

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS
DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
PARA REGIÕES DO ESTADO DO CEARÁ**

JÚLIO CESAR DE SALES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu,
para obtenção do título de DOUTOR em
Agronomia – Irrigação e Drenagem.

**BOTUCATU – SP
Abril – 2008**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS
DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
PARA REGIÕES DO ESTADO DO CEARÁ**

JÚLIO CESAR DE SALES

Orientador: Prof. Dr. Antônio Evaldo Klar

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de DOUTOR
em Agronomia – Irrigação e Drenagem

BOTUCATU – SP

Abril – 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S163c Sales, Julio César de, 1963-
Caracterização climática e comparação de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para regiões do estado do Ceará / Júlio César de Sales. - Botucatu : [s.n.], 2008.
xiv, 194 f. : il., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2008
Orientador: Antônio Evaldo Klar
Inclui bibliografia.

1. Evapotranspiração - Ceará. 2. Irrigação. 3. Clima de regiões áridas. 4. Evaporação. 5. Radiação solar. 6. Frutas - Cultivo. I. Klar, Antônio Evaldo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA E COMPARAÇÃO DE MÉTODOS
DE ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
PARA REGIÕES DO ESTADO DO CEARÁ"**

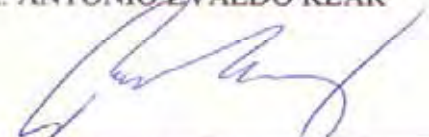
ALUNO: JÚLIO CESAR DE SALES

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ANTONIO EVALDO KLAR



PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ



PROF. DR. DINIVAL MARTINS



PROF. DR. JOÃO ANTONIO GALBIATTI



PROF. DR. JARBAS HONÓRIO DE MIRANDA

Data da Realização: 25 de abril de 2008.

DEDICO

A minha querida família: Alice, Juliana e Victor César, que sempre estiveram ao meu lado, me dando forças para que eu pudesse alcançar aos meus objetivos.

OFEREÇO

Aos meus pais,
José Muniz de Sales (*in memóriam*) e
Maria Pereira de Sales,
mesmo com pouca educação recebida,
souberam multiplicá-la na riqueza
herdada aos filhos.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Campus de Botucatu; em particular, ao Departamento de Engenharia Rural, pela oportunidade concedida para realização deste curso.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, na pessoa dos Prof. Dr. João Carlos Cury Saad e Raimundo Leite Cruz, pela oportunidade e confiança para poder participar deste programa de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Antônio Evaldo Klar, pela orientação, conhecimentos transmitidos, incentivo e amizade.

A CAPES e ao CNPq pelo incentivo financeiro no início e durante a realização deste trabalho de pesquisa.

A Faculdade de Tecnologia FATEC CENTEC, pela liberação parcial para a realização do curso.

Ao Professor Dr. Raimundo Nonato Távora Costa do Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará; pela boa vontade demonstrada no apoio à elaboração do projeto inicial desta pesquisa.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem pelo convívio e ensinamentos transmitidos.

A todos os funcionários do Departamento de Engenharia Rural, pelo valioso apoio.

Aos funcionários da biblioteca “Paulo de Carvalho Mattos” e da Seção de Pós-Graduação, parabéns pelo eficiente atendimento.

Aos companheiros de república, Lauter, Vladmir, Gilmar (Baiano), Marcio e Renê pelo companheirismo, apoio e amizade em todos os momentos.

À amiga Liana, pelos laços de amizade, carinho e respeito na condução de trabalhos de disciplina.

Ao amigo Dr. Eliseu Marlônio Pereira de Lucena da Universidade Estadual do Ceará, pela orientação nas análises estatísticas.

À Prof. Patrícia Linard da FATEC Cariri e enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
1. RESUMO	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Evapotranspiração	7
4.2. Fatores que afetam a evapotranspiração.....	8
4.2.1 Fatores Meteorológicos.....	8
4.3 Necessidade de água nas culturas.....	133
4.4 Coeficientes culturais	133
4.5 Métodos de estimativas da evapotranspiração	137
4.6 Comparativos de estimativas da evapotranspiração	222
5. MATERIAL E MÉTODOS	255
5.1 Área de estudo e coleta de dados.....	255
5.1.1 Caracterização da área de estudo	265
5.1.2 Levantamento de dados	266
5.2 Metodologias de estimativas da evapotranspiração de referência	288
5.2.1 Processamento dos dados meteorológicos.....	288
5.2.2. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência.....	30
5.3 Variação temporal da evapotranspiração de referência.....	388
5.4 Análises estatísticas.....	399
5.4.1 Valores médios e medidas de dispersão	399
5.4.2 Estudo da regressão e correlação	399
5.4.3 Métodos de estimativas de evapotranspiração de referência e as variáveis climáticas.....	41
5.5 Distribuição da evapotranspiração de referência no Estado.....	411

5.6 Demandas hídricas das culturas irrigadas	41
5.6.1 Principais culturas – coeficientes culturais.....	41
5.6.2 Demandas potenciais	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	477
6.1 Caracterização climática da região.....	477
6.2 Análises comparativas da evapotranspiração de referência local	599
6.2.1 Região de Acaraú.....	60
6.2.2 Região de Aracati	622
6.2.3 Região de Barbalha.....	655
6.2.4 Região de Campos Sales.....	677
6.2.5 Região de Cratêus	70
6.2.6 Região de Fortaleza	722
6.2.7 Região de Guaramiranga	755
6.2.8 Região de Iguatu	777
6.2.9 Região de Jaguaruana	80
6.2.10 Região de Juazeiro do Norte.....	82
6.2.11 Região de Morada Nova	85
6.2.12 Região de Paraipaba	88
6.2.13 Região de Pentecoste	91
6.2.14 Região de Quixeramobim.....	93
6.2.15 Região de Sobral.....	96
6.2.16 Região de Tauá	99
6.3 Tratamento e análise acumulativa dos métodos	101
6.3.1 Método de Hargreaves (1974)	101
6.3.2 Método de Thornthwaite (1948).....	105
6.3.3 Métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957) e.....	
Priestley & Taylor (1972)	106
6.3.4 Método de Linacre (1977)	1088
6.3.5 Métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961)	109
6.3.6 Métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971)	110
6.3.7 Método de Radiação (FAO-24)	111

6.3.8 Método de Blaney-Criddle (FREVERT et al 1983).....	113
6.3.9 Método de Benavides & Lopez (1970).....	113
6.4 Análises Estatísticas	114
6.4.1 Método de Hargreaves (1974)	114
6.4.2 Método de Thornthwaite (1948).....	116
6.4.3 Métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957),.....	
Priestley & Taylor (1972) e Radiação (FAO-24).....	117
6.4.4 Método de Linacre (1977)	119
6.4.5 Métodos de Camargo (1971), Kharrufa (1985) e Hamon (1961).....	120
6.4.6 Método de Hargreaves-Samani (1985).....	120
6.4.7 Métodos de Benavides & Lopez (1970)	121
6.4.8 Modelos de Blaney-Criddle (FREVERT et al ., 1983).....	122
6.4.9 Validação do método proposto	122
6.4.10 Evapotranspiração de referência e variáveis climáticas	129
6.5 Distribuição espacial da evapotranspiração de referência.....	133
6.6 Demandas hídricas das principais culturas irrigadas no Estado.....	136
7 CONCLUSÕES	143
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
APÊNDICE	165
ANEXO	186

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1. Relação dos municípios selecionados com dados meteorológicos completos.	29
Tabela 2. Relação dos Pólos de Irrigação do Estado com aptidão frutícola.....	444
Tabela 3. Resultados da análise da evapotranspiração de referência nos métodos testados em cada localidade.....	102
Tabela 4. Valores do indicador estatístico da regressão, coeficiente de determinação, (R^2) em relação à evapotranspiração de referência (ETo) estimada por Penman-Monteith (FAO-56).	115
Tabela 5. Valores do indicador estatístico da correlação (R) da evapotranspiração de referência (ETo) em relação aos dados climáticos nas áreas de estudo.	130
Tabela 6. Demandas hídicas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação do Baixo Acaraú.	137
Tabela 7. Demandas hídicas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação de Tabuleiro de Russas (Jaguaruana).....	138
Tabela 8. Demandas hídicas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação de Jaguaribe Apodi (Morada Nova).....	139
Tabela 9. Demandas hídicas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação de Araras Norte (Cratéus).	140
Tabela 10. Demandas hídicas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação do Cariri.	141
Tabela 11. Demandas hídicas potenciais das principais culturas no Projeto de Irrigação Pingo D'Água (Quixeramobim)	142

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Identificação das estações meteorológicas selecionadas no Estado do Ceará.	277
Figura 2. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Acaraú no período de 1976 a 1988	488
Figura 3. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Aracati no período de 1958 a 1968	488
Figura 4. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Barbalha no período de 1979 a 1988	499
Figura 5. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Campos Sales no período de 1978 a 1987	499
Figura 6. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Cratéus no período de 1979 a 1988	50
Figura 7. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Fortaleza no período de 1966 a 1999	50
Figura 8. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Guaramiranga no período de 1961 a 1988	522
Figura 9. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Iguatu no período de 1961 a 1990	522
Figura 10. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Jaguaruana no período de 1979 a 1988	533
Figura 11. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Juazeiro do Norte no período de 1978 a 1987	533
Figura 12. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Morada Nova no período de 1961 a 1990	544
Figura 13. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Paraipaba período de 1975 a 1998	544

Figura 14. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Pentecoste no período de 1970 a 1998.....	555
Figura 15. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Quixeramobim no período de 1961 a 1990	555
Figura 16. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Sobral no período de 1961 a 1988	566
Figura 17. Variáveis climáticas de acordo com os dados mensais do município de Tauá no período de 1977 a 1986.....	566
Figura 18a. Valores da radiação solar global dos municípios selecionados.	588
Figura 18b. Valores da radiação solar global dos municípios selecionados.	588
Figura 19A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Acaraú	61
Figura 19B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Baney-Criddle para o município Acaraú	62
Figura 20A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Aracati	63
Figura 20B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Aracati	64
Figura 21A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Barbalha.....	66

Figura 21B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Barbalha	67
Figura 22A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Campos Sales	68
Figura 22B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Campos Sales	69
Figura 23A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Cratús	71
Figura 23B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Cratús	72
Figura 24A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Fortaleza	73
Figura 24B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Fortaleza	74

Figura 25A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Guaramiranga	76
Figura 25B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Guaramiranga	77
Figura 26A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Iguatu	78
Figura 26B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Iguatu.....	79
Figura 27A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Jaguaruana	81
Figura 27B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Jaguaruana.....	82
Figura 28A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Juazeiro do Norte.....	84
Figura 28B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez,	

HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Juazeiro do Norte	85
Figura 29A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Morada Nova	86
Figura 29B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Morada Nova.....	88
Figura 30A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Paraipaba	89
Figura 30B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Paraipaba	90
Figura 31A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Pentecoste	92
Figura 31B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Pentecoste.....	93
Figura 32A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Quixeramobim.....	95

Figura 32B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Quixeramobim.....	96
Figura 33A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Sobral.....	97
Figura 33B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Sobral	98
Figura 34A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Tauá	100
Figura 34B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e Blaney-Criddle para o município Tauá.....	101
Figura 35. Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ET _o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Acaraú (a), Aracati (b) e Barbalha (c).....	124
Figura 36. Regressão linear entre valores os mensais de evapotranspiração de referência (ET _o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Campos Sales (a), Cratêus (b) e Fortaleza (c).	125

- Figura 37.** Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ET_o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Guaramiranga (a), Iguatu (b) e Jaguaruana (c)..... 126
- Figura 38.** Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ET_o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Juazeiro do Norte (a), Morada Nova (b) e Paraipaba (c)..... 127
- Figura 39.** Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ET_o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Pentecoste (a), Quixeramobim (b) e Sobral (c)..... 128
- Figura 40.** Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ET_o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), no município de Tauá (a)..... 129
- Figura 41.** Isolinhas de evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹), para o método de Penman-Monteith (FAO) - verão..... 134
- Figura 42.** Isolinhas de evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹), para o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) - verão..... 135

1. RESUMO

No Estado do Ceará muitos projetos de irrigação tem sido desenvolvidos utilizando estimativas da evapotranspiração de referência baseados apenas em dados de temperatura, sem avaliar a eficácia do método. O estudo teve como objetivo verificar a precisão dos métodos de estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o), propostos por Hargreaves, Thornthwaite, Linacre, Jensen-Haise, Makking, Priestley & Taylor, Benavides & Lopez, Hargreaves-Samani, Camargo, Kharrufa, Hamon, Radiação (FAO-24, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) e Blaney-Criddle (FREVE et., 1983), para o Estado Ceará; aplicando a equação de Penman-Monteith (FAO-56), como padrão em comparação com os métodos propostos. Foram utilizados dados de temperatura, umidade relativa, insolação e velocidade do vento de postos meteorológicos de 16 municípios, a partir de uma série histórica iniciada em 1958 e concluída em 1999 por entidades distintas, sendo que não foi possível manter o mesmo intervalo de tempo em cada localidade, que possuem informações necessários para aplicação da metodologia FAO-56. Na análise dos resultados, foi aplicado estudo estatístico por meio de regressão linear e correlação entre as variáveis estudadas. Em função dos resultados da análise estatística, traçou-se o mapa das isolinhas com os dados médios de evapotranspiração de referência medidos na estação do ano de maior demanda de água no processo de evapotranspiração. Foram determinadas as demandas hídricas potenciais das principais culturas frutícolas nos principais pólos de irrigação. Os estudos estatísticos revelaram que o método de Blaney-Criddle, apresentou

diferenças estatisticamente mais significativas em relação aos demais métodos quando comparados com o método de Penman-Monteith, podendo ser recomendado, portanto, em estudos de avaliação de consumo de água das culturas nas áreas estudadas no Estado do Ceará.

