de instrumentos de medidas na comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o)**. 2002. 85 f. Livre-Docência (Eletrificação Rural) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

ULIANA, E.M.; SILVA, J.G.F.; MARTINS, C.A.S. Estimativa da evapotranspiração potencial da inter bacia do rio Piraque-Açu. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Guarapari, ES. **Anais...**2011.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Eng Agric**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **B Am Meteorol Soc**, v.63, n.11, p.1309-1313, 1982.