

11/10/82

1
5

avaliação

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DE
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL EM REGIÕES SEMI-ÁRIDAS

Malaquias da Silva Amorim Neto¹
Carlos Alberto Vasconcelos Oliveira²
Daniel Delfino da Silva³

RESUMO

A estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) em regiões semi-áridas é realizada por vários métodos em função da disponibilidade de dados meteorológicos locais. Com o objetivo de analisar a validade dos métodos mais usuais para estas regiões, realizou-se um estudo comparando medidas de ETP realizadas em evapotranspirômetro tipo Thornthwaite de lençol freático constante com estimativas por diferentes métodos. Os métodos usados com os respectivos coeficientes de correlação foram os seguintes: Método do Tanque Classe A, 0,82; Radiação Solar, 0,81; Thornthwaite, 0,58; Penman, 0,82; Blaney-Criddle, 0,32; Jensen-Haise, 0,68; Hargreaves, 0,68; Benavides-Lopez, 0,86 e Linacre, 0,86.

Palavras Chaves: Evapotranspiração Potencial, Semi-Árido.

¹ Meteorologista, M.Sc. EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), BR 428, km 152, Caixa Postal 23, CEP 56300 Petrolina, PE.

² Estatístico, B.Sc. EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), BR 428, km 152, Caixa Postal 23, CEP 56300 Petrolina, PE.

³ Eng^o Agrícola, B.Sc. Bolsista CNPq/EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), BR 428, km 152, Caixa Postal 23, CEP 56300 Petrolina, PE.

VALUATION OF DIFFERENT METHODS FOR POTENCIAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION IN SEMI-ARID REGIONS

SUMMARY - Estimation of potential evapotranspiration (PE) in semi-árid regions is done though several methods using the available local meteorological data. The objective of the study was to test the most used methods in these regions comparing PE observations, from a Thornthwaite evapotranspirometer of a constant water table, estimated by different methods. The used methods and corresponding correlation coefficients obtased were: Open Pan Evaporation, 0,82; Solar Radiation, 0,81; Hargreaves, 0,68; Benavides-Lopes, 0,86 and Linacre, 0,32; Jensen-Haise, 0,68; Hargreaves, 0,68; Benavides-Lopes, 0,86 and Linacre, 0,86.

Key Words: Potential Evapotranspiration, Semi-Arid.

INTRODUÇÃO

A irregularidade no regime pluviométrico do Trópico Semi-Árido (TSA) brasileiro, induz a necessidade do uso racional dos recursos hídricos para produção agrícola. Para determinação das necessidades hídricas das culturas, é necessário o conhecimento das perdas d'água por evapotranspiração durante o seu ciclo produtivo. A medida e estimativa deste parâmetro torna-se difícil no TSA, devido a inexistência e custo de implantação de evapotranspirômetros, e, a disponibilidade de dados meteorológicos para utilização de métodos que envolvam maior número de parâmetros.

Para determinação da demanda hídrica das culturas, usualmente usa-se a estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) como referencia. De acordo com STANHILL (1961) os métodos de estimativas podem ser classificados como físicos, empíricos, e os baseados em correlação com medidas meteorológicas. BERLATO & MOLION (1981) acrescentaram a estes, o método do balanço hídrico. Segundo estes pesquisadores, dos fatores meteorológicos que condicionam a evapotranspiração os mais importantes pela ordem são radiação solar, temperatura, vento e umidade do ar. Sendo que os métodos baseados na radiação solar são mais adequados para estimativa da ETP em regiões áridas e semi-áridas, porque fundamentam-se na realidade física de que a energia requerida pelo fenômeno provém da radiação. Dados de MUKAMMAL & BRUCE (1960), citados por CHANG (1968), quantificando a importância relativa da radiação, umidade e vento, indicam ser da ordem de 80:6:14, respectivamente. OMETTO (1974) cita que trabalhos executados por FRITSCHEN (1966), JACKSON (1967), MONTENY (1972) e ROSEMBERG (1972) demonstram que em condições de "oásis" a advecção poderia contribuir no processo evaporativo com energia maior que a radiação líquida disponível. Estudos realizados por SHIH (1984) demonstraram inexistência de multicolinearidade entre a temperatura do ar e a radiação, indicando assim, que estes parâmetros podem ser usados como dois importantes previsores para estimativa da ETP.

Não há fórmula de estimativa de ETP adequada a todas as situações, geralmente executadas em diferentes locais e são originadas em função da disponibilidade de dados e da realidade física o local (STEWART, 1983). Isto explica os inúmeros trabalhos executados em dife

rentes regiões do mundo, em que pesquisadores procuram determinar o método mais adequado as suas condições. ISRAELSEN & HANSEN (1979) sugerem o uso da fórmula de Thornthwaite para as regiões úmidas e a de Blaney-Criddle para a parte árida do ocidente dos Estados Unidos. Em estudos realizados em diferentes países a FAO (1979), sugere a utilização dos métodos de Penman, Radiação Solar e Tanque Classe "A". Averiguando a validade dos métodos sugeridos pela FAO, AMORIM NETO (1981) obteve para períodos inferiores a décadas melhores concordância com os da Radiação Solar e Penman pela ordem em relação ao do Tanque Classe "A" e constatou que o método de Thornthwaite é inadequado para os períodos estudados. Averiguando a validade de diferentes métodos para o município de Mossoró, RN no semi-árido do Brasil, FILHO et al (1981), constatou que, os métodos de Hargreaves, Jensen-Haise e Blaney-Criddle superestimam a ETP, e, Thornthwaite, Benavides-Lopez e Penman são compatíveis, para períodos mensais. Diversas equações baseadas em temperatura foram avaliadas para estimar perda d'água diária das culturas de arroz, milho, cana-de-açúcar, e soja em três locais do sul da África por CLEMENTE & SCHULZE (1982), as estimativas foram comparadas com observações de lisímetros em cada local e constatou-se que a equação de Linacre estima evapotranspiração diária melhor que as de Thornthwaite e Blaney-Criddle. Em trabalho realizado para "EXECUTING ORGANIZATION FOR WATER PLANNING" no Egito, OMAR & MEHANNA (1984) constataram que o método de Penman apresenta melhores resultados com erro de 10% no verão e mais de 20% sobre condições de baixa evaporação, o método do Tanque Classe "A" apresenta um erro de 15% dependendo da localização do tanque quando comparado com Penman, o método da Radiação solar, em condições extremas, apresenta um erro acima de 20% no verão e o de Blaney-Criddle pode superestimar ou subestimar a ETP acima de 25% em condições úmidas advectivas e invernos de médias latitudes. SALIH & SENDIL (1984) estudando diferentes métodos para estimar ETP em regiões extremamente áridas constataram que o mais indicado é Jensen-Haise.

O objetivo deste trabalho é avaliar a validade das estimativas da ETP para períodos de dez dias pelos métodos do Tanque Classe "A", Radiação Solar, Thornthwaite, Penman, Blaney-Criddle, Jensen-Haise, Hargreaves, Benavides-Lopez e Linacre, que são sugeridas e utilizados por diversos pesquisadores em estudos a-

groclimáticos de regiões áridas e semi-áridas.

MATERIAL E MÉTODOS

As informações meteorológicas utilizadas nas estimativas de evapotranspiração potencial (ETP) e os valores medidos de ETP foram obtidos na Estação Agrometeorológica do Campo Experimental de Mandacaru do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado no município de Juazeiro, BA, cujas coordenadas geográficas são: latitude $09^{\circ}24'S$, longitude $40^{\circ}26'W$ e altitude 375,5 m.

Os dados meteorológicos observados foram temperatura do ar, umidade relativa do ar, insolação, radiação solar global, evaporação do tanque classe "A" e velocidade do vento a 2,0 m.

As medidas de evapotranspiração potencial foram coletadas em um evapotranspirômetro tipo Thornthwaite de lençol freático constante a 0,70 m, com área de $5,25 \text{ m}^2$ e profundidade de 1,0 m, coberto com grama (*spenotaphrum secundatum*). A área em torno do aparelho foi plantada com o mesmo tipo de grama e mantida nas mesmas condições.

Para verificar a consistência das medidas plotou-se as informações de ETP e Evaporação do Tanque Classe "A" (ECA) versus período (Fig.1) e determinou-se o valor médio da relação $K = \text{ETP} \cdot \text{ECA}^{-1}$, o seu desvio padrão e coeficiente da variação.