Palavras-chave: Penman-Monteith, Hargreaves, Thornthwaite, Linacre, Jensen-Haise, Makking, Priestley & Taylor, Benavides & Lopez, Hargreaves-Samani, Camargo, Kharrufa, Hamon, Radiação e Blaney-Criddle.

CLIMATIC CHARACTERISATION AND COMPARISON OF ESTIMATED
METHODS OF THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRAÇÃO IN THE REGIONS
OF CEARÁ STATE. Botucatu, 2008. 194 p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências
Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: JÚLIO CESAR DE SALES

Adviser: ANTÔNIO EVALDO KLAR

2. SUMMARY

In the state of Ceara many irrigation projects have been developed using estimates of the reference evapotranspiration based only on temperature data, without evaluating of the effectiveness method.

The present study had as objective verifies the precision of the methods of estimates of the reference evapotranspiration (ET_o) proposed by Hargreves, Thornwaite, Linacre, Jensen-Haise, Makking, Priestley & Taylor, Benavides & Lopez, Hargreaves-Samani, Camargo, Kharrufa, Hamon, Radiation (FAO-24, Food and Agricultural Organization of the United Nations) and Blaney-Criddle (FREVE et al., 1983) in the State of Ceará; applying the equation of Penman-Monteith (FAO-56), as pattern in the comparison of the proposed method Climatic data of temperature were used, humid relative, heatstroke and wind speed from meteorological stations of 16 municipal districts in the State of Ceará, from a historical series began in 1958 and completed in 1999 by different entities, and it was not possible to maintain the same interval of time in each location, they have got necessary data for methodology application FAO-56. In the analysis of the results a statistic study was applied through the linear regression and correlation among the several ones studied. In function of the results of the statistical analysis, the map of the isolinhas was traced with the medium data of measured reference evapotranspiration process. They were certain the demands for potential hidricas of the main fruit cultures in their more significant irrigation poles. The statistics studies reveal that the method of Blaney-Criddle, presented statistics results more significant in relation to the other methods when compared with the method of Penman-Monteith.

Keywords: Penman-Monteith, Hargreaves, Thornthwaite, Linacre, Jensen-Haise, Makking, Priestley & Taylor, Benavides & Lopez, Hargreaves-Samani, Camargo, Kharrufa, Hamon, Radiation and Blaney-Criddle.

3. INTRODUÇÃO

A região Nordeste tem potencial reconhecido como grande produtora de frutas tropicais, entretanto eventos de seca têm inibido a expressão desse potencial, o que faz da irrigação atividade obrigatória em empreendimentos agrícolas.

No Estado do Ceará a fruticultura irrigada tem apresentado enorme potencial, tanto para o mercado interno como para o de exportação, e as condições edafoclimáticas do Estado favorecem a exploração da fruticultura nos perímetros irrigados.

O Estado tem mais de 90% de seu território situado no semi-árido, que se caracteriza pela distribuição irregular de chuvas no espaço e no tempo, ou seja, a cada inverno chove quantidades variáveis que são diferentemente distribuídas nas várias regiões. A variação nas quantidades de chuva que ocorre a cada ano, gera dois problemas bastante conhecidos pelos cearenses: as secas e as cheias. Diante desta realidade, a água assume uma importância ainda maior, pois ela se torna mais escassa e por isso é preciso racionalizar e saber usar.

A possibilidade de estimar corretamente a evapotranspiração serve de subsídios para poder determinar a quantidade real de água a ser suprida ao solo no monitoramento da irrigação. Desse modo, conhecer e quantificar a evapotranspiração, de forma precisa, proporcionará a possibilidade de se estimar o volume e a intensidade de água a aplicar em uma comunidade vegetal, resultando na otimização do uso dos recursos hídricos,

dos equipamentos de irrigação e da energia elétrica, proporcionando redução nos custos de produção.

No Estado muitos trabalhos e projetos de irrigação têm sido desenvolvidos utilizando-se a metodologia de Hargreaves (1974) e Thornthwaite-Mather (1948), sendo que a evapotranspiração é estimada a partir de dados de temperatura, portanto, sem avaliar a eficácia do método, que pode estar incorrendo em erro.

Para a região, a quantificação da evapotranspiração assume particular importância em virtude dos deficits hídricos ao longo do ano constituindo séria limitação à produção agrícola, e uma permanente fonte de risco agrícola em quase todo o Estado, principalmente em áreas secas cujas características climáticas se aproximam da semi-aridez.

Dessa forma, sugere-se que estes e outros métodos sejam testados em várias localidades do Estado, pois só assim, estará levando-se em conta a variação da metodologia em cada localidade.

Face a essas considerações a presente pesquisa teve como objetivos:

- i. testar a aplicabilidade das equações empíricas de estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o), propostos por Hargreaves (1974), Thornthwaite (1948), Linacre (1977), Jensen-Haise (1963), Makking (1957), Priestley & Taylor (1972), Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24, Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) e Blaney-Criddle (FREVE et al., 1983), comparadas com a equação de Penman-Monteith (FAO-56), no Estado do Ceará;
- ii. analisar mediante estudo estatístico as relações entre os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência e as variáveis climáticas envolvidas;
- iii. determinar as demandas hídricas potenciais das principais culturas frutícolas nos principais pólos de irrigação no Estado.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Evapotranspiração

A evaporação da água é um fenômeno físico que propicia a mudança de estado da fase líquida para gasosa diretamente de uma superfície de água livre (mar, lago, rio, etc.) ou úmida (planta, solo). Quando esta mudança se dá através das plantas recebe o nome de transpiração. No caso de solos parcialmente vegetados estes procedimentos ocorrem simultaneamente e independente, sendo utilizado o termo evapotranspiração (BERLATO & MOLION, 1981).

A evapotranspiração é um termo bastante estudado devido à sua importância para a estimativa do consumo de água pelas plantas. A primeira citação foi efetuada por Thornthwaite em 1948, citado por vários autores entre eles Medeiros (1996). Para Thornthwaite, o fenômeno chamado de evapotranspiração de referência (ET_o), é considerado como: a perda máxima de água em uma superfície de solo bem umedecido, completamente coberto com vegetação rasteira, em fase de desenvolvimento ativo, e com dimensões suficientemente grandes, de modo a minimizar os efeitos de energia advectiva local. Se algumas dessas condições, não forem atendidas têm-se a evapotranspiração real. Quase que simultaneamente, Penman (1948), na Inglaterra, também definiu a evapotranspiração de referência (PEREIRA et al., 1997).

Segundo Camargo & Camargo (2000), considerou a evapotranspiração de referência, como um elemento meteorológico normal, padrão, que representa a precipitação necessária para atender à necessidade de água de uma cobertura vegetal.

Durante os períodos de seca, a evapotranspiração é um dos principais mecanismos de perda de água disponível e, portanto, um dos fatores geradores do próprio processo de seca. No entanto, apesar do importante papel desempenhado pela evapotranspiração no balanço hídrico regional, não há dados disponíveis para a maioria das áreas agricultáveis (BRUTSAERT, 1986).

A evaporação da água no solo é de grande importância quantitativa, pois pode responder a cerca de 50% da evapotranspiração, durante o ciclo de uma cultura. Por isso é de grande importância conhecer os fatores que determinam a evaporação de água no solo, com o objetivo de minimizá-la, possibilitando a conservação de maior quantidade de água no solo, para que seja utilizado pelas plantas (BERLATO et al., 1981).

Klar (1984), considera a transpiração como processo fundamental para as plantas, pois a água age como solvente e agente transportador de nutrientes pelo floema e xilema, participa das atividades metabólicas, promove o resfriamento dos tecidos vegetais e mantém a turgência das células.

4.2 Fatores que afetam a evapotranspiração

4.2.1 Fatores meteorológicos

A evapotranspiração é função dos elementos meteorológicos, do solo e da planta (LEMON, et al., 1957).

Quando a cobertura do solo é completa e não há restrição hídrica, a ETo é condicionada principalmente pelos elementos meteorológicos (PENMAN, 1956).

4.2.1.1 Radiação solar

A determinação da evapotranspiração máxima das culturas agrícolas, sem limitação hídrica, é a de maior importância e interesse nas pesquisas agrônômicas. A evapotranspiração depende da demanda evaporativa da atmosfera, determinada por quatro componentes meteorológicas: radiação solar, vento, umidade e temperatura do ar. Destes, a radiação solar é o elemento de maior importância na demanda evaporativa da atmosfera, consequentemente na evapotranspiração. A evapotranspiração é diretamente dependente da disponibilidade de energia e de água no solo. A energia é suprida pela radiação solar, somado a energia advectiva, já a água é fornecida pela irrigação ou pelas chuvas (MATZENAUER, 1992).

A radiação líquida é o principal elemento meteorológico, que influencia a evapotranspiração (PELTON et al., 1960; VILA NOVA et al., 1975). A importância relativa da radiação líquida, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento na ETo é da ordem de 80:6:14, respectivamente, dependendo do local e das condições meteorológicas vigentes (MUKAMMAL & BRUCE, 1968; citado em BERLATO & MOLION, 1981).

É difícil separar a ação dos fatores meteorológicos, pois os mesmos agem simultaneamente e se interrelacionam. Assim, de maneira geral, para uma dada região, quanto maior for a energia solar, temperatura do ar e velocidade do vento, e quanto menor for a umidade relativa do ar, maior deverá ser a taxa de evapotranspiração de referência (VILA NOVA, 1987).

Segundo Aubertini & Peter (1961), citados por Azevedo (1999), a taxa de evapotranspiração é governada principalmente, pelo saldo de radiação e pela quantidade de água presente no solo.

Pereira et al. (1997) afirmam que a “evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende do local e da época do ano. O local é caracterizado pelas coordenadas geográficas (latitude e longitude), e pela topografia da região. A latitude determina o total diário de radiação solar potencialmente passivo de ser utilizado no processo evaporativo. Num terreno plano, o total diário de radiação solar é modulado pela

época do ano, que determina o ângulo de incidência dos raios solares. Numa topografia acidentada dependendo da estação do ano, terrenos com faces distintas terão disponibilidades diferentes de energia. A altitude também afeta diretamente a temperatura do solo e do ar, e a pressão atmosférica que são fatores que influenciam a evapotranspiração. Para um dado local, a disponibilidade de radiação, é controlada pelo poder refletor da superfície que é expresso pelo coeficiente de reflexão (albedo). Superfícies de cor mais claras refletem mais que àquelas mais escuras e, portanto, têm menos energia disponível. Desse modo, uma vegetação de cor mais escura, tipo floresta, reflete menos radiação solar que uma cultura ou gramado. Logo, sob as mesmas condições climáticas, uma floresta evapotranspira mais que um gramado”. Os mesmos autores relatam que a demanda atmosférica é controlada pelo poder evaporante do ar, quanto mais seco estiver o ar, maior será a demanda atmosférica. (CABRAL, 2000).

Segundo Amatya et al. (1992) em estudo realizado na Carolina do Norte (EUA), a radiação foi o elemento climático mais importante no processo de evapotranspiração.

Os fatores meteorológicos têm influência direta nos requerimentos d'água pelas culturas, como afirma Klar (1991): - “o clima é o fator que mais afeta a perda de água de uma cultura. As condições de solo, doenças, pragas, a própria cultura e suas características de crescimento, além de práticas agrícolas, também influenciam a transferência de água a atmosfera”.

As principais variáveis meteorológicas que proporcionam energia para a vaporização e remoção de vapor de água, a partir de superfícies evaporantes são: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, déficit de pressão de vapor e nebulosidade.

Uma das principais variáveis meteorológicas que afeta a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas é a radiação solar, fator condicionante para a temperatura do ar e do solo (PEREIRA et al., 2002).

No caso de não se dispor de dados de radiação solar incidente (R_s) medidos em determinado local, pode-se lançar mão de estimativas a partir de dados de insolação (n), considerando-se ainda, valores de N (fotoperíodo) e dados de radiação no topo da atmosfera (R_a), tendo conhecimento dos coeficientes de Angström (a e b) (SMITH, 1991).

