

## VIABILIDADE TÉCNICO/ECONÔMICA DE UM TANQUE ALTERNATIVO AO TANQUE CLASSE “A” PARA DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA

**Rogério Ferreira de Oliveira SOUZA (1); Gustavo Haddad Souza VIEIRA (2); Dilermando Dourado PACHECO (3)**

(1) CEFET Januária-MG, Faz. S. Geraldo S/N, CP 97, (38) 3621-1100, (38) 3621-1752, e-mail: [rogeriooli@bol.com.br](mailto:rogeriooli@bol.com.br)

(2) EAF Santa Teresa, Estrada ES 080, km 21, (27) 3259-6706, (27) 3259-7879, e-mail: [ghsv2000@yahoo.com.br](mailto:ghsv2000@yahoo.com.br)

(3) Centro Federal de Educação Tecnológica de Januária-MG, e-mail: [ddpacheco.agro@gmail.com](mailto:ddpacheco.agro@gmail.com)

### RESUMO

O presente trabalho objetivou determinar a viabilidade técnico/econômica do uso de um Tanque Evaporimétrico Alternativo (TEA) de baixo custo para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>). Construiu-se um TEA a partir de um tambor metálico de 200 L e comparou-se os seus valores de evaporação (EV) com valores de ET<sub>0</sub> estimados pelos métodos de Penman-Monteith (PM) e Tanque Classe “A” (TCA). O experimento foi realizado no Centro Federal de Educação Tecnológica de Januária/MG, onde está localizada a estação meteorológica automática do mesmo, onde foram coletados diariamente, num período de 3 meses, dados meteorológicos necessários à realização dos cálculos da ET<sub>0</sub> para os três métodos. Com os resultados determinou-se as equações e os coeficientes de ajuste dos métodos do TEA e TCA ao método de PM, que são respectivamente,  $ET_{PM} = 1,518 + 0,234^{***} ET_{TEA}$ ,  $R^2 = 0,5937$  e  $ET_{PM} = 2,256 + 0,245^{***} ET_{TCA}$ ,  $R^2 = 0,317$ . Concluiu-se que o TEA apresentou valores de evaporação mais distantes do método de PM do que o TCA, porém o seu coeficiente de determinação ao método de PM foi maior que o do TCA e o custo de aquisição do TEA foi substancialmente inferior ao do TCA.

**Palavras-chave:** evapotranspiração, tanque evaporimétrico alternativo, viabilidade econômica.

### 1. INTRODUÇÃO

O consumo de água pelas culturas pode ser estimado de várias maneiras: com equações empíricas, utilizando dados meteorológicos; através do balanço hídrico, acompanhando-se a umidade do solo; medindo-se a quantidade de água extraída de determinado volume de solo ou com o uso de evaporímetros.

O cálculo diário da Evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) é a base para se determinar o valor da lâmina de irrigação a ser aplicada. O método de Penman-Monteith - FAO (PM) é considerado padrão para o cálculo da ET<sub>0</sub> (Allen et al., 1998) citados por (Conceição & Marim, 2005). Porém, este método necessita de dados meteorológicos de difícil obtenção, o que o torna pouco acessível a pequenos produtores rurais. Uma alternativa é o uso do tanque Classe “A”, que necessita apenas de algumas variáveis climatológicas como vento e umidade relativa do ar e disposição do tanque no campo (Mantovani et al., 2006). Como o custo deste equipamento ainda é elevado para a maioria dos pequenos irrigantes, viu-se necessário o desenvolvimento de um equipamento alternativo de menor custo.

### 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água doce é um recurso que está cada vez mais escasso, o que gera uma disputa entre o seu uso cotidiano, urbano e para agricultura, principalmente em lugares com baixo índice de precipitação (Bernardo et al., 2006).

Segundo Lima et al., (1999) citados por Santiago (2001) estima-se que mais de 50% da população mundial depende de produtos agrícolas irrigados.

De acordo com Costa (1994) a irrigação é uma técnica milenar, que consiste na aplicação de água ao solo, a fim de proporcionar a umidade necessária ao pleno desenvolvimento das culturas. Para Bernardo et al., (2006) a irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas

utilizadas para garantir a produção econômica de determinadas cultura, com adequado manejo dos recursos naturais.