Para estimativa da ETP, utilizou-se nove métodos aplicados as regiões semi-áridas e áridas de acordo com a revisão bibliográfica. Os métodos utilizados foram os seguintes:

1. Método do Tanque Classe "A" (ETPca):

De acordo com as normas preconizadas pela FAO (1979) a evapotranspiração potencial será expressa em função do Tanque Classe A, por:

$$\text{ETP} = K_p \cdot \text{ECA},$$

onde, ETP= evapotranspiração potencial (mm/período)

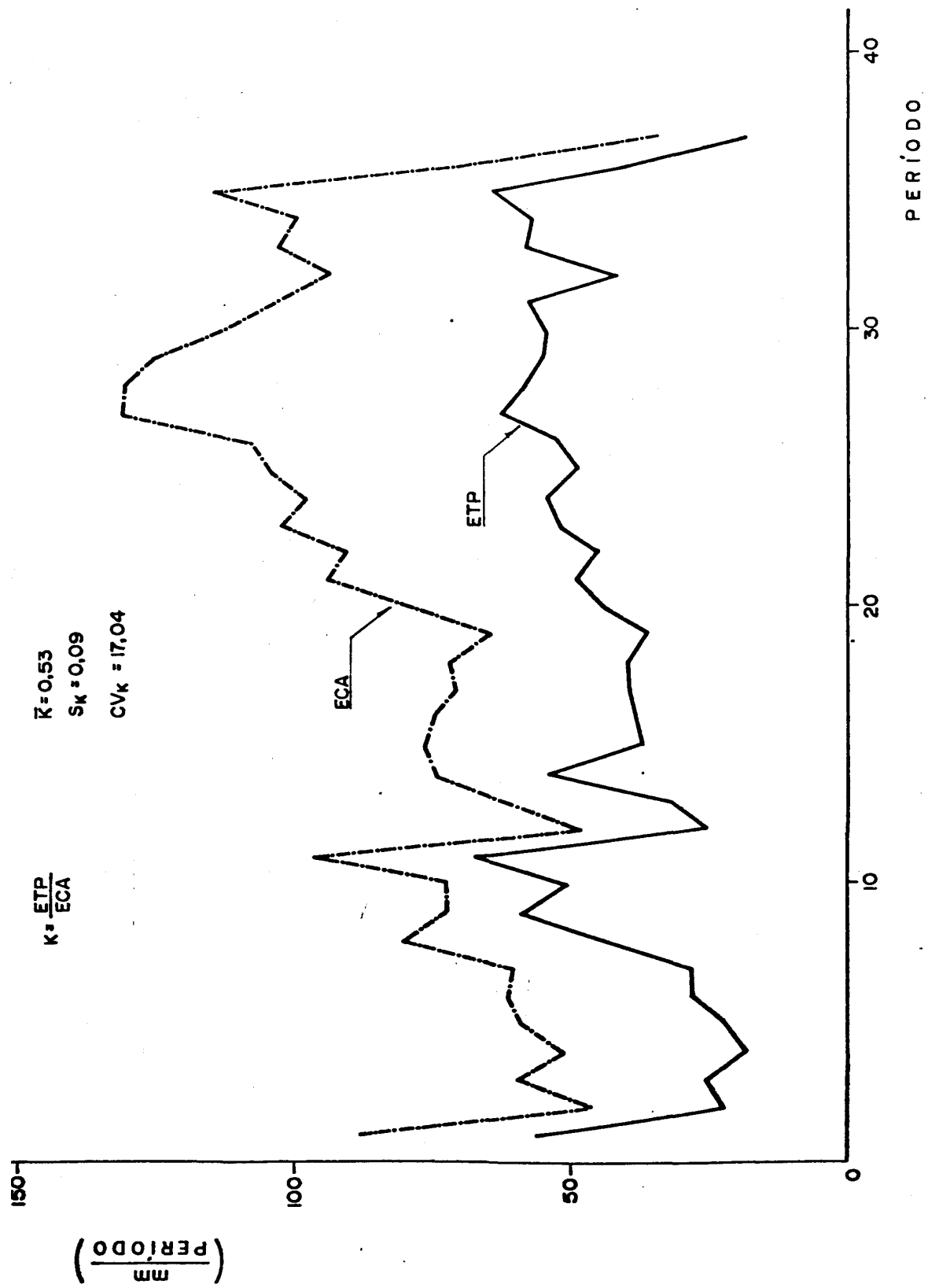


FIG.1 .Verificação da validade dos dados de Evapotranspiração Potencial medida

Kp= "coeficiente de tanque", função da velocidade média do vento a 2,0 m, umidade relativa média do ar e tipo de exposição do tanque
 ECA= evaporação medida no Tanque Classe "A" (mm/período).

2. Método da Radiação Solar (ETPrs):

A estimativa da evapotranspiração potencial pelo método da radiação solar, consiste na resolução das equações:

$$ETP = C.W.RS$$

$$RS = RA \left(0,24 + 0,58 \frac{n}{N} \right)$$

onde, ETP= evapotranspiração potencial (mm/período)

C= fator de ajuste dependente da velocidade do vento e umidade relativa do ar média no período, obtido graficamente

W= fator de ajuste dependente da temperatura média do ar e altitude

RS= radiação de ondas curtas estimada ao nível do solo (mm/período)

RA= radiação extra terrestre função do mês e latitude

n/N= razão de insolação média do período.

Para um melhor ajuste às condições locais, utilizou-se no método, ao invés da equação original de RS, aquelas propostas por CARDON & AMORIM NETO (1983), de terminadas para as condições da região de Petrolina, PE, ou seja $RS = RA \left(0,298 + 0,338 \frac{n}{N} \right)$ para o período de fevereiro a junho e $RS = RA \left(0,285 + 0,408 \frac{n}{N} \right)$ para o período de julho a janeiro.

3. Método de Thornthwaite (ETPt):

Estimou-se a evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite, utilizando-se tabelas da publicação de Thornthwaite (1957). A evapotranspiração para cada década foi calculado em função das relações:

$$ETP = 10 \times ETP^* \times f, \text{ onde:}$$

ETP= evapotranspiração potencial corrigida (mm/período)

ETP*= evapotranspiração potencial anual corrigida (mm/dia) em função da temperatura média do período e do índice anual de calor

f= fator de correção diária para latitude de $09^{\circ}24'S$ (Mandacaru, BA) e para cada mês do ano.

4. Método de Penman (ETPp):

Para estimativa da evapotranspiração potencial pelo método de Penman, utilizou-se a formulação original proposta pelo autor (Penman, 1948).

$$ETP = \frac{\frac{\Delta}{\gamma} H + Ea}{\frac{\Delta}{\gamma} + 1}, \text{ sendo:}$$

$$H = RA \left(0,24 + 0,58 \frac{n}{N}\right) (1 - a) - \sigma Ta^4 (0,56 - 0,09 \sqrt{e}) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N}\right)$$

$$Ea = 0,35 \left(1 + \frac{V}{160}\right) (es - e) \text{ onde os termos significam:}$$

$\frac{\Delta}{\gamma}$ = fator adimensional dependente da temperatura média do ar no período

H = balanço de energia radiante (mm/período)

Ea = poder evaporante do ar à sombra (mm/período)

RA = radiação extra-terrestre, função do mês e latitude

$\frac{n}{N}$ = razão de insolação média do período

a = poder refletor (a = 0,25)

σ = constante de Stefan Boltzman ($0,807 \times 10^{-10} \text{ cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}.\text{K}^{-4}$)

Ta = temperatura média do ar no período considerado ($^{\circ}K$)

e = valor médio da pressão de vapor (mm.Hg/período)

es = tensão de saturação à temperatura média do ar no período (mm.Hg)

V = velocidade média do vento a 2,0 m no período (km/dia).

Para ajustar o termo do balanço de energia radiante (H) as condições locais, ao invés de usar $RA \left(0,24 + 0,58 \frac{n}{N}\right)$ da equação original, utilizou-se as equações propostas por CARDON & AMORIM NETO (1983), determinadas para as condições da região de Petrolina, PE, ou seja $RS = RA \left(0,298 + 0,338 \frac{n}{N}\right)$ para o período de fevereiro a junho e $RS = RA \left(0,285 + 0,408 \frac{n}{N}\right)$ para o período de julho a janeiro.