Segundo Allen et al. (1998), na ausência de dados de radiação solar, esse elemento pode ser obtido a partir da diferença de temperatura. Portanto, a diferença entre temperatura máxima e mínima é um bom indicador da fração de radiação no topo da atmosfera (R_a) que alcança a superfície da terra.

De acordo com Aguiar et al. (2003), com base em dados obtidos em uma estação convencional em Fortaleza, CE, localizada na UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, utilizando dados de radiação solar e insolação nos anos de 1996 a 1998, encontraram valores (coeficientes de Angström) a variando de 0,2351 a 0,3280 e valores de b entre 0,2653 a 0,3482. Para o ano como um todo, os autores recomendam $a = 0,2608$ e $b = 0,3092$.

4.2.1.2 Temperatura do ar

Essa variável tem sua importância pelo fato de ser um dos elementos mais disponíveis em estações meteorológicas. Na ausência de dados de radiação, esse elemento meteorológico pode ser usado como indicativo de energia no sistema estudado. A radiação absorvida pela atmosfera aumenta a temperatura do ar, contribuindo para o aumento do processo de evapotranspiração. Dessa forma a temperatura do ar interfere nas condições ambientais, interagindo com outras variáveis de importância para o processo de evapotranspiração. Portanto, é de fundamental importância às medições da temperatura do ar, em qualquer instante, principalmente naqueles horários recomendados pela OMM (Organização Meteorológica Mundial), incluindo neste caso as temperaturas máxima e mínima do ar, ocorridas em um período de 24 horas, e na impossibilidade destas últimas medidas, deve-se recorrer a métodos de estimativas (AZEVEDO et al., 2005).

Analizando a importância relativa de diferentes variáveis envolvidas no cálculo de evapotranspiração, com base em séries mensais de dados que foram coletados nas bacias de Fortaleza (bacia metropolitana), Sobral (bacia do Acaraú), Pentecoste (bacia do Curu), Iguatu e Tauá (bacia do Alto Jaguaribe) e Quixeramobim (bacia do Banabuiú); sendo as variáveis testadas: precipitação, temperatura máxima e mínima do ar, velocidade do vento, umidade relativa e razão de insolação, a componente de maior influência para todas as bacias estudadas foi o gradiente de pressão de vapor do ar. O estudo mostrou que os métodos de

estimativas de ETo baseados em temperatura, não são recomendados para o Estado do Ceará (SILVEIRA, 2000).

4.2.1.3 Umidade relativa do ar

A oferta de energia do sol e do ar é a principal fonte de energia para evaporar a água, sendo a diferença entre pressão de vapor na superfície e no ar ao redor, fator determinante na transferência de vapor para atmosfera. Campos bem úmidos em regiões áridas, secas e quentes, consomem mais água devido a maior disponibilidade de energia, e poder evaporante da atmosfera. Em climas úmidos de regiões tropicais, apesar da elevada quantidade de energia, a alta umidade relativa reduz a evapotranspiração, pois o ar está sempre próximo da saturação. A umidade relativa local, e a temperatura determinam o déficit de pressão de vapor.

Oliveira et al. (1998) compararam doze equações de estimativa de evapotranspiração, sendo dez variações da equação de Penman–Monteith, usando diferentes métodos de cálculo do déficit de pressão de vapor e as equações de Hargreaves 1974 e 1985, no período de janeiro a setembro de 1997, divididos em período seco e chuvoso. Os autores observaram melhores estimativas de evapotranspiração, durante o período chuvoso do que o período seco. De acordo com os autores, o método de cálculo de déficit de pressão de vapor, que proporcionou melhores resultados combinados aos métodos de Penman-Monteith, para as condições de estudo, foi calculado com base na média de pressão de vapor.

4.2.1.4 Velocidade do vento

O processo de transferência de vapor depende do aumento da velocidade do vento e da turbulência do ar, a qual transfere grandes quantidades de ar sobre a superfície evaporante. O vento remove a camada logo acima da superfície evaporante, criando uma condição favorável ao aparecimento de um gradiente de pressão de vapor, aumentando dessa forma o poder evaporante no local.

Em condições áridas, pequena variação na velocidade do vento, proporciona grande variação na taxa de evapotranspiração. A velocidade do vento é uma das variáveis que apresentam maiores incertezas devido à sua variabilidade temporal e espacial.

Todas as variáveis descritas anteriormente, participam do processo de evapotranspiração direta ou indiretamente (MEDEIROS, 2002).

4.3 Necessidade de água nas culturas

A evapotranspiração de referência é considerada como fator básico na determinação do total de água necessária durante o ciclo de uma cultura, quando se deseja um manejo correto da água nos trabalhos de irrigação e drenagem (SEDIYAMA, 1987).

A estimativa das necessidades de água das culturas irrigadas tem sido procedida em função de métodos nem sempre capazes de propiciar resultados confiáveis. Tal situação tem se refletido, na maioria das vezes, num dimensionamento inadequado dos sistemas de bombeamento, adução, e de remoção de excesso aplicado, características de cada sistema de irrigação (SAAD & SCALOPPI, 1988).

De acordo com Saad (1990) a resposta das plantas ao déficit hídrico é importante para o desenvolvimento de estratégias de irrigação. Esse conhecimento aplicado em projetos ou manejo da irrigação pode evitar um baixo desempenho das culturas sob irrigação.

O estabelecimento do consumo de água das culturas deve ser feito criteriosamente a fim de propiciar um correto dimensionamento de sistemas de irrigação, como bem afirma Bastos (1994).

4.4 Coeficientes culturais

Uma vez que a evapotranspiração de referência (ET_o) representa um índice climático da demanda evaporativa, o K_c (coeficiente de cultura) varia, essencialmente, de acordo com as características da cultura, traduzindo, em menor escala, a variação dos elementos climáticos (FREVERT, et. al., 1983). Este fato possibilita a transferência de valores de K_c de um local para outro e de um clima para outro. O coeficiente de cultura pode variar de

acordo com a textura e o teor de umidade do solo, com a profundidade e densidade radicular e com as características fenológicas da planta. Entretanto, o conceito de K_c tem sido usado, extensivamente, para estimar a necessidade real de água de uma cultura particular por meio de estimativas ou medições de ETo (SEDIYAMA et. al., 1998).

Várias fontes recomendam valores de K_c para um amplo elenco de culturas anuais e perenes e as principais incluem os manuais 24 (DOORENBOS & PRUITT, 1977) e 56 (ALLEN et al., 1998) da FAO. Os dados de K_c indicados nessas publicações, tem ampla aceitação mundial, sendo a melhor alternativa quando valores locais não estejam ainda disponíveis. No Brasil, Albuquerque (2002) sistematizaram, por região, valores de K_c de algumas culturas anuais e Marquelli et al. (2001) apresentaram coeficientes de cultura para as principais hortaliças.

Em uma revisão do manual da FAO para a estimativa das necessidades de água dos cultivos, Allen et al. (1998) recomendam a adoção do método de Penman-Monteith como padrão para a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo). Nessa publicação, os autores apresentam novos valores de coeficientes de cultivo para diferentes culturas e propõem um método de aproximação dos coeficientes de cultivo, em que apenas três valores de K_c médio (para os estádios inicial – K_c inic., intermediário – K_c int. e final – K_c fin.), seriam utilizados para determinar graficamente a variação do K_c ao longo do ciclo da cultura.

Allen et al. (1998) recomendam, ainda, que os valores de K_c e de duração dos estádios da cultura apresentados sejam ajustados por meio de experimentos para cada região, de acordo com a variedade plantada, condições climáticas e as técnicas de cultivo utilizadas. Como exemplos desses experimentos citam-se os realizados por Rodrigues & Souza (1998), com a cultura do melão na região costeira do Piauí e Bezerra & Oliveira (1998) com a cultura da melancia na região costeira do Ceará.

O abacaxizeiro (*Ananás comosus L.*) é uma planta com necessidades hídricas relativamente reduzidas, se comparado com outras plantas cultivadas. A sua adaptação a condições de deficiência hídrica decorre de uma série de características morfológicas e fisiológicas típicas de plantas xerófilas, tais como: a) a capacidade de armazenar água na hipoderme das folhas; b) capacidade de coletar água eficientemente,

incluindo o orvalho, por suas folhas em forma de canaleta; c) capacidade de reduzir consideravelmente as perdas de água (transpiração) por meio de vários mecanismos.

A demanda de água do abacaxizeiro varia ao longo do ciclo da planta e, dependendo do seu estágio de desenvolvimento e das condições de umidade do solo, pode ser 1,3 a 5,0mm.dia⁻¹. Um cultivo comercial de abacaxi exige em geral uma quantidade de água equivalente a uma precipitação mensal de 60 a 150mm. A faixa ideal de precipitação anual, para que ocorra sucesso na exploração da cultura, situa-se entre 1.000 e 1.500mm bem distribuídos, tornando-se necessária à irrigação nos locais onde tal situação não é alcançada.

A bananeira (*Musa sp L.*) é uma planta de regiões tropicais e subtropicais, cujo centro de origem é o continente asiático, exigente em água nos períodos de estiagens com temperaturas e evaporações elevadas. Sendo uma cultura permanente, as necessidades hídricas totais da banana são elevadas e as anuais variam de 1.200mm nos trópicos secos. Dentre as fruteiras produzidas no Estado do Ceará, a bananeira se destaca entre as mais cultivadas sob irrigação, principalmente pelo seu potencial de produção ao fator água, além da grande importância alimentícia, social e econômica (ALVES, 1999).

O mamoeiro (*Carica papaya L.*), dicotyledonae, caricaceae - tem como origem provável uma região entre noroeste da América do Sul e sul do México (América Tropical). O mamoeiro é uma das fruteiras mais cultivadas nos países de clima tropical, sendo o Brasil o maior produtor mundial, com 1,4 milhão de toneladas por ano, que representa 25,8% da produção total (FAO, 2001).

Bezerra et al. (2001), trabalhando com a cultivar Sunrise Solo, utilizando o método do balanço hídrico até a fase de floração da cultura, no município de Fortaleza - CE, encontraram valores médios de evapotranspiração do mamoeiro, variando de 2,3mm dia⁻¹, na fase inicial, até 6,8mm dia⁻¹, no 88º dia após o plantio. Os valores de Kc revelaram-se diferentes em função dos métodos de estimativa da ETo utilizados. Para o método de Penman-Monteith, o coeficiente de cultura variou de 0,41 (fase inicial da cultura) a 1,16 (início da floração) e, para o método do tanque Classe A, de 0,40 a 1,20. Os valores médios foram de 0,74 a 0,75 para a fase inicial, e de 1,09 a 1,12 no início da floração, para o primeiro e o segundo métodos, respectivamente.

As informações sobre a cultura da mangueira (*Mangifera indica L.*), ainda são bastante preliminares no Brasil como em outras regiões produtoras no mundo. A

maior disponibilidade dessas informações reside na escolha do método de irrigação e na época de aplicação e suspensão de água (CUNHA et al., 1994; PÓVOA, 1996; SOARES & COSTA, 1995; COELHO et al., 2000).

Pelo coeficiente de cultura (K_c), e conhecendo-se a ET_o de um pomar de mangueiras, pode-se estimar a ET_c , e assim determinar a lâmina de irrigação a ser irrigada. Em Petrolina, pode-se adotar os valores de K_c de 0,44 para a floração, 0,65 para a queda de frutos, 0,83 para a formação do fruto, e 0,84 para a maturação do fruto (SILVA, 2000).

A necessidade de água do meloeiro (*Cucumis melo L.*), do plantio até a colheita, varia de 300 a 550mm, dependendo das condições climáticas, ciclo da cultivar e sistema de irrigação. Miranda & Bleicher (2001) trabalhando com o uso do lisímetro de pesagem e tanque Classe A na região litorânea do Ceará encontraram os seguintes coeficientes de irrigação (K_i) para as diferentes fases da cultura: 0,13 (inicial), 0,13 a 0,68 (crescimento), 0,68 (intermediária) e 0,55 (final).

Miranda et al., (1999), observaram valores de K_c -inicial de 0,21; K_c -intermediário de 1,21 e K_c -final de 0,98; para a cultura do melão plantado na região litorânea do Estado do Ceará. Em relação às recomendações da FAO, observaram-se menores durações dos estádios fenológicos e maiores valores de K_c -intermediário e K_c -final, o que mostra a importância da realização de estudos regionais de determinação da evapotranspiração e de coeficientes de cultivo.

Em geral as necessidades hídricas anuais da cultura da uva (*Vitis spp.*) variam entre 500 e 1.200mm, dependendo do clima, da duração do ciclo fenológico, do cultivar, da estrutura e profundidade do solo, do manejo cultural, da direção, espaçamento e largura das fileiras e da altura da latada (DOORENBOS & KASSAN, 1994). Allen et al. (1998) citam valores de coeficientes de cultura (K_c) inicial, médio e final da uva iguais a 0,30; 0,85 e 0,45, respectivamente.