O manejo da irrigação no Norte de Minas Gerais, quando utilizado, baseia-se em parâmetros de outras regiões e até mesmo de outros países, com condições edafoclimáticas distintas. A  $ET_0$  é o parâmetro utilizado na estimativa das necessidades hídricas de uma determinada cultura, onde esta pode ser medida por vários métodos, destacando-se o TCA, pela sua praticidade, e a equação de PM, pela sua precisão. A medição da  $ET_0$  através do TCA é o método mais utilizado pelos agricultores, que realizam o manejo da irrigação, na região do Norte de Minas Gerais, porém utilizando dados de postos meteorológicos distantes da área produtiva (Figueiredo et al., 2002).

Segundo Hernandez (2004) o conhecimento dos fatores climáticos é fundamental para o manejo racional da irrigação. Estes fatores permitem, com uma boa aproximação, estimar a  $ET_0$ , que é o consumo de água de um determinado local, através da EV da água do solo e pela transpiração das plantas, ocorrida durante o processo de fotossíntese.

De acordo com Mantovani et al., (2006) a  $ET_0$  é de permite determinar o consumo de água das plantas e, por consequência, a lâmina de irrigação a ser aplicada pelo sistema. A  $ET_0$  é o processo pelo qual a vegetação e o solo enviam umidade para a atmosfera, tornando a mais úmida e as chuvas mais constantes.

De acordo com Costa (2002), para a solução de vários problemas agrícolas, é necessário o conhecimento da  $ET_0$  em períodos mensais, semanais ou mesmo diários, com a utilização de equipamentos caros e complexos. Na falta destes, fórmulas empíricas foram desenvolvidas para estimar a  $ET_0$ , em função de componentes climáticos disponíveis, e podem ser utilizadas para o dimensionamento e manejo correto de água em projetos agrícolas.

Bernardo et al., (2006) ressaltam que a quantidade de água evapotranspirada depende principalmente da planta, do solo e do clima, sendo este último fator predominante sobre os demais, de modo que a quantidade de água requerida por uma cultura varia com a extensão da área coberta pelo vegetal e com as estações do ano.

Segundo Figueiredo et al., (2002) o requerimento de água da cultura pode ser obtido, com coeficientes apropriados, para transformar as leituras de EV de uma superfície livre de água do tanque em estimativas de consumo de água da cultura ao longo de seu ciclo de desenvolvimento, contemplando tanto a evaporação da água do solo quanto à transpiração das plantas, ou seja, a  $ET_0$ .

Há vários métodos para determinar a  $ET_0$  os quais em sua maioria estimam a  $ET_0$  potencial que segundo Bernardo et al., (2006) ocorre quando não há deficiência de água no solo que limite seu uso pelas plantas.

Mantovani et al., (2006) afirmam que a equação de Perman-Monteith (PM) é a mais completa e precisa na estimativa da  $ET_0$ , porém necessita de muitos dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação ou hora de sol), que geralmente não estão disponíveis em qualquer propriedade. No entanto com a evolução e a maior disponibilidade das estações meteorológicas automáticas que coletam e armazenam os dados meteorológicos, a utilização da equação de Penman-Monteith tem sido potencializada.

O cálculo diário da  $ET_0$  é a base para determinar o valor da lamina de irrigação a ser aplicada. O método de PM - FAO é considerado padrão para o cálculo da  $ET_0$  Sedyama (1996); Allen et al., (1998) citados por (Conceição, 2005).

O TCA foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte-Americano (U.S.W.B.) e é de uso generalizado, inclusive no Brasil (Pereira et al., 1997) citados por (Fernandes, 2004). Este método vem sendo muito utilizado no Brasil, em especial para controle da irrigação em pomares citrícolas do estado de São Paulo (Vescove e Turco, 2005). Para Mantovani et al., (2006) este método consiste na utilização de um tanque de evaporação direta, com todas as medidas e instalações padronizadas. É normalmente menos preciso de que os métodos baseados em temperatura e estão mais sujeitos a problemas externos (animais e vazamentos).

A utilização do TCA ainda gera algumas controvérsias, principalmente quando a escolha do coeficiente de tanque ( $K_p$ ) a ser utilizado. Vários são os métodos para a estimativa: equação polinomial, regressão linear múltipla, relação entre a  $ET_0$ , estimada pelo método de PM e a EV medida no TCA, ha diversas equações para estimar  $K_p$ , em função das variáveis meteorológicas e tipo e extensão de bordadura (Mendonça, 2006).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no CEFET de Januária MG, que fica localizado a 6 km de Januária, Norte de Minas Gerais, bairro Bom Jardim com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 15°27' sul, longitude 44°22' oeste, altitude 473,71 metros, na estação meteorológica automática do mesmo.