5. Método de Blaney & Criddle (ETPbc):

A metodologia de Blaney & Criddle (1950) para estimar a ^{de horas de} evapotranspiração potencial envolve dados de temperatura do ar (T) e de percentagem de horas de

brilho solar (insolação) em relação ao total anual, na seguinte forma:

$$ETP = K.p. (0,457 T + 8,13), \text{ onde:}$$

ETP= evapotranspiração potencial (mm/período)

K= coeficiente de cultura, tomado como 0,75 para pastagem ou grama

p= percentagem mensal de horas de brilho solar em relação ao total anual

T= temperatura média do ar no período ($^{\circ}\text{C}$).

6. Método de Jensen & Haise (ETPj-h):

A metodologia de Jensen & Haise (1963) correlaciona ETP com dados de temperatura e radiação solar global, tendo a seguinte fórmula:

$$ETP = (0,0252 T + 0,078) \frac{RS}{59}, \text{ onde:}$$

ETP= evapotranspiração potencial (mm/dia)

T= temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)

RS= radiação solar global.

7. Método de Hargreaves (ETPh):

Hargreaves (1977) desenvolveu um método de estimativa de ETP em função da radiação solar global e temperatura do ar, que segue a seguinte fórmula:

$$ETP = 0,0075 RSM \times TMF, \text{ onde:}$$

ETP= evapotranspiração potencial (mm/dia)

RSM= radiação solar global expressa em mm/H₂O

TMS= temperatura do ar ($^{\circ}\text{F}$).

8. Método de Benavides & Lopez (ETPb-l):

O método de Benavides & Lopez (1970) relaciona temperatura do ar e umidade relativa com evapotranspiração potencial, tendo a seguinte fórmula:

$$ETP = 1,21 \times 10 \frac{7,45 T}{234,7 + T} \times (1 - 0,01 UR) + 0,21 T - 2,30, \text{ onde:}$$

ETP= evapotranspiração potencial (mm/dia)

T= temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)

UR= umidade relativa (%).

9. Método de Linacre (ETP1):

Linacre (1977) desenvolveu um método de estimativa de ETP que requer somente dados geográficos (latitude e altitude), temperatura média do ar e temperatura do ponto de orvalho. A ETP é dada pela seguinte fórmula:

$$ETP = \frac{\frac{500 T_m}{100 - lat} + 15 (T - T_d)}{80 - T}, \text{ onde:}$$

ETP= evapotranspiração potencial (mm/dia)

$T_m = T + 0,006 h$ - equivalente ao nível do mar da temperatura do ar, onde:

T- temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$)

h- altitude (mm)

T_d - temperatura do ponto de orvalho ($^{\circ}\text{C}$)

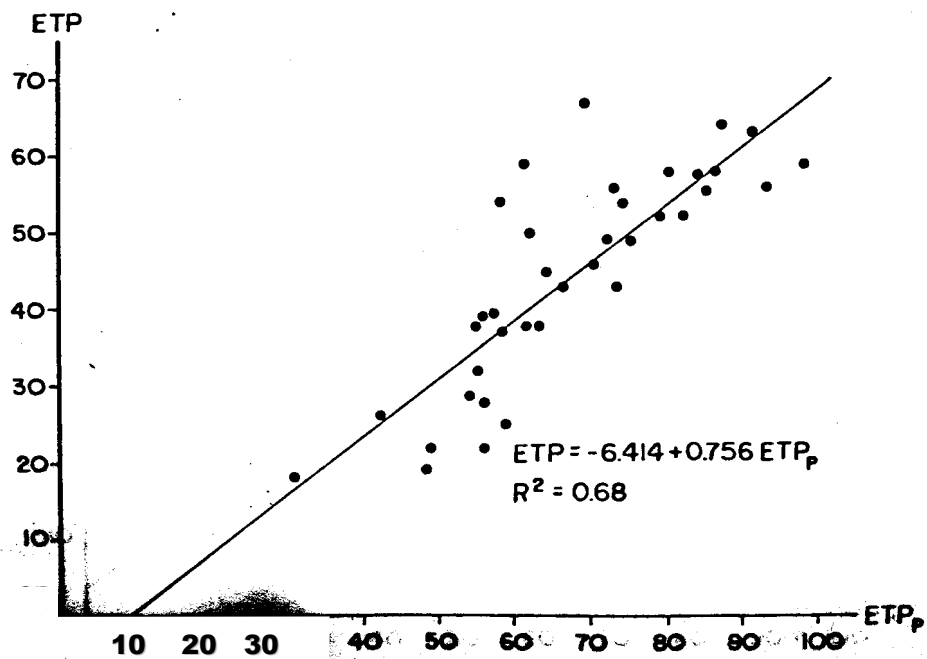
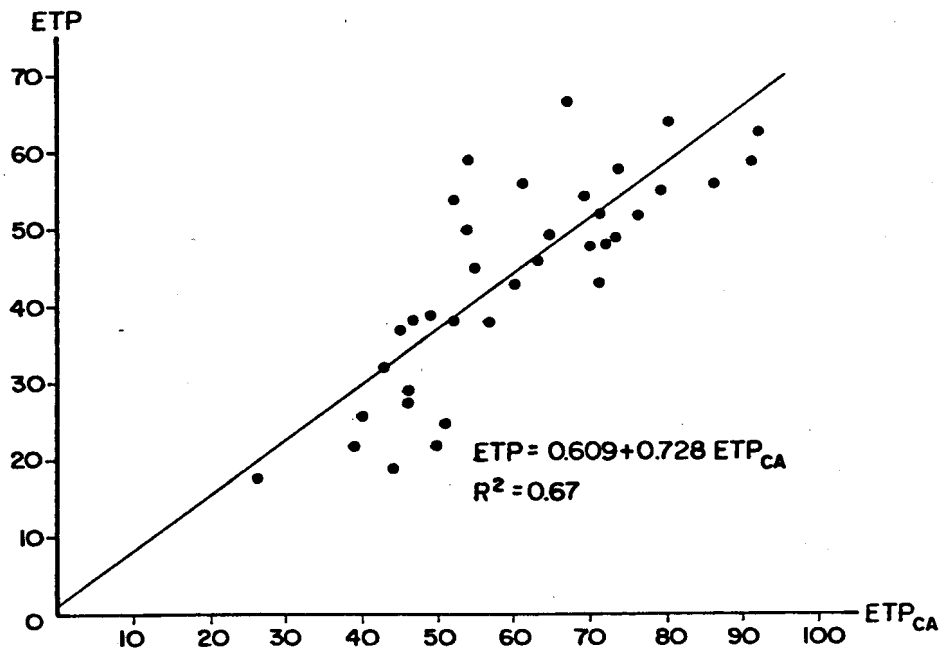
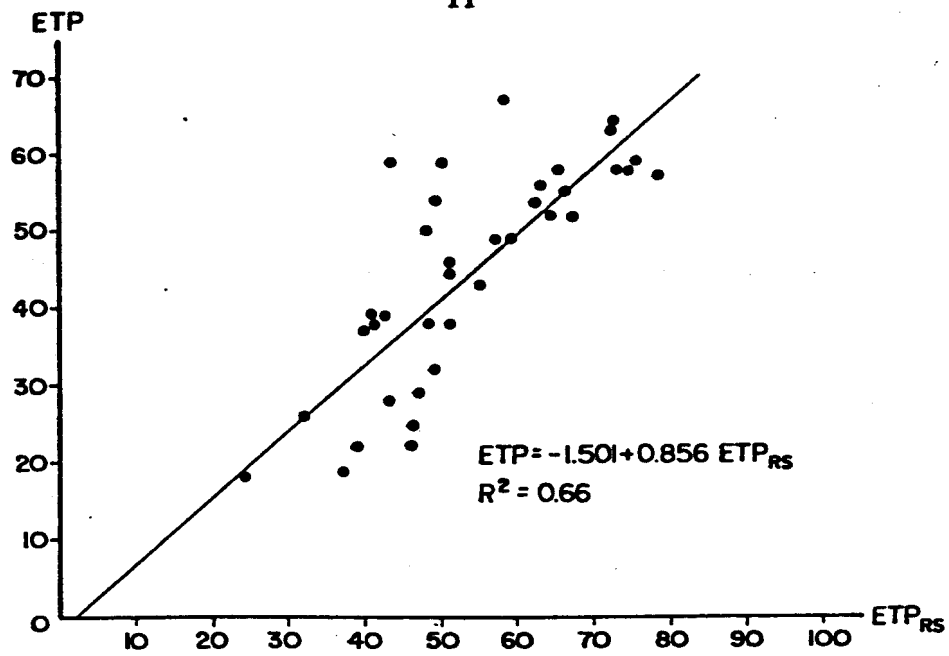
lat.- latitude em graus.