Teixeira et al. (1999) determinaram a evapotranspiração de referência (ET_o), a evapotranspiração da cultura (ET_c) e K_c da uva, em todas as fases do ciclo produtivo, no período de 03/06 a 11/09/1994, em Petrolina, PE. A ET_c acumulada foi 503mm, com valor médio de 4,2mm d⁻¹ e variação diária de 2,8 a 7,0mm. Os valores de K_c variaram de 0,65 a 1,15.

De acordo com Ávila Netto (2000), o consumo de água da videira, cultivar Itália, irrigada por gotejamento no Submédio São Francisco, determinado pelo método do balanço de água no solo, no período de 13/05 a 11/08/96 (da poda à colheita dos frutos), foi 333,6mm. O consumo médio diário foi 3,6mm sendo que no subperíodo de maior demanda transpiratória da vegetação este valor foi 4,33mm. Os valores do K_c oscilaram de 0,49 a 0,74.

Conceição (2001) apresenta valores de K_c que podem ser empregados para a cultura da videira, caso não existam valores específicos para as condições locais: poda-brotação 0,4; brotação-florescimento, 0,6; florescimento-compactação, 0,8; compactação-maturação 1,0 e na maturação-colheita, 0,8.

Uma dificuldade no uso dos coeficientes de cultura na fruticultura é a pequena disponibilidade de dados para as diversas espécies cultivadas.

4.5 Métodos de estimativas da evapotranspiração

A evapotranspiração tem sido estudada por muitos pesquisadores em diferentes regiões de cultivo e recorrendo-se a diferentes metodologias. Estas possuem características que podem se adaptar melhor a determinadas condições ou apresentar limitações devido a exigências de variáveis necessárias ou condições particulares de funcionamento. Um fator que tem intrigado os pesquisadores é que na aplicação de diferentes metodologias sob as mesmas condições, os resultados encontrados muitas vezes, têm variado dependendo do método empregado. Este fato tem estimulado estudos visando ajustar os métodos e avaliá-los objetivando estimativas mais precisas.

Segundo Dantas (1995) a evapotranspiração consiste numa das maiores preocupações na medição das variáveis climatológicas, tendo em vista que a perda de água da superfície terrestre tem muita influência no desenvolvimento das culturas, principalmente nas regiões áridas e semi-áridas onde o déficit de água é bem caracterizado, e a irrigação desempenha papel importante na suplementação de água exigida por cada cultura.

A indisponibilidade de variáveis específicas, na maioria das vezes, limita o emprego de métodos mais precisos e favorece a utilização de métodos mais simples para estimativa da evapotranspiração, nem sempre propiciando resultados satisfatórios (SAAD & SCALOPPI, 19880).

Muitos métodos tem aceitação quase unânime, enquanto outros são bastante criticados e até desprezados. Os critérios de rejeição nem sempre são bem esclarecidos, pois; inúmeros métodos empíricos têm aceitação quase universal. Portanto, empiricismo não é o critério de rejeição. Talvez, e isso é muito comum, haja propagação de um mau uso num dado local e condições, e até falta de conhecimentos específicos do assunto para julgar a utilidade de um determinado método. Críticas e elogios devem sempre ser tomados com muito cuidado e critério (PEREIRA et al., 1997).

As equações empíricas foram estabelecidas com base no ajuste por regressão das variáveis envolvidas, para algumas regiões e condições específicas. Por isso devem ser usadas com cuidado. Em regiões onde o clima difere daquele onde a equação foi desenvolvida, os resultados obtidos não são satisfatórios (BERLATO e MOLION, 1981).

Devido às dificuldades de determinação da evapotranspiração de referência mediante medições diretas em condições reais, têm sido largamente utilizados métodos indiretos, possibilitando resultados satisfatórios (MARQUELLI et al., 1986).

Estudando os efeitos da variação temporal de evapotranspiração de referência em projetos de sistemas de irrigação, concluíram que para efeito de projetos deve-se, utilizar valores médios de evapotranspiração de referência para série de dados de maior duração possível (AUGUSTO et al., 1996).

Conforme Martins et al. (2005) estimaram e compararam dados do ano de 2003 da ETo fornecida por uma Estação Meteorológica Automática (EMA) com uma Estação Meteorológica Convencional (EMC) da Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM - Rio Grande do Norte, observaram melhor resposta na estimativa de ETo na EMA quando utilizaram as equações de regressão obtidas de dados mensais.

A FAO, por intermédio de seu Grupo de Exigências de Água pelas Culturas, recomenda quatro métodos indiretos para a estimativa da evapotranspiração de referência: Penman modificado, Radiação, Tanque evaporimétrico e Blaney-Criddle.

O Manual 56 da FAO – “Crop Evapotranspiration” (ALLEN et al., 1998) apresenta um procedimento para o cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) e da cultura (ETc), a partir de dados meteorológicos e coeficientes da cultura. Este manual afirma que desde a publicação do Manual 24, os avanços da pesquisa e o desenvolvimento de técnicas mais acuradas de acessar o uso da água pelas culturas mostraram a necessidade de

atualização das metodologias para o cálculo da ETo da FAO. Este manual recomenda enfaticamente, o uso do método de Penman-Monteith; com dados completos (temperatura, umidade relativa, vento e insolação) e na ausência de um destes parâmetros, que seja utilizado Penman-Monteith com dados incompletos. Mesmo assim, o uso de métodos que se baseiam em um número limitado de dados climáticos, como por exemplo, a temperatura, é menos recomendado na estimativa da ETo.

A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), consideram o método de Penman-Monteith como padrão no cálculo da evapotranspiração de referência, a partir de dados meteorológicos e na avaliação de outros métodos (SMITH, 1991).

De acordo com Araújo Filho (1993) que comparou as estimativas de evapotranspiração de referência aplicando o método de Hargreaves que utiliza dados de temperatura média e de umidade relativa do ar, com leituras do tanque evaporimétrico Classe A, em várias localidades do Estado de Pernambuco. Como as diferenças entre os dados do Tanque e os calculados ficaram em torno de 10%, considerou plausível aplicar Hargreaves, onde não existiam leituras de tanque e traçou isolinhas para as regiões do Agreste e da Mata, mas achou inadequado este procedimento para a região do Sertão onde as diferenças atingiram 29%.

Os métodos que apresentaram resultados não significativos foram os de Thornthwaite, tanque Classe A e Hargreaves & Samani, não sendo recomendado seu uso para a estimativa de ETo, nas condições semelhantes às deste estudo, por apresentarem baixa exatidão (SENTELHAS e CAMARGO, 1996).

Os valores de evapotranspiração obtidos pelos métodos de Thornthwaite e Camargo subestimaram, de maneira geral, aqueles obtidos pelo método de Penman-Monteith. Esses valores refletiram uma tendência nítida de subestimar o efeito do estresse por falta d'água, acarretando produtividades superiores aos obtidos com o método de Penman-Monteith, (SILVA, 2005).

Conforme Junior et al. (2005) que avaliaram o desempenho dos métodos de Prestley-Taylor e Thornthwaite para estimativa de ETo na escala decenal para as condições de Teresina-PI, em comparação à equação de Penman-Monteith (FAO-56), foi verificado que o método de Thornthwaite apresentou baixo coeficiente de determinação e que

o método de Priestley-Taylor pode ser utilizado para estimativa de ETo na escala decendial apresentando assim um alto índice de determinação. Mesmo tendo observado resultado mais significativo do método de Priestley-Taylor, o mesmo ressaltou que a escala decendial nem sempre é adequada para manejo da irrigação, sendo dependente das características da cultura, ou seja, as culturas mais sensíveis ao estresse hídrico devem ter seu manejo de irrigação baseado na escala diária.

De acordo com medeiros (1998) que comparou o desempenho de 12 equações de estimativa de evapotranspiração de referência (ETo), com dados obtidos em evapotranspirômetros tipo Thornthwaite-Mather, visando encontrar um método que estimasse melhor a ETo, para as condições de Santa Maria-RS, com dados de 6 anos, concluiu que os métodos que tiveram melhor desempenho foram: Penman, Camargo e Tanner & Pelton, com desempenhos considerados significativos. Os métodos de Benavidez & Lopez, Turco, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Makkink, Tanque Classe A e Priestley-Taylor, tiveram desempenho menos significativos. Os métodos de Linacre e David, obtiveram resultados não significativos.

A estimativa de ETo baseada nas suas causas, como a equação de Thornthwaite, foi muito simplificada pela introdução da equação de Camargo (1971), que foi analisada e avaliada por Camargo & Camargo (1983). Esses autores verificaram que em nível mensal e decendial os resultados da equação de Camargo (1971), nas condições climáticas do Estado de São Paulo, foram muito consistentes e dão praticamente os mesmos resultados da equação clássica de Thornthwaite, podendo ser utilizada para estimar a ETo, elevar o balanço hídrico, quantificar as disponibilidades de umidade no solo e assim prescrever satisfatoriamente as necessidades de irrigação.

Comparando oito métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (ETo): Penman-Monteith, Penman 1963, Penman (FAO), quatro métodos baseados na radiação (Makkink, Priestley-Taylor, Turc e Jensen-Haise) e um método baseado na temperatura-Thornthwaite, observaram significativa correlação entre os valores de ETo estimado pelos quatro métodos de radiação, o de temperatura e Penman-Monteith, apresentando alguma diferença. Encontraram ainda, resultados mais significativos para estimativas de ETo mensais e menos significativos para estimativas diárias (AMATYA et al., 1992).

Allen (1986) encontrou resultados significativos com o método de Priestley-Taylor em climas onde a advecção é baixa. Entretanto, em climas áridos, onde a advecção é mais elevada, subestimou ETo.

Comparando dados de evapotranspiração de cinco anos na Ilha de Taiwan, nas cidades de Taipei, Taichung, Tainan e Taitung, verificou que os resultados da equação de Priestley & Taylor (1972) superestimou Penman-Monteith (FAO), já para a equação de Makkink (1957), seus resultados subestimaram ETo (CHEN et al., 2005).

O método de Makkink subestima a ETo em relação à Penman-Monteith, trabalhando com dados mensais (TURCO, 2002).

O método da Radiação Solar superestimou a ETo e apresentou resultados significativos com o método de Penman-Monteith, o que permitiu o uso da equação de regressão linear para estimar a ETo (BEZERRA e OLIVEIRA, 1999).

Maemo et al. (1994) citam Allen, que comparando estimativas da evapotranspiração feitas pelo método da Radiação com medidas em lisímetro; obtiveram alta correlação e baixo desvio padrão para a localidade úmida de Coshocton, em Ohio, e teve baixa correlação e alto desvio padrão para a localidade árida de Kimberly, em Idaho, percebendo-se que a ausência do termo aerodinâmico causou a subestimativa já que, no local, existe grande variação da velocidade do vento e déficit de pressão de vapor durante o dia.

Comparando equações empíricas de Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves, Hamon, Kharrufa e Thornthwaite para estimativa da evapotranspiração de referência na bacia do Rio Jacupiranga, comparando com Penman-Monteith, verificaram que a equação de Blaney-Criddle subestima a ETo praticamente todo o ano, a de Hamon subestimou a ETo todo o período, sem tendência específica quanto à estação do ano, o método de Kharufa superestimou a ETo em todos os meses do ano; os métodos de Thornthwaite e Camargo apresentam tendências similares: baixos erros nos meses mais chuvosos (fevereiro e março) e maiores erros nos meses mais secos (agosto e setembro). O método de Hargreaves apresentou o menor erro de estimativa (BORGES et al., 2007)

De acordo com Jensen (1973), a escolha do método para estimativa da evapotranspiração de referência depende do clima, local e dos dados disponíveis. Existem equações simples, como por exemplo, a de Blaney-Criddle, e formulações mais complexas, exigindo maior número de variáveis, como Penman-Monteith. Para períodos longos, anuais,

mensais, por exemplo, talvez não exista necessidade de métodos complexos para as estimativas. Para períodos curtos as equações simples resultam em parâmetros imprecisos.

Para Amatya et al. (1992), nenhum método específico de estimativa de ETo tem sido adequado para todas as condições climáticas e locais, o que a pesquisa procura é aplicar o método que melhor corresponda à realidade de cada local. Diante da escolha do melhor método, depara-se com o que ocorre no uso de modelo de Simulação Hidrológica e Balanço de Água no Solo (Modelo de Drainmond) e outros modelos, onde inevitavelmente ocorre o problema da necessidade de estimativas precisas de ETo e a falta, ou os altos custos requerido para obtê-los.

Ainda segundo os autores, análises estatísticas de sensibilidade de variáveis na equação de Penman-Monteith indicam a radiação líquida como mais sensível, seguidos, de déficit da pressão de vapor e velocidade do vento.

Sousa et al. (2005) com base nos dados da região Nordeste do Brasil, aplicou uma técnica estatística multivariada denominada de Análise de Componente Principais (ACP) e identificou quais variáveis meteorológicas (temperatura máxima do ar, temperatura mínima do ar, precipitação, umidade relativa do ar, evaporação, insolação e velocidade do vento) apresentou maior influência no processo de evapotranspiração de referência (ETo) na região. Esta análise indicou que as variáveis climatológicas investigadas com maior representatividade foram: precipitação, umidade relativa do ar, evaporação à superfície e velocidade do vento à superfície; enquanto a temperatura mínima do ar apresentou menor influência para a região Nordeste do Brasil.