O tanque evaporimétrico alternativo foi produzido a partir de um tambor metálico com volume de 20L com um diâmetro de 57 cm, seguindo o modelo proposto pela EMATER/MG, Figura 1. O tambor foi cortado ao meio numa altura de 45 cm. Fez - se um orifício com diâmetro de 11,5 mm, a 5 cm da borda superior, onde foi colocado um tubo metálico com um diâmetro de 11,5 mm e 5 cm de comprimento, o qual serviu como referência para a medida da quantidade de água da reposição. Depois de construído, o tanque foi pintado na cor branca, com o objetivo de minimizar a radiação absorvida pelo mesmo.



Figura 1 - Tanque Evaporimétrico Alternativo

Para a reposição da água evaporada foi utilizada uma proveta graduada de 1000 mL Figura 2. Foi medido o volume de água gasta a cada reposição no ponto de referência.



Figura 2 - Reposição da água evaporada no Tanque Evaporimétrico Alternativo

Após a construção do tanque evaporimétrico, foram coletados diariamente às 9 horas os dados necessários para a realização dos cálculos da (ET0), que foram determinados pelo método de Penman-Monteith Equação 1, utilizando dados de temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento, obtidos em uma estação meteorológica automática da marca Metos, modelo Micrometos.

$$ET0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad [\text{Eq. 01}]$$

ET0 = evapotranspiração de referência, mm d<sup>-1</sup>;

Rn = radiação líquida na superfície da cultura, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

G = densidade do fluxo de calor do solo, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

T = temperatura do ar a 2m de altura, °C;

u2 = velocidade do vento a 2m de altura, m s<sup>-1</sup>;

es = pressão de vapor de saturação, kpa;

ea = pressão atual de vapor, kpa;

Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kpa °C<sup>-1</sup>; e

γ = constante psicométrica, kpa °C<sup>-1</sup>.

A evapotranspiração pelo método do Tanque Classe “A” foi determinada, considerando-se bordadura de solo nu de 1 m utilizando-se dados de velocidade do vento, umidade relativa e evaporação medida no tanque conforme apresentado na Figura 3, através da Equação 2.

$$ET0 = EV \times KT \quad [\text{Eq. 02}]$$

Em que,

ET0 = evapotranspiração de referencia, mm d<sup>-1</sup>;

EV = evaporação do Tanque Classe A, mm d<sup>-1</sup>; e

KT = coeficiente de correção, determinado pela Equação 3, adimensional.

$$KT = 0,61 + 3,41 \times 10^{-3} UR_{\text{méd}} - 1,62 \times 10^{-3} u_2 UR_{\text{méd}} - 9,59 \times 10^{-6} u_2 R_{\text{solo}} + 3,27 \times 10^{-3} u_2 \ln(R_{\text{solo}}) - 2,89 \times 10^{-3} u_2 \ln(86,4u_2) - 10,6 \times 10^{-3} \ln(86,4u_2) \ln(R_{\text{solo}}) + 0,63 \times 10^{-3} [\ln(R_{\text{solo}})]^2 \ln(86,4u_2) \quad [\text{Eq. 03}]$$

Em que,

u2 = é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>;

UR = umidade relativa media, %; e

R solo = menor distancia do centro do tanque ao limite da bordadura, m.