As séries de dados medidos e estimados foram submetidas a análises estatísticas em que obteve-se equações de regressões, matriz de correlação e matriz de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1, 2 e 3 apresentam os gráficos de correlação entre a evapotranspiração potencial observada e estimada pelos diferentes métodos com as respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação. Constata-se uma similaridade entre os resultados obtidos com os métodos da Radiação Solar, Tanque Classe A e Penman, Jensen & Haise e Hargreaves, e, Linacre e Benavides & Lopéz, por apresentarem distribuição dos pontos em torno da reta de regressão equivalentes e coeficientes de determinação aproximados. Enquanto que os métodos de Blaney & Criddle e Thornthwaite, embora sejam função da temperatura do ar, apresentam comportamento diferente.

O método do Tanque Classe A, bastante recomendado para estimativa de evapotranspiração utilizada em estudos de irrigação por sua simplicidade de utilização, superestima a evapotranspiração observada em todo período, principalmente



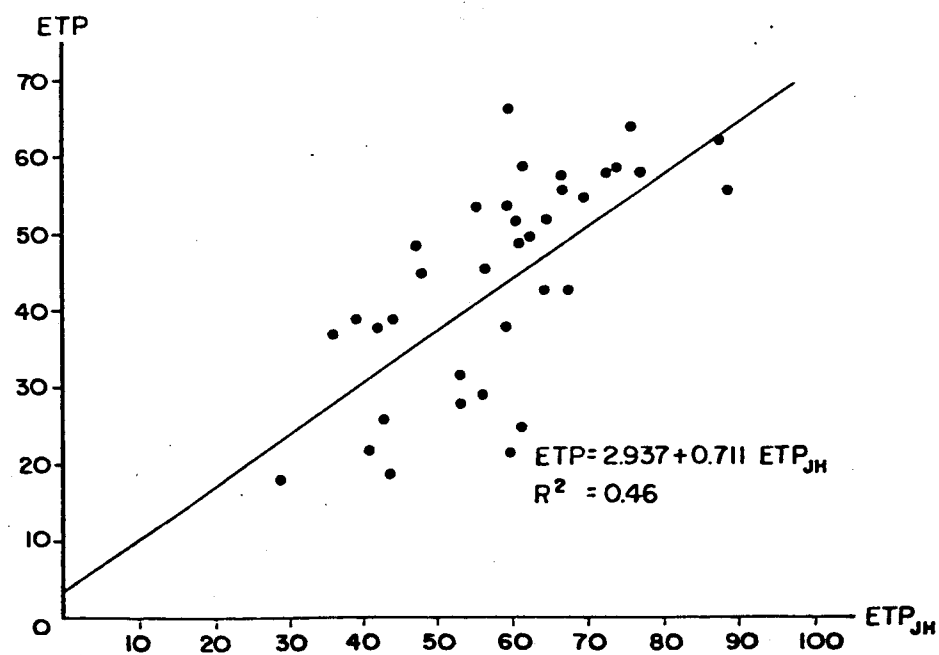
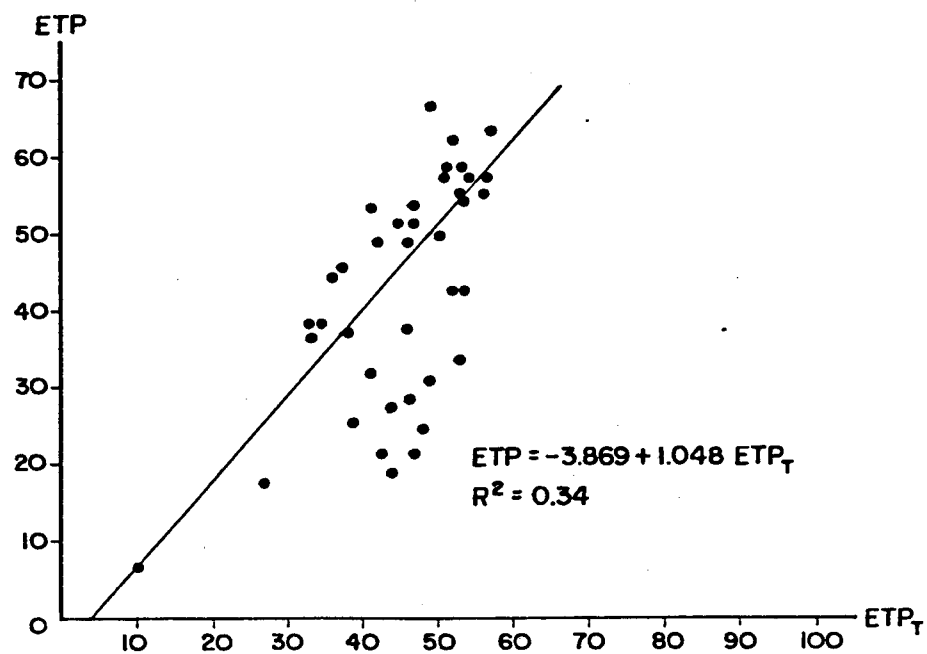
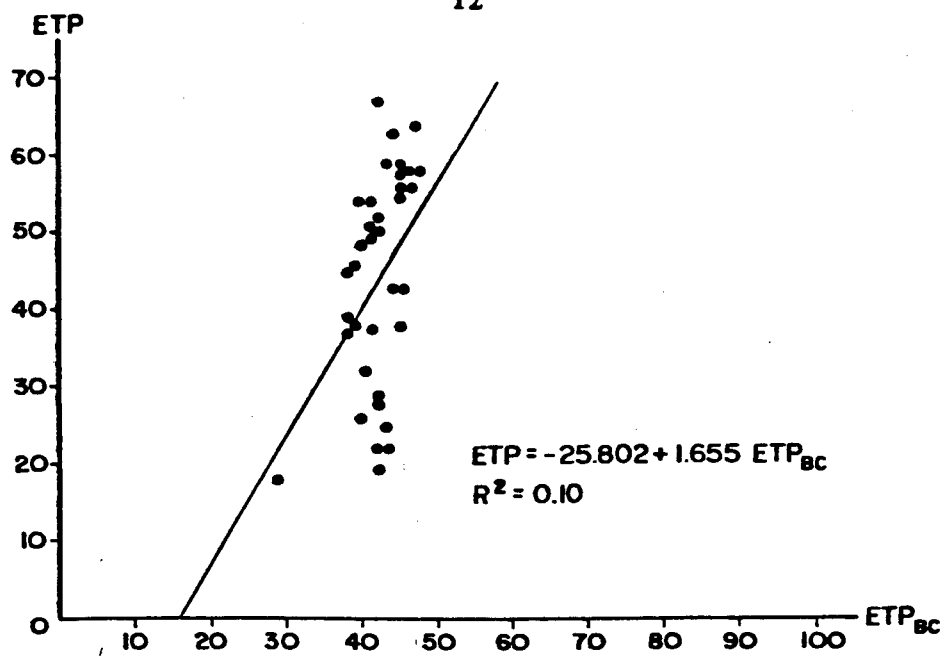


Fig. 2. Correlação entre a evapotranspiração potencial observada (ETP) e a estimada pelos métodos de Blaney & Criddle (ETP_{BC}), Thornth