4.6 Comparativos de estimativas da evapotranspiração

Uma maneira muito utilizada para obter a evapotranspiração de referência (ETo) em diferentes situações e locais é por meio de métodos de estimativas, e compará-la com o método de Penman-Monteith, recomendado pela FAO (TURCO et al, 2008).

As metodologias de Penman-Monteith (FAO-1991) e Hargreaves (1974) foram comparadas e avaliadas com o intuito de verificar o balanço hídrico e a classificação climática para o município de Acaraú-CE. Constataram que ocorreu modificação

na fórmula climática utilizando a ETo estimada com a metodologia de Hargreaves (1974), que obteve um clima seco com chuvas moderadas no inverno, enquanto com a utilização da ETo estimada por Penman-Monteith (FAO-1991), o clima encontrado foi semi-árido com chuvas moderadas no inverno. Ficou também evidenciado, que o método proposto por Hargreaves (1974) subestimou a ETo quando comparada com a de Penman-Monteith (FAO-1991), de 14 a 25% no período de junho a dezembro (CABRAL et al., 2000).

Em estudo para determinar a evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, encontrou que a equação Penman-Monteith (FAO) apresentou melhor aproximação do valor da ETo com os valores medidos no lisímetro, e que Hargreaves (1974) apresentou resultados menos significativo da ETo, mostrando que deve ser rejeitada nessa região (OLIVEIRA, 1998).

De acordo com Souza & Yoder (1994) que compararam a ETo para os municípios de Fortaleza e Pentecoste, a partir de dados diários totalizados em mensais, no período de 1974 -1978, de Hargreaves (1974), Hargreaves (1985) e Penman-Monteith (FAO-1991), as equações de Hargreaves (1974 e 1985) superestimam a ETo para vários meses do período, em valores que variam de uma faixa mínima de 4 a 8% e máxima entre 32 e 35%. Portanto, a análise realizada mostrou que as equações de Hargreaves não proporcionam boas estimativas de ETo para o Estado do Ceará, quando comparadas com Penman-Monteith (FAO-1991).

Utilizando o Programa REF-ET para estimar a ETo para as cidades de Pentecoste-CE e Mossoró-RN por oito métodos, constatou que a metodologia de Hargreaves (1974) não apresentou boas estimativas quando comparada a de Penman-Monteith (FAO-1991), tida como padrão (MEDEIROS, 1996).

Em estudo para comparar duas equações, Thornthwaite (1948) e Hargreaves (1974) considerando Penman-Monteith (FAO-1991) como padrão para sete cidades do Vale do Jaguaribe e o município de Crateús, os resultados mostraram que a metodologia de Hargreaves (1974) subestima a ETo de 3 a 23%, enquanto para a metodologia de Thornthwaite (1948) estes valores situam-se entre 10 e 30%. Os autores relatam que o método de Hargreaves (1974) tem sido utilizado indiscriminadamente no dimensionamento de projetos de irrigação. Também, concluíram que se faz necessário que as necessidades hídricas

das plantas cultivadas sejam baseadas no método de Penman-Monteith (FAO-1991) nas localidades com disponibilidade de informações climatológicas (SOUZA, 1995).

Medeiros et al. (2003) estimaram a evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, com medidas lisimétricas e de equações empíricas de Priestley-Taylor ($\alpha = 1,19$), Thornthwaite modificado ($f = 0,379$), Tanque Classe A e Hargreaves & Samani em Paraipaba-CE. Estes autores concluíram que os que apresentaram desempenho mais significativo, na escala diária, foram aqueles que sofreram ajuste local: Priestley-Taylor ($\alpha = 1,19$) e Thornthwaite modificado ($f = 0,379$), e os métodos que apresentaram desempenho menos significativo foram os de Thornthwaite, Tanque Classe A e Hargreaves & Samani, não sendo recomendado seu uso para estimativa de ETo, nas condições semelhantes às deste estudo, por apresentar baixa exatidão e precisão.

Utilizando dados da cidade de Paraipaba-CE, constatou que a metodologia de Priestley & Taylor (1972), em escala diária tende a superestimar a Penman-Monteith/FAO (MEDEIROS, 2002).

Comparando oito métodos de estimativas para as localidades de Pentecoste-CE e Mossoró-RN, verificou que o método de Radiação se correlaciona percentualmente a Penman-Monteith em 88% para a localidade de Pentecoste-CE, e ajusta-se melhor a Penman-Monteith do que os outros métodos baseados na temperatura, com uma diferença mínima entre os mesmos, e dentre os métodos baseados na temperatura os resultados significativos foram de Hargreaves, para Pentecoste, e Blaney-Criddle, para Mossoró (MEDEIROS, 1996).

Conforme Sá (2001), trabalhando com dados da região litorânea de Paraipaba-CE, ao contrário da umidade relativa, o parâmetro radiação solar segue a mesma tendência da evapotranspiração. Fator importante a ser considerado na determinação da ETo, principalmente, para a região que possui altos valores de radiação solar.

Estes resultados demonstram a importância da realização de outros estudos que recomendem melhor à estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) no Estado.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo e coleta de dados

5.1.1 Caracterização da área de estudo

O Estado do Ceará ocupa uma área de quase 150 mil km², correspondendo a 9,4% da área da Região Nordeste do Brasil, situando-se próximo à linha do equador, entre os meridianos 37°14'54" 41°24'45" de longitude oeste de Greenwich nos paralelos 24°46'20" e 7°52'15" de latitude sul, limitando-se com o oceano atlântico e os Estados de Pernambuco, Piauí, Paraíba e Rio Grande do Norte.

O clima predominante no Ceará é o semi-árido. Em pelo menos oito meses do ano chove muito pouco e a temperatura média alcança 29 graus em algumas regiões do Sertão. Nos meses de chuva, normalmente fevereiro a maio (devido à irregularidade das pluviosidades, em alguns anos, o período de chuvas pode extrapolar esse intervalo ou ser até menor), as temperaturas decrescem um pouco, beirando os 25 graus de média. As amplitudes térmicas são relativamente altas, variando desde mínimas de 17°C até máximas próximas a 40°C. Dependendo da localidade, as pluviosidades podem variar de menos de 500mm até perto de 1.000mm anuais, sendo, no entanto, sempre irregularmente distribuídas.

O Estado elegeu, com base em análise de mercado, as seis frutas com maior potencial, que são: abacaxi, banana, mamão, manga, melão e uva, mas, sem descartar

outras possibilidades potenciais como a pinha (ata), graviola, goiaba, melancia, coco verde, limões e limas, laranja, acerola, abacate, figo e etc.

Os indicadores da agricultura irrigada e da fruticultura a partir de 1999, de cerca de 18 mil hectares cultivados em 1999, o Ceará passou para 27,8 mil hectares em 2004 (incremento de 54%), ampliando em 9,7 mil hectares, a área irrigada de frutas, projetando uma área de 37,5 mil em 2006 e mais 51 mil hectares até 2010, correspondendo a um aumento de 182% no período, ou cerca de 15% ao ano.

Da mesma forma o valor bruto da produção da fruticultura irrigada de R\$ 92,5 milhões em 1999 para cerca de R\$ 203,5 milhões, em 2004, projetando um valor de R\$ 890,7 milhões em 2010.

Os empregos diretos na agricultura que eram cerca de 9,9 mil em 1999, atingiram 17,8 mil em 2004 e espera gerar 35 mil empregos em 2010 (SEAGRI, 2005).

5.1.2 Levantamento de dados

Foram coletados dados das principais variáveis climáticas relacionadas com a evapotranspiração e o clima; em dezesseis municípios do Estado, que dispõem de dados climáticos médios completos: temperatura máxima (°C) e mínima (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento a dois metros da superfície do solo (ms^{-1}), insolação (hmês^{-1}) e precipitação (mm), além da altitude (m) e das coordenadas geográficas de cada município, conforme as Tabelas de 1A a 16A (ANEXO). Os dados médios mensais das variáveis climáticas dos municípios selecionados, conforme mapa do Estado (Figura 1), obedeceram aos seguintes critérios:

- ✓ Disponibilidade de dados consistentes;
- ✓ Observações regulares das variáveis exigidas pelos métodos adotados pela FAO: temperatura, umidade relativa do ar, evaporação, velocidade do vento e insolação; além de elementos complementares necessários: latitude, pressão atmosférica e altitude;
- ✓ Cobertura geográfica relativamente homogênea do Estado;
- ✓ Período de disponibilidade de dados;



Figura 1. Identificação das estações meteorológicas selecionadas no Estado do Ceará.

Para conseguir uma cobertura adequada do território do Estado, não foi possível utilizar estações de uma única entidade, e por isso foram utilizadas estações de outras fontes:

- ✓ Fortaleza e Pentecoste: os dados foram obtidos na Estação Meteorológica do Campus do Pici na Universidade Federal do Ceará (UFC);
- ✓ Paraipaba: cujos dados foram coletados no Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA);
- ✓ Quixeramobim: dados obtidos nas Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET);
- ✓ Acaraú, Aracati, Barbalha, Campos Sales, Crateús, Jaguaruana, Juazeiro do Norte, Guaramiranga, Iguatu, Morada Nova, Sobral e Tauá: dados coletados no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Os municípios citados acima e suas coordenadas geográficas podem ser visualizados na Tabela 1.

5.2 Metodologias de estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o)

5.2.1 Processamento dos dados meteorológicos

Os cálculos da evapotranspiração de referência foram efetuados com os dados das Tabelas 1A a 16A (ANEXO), que foram coletados em diferentes instituições, utilizando o software SEVAP (Sistema de Estimativa da Evapotranspiração), desenvolvido no Departamento de Ciências Atmosféricas, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, visando atender a demanda real, em níveis acadêmicos e contribuir com a otimização do uso dos recursos hídricos no manejo de irrigação.

Desenvolvido em ambiente "Windows 95+" e "Delphi v.5.0", de fácil interação com o usuário, para a determinação da estimativa da evapotranspiração de referência pelos métodos de: Penman-Monteith (FAO-56); Hargreaves (1974); Jensen-Haise (1963); Linacre (1977); Makkink (1957); Priestley & Taylor (1972), Tanque Classe "A" e Thornthwaite (1948).

Tabela 1. Relação dos municípios selecionados com dados meteorológicos completos.

Estação	Coordenadas geográficas		Altitude (m)	Período (anos)	Tamanho da série (anos)
	Latitude Sul (S)	Longitude Oeste (W)			
Acaraú	2°53'	40°07'	7	1976-1988	13
Aracati	4°34'	37°46'	13	1958-1968	11
Barbalha	7°19'	39°18'	409	1979-1988	10
Campos Sales	7°00'	40°23'	551	1978-1987	10
Crateús	5°15'	40°40'	300	1979-1988	10
Fortaleza	3°44'	38°33'	20	1966-1999	34
Guaramiranga	4°17'	38°55'	865	1961-1988	28
Iguatu	6°22'	39°18'	79	1961-1990	30
Jaguaruana	4°47'	37°46'	12	1979-1988	10
Juazeiro do Norte	7°21'	39°16'	377	1978-1987	10
Morada Nova	6°01'	38°28'	180	1961-1990	30
Paraipaba	3°26'	39°08'	31	1975-1998	24
Pentecoste	3°47'	39°17'	45	1970-1998	19
Quixeramobim	5°12'	39°18'	211	1961-1990	30
Sobral	3°42'	40°21'	75	1961-1988	28
Tauá	6°00'	40°25'	399	1977-1986	10
Média					19,19

O método do Tanque Classe “A” não foi aplicado neste trabalho por não se dispor de dados de evaporação nas estações selecionadas.

Oferece a possibilidade de planejamento de irrigação pelos métodos de Penman-Monteith, Hargreaves e Tanque Classe "A", além do balanço hídrico e/ou classificação climática por Thornthwaite (1948).

Os outros métodos: Benavides & Lopez (1970), Hargreaves–Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação Solar (FAO-24) e - Blaney-Criddle (FREVET et al., 1983), foram processados utilizando a planilha eletrônica Excell do WINDOWS.

O SURFER 7.0 que, entre outras funções, interpola isolinhas em conjunto de pontos para os quais se conhece o valor do parâmetro, foi utilizado no traçado das isolinhas de ETo, com a participação do programa GEODESIA; que transforma coordenadas

geográficas em coordenadas planas UTH (Universal Transverso Mercator). Para plotar as isolinhas no mapa do Estado; utilizou-se o programa ARQVIEW.

5.2.2 Métodos de estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o)

Método de Penman-Monteith (PM) - A equação de Penman-Monteith (FAO-56) foi proposto pela FAO e reconhecido como o método padrão na determinação da evapotranspiração de culturas e de referência (SMITH et al, 1996).