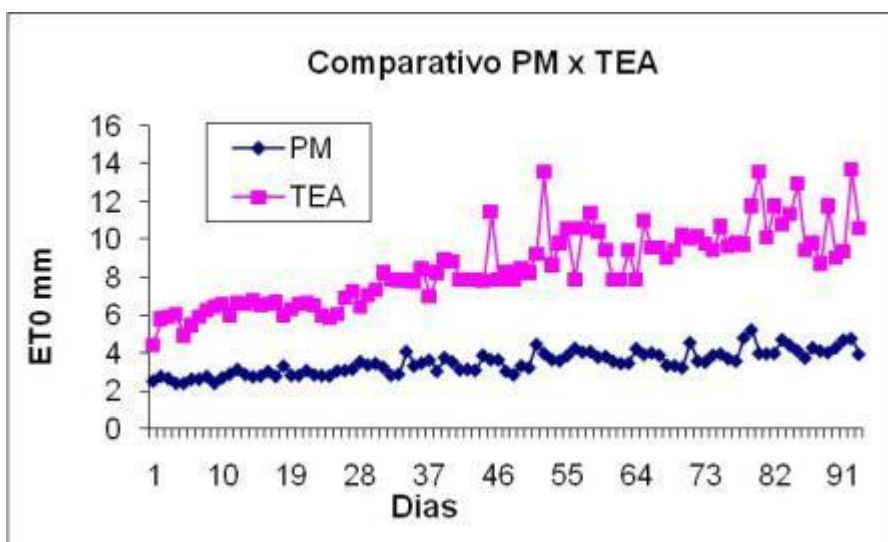


**Figura 3 - Leitura da evaporação do Tanque Classe “A”**

Os dados de evaporação calculados pelo (TEA) e (TCA) foram relacionados estatisticamente, por meio de análise de regressão e de correlação, aos determinados pelo método de (PM). Foram considerados os coeficientes de correlação linear de Person e a significância do coeficiente do parâmetro das equações de regressão, a fim de definir qual dos métodos de (ET0), por (TEA) ou por (TCA) apresentou melhor ajuste ao (ET0) método referência (PM).

#### **4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS**

Os resultados de (EV) obtidos pelo (TEA) durante os meses de julho a outubro, superestimaram a (ET0), quando comparados com aqueles obtidos pelo método de (PM) Figura 4. Apesar disto, verificou – se mesma tendência de comportamento para as duas medições.

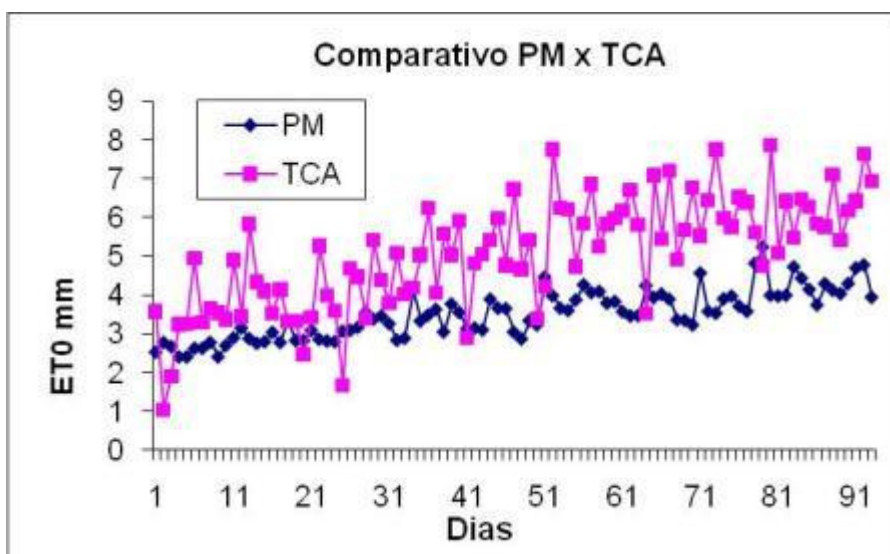


**Figura 4 - Comparação entre evapotranspiração de e evaporação Tanque Evaporimétrico Alternativo referente ao período de 10 de julho a 09 de outubro de 2007**

Também (EV) obtidas pelo e (TCA) durante os meses de julho a outubro, superestimaram a evapotranspiração de (PM) na maioria dos dias Figura 5. Além disso, a (EV) não acompanhou todas as

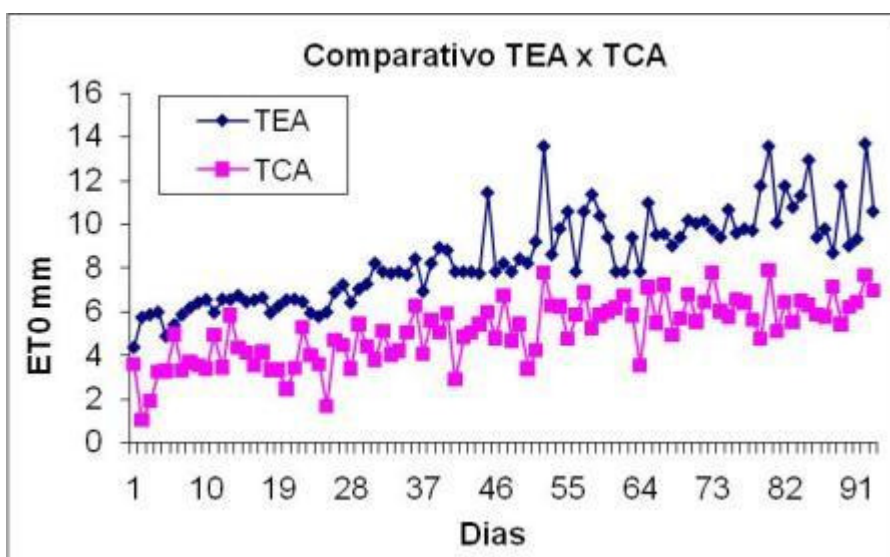


variações que ocorreram com a evapotranspiração calculada pelo método de (PM) durante esse período, como ocorreu com o (TEA).