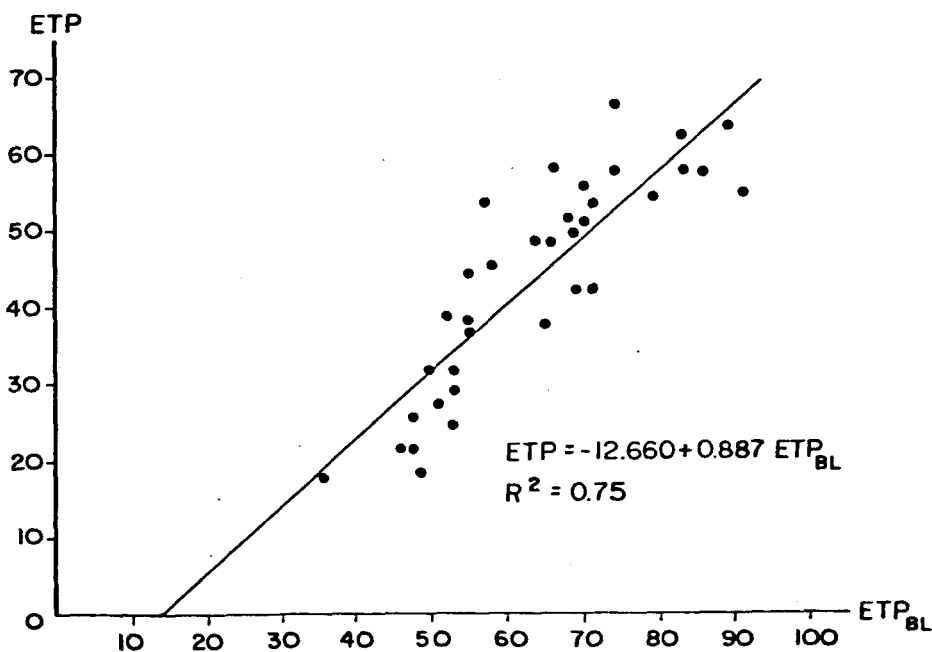
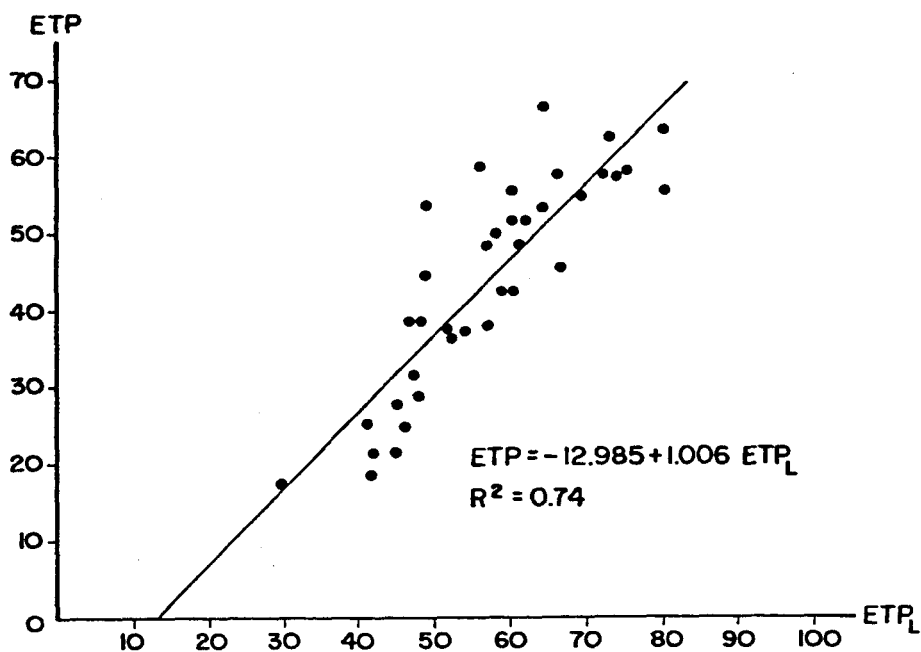
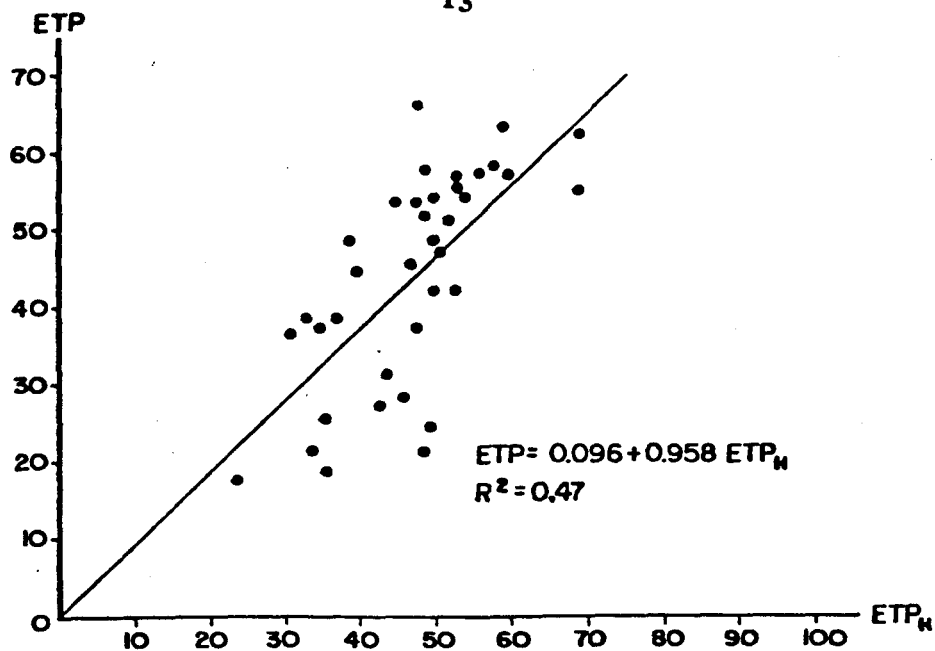


FIG. 3. Relação entre a evapotranspiração potencial observada (ETP) e estimada pelos métodos de Harroreaves (ETP_M), Linacre (ETP_L) e Blom (ETP_{BL}).

nos períodos mais chuvosos e secos da região (Fig.4). Enquanto na época mais úmida e de temperatura mais amena os resultados foram mais aproximados.

Supõe-se que a razão destes resultados seja a utilização dos coeficientes sugeridos pela FAO que não são adequados para a região estudada. Já o método da Radiação Solar embora tenha tido um comportamento idêntico ao do Tanque Classe A (Fig.4), apresentou desvios menores tendo em um curto período no final da época chuvosa subestimado os valores observados. Estes melhores resultados provavelmente deve-se a introdução de coeficientes obtidos no local para estimativa da radiação de onda curta em substituição aos da equação original.

O método de Thornthwaite (Fig.5) no período chuvoso superestimou os valores observados com um desvio acentuado enquanto que no período seco subestimou. A simples utilização da temperatura média do período para estimativa da ETP limita o método em função de não considerar os parâmetros, umidade do ar e advecção que tem significativa importância na evapotranspiração local. No entanto, o método de Penman, apesar de utilizar na sua formulação maior número de parâmetros meteorológicos e ter-se introduzido coeficientes locais para estimativa da radiação de onda curta, superestimou os valores observados (Fig.5) em todo o período estudado. Principalmente no período mais chuvoso e mais seco em que apresenta desvios acentuados, tendo melhores ajustes na época mais úmida após a estação chuvosa. A explicação para esse desvio, deve-se ao método ser originário de região temperada úmida, não sendo os seus coeficientes adequados as nossas condições. Porém observa-se que o mesmo apesar de superestimar os resultados, apresenta a mesma tendência dos valores observados. Logo o ajuste dos seus coeficientes as nossas condições fará com que obtenhamos resultados bem mais aproximado dos observados.