Considerando-se a resistência estomática de 70 s m⁻¹, albedo de 23% e a altura da grama fixada em 0,12m, e de acordo com o Boletim (FAO-56) (ALLEN et al., 1998), utiliza-se a expressão (1):

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma\left(\frac{900U_2}{T + 273}\right)(es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que:

Δ = tangente à curva de pressão de vapor em relação a temperatura, kPa°C⁻¹;

Rn = saldo de radiação, MJm⁻²d⁻¹.

G = fluxo de calor do solo em MJm⁻²d⁻¹.

γ = coeficiente psicométrico, kPa°C⁻¹;

U_2 = velocidade do média do vento a 2m de altura, ms⁻¹.

T = temperatura média do ar, em °C;

$es - ea$ = déficit de pressão de vapor, kPa.

De acordo com Allen et al. (1998), a magnitude do fluxo de calor no solo em períodos diários é relativamente baixa e pode ser desprezada ($G \cong 0$).

Método de Hargreaves (HG) - Na ausência dos dados da radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento, a ET_o (mm d⁻¹) pode ser estimada através da equação de Hargreaves, 1974 (2):

$$ET_o = 0,0023(T_{med} + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{0,5} Ra \quad (2)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, em $mm\ s^{-1}$;

T_{med} = temperatura média, °C;

T_{max} = temperatura máxima, °C;

T_{min} = temperatura mínima, °C;

Ra = radiação extraterrestre, $mm\ d^{-1}$, obtido em tabelas.

Método de Jensen-Haise (JH) - Para regiões áridas, Jensen-Haise (1963), apresentou a seguinte equação para o cálculo da evapotranspiração (3):

$$ET_o = R_s (0,025 T_a - 0,008) \quad (3)$$

em que:

T_a = temperatura média diária, °C;

R_s = radiação solar global convertida em unidades de água evaporada, mm.

Método de Linacre (LN) - A evapotranspiração de referência ($mm\ d^{-1}$), pode ser obtida em função da altitude, latitude e das temperaturas diárias máximas, mínimas e do ponto de orvalho, através da equação (LINACRE, 1977)(4):

$$ET_o = \frac{\left(\frac{700T_m}{100 - \varnothing} \right) + 15(T_a - T_d)}{80 - T_a} \quad (4)$$

em que:

$T_m = T_a + 0,006z$;

z = altitude, m;

T_a = temperatura média do ar, °C;

$\varnothing$ = latitude local (graus) e

T_d = temperatura do ponto de orvalho, °C.

Essa equação foi desenvolvida usando-se conjuntos de dados da África e da América do Sul. Para as condições brasileiras esta equação deve ser usada com reservas, pois não existem estudos que substanciem esta proposição (PEREIRA et al 1997).

Método de Makkink (MK) - A equação para estimativa da evapotranspiração a partir de medições da radiação solar foi proposta por Makkink (1957), em que (5):

$$ET_o = R_s \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) + 0,12 \quad (5)$$

em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$,

De acordo com Rosemberg et al., (1983), a equação de Makkink apresenta bons resultados em climas úmidos, entretanto em regiões áridas não apresenta resultados satisfatórios.

Método de Priestley & Taylor (PT) – O método Priestley & Taylor (1972), utilizado na estimativa da ET_o , constitui-se numa aproximação do método de Penman. Nesta equação permanece apenas o saldo de radiação corrigido por um coeficiente empírico, conhecido como parâmetro de Priestley & Taylor, o qual incorpora a energia adicional ao processo de evapotranspiração proveniente do termo aerodinâmico. Priestley & Taylor (1972) mostraram que este coeficiente variou de 1,08 a 1,34; com média de 1,26 em condições mínimas de advecção regional. Através do método de Priestley & Taylor, ET_o ; em $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$, pode ser obtida pela equação (6):

$$\lambda \cdot ET_o = \alpha W (R_n - G) \quad (6)$$

em que:

λ = fluxo de calor latente ($2,45 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$);

α = parâmetro de Priestley & Taylor;

R_n = saldo de radiação em $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$;

W = o fator de ponderação, que varia em função da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e do parâmetro psicrométrico, pode ser estimado por (VISWANADHAM et al. 1991):

$$W = 0,407 + 0,0147T, \text{ para } 0 < T < 16^{\circ}\text{C};$$

$$W = 0,483 + 0,0100T, \text{ para } 16,1 < T < 32^{\circ}\text{C}.$$

Método de Thornthwaite (TW) – O método de Thornthwaite é a forma mais antiga de estimar a evapotranspiração. Baseia-se na temperatura média mensal e na duração efetiva do dia e não é apropriado para estimativas da evapotranspiração em curto períodos de tempo, como semanas ou dias. Trata-se de um método climatológico para estimativas da evapotranspiração de referência mensal (mm.mês^{-1}), que pode ser obtido da seguinte forma (THORNTHWAITE, 1948) (7):

$$ET_o = 0,533F_j \left(\frac{10Ta}{I} \right)^a \quad (7)$$

em que:

F_j = fator de correção, que varia em função do número de dias do mês (D_j) considerado e da duração efetiva média desse dia (N_j) obtidos, respectivamente, por:

$$F_j = \frac{D_j N_j}{12}$$

$$N_j = 2 \arccos \frac{\left(\frac{-\text{tg}\varnothing}{\text{tg}\delta} \right)}{15}$$

em:

$\varnothing$ = latitude, graus;

δ = declinação do sol, para o dia considerado;

N_j = insolação máxima teórica, calculada para o dia 15 de cada mês j ;

T_a = temperatura média mensal do ar, °C;

a = função cúbica do índice anual de calor, dada por:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49$$

em que:

I = índice de calor obtido pela soma dos 12 índices mensal (i), expresso por:

$$i = \left(\frac{T_a}{5} \right)^{1,514}$$

Método de Benavides & Lopez (BL) – O método Benavides & Lopez (1972), utilizado na estimativa da ETo , baseia-se na temperatura média mensal e na umidade relativa, pode ser obtida pela equação (8):

$$ETo = 1,21 \times 10 \left(\frac{7,45T}{234,7 + T} \right) (1 - 0,01UR) + 0,21T - 2,30 \quad (8)$$

em que:

T é a temperatura média mensal do ar, em °C, e

UR é a umidade relativa do ar, %.

Método de Hargreaves-Samani (HS) – Usando dados obtidos no lisímetro de Davis, California (clima semi-árido), Hargreaves-Samani (1985) propuseram a seguinte equação para estimativas de ETo (mm d^{-1}) (9):

$$ETo = 0,0023 Q_o (T_{\max} - T_{\min})^{0,5} (T + 17,8) \quad (9)$$

em que:

Q_o = radiação extraterrestre, em mm d^{-1} ; obtido por tabelas;

T = temperatura média diária, °C.

Camargo (CM) – Este método foi apresentado por Camargo (1971), que desenvolveu analiticamente a equação a seguir, baseando-se em resultados da evapotranspiração de referência para mais de uma centena de localidades (10).

$$ET_o = 0,01 R_a T_a K \quad (10)$$

em que:

K = fator de ajuste de Camargo: 1,00 para temperatura média do ar (T_a) até 23,5°C; 1,05 para T_a de 23,6 a 24,5°C; 1,10 para T_a de 24,6 a 25,5°C; 1,15 para T_a de 25,6 a 26,5°C; 1,20 para T_a 26,6 a 27,5°C e 1,30 para T_a superior a 27,5°C.

R_a = radiação solar extraterrestre incidente acima da atmosfera no dia 15 de cada mês (mm d^{-1}). Para a obtenção de R_a em mm d^{-1} , dividem-se os valores em $\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$ por 2,45.

Método de Kharrufa (KF) - A equação foi desenvolvida por Kharrufa (1985), a partir da relação entre ET_o e a porcentagem de insolação máxima diária, conforme a relação (11):

$$ET_o = 0,34 p T_a^{1,3} \quad (11)$$

em que:

ET_o é a evapotranspiração em mm d^{-1} e as demais notações tem o mesmo significado.

Método de Hamon (HM) – O método foi desenvolvido por Hamon (1961) e é expresso pela equação abaixo (12):

$$ET_o = 0,55 \left(\frac{N}{12} \right)^2 \left(\frac{4,95 \exp^{0,062 T_a}}{100} \right) 25,4 \quad (12)$$

Na qual ETo é a evapotranspiração em mm d⁻¹.

Método de Radiação FAO-24 (RD) – Doorenbos & Pruitt (1977), apresentaram um método da radiação para estimativa de evapotranspiração, usando a radiação solar ($R_s = R_g$) que, segundo Jensen et al. (1990), é uma adaptação do método de Makkink (1957) e foi recomendado em relação ao método de Penman, quando medidas de velocidade do vento e umidade não forem disponíveis. A equação que representa o método da Radiação (FAO 24) é a seguinte (13):

$$E_{To} = a + b \left(\frac{\Delta R_s}{\Delta + \gamma} \right) \quad (13)$$

em que:

R_s = radiação solar em mm dia⁻¹.

$\Delta = -0,3$ mm d⁻¹ é um fator de ajuste que varia com a umidade relativa do ar e velocidade do vento diurna.

O valor de R_s pode ser medido diretamente, mas raramente é disponível. Poderá ser obtido a partir das medidas da duração da insolação.

Dados de radiação solar ou métodos calibrados de estimativa de R_s devem ser usados se disponíveis.

Doorenbos & Prutti (1977) recomendam um método de estimativa de R_s , a partir da radiação no topo da atmosfera (R_a), expresso por:

$$R_s = \left(0,25 + 0,5 \frac{n}{N} \right) R_a$$

Onde:

n/N = relação horas de brilho solar medida (n) e horas de brilho solar máxima possíveis (N). Este último é função da latitude e do mês do ano, obtido em tabelas.

Ra = radiação extraterrestre em equivalente de evaporação (mm d^{-1}), em função da latitude e do mês, obtido por tabelas.

No presente estudo Rs foi calculado considerando $a = 0,2608$ e $b = 0,3092$ para o ano como um todo, para as condições do Estado (AGUIAR et al. 2000).

$$R_s = \left(0,2608 + 0,3092 \frac{n}{N} \right) R_a$$

Método de Blaney-Criddle (BC) - Este método é bastante antigo, tendo sido desenvolvido na região semi-árida dos Estados Unidos, onde é muito usado para quantificar irrigação. Entre as inúmeras versões existentes desse método será apresentada aquela modificada pela FAO (14):

$$ET_o = c_p \left(0,46 T_a + 8,13 \right) \quad (14)$$

em que:

c = coeficiente de ajuste c é representado pela inclinação das retas dos nomogramas;

p = porcentagem do total de fotoperíodo médio mensal ($^{\circ}\text{C}$) sobre o total de fotoperíodo anual, obtido por tabela;

T_a = temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$).

Para evitar o uso de nomogramas e interpolações, e para facilitar cálculos automatizados, Frevert et al. (1983) adaptaram a modificação da FAO ao seguinte sistema de equações:

$$ET_o = a + b p \left(0,46 T + 8,13 \right)$$

$$a = 0,0043 U_{rmin} - \frac{n}{N} - 1,41$$

$$b = a_0 + a_1 U_{rmin} + a_2 \frac{n}{N} + a_3 U_d + a_4 U_{rmin} \left(\frac{n}{N} \right) + a_5 U_{rmin} U_d$$

onde:

$$a_0 = 0,81917$$

$$a_3 = 0,065649$$

$$a_1 = -0,0040922$$

$$a_4 = -0,0059684$$

$$a_2 = 1,0705$$

$$a_5 = -0,0005967$$

Embora esse método possa ser utilizado para estimar ETo em escalas de tempo menores que a mensal, a representatividade dessas estimativas é questionável visto que o método foi desenvolvido em cima de dados médio mensais.

Este método, embora classificado como baseado apenas na temperatura, exige também observações da umidade relativa, velocidade do vento, e da razão de insolação.

5.3 Variação temporal da evapotranspiração de referência

Foram elaboradas tabelas com os valores médios de ETo, obtidos por cada um dos métodos para todas os municípios. Estão também em tabelas, valores dos desvios padrão, coeficientes de variação, ETo máximas e mínimas.

Foram traçados gráficos com valores médios de ETo determinados para cada método, para cada uma das dezesseis estações. Estes, permitem a visualização de períodos de valores extremos e das tendências anuais de ETo. Possibilitam ainda, comparações entre si dos resultados de cada método e, destes com os valores dos variáveis pertinentes a cada método.

Para poder analisar os resultados obtidos pelos métodos proposto, foram elaboradas as Tabelas 1B, 2B e 3B a 18B (APÊNDICE), e as Figuras 19A, 19B a 34A, 34B, a partir dos valores estimados da evapotranspiração de referência para cada localidade ou município sede. A análise da evapotranspiração de referência foi realizada por município, considerando os métodos analisados no programa SEVAP (Sistema de Estimativa da Evapotranspiração) e na planilha EXCELL.