**Figura 5 - Comparação entre evapotranspiração de Penman-Monteith e Tanque Classe “A” referente ao período de 10 de julho a 09 de outubro de 2007**

O (TEA) durante os meses de julho a outubro, estimou uma taxa de (EV) maior que o (TCA) Figura 6. Porém o (TEA) apresentou mais coerente visto que o mesmo acompanhou de forma mais regular as variações ocorridas no método padrão de Penman-Monteith.

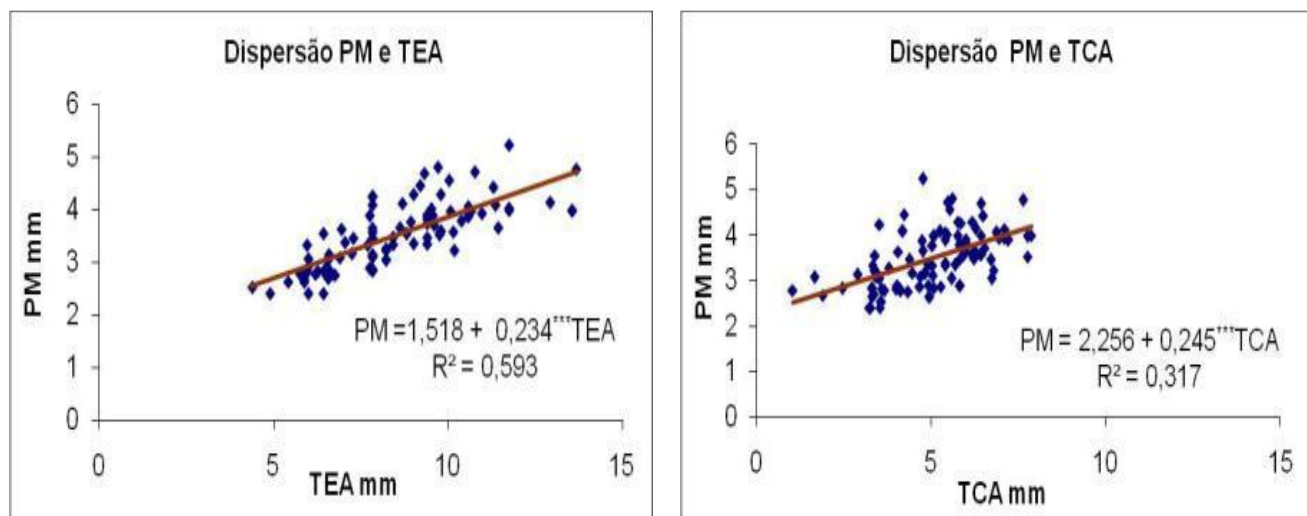


**Figura 6 - Comparação entre evapotranspiração Tanque Classe “A” e evaporação Tanque Evaporimétrico Alternativo referente ao período de 10 de julho a 09 de outubro de 2007**

O (TEA) apresentou aproximação ao método de Penman-Monteith superior ao do (TCA) Figura 7. Os coeficientes de ajuste foram respectivamente 0,59 e 0,31. As Equações de ajuste dos métodos do (TEA) e (TCA) ao método de (PM) são representadas, respectivamente, pelas Equações 4 e 5.

$$ET_{PM} = 1,518 + 0,234^{***} ET_{TEA} \quad R^2 = 0,5937 \quad [\text{Eq. 04}]$$

$$ET_{PM} = 2,256 + 0,245^{***} ET_{TCA} \quad R^2=0,317 \quad [\text{Eq. 05}]$$



\*\*\*Significativo ao nível de 0,1% de probabilidade pelo teste t

**Figura 7 - Linha de tendência da evapotranspiração de Penman-Monteith e evaporação Tanque Evaporimétrico Alternativo referente ao período de 10 de julho a 09 de outubro de 2007**

Para determinação do custo de construção do TEA, foram considerados os gastos com tambor metálico, tinta, pincel, proveta e mão-de-obra, que são apresentados na Tabela 1. O custo de aquisição do Tanque Classe “A” foi obtido mediante consulta ao fabricante, que informou os valores de R\$ 950,00 e R\$ 1950,00 para os tanques confeccionados em aço galvanizado e aço inox, respectivamente e da Estação Automática de R\$ 8762,17. Desse modo, observa-se que o Tanque evaporimétrico alternativo possui custo bastante inferior ao Tanque Classe “A”, tornando-se acessível ao agricultor familiar.