A metodologia de Blaney & Criddle apresentou resultados praticamente constantes durante todo o período estudado (Fig.6), não diferenciando as perdas por evapotranspiração potencial nas épocas chuvosas e seca. Como a temperatura média do ar não apresenta diferenças significativas nestas épocas o método induz resultados desta natureza em função da fórmula aplicada para estimativa ser uma equação linear tendo como variável independente a temperatura. No entanto a metodo-

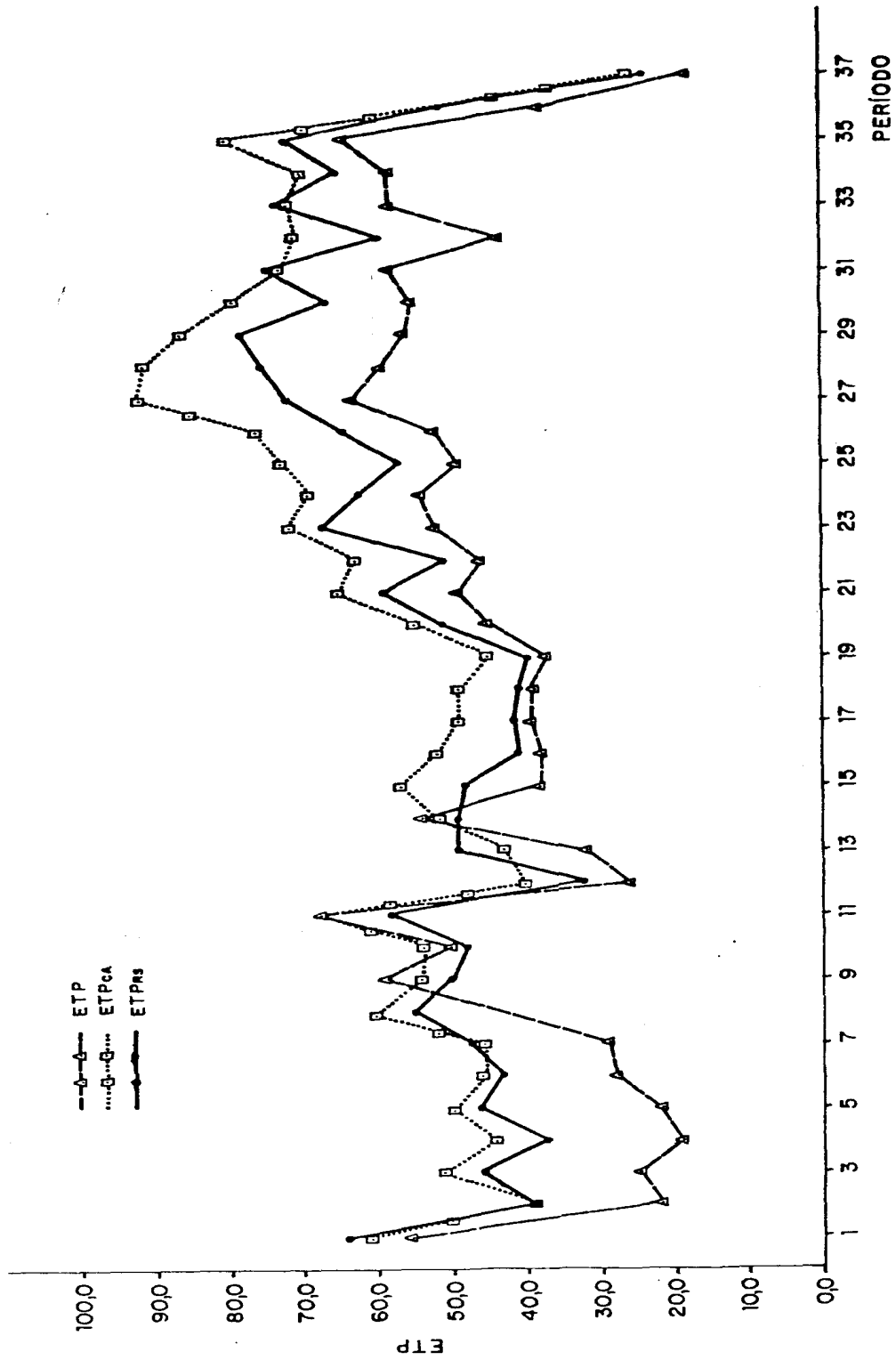


FIG. 4. Gráfico comparativo entre a evapotranspiração potencial observada (ETP) e estimada pelos métodos do Tanque Classe A (ETPca) e Radiação Solar (ETPrs).

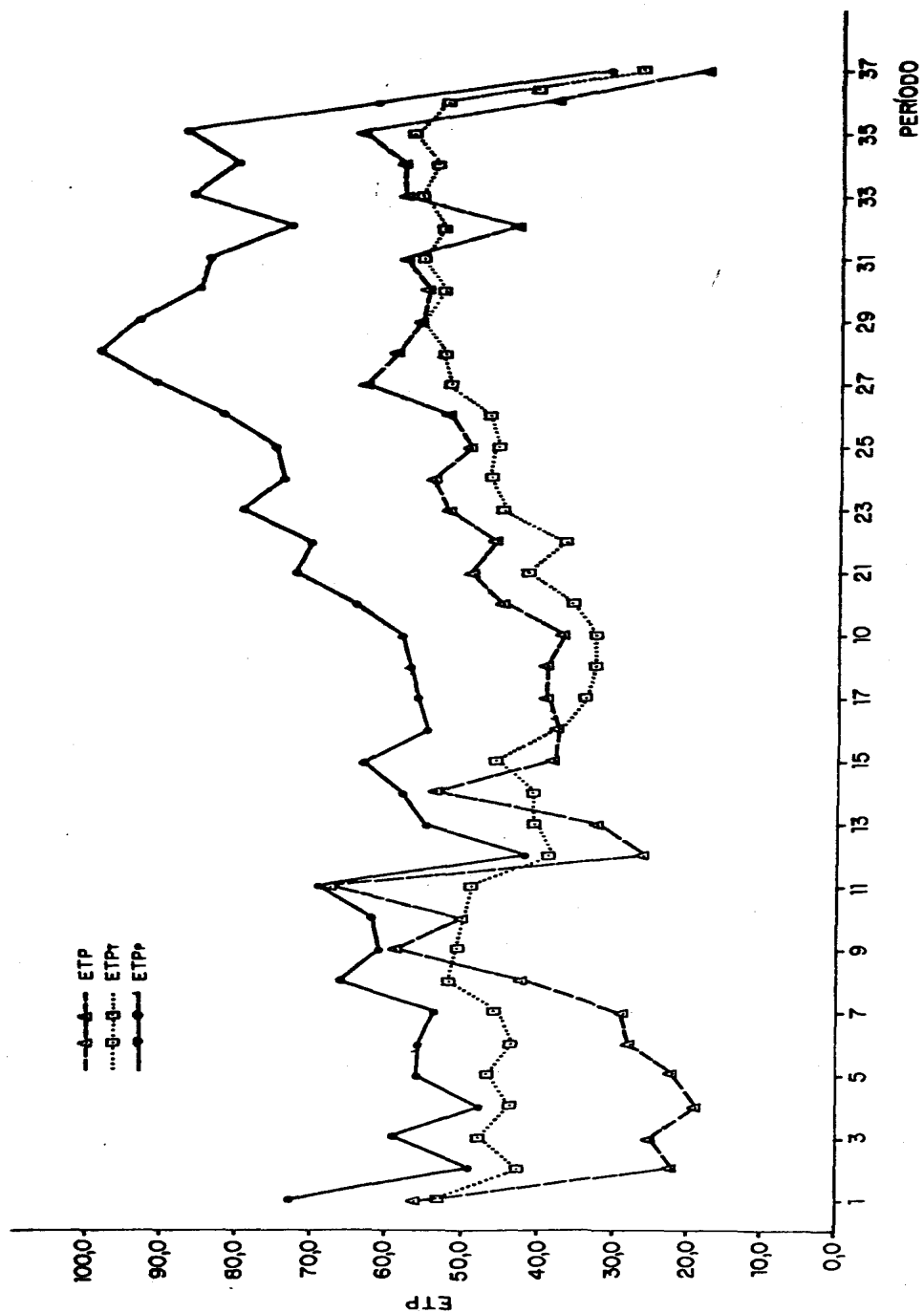


FIG. 5. Gráfico comparativo entre a evapotranspiração potencial observada (ETP) e estimada pelos métodos de Thornthwaite (ETPt) e Penman (ETPp).