5.4 Análises estatísticas

5.4.1 Valores médios e medidas de dispersão

Foram determinados os valores centrais (médias aritméticas), dispersões absolutas (desvios padrões) e dispersões relativas (coeficientes de variação) dos valores estimados de evapotranspiração de referência dos métodos utilizados, para cada localidade de todas as dezesseis estações climatológicas selecionadas.

Por estação, foram determinados para a evapotranspiração de referência: médias de inverno, verão e anuais.

Foram reunidos os resultados de ETo para todas as estações e calculado ainda, para cada método: média aritmética, máximo e mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação. Foram também elaborados quadros resumos anuais com os valores de ETo calculados, mostrando suas respectivas médias, máximos e mínimos, desvios padrões e coeficientes de variação.

5.4.2 Estudo da regressão e correlação

Utilizando o programa de estatística ASSISTAT, foram realizadas as análises de regressão e correlação entre os métodos de estimativas de evapotranspiração de referência e as variáveis climáticas, utilizando o método de Penman-Monteith como padrão.

O conjunto de dados referente à evapotranspiração de referência (ETo), estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO-56), foi utilizado para propor uma equação linear simples, tendo como variáveis independentes os métodos propostos neste estudo.

Na análise de regressão, as medidas de evapotranspiração de Penman-Monteith (FAO-56) foram tomadas como padrão e representam Y (variável independente); e os valores de evapotranspiração estimados pelos treze métodos, representam X (variável independente), conforme a equação:

$$Y = a + bX \quad \quad \quad ET_{OPM} = a + bET_{O\text{estimado}} \quad \quad (15)$$

sendo Y , a ETo estimada por Penman-Monteith (FAO-56), em mm.mês^{-1} , X , a ETo mensal estimada pelas treze equações sugeridas no estudo, mm.mês^{-1} ; a a interceptação no eixo das ordenadas (coeficiente linear) e b a declividade da reta (coeficiente angular).

Foram utilizados na análise das equações os coeficientes de determinação (R^2), que indicam a proporção da variação total conforme regressão (que está sendo explicado pela regressão.)

$$R^2 = \frac{\sum (Y_{\text{estimado}} - Y)^2}{\sum (Y - Y)^2} \quad (16)$$

Os valores de R^2 irão dispor-se no intervalo 0-1, fornecendo uma medida relativa à quantidade do ajuste da equação de regressão múltipla aos dados. Se o valor de R^2 for próximo de 1 isso significa que as diversas variáveis X 's medidas são responsáveis quase que totalmente pela variabilidade de Y , caso contrário, R^2 apresentará um valor mais próximo à zero.

Os valores de evapotranspiração de referência estimados pela equação de Penman-Monteith (FAO-56) foram comparados a valores medidos por treze equações utilizando-se equação linear simples, por meio da análise de regressão.

A correlação mede a força, ou grau de relacionamento entre duas variáveis. Correlação significa co-relacionamento e é representado pela letra R :

$$R = \frac{N \cdot \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2][N \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (17)$$

5.4.3 Métodos de evapotranspiração de referência e as variáveis climatológicas

Cada variável climática dos dezesseis municípios foi analisado para verificar sua influência sobre cada método estudado. Foram estudadas as correlações entre as estimativas de ETo e as variáveis climatológicas do processo evapotranspirativo: temperatura, insolação, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar global. Este estudo foi realizado nos métodos que apresentaram resultados significativos na maioria das localidades estudadas através do índice ou coeficiente de correlação R, que é um número entre + 1,00 e - 1,00 que indica a maior ou menor extensão em que os fatos estão relacionados entre si. Um coeficiente de + 1,00 indica correlação perfeita; 0,00 não representa correlação alguma.

5.5 Distribuição da evapotranspiração de referência (ETo) no Estado

Com os valores de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pelo do programa SEVAP, Planilhas EXCEL e com o auxílio de programas auxiliares como o SURFER 7.0, GEODESIA e ARQVIEW; foram traçadas isolinhas no mapa do Estado, utilizando o método de Penman-Monteith (FAO-56) e o método que melhor se ajustou ao padrão.

5.6 Demandas hídricas das culturas irrigadas

5.6.1 Principais culturas – coeficientes culturais

A seleção das principais culturas irrigadas; foi baseado no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - PERH, (1990), e no Estudo Frutas do Ceará, Secretaria de Agricultura Irrigada – SEAGRI (2005).

Tem sido rotina, nos últimos 20 anos, especialmente após a publicação do boletim FAO-24, o procedimento que utiliza o conceito de evapotranspiração de referência (ETo) relacionado com um conjunto de coeficientes de cultura (Kc) para estimação da ET da cultura específica (ETc). Esta técnica pode utilizar equações que incorporam os processos

físicos da ET_o comparadas com as condições de ET de culturas específicas. Os métodos de estimação da ET_c a partir de coeficientes de culturas em função da ET_o requerem cuidados especiais, principalmente por causa dos coeficientes empíricos. Todavia, o método pode ser considerado uma técnica prática, uma vez que ela é baseada em dados relativamente fáceis de serem obtidos e tem potencial para se avançar no conceito de ET da cultura de referência e, principalmente, face à aceitação pela comunidade de usuários dessa metodologia.

A partir dos valores de ET_o , pode-se determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) multiplicando-se ET_o por um coeficiente K_c . Os valores de K_c podem variar conforme a região, a espécie cultivada, o sistema de irrigação e o manejo adotado.

$$K_c = \frac{ET_{\text{cultura}}}{ET_o} \quad \text{ou} \quad K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (18)$$

O coeficiente K_c varia de 0 a 1 e depende da quantidade de água extraída do solo.

A evapotranspiração da cultura foi determinada utilizando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) estimada e os valores de coeficientes de cultivo ao longo do ciclo das culturas, conforme recomendam Allen et al. (1998).

5.6.2 Demandas potenciais

As demandas hídricas potenciais (evapotranspiração máxima – ET_m), das principais culturas irrigadas do Estado: abacaxi, banana, mamão, manga, melão e uva, foram calculadas de acordo com a aptidão frutícola de cada pólo de irrigação (Tabela 2), incluindo o Projeto Pingo D'água, localizado no município de Quixeramobim e o Pólo Cariri; que apresentam alto potencial produtivo em termos de fruticultura irrigada no Estado, estando de acordo com a metodologia da FAO, apresentada por Doorenbos & Pruitt (1984):

$$ET_m = ET_o K_c \quad (19)$$

em que:

ET_m e ET_o em termos médios mensais em mm d^{-1} .

Os valores de ETo foram tirados dos referidos no item 5.2.1, de acordo com as coordenadas geográficas da cidade que nomeia o pólo de irrigação.

Os valores de Kc , foram determinados conforme descrito no item 5.6.1.

Tabela 2. Relação dos Pólos de Irrigação do Estado com aptidão frutícola.

CONVÊNIO DNOCS / SEAGRI PGE 03/2005 - RESUMO DAS ÁREAS PLANTADAS

Período: Janeiro/2006

CULTURA	ÁREA (ha)								ICÓ LIMA CAMPOS	TOTAL GERAL
	TABULEIROS DE RUSSAS	JAGUARIBE	BAIXO ACARAÚ	ARARAS NORTE	CURU PENTECOSTE	CURU PARAIPABA	MORADA NOVA			
FRUTAS	179,30	897,56	381,68	569,19	416,18	2.380,50	20,60	125,76	4.970,77	
FLORES	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
HORTALIÇAS	16,20	250,00	17,00	15,80	1,00	51,95	2,00	0,00	353,95	
GRÃOS	20,00	187,75	0,00	6,50	28,00	33,20	170,05	54,37	499,87	
PASTAGEM	0,00	0,00	0,00	9,70	38,80	40,96	485,19	177,86	752,51	
CANA DE AÇÚCAR	0,00	0,00	0,00	7,00	39,60	320,00	0,00	0,00	366,60	
ALGODÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TOTAL	215,50	1.335,31	399,68	608,19	523,58	2.826,61	677,84	357,99	6.944,70	
Abacate						1,60			1,60	
Abacaxi	12,00		36,50	0,50					49,00	
Abóbora			7,00						7,00	
Acerola				0,50		30,40			30,90	
Algodão									0,00	
Arroz								18,88	18,88	
Ata		34,50	0,17	3,10					37,77	
Banana Grand-nine		7,00							7,00	
Banana Gros Michel		3,00							3,00	
Banana Ipac		2,00							2,00	
Banana Maçã		2,00							2,00	
Banana Nanica							4,60	21,26	25,86	

Fonte: Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado do Ceará - SEAGRI

Tabela 2. Relação dos Pólos de Irrigação do Estado com aptidão frutícola (Cont.)

CONVÊNIO DNOCS / SEAGRI PGE 03/2005 - RESUMO DAS ÁREAS PLANTADAS

Período: Janeiro/2006

ÁREA (ha)											
CULTURA	TABULEIROS DE RUSSAS	JAGUARIBE	BAIXO ACARAÚ	ARARAS NORTE	CURU PENTECOSTE	CURU PARAIPABA	MORADA NOVA	ICÓ LIMA CAMPOS	TOTAL GERAL		
Banana Pacovan	12,00	549,60		132,80	133,05	3,20		80,00	910,65		
Banana Prata Anã		150,10	158,50						308,60		
Banana Terrinha		5,36							5,36		
Banana Wilians		8,00							8,00		
Batata doce	6,20			14,60					20,80		
Caju	8,00		9,00	5,00		37,21			59,21		
Cana				7,00	39,60	320,00			366,60		
Capim				9,70	38,80	40,96	485,19	177,86	752,51		
Cheiro Verde							2,00		2,00		
Citrus		1,00							1,00		
Coco			33,35	226,10	281,33	2.220,47	4,50	9,50	2.775,25		
Feijão	20,00	6,25		0,50		30,10	1,00	22,99	80,84		
Figo		8,00							8,00		
Goiaba		38,50		32,45		12,20	10,50	14,00	107,65		
Graviola		2,00	20,06	9,70	1,80	47,78	0,50		81,84		
Laranja						1,80			1,80		
Limão		2,00				0,40			2,40		
Macaxeira	2,50				1,00	33,70			37,20		
Mamão	2,50	33,00	35,95	89,51		15,72			176,68		

Fonte: Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado do Ceará - SEAGRI

Tabela 2. Relação dos Pólos de Irrigação do Estado com aptidão frutícola (Cont.).

CONVÊNIO DNOCS / SEAGRI PGE 03/2005 - RESUMO DAS ÁREAS PLANTADAS

Período: Janeiro/2006

ÁREA (ha)										
CULTURA	TABULEIROS DE RUSSAS	JAGUARIBE APODI	BAIXO ACARAÚ	ARARAS NORTE	CURU PENTECOSTE	CURU PARAIPABA	MORADA NOVA	ICÓ LIMA CAMPOS	TOTAL GERAL	
Mamão hawaii			3,00						3,00	
Mandioca						11,70			11,70	
Manga		37,50	11,00	52,33		3,22	0,50		104,55	
Maracujá	0,30		50,60						50,90	
Maxixe									0,00	
Melancia	22,50		12,00						34,50	
Melão	122,00								122,00	
Milho (grão)		62,50		6,00	28,00	3,10	5,00	12,50	117,10	
Milho verde		250,00	8,50						258,50	
Pimenta	4,00					5,70			9,70	
Pimenta de cheiro									0,00	
Pimentão	1,50		1,00	1,20		0,85			4,55	
Romã						0,50			0,50	
Sapoti			9,30			6,00			15,30	
Soja		12,50							12,50	
Sorgo		106,50					164,05		270,55	
Tomate	2,00		0,50						2,50	
Uva		14,00	2,25	17,20				1,00	34,45	
Abacaxi ornamental			1,00						1,00	

Fonte: Secretaria de Agricultura Irrigada do Estado do Ceará - SEAGRI

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização climática da região

O clima constitui o conjunto de variáveis atmosféricas que caracterizam a alternância das estações secas, chuvosas e quentes que demonstram a concepção histórica regional.

Dentre os elementos climáticos que estão mais inter-relacionados à evapotranspiração, pode-se enumerar a radiação solar, responsável pelo aporte de energia necessária para que o processo físico ocorra, a temperatura e a umidade do ar, que juntas definem o déficit de pressão de vapor próximo à superfície evaporante, e a velocidade do vento, responsável pela renovação do ar junto à superfície em questão. Todos esses elementos são essenciais à aplicação do método de Penman-Monteith (FAO-56) e serão discutidos, de modo a caracterizar a área de estudo.