**Tabela 1 – Custo de construção do Tanque Evaporimétrico Alternativo**

Item	Descrição	Unid.	Quantidade	Custo unit. (R\$)	Custo (R\$)
1	Tinta Branca	lata	1	15,00	15,00
2	Pincel 38,1 mm	un.	1	2,00	2,00
3	Tambor metálico	un.	1/2	40,00	20,00
4	Corte e solda (mão-de-obra)	un.	1	20,00	20,00
5	Proveta	un.	1	30,00	30,00
<b>Total</b>					<b>87,00</b>

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no estudo apresentado, pode-se concluir que:

- O Tanque Evaporimétrico Alternativo apresentou valores de evaporação mais distantes do método de Penman-Monteith do que o Tanque Classe “A”, porém o seu coeficiente de ajuste ao método de PM foi maior que o do TCA;
- As Equações de ajuste dos tanques ao método padrão de Penman-Monteith apresentaram significância de 0,1% de probabilidade pelo teste t;
- O custo de aquisição do TEA foi substancialmente inferior ao TCA, representando aproximadamente 6% de seu valor.

## 6. REFERÊNCIAS

- Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV. 2006. 625p.
- Conceição, M. A. F.; Marim, F. R. **Estimativa de evapotranspiração de referência utilizando os Métodos de Hargreaves-samani e do tanque Classe A**. São Paulo. EMBRAPA. 2005. Disponível em: <[http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/XIVCBA/CBAgro2005\\_18.pdf](http://www.agritempo.gov.br/publish/publicacoes/XIVCBA/CBAgro2005_18.pdf)>. Acesso em: 24 ABR. 2007.
- Costa, E. F.; Vieira, R. F.; Viana, P. A. **Quimigação: Aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. 1. ed. Brasília: Editora EMBRAPA - SPI, 1994. 315p.
- Costa, M. C. **Estimativa da evapotranspiração regional considerações teóricas**. Rondônia: UFRO. 2002. Disponível em: <<http://www.primeiraversao.unir.br/artigo122.html>> acesso em: 30 JUN. 2007.
- Fernandes, C.; Cora, J. E.; Araújo, J. A.C. **Utilização do tanque classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.1, p.46-50, 2004.
- Figueiredo, F. P.; Mantovani E. C.; Soares, A. A.; Costa, L. C.; Ramos, M. M.; Oliveira F. G.. **Análise comparativa das estimativas da evapotranspiração de referência, pelos métodos de Penman-Monteith e tanque classe “A”, nas condições edafoclimáticas do norte de Minas Gerais**. Montes Claros: Unimontes. 2002. . Disponível em: <[http://www.unimontes.br/unimontescientifica/revistas/Anexos/artigos/revista\\_v4\\_n2/12%20artigo\\_analise.htm](http://www.unimontes.br/unimontescientifica/revistas/Anexos/artigos/revista_v4_n2/12%20artigo_analise.htm)> Acesso em: 30 JUN. 2007.
- Hernandez, F. B. T. **Manejo de Irrigação em frutíferas**. São Paulo: UNESP. 2004. Disponível em: <<http://www.org.feis.unesp.br/frutiferas>>. Acesso em: 24 JUN. 2007.
- Mantovani, E. C.; Bernado, S.; Palaretti, L. F. **Irrigação Princípios e Métodos**. Viçosa: Editora UFV. 2006. 318p.
- Mendonça, J. C.; Souza, E. F.; André, R. G. B.; Bernardo, S. **Coeficientes do tanque classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência em campos Goytacazes, RJ**. Revista Brasileira Agrometeorologia, v.14, n.1, p.123-128, 2006.
- Santiago, A. V. **Evapotranspiração de referência media por lisímetro de pesagem e estimada por Penman-Monteith (FAO-56), nas escalas mesal e decimal**. Piracicaba: ESALQ, 2001.37p. Dissertação de Mestrado.
- Vescove, H. V.; Turco J. E.P. **Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-Sp**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.3, p.713-721. 2005.