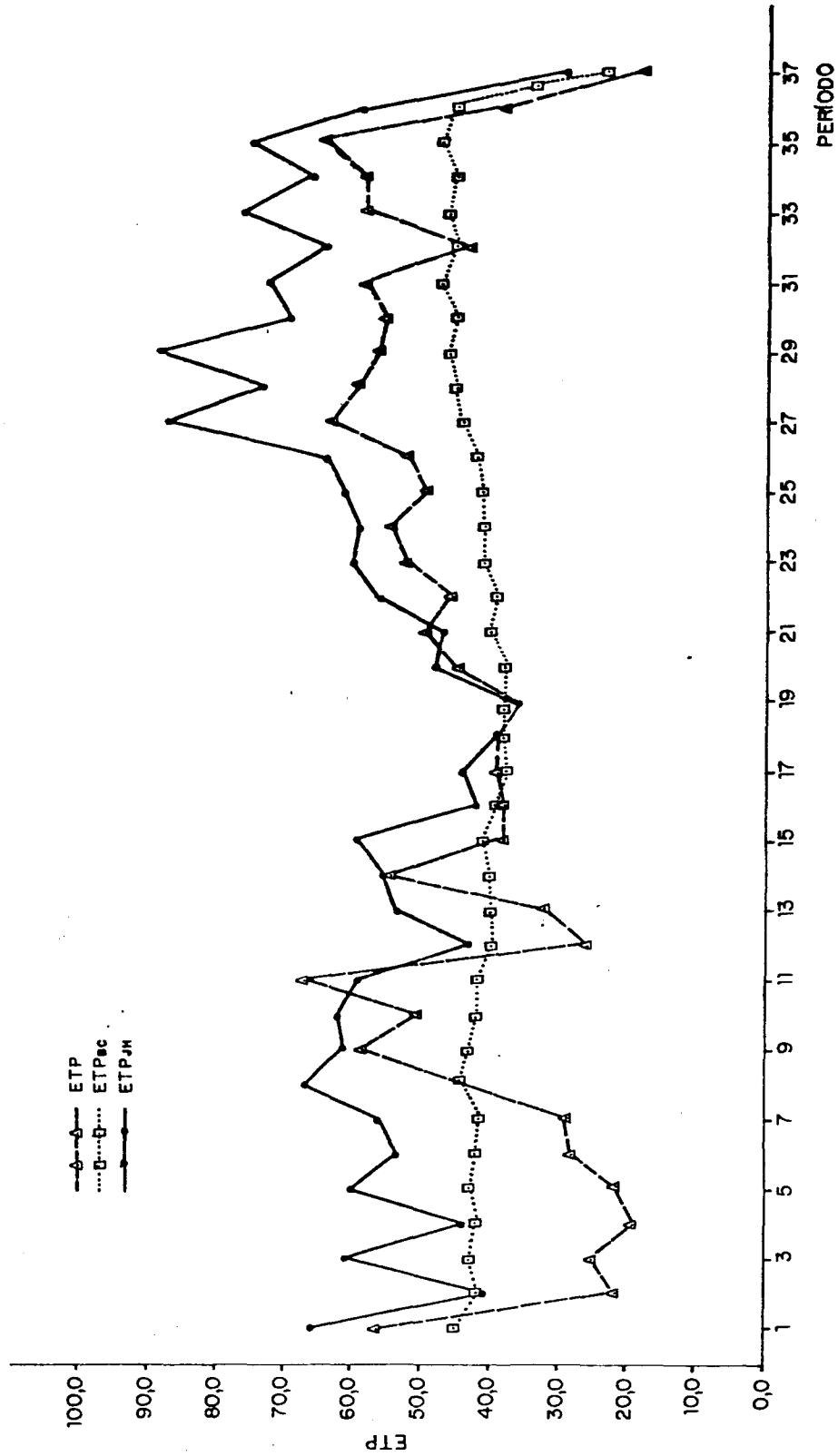


FIG. 6. Gráfico comparativo entre a evapotranspiração potencial observada (ETP) e estimada pelos métodos de Blaney & Criddle (ETP_{bc}) e Jensen & Haise (ETP_{jh}).

logia de Jensen & Haise (Fig.6) superestimou a ETP em praticamente todo o período estudado, apresentando desvios mais acentuados na estação chuvosa e menos significativos no período mais úmido e de temperatura mais amena.

Os métodos de Benavides & López e Linacre (Fig.7) superestimaram os valores observados durante todo o período, porém caracterizam-se por manterem a variação entre décadas similares aos observados, mantendo mais ou menos a mesma amplitude. Sendo que graficamente os valores de Linacre estão mais ajustados aos observados que os de Benavides & López. No entanto, a metodologia de Hargreaves apresentou valores que em alguns casos superestimaram a ETP e em outros subestimaram (Fig.7). Porém, neste método a variação entre décadas não tem a mesma tendência que a dos valores observados, indicando a necessidade de ajustar-se os coeficientes da equação de estimativa as condições locais.

A tabela 1 apresenta a matriz de correlação entre os métodos de estimativa de ETP, em que verifica-se a correlação dos métodos com a ETP observada e entre os mesmos. As metodologias que utilizam parâmetros meteorológicos comuns como Penman e Radiação Solar, Jensen & Haise e Hargreaves, e, Benavides & López e Linacre apresentaram coeficientes de correlação similares com a ETP observada e entre si. Sendo que as metodologias de Jensen & Haise e Hargreaves apresentaram a peculiaridade de terem o coeficiente de correlação entre si igual a 1,0, o que demonstra a igualdade no princípio das mesmas. Já as metodologias de Thornthwaite e Blaney & Criddle diferenciam dos demais por terem coeficientes de correlação distintos com a ETP observada e baixo entre si.

A metodologia do Tanque Classe "A" distingue-se das demais por não utilizar parâmetros meteorológicos comuns com nenhum outro método, mais apresenta boa correlação com os métodos de Penman, Benavides & López e Linacre.

A tabela 2 apresenta a matriz de probabilidade entre os métodos de estimativa de ETP, constata-se que os métodos de Thornthwaite e Blaney & Criddle são os únicos a não apresentarem significância ao nível de 1%, sendo que o último é o menos significativo de todos os estudados.

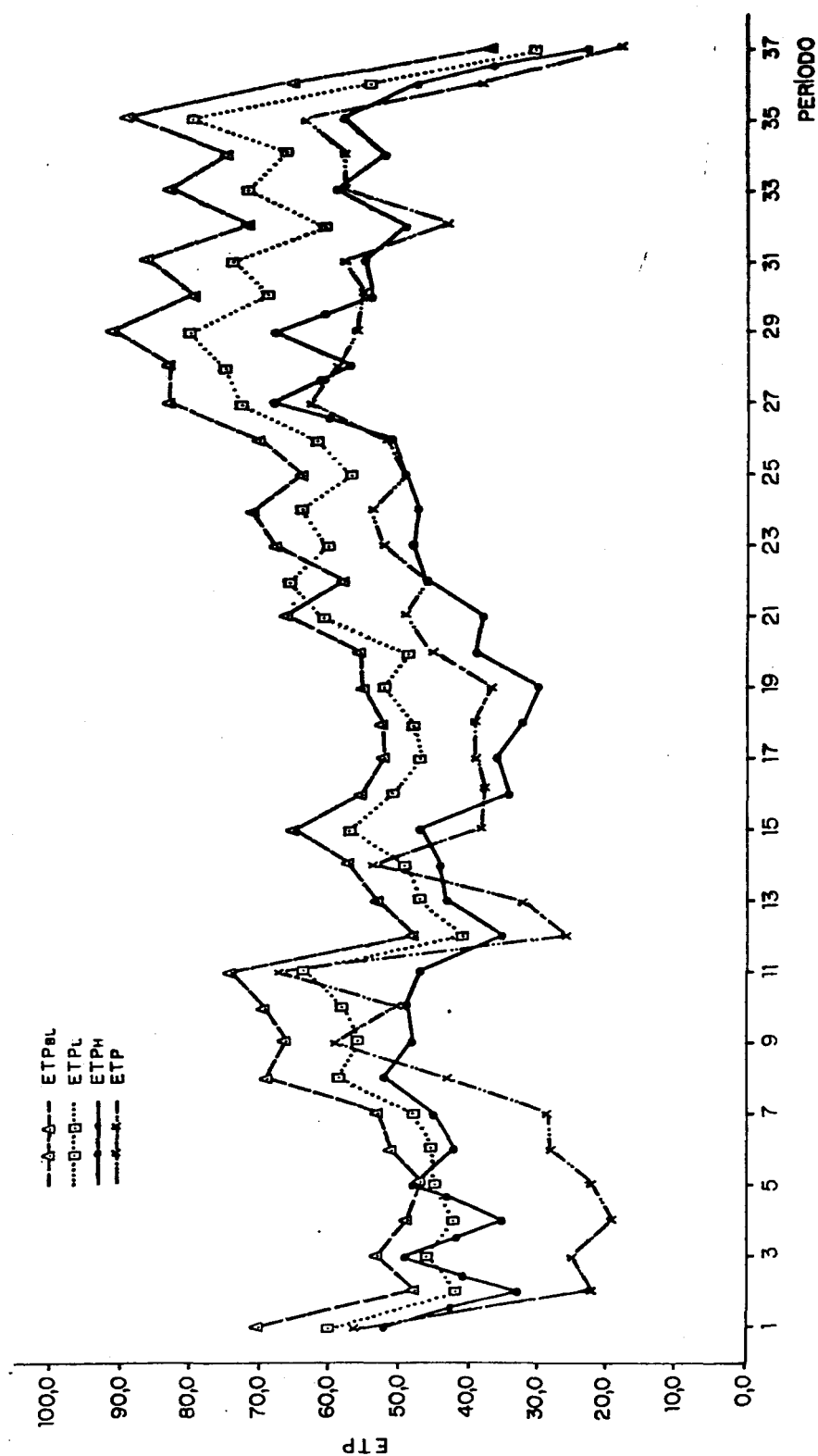


FIG. 7. Gráfico comparativo entre a evapotranspiração potencial observada (ETP) e estimada pelos métodos de Hargreaves (ETPh), Benavides & López (ETPbl) e Linacre (ETPl).

	ETP	ETP _{CA}	ETP _{RS}	ETP _T	ETP _P	ETP _{B-C}	ETP _{J-H}	ETP _H	ETP _{B-L}	ETP _L
ETP	1.00	0.82	0.81	0.58	0.82	0.32	0.68	0.68	0.86	0.86
ETP _{CA}		1.00	0.78	0.68	0.97	0.41	0.83	0.83	0.90	0.92
ETP _{RS}			1.00	0.78	0.96	0.54	0.87	0.87	0.94	0.93
ETP _T				1.00	0.72	0.77	0.89	0.87	0.82	0.74
ETP _P					1.00	0.46	0.85	0.85	0.93	0.95
ETP _{B-C}						1.00	0.65	0.61	0.59	0.49
ETP _{J-H}							1.00	1.00	0.87	0.84
ETP _H								1.00	0.86	0.84
ETP _{B-L}									1.00	0.97
ETP _L										1.00

TABELA 1. Matriz de correlação entre os métodos de estimativa de ETP.

	ETP	ETP _{CA}	ETP _{RS}	ETP _T	ETP _P	ETP _{B-C}	ETP _{J-H}	ETP _H	ETP _{B-L}	ETP _L
ETP	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	5.39	0.01	0.01	0.01	0.01
ETP _{CA}		0.00	0.01	0.01	0.01	1.10	0.01	0.01	0.01	0.01
ETP _{RS}			0.00	0.01	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
ETP _T				0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
ETP _P					0.00	0.43	0.01	0.01	0.01	0.01
ETP _{B-C}						0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
ETP _{J-H}							0.00	0.01	0.01	0.01
ETP _H								0.00	0.01	0.01
ETP _{B-L}									0.00	0.01
ETP _L										0.00

TABELA 2. Matriz de probabilidade (%) entre os métodos de estimativa de ETP.

CONCLUSÃO

Os métodos que apresentaram melhores resultados, demonstrando serem mais aplicadas as estimativas da evapotranspiração potencial nas regiões semi-áridas para o período estudado de dez dias, foram pela ordem: Benavides & López, Linacre, Tanque Classe A, Penman e Radiação Solar. No entanto faz-se necessário o ajuste dos mesmos as condições do local onde forem utilizados, para redução das limitações apresentadas e obtenção de estimativas mais confiáveis.

Os métodos de Jensen & Haise, Hargreaves, Thornthwaite e Blaney & Criddle não se adequam a estimativas neste espaço de tempo, porque apresentam coeficiente de determinação inferior a 50%, não explicando o fenômeno significativamente.

Estes resultados permitem aos técnicos que necessitam desta informação a escolha do melhor método de estimativa em função de sua disponibilidade de dados meteorológicos. No entanto sugere-se que estudos desta natureza sejam realizados em outros locais do semi-árido, para que obtenham-se a confirmação da aplicabilidade destes métodos em outras condições climáticas da região.

LITERATURA

- AMORIM NETO, M.da S. Análise preliminar do desempenho de um sistema de medidas de evaporação para o tanque classe A. Piracicaba, ESALQ-USP, 1981. 75p. Tese Mestrado.
- BENAVIDES, J.G. & LOPEZ, D. Formula para el calculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al trópico (15° N- 15° S). Agronomia Tropical. Maracay, Venezuela. 20(5): 335-345. 1970.
- BERLATO, M.A. & MOLION, L.C.B. Evaporação e Evapotranspiração. Boletim Técnico. Instituto de Pesquisas Agronômicas. Departamento de Pesquisa. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre, RS. 95p. il. 1981.
- BLANEY, H.F. & CRIDDLE, W.D. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Washington, United States. Department of Agriculture, 1950. 48p.
- CARDON, D.A. & AMORIM NETO, M.da S. Relação entre a radiação solar global e a insolação na região de Petrolina, PE. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 3, Campinas, SP, 1983, Anais... Campinas, SBA/Instituto Agronômico, 1984. p.123-38.
- CLEMENCE, B.S.E. & SCHULZE, R.E. An assessment of temperatura-based equations for estimating daily crop water loss to the atmosphere in South Africa. Crop Production/Gewasproduksle, Vol.XI. 1982, p. 21-25. il.
- FAO.Roma, Itália. Yield response to water. In: DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. Irrigation Yield Drainage. Roma, 1979. p. 193 (Paper, 33).
- FILHO, J.A.; AMARO, L.M. & FERNANDEZ, B. Estimativa de evapotranspiração e probabilidade de chuva para o município de Mossoró, RN. Mossoró, Coleção Mossoroense. 48p. Vol.CLXXV. 1981.

- HARGREAVES, G.H. Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture. Utah State Univ., Logan, Utah. 1977. 41p. il.
- ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. Editorial Reverté, S.A. 396p. il. 1979.
- JENSEN, M.E. & HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol.89, IR4, Proc. Paper 3737, December, 1963, p.15-41.
- LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. Agric. Meteorol., 18: 409-424, 1977.
- MUKAMMAL, E.I. & BRUCE, J.P. Evaporation measurement by pan and atmometer. Int. Union of Geodesy and Geophysies. Ass.of Sci. Hidrology, 53: 408-20, 1960. Apud. Chang., Jen-Hu. Climate and Agriculture: an ecological survey. Chicago, Aldine, 1968.
- OMAR, M.H. & MEHANNA, A.M. Measurements and estimates of potential evapotranspiration over Egypt. Agric. Forest. Meteorol. 31(2): 117-129. May, 1984.
- OMETTO, J.C. Uma equação para a estimativa de evapotranspiração potencial. Sua aplicação no cálculo das necessidades hídricas e do rendimento agro-industrial da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP. Piracicaba, ESALQ- USP, 1974. 129p. Tese de Livre Docencia.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from Open Water, bare soil and grass, Proc. Roy. Soc. of London, Ser. A(193): 120-145, 1948.
- SALIH, A.M.A. & SENDIL, V. Evapotranspiration under extremely arid climates. Journal of irrigation and drainage engineering, ASCE, 110(3): 289-303, sep. 1984.

SHIH, S.F. Data requirement for evapotranspiration estimation. Journal of irrigation and drainage engineering, ASCE, 110(3): 263-274. sep.1984.

STANHILL, G. A comparison of methods of calculation potential evapotranspiration from climatic data. J. Agric. Res. Israel. 11(3/4): 159-171. dec.1961.

STEWART, J.B. A discussion of the relationships between the principal forms of the combination equation for estimating crop evaporation. Agric. Meteorol. 30: 111-127. 1983. 10(3): 155-311, 1957.

THORNTHWAITE, C.W. Instruction and table for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publ. Climatology, 10(3): 155-311, 1957.