Nas Figuras 2 a 17, estão plotados as variáveis climáticas dos municípios selecionados, de acordo com as Tabelas 1A a 16A (ANEXO) e Tabelas 1B (APÊNDICE). Nessas figuras são apresentadas as variações mensais ao longo do ano dos variáveis utilizados como entradas no SEVAP e na planilha EXCEL para o cálculo da ETo, quais sejam: temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar, insolação e velocidade do vento. A temperatura máxima média anual é de 33,43°C, e a temperatura

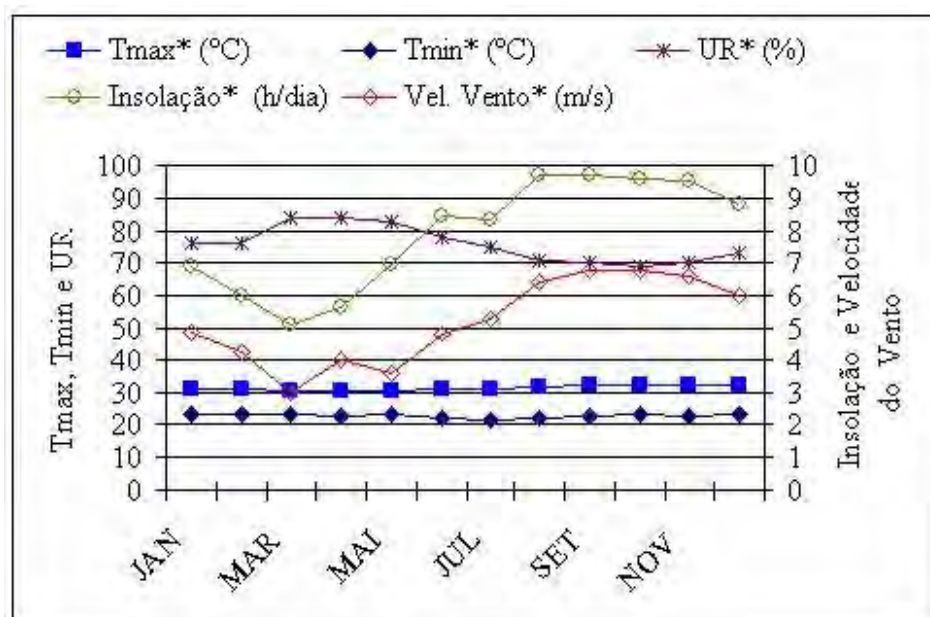


Figura 2. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Acaraú no período de 1976 a 1988.

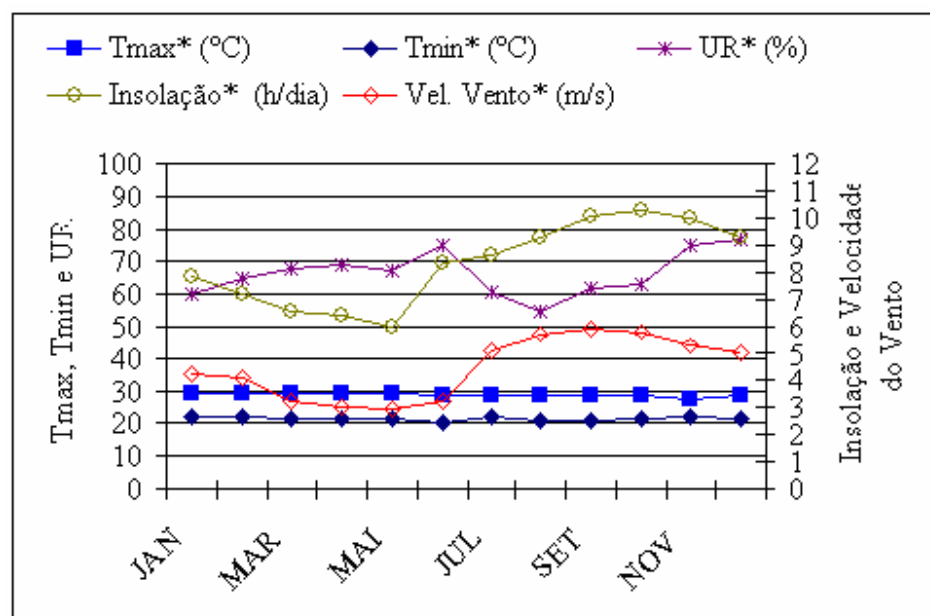


Figura 3. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Aracati no período de 1958 a 1968.

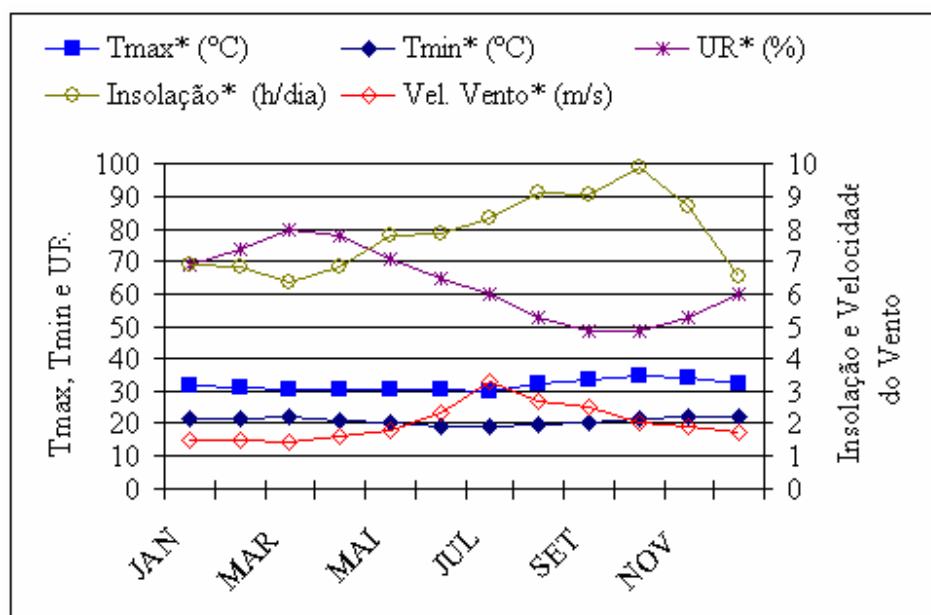


Figura 4. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Barbalha no período de 1979 a 1988.

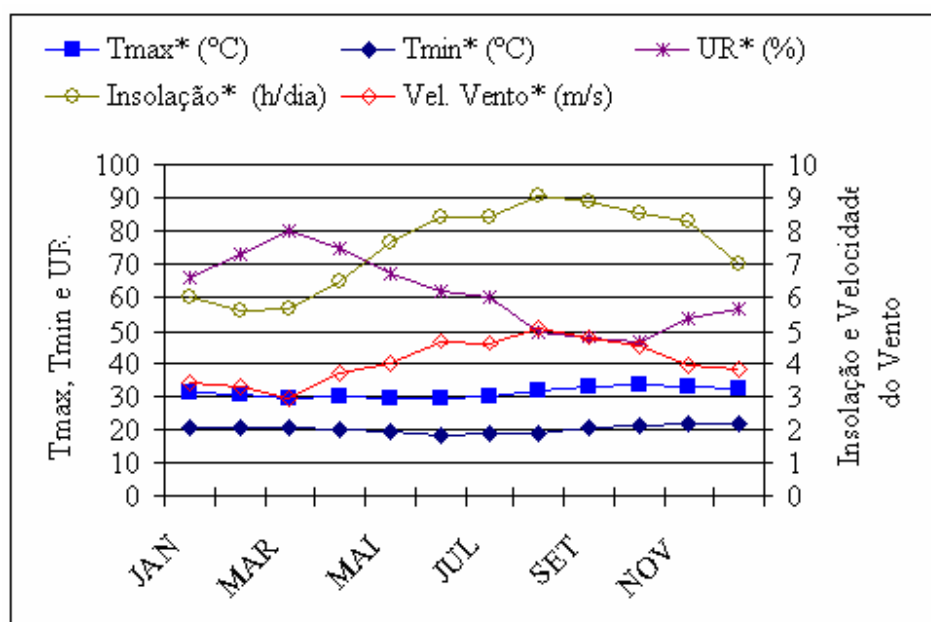


Figura 5. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Campos Sales no período de 1978 a 1987.

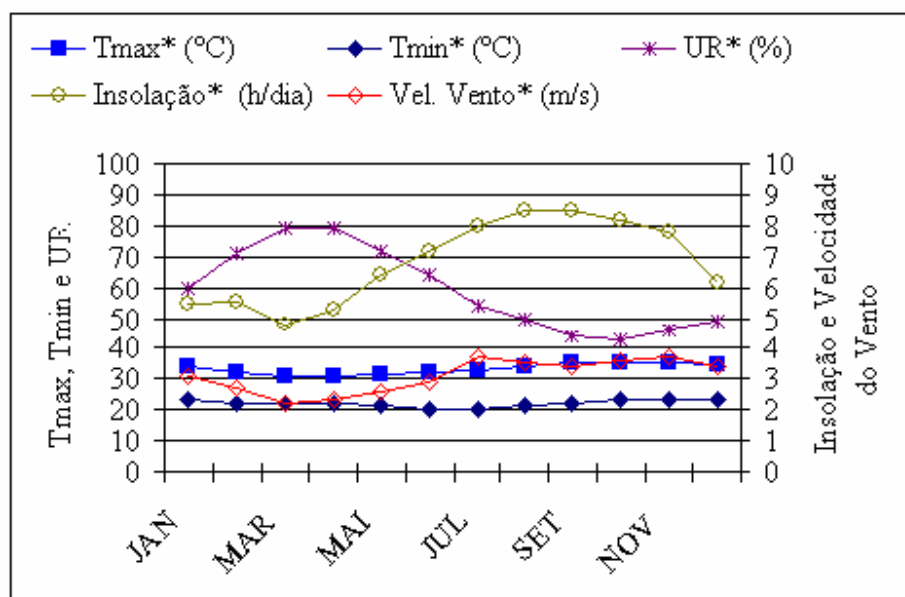


Figura 6. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Crateús no período de 1979 a 1988.

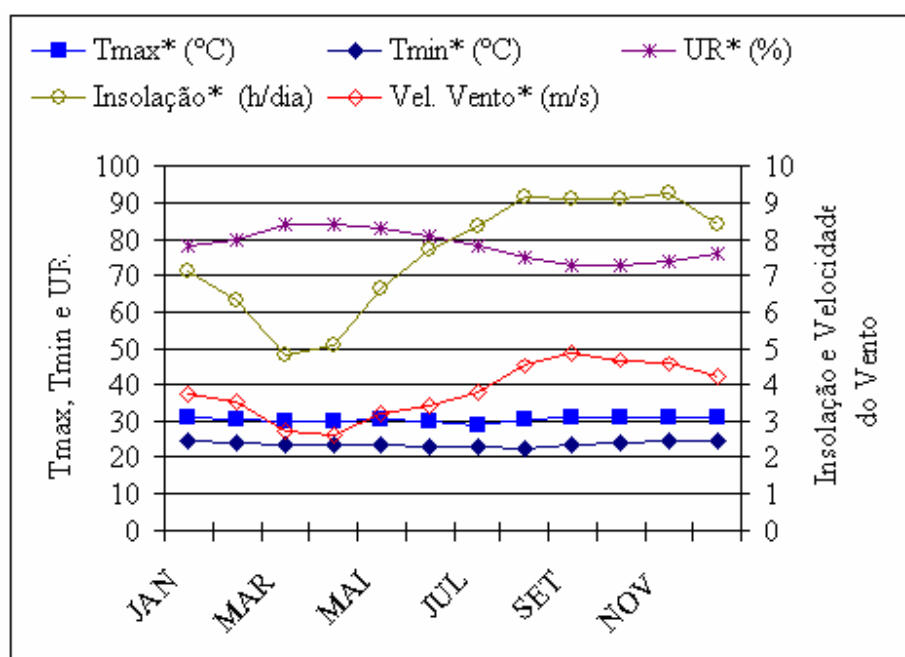


Figura 7. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Fortaleza no período de 1966 a 1999.

mínima média anual é de 20,33°C. O mês de outubro apresenta a maior temperatura máxima média que ocorre nos seguintes municípios: Pentecoste 36,50°C, Sobral 36,00°C, Morada Nova com 35,80°C, Iguatu 35,70°C e Crateús com 35,50. Os municípios com maiores médias de inverno, verão e anual são Pentecoste com 33,22°C, 35,48°C e 34,40°C e Morada Nova com 32,97°C; 34,73°C e 33,85°C. O município com menor temperatura média máxima e mínima é Guaramiranga com 27,00°C em outubro e novembro, e 18,20°C em janeiro, com a menor média anual de 17,46°C. Verifica-se que a tendência da temperatura máxima média é aumentar nos meses de agosto, a novembro, e diminuir a partir do mês de dezembro, com exceção de Aracati, onde há uma queda de temperatura neste período.

Na estação de inverno e verão, são comuns temperaturas elevadas, sendo a temperatura máxima média anual de 33,43°C na maioria dos municípios, com exceção a Guaramiranga com altitude de 865 m tem uma temperatura média anual de 27,27°C; que tem contribuição significativa para o processo de evapotranspiração.

O perfil da umidade relativa média do ar varia no decorrer do ano, onde temos o município de Guaramiranga e Paraipaba com as maiores amplitudes de umidade relativa média do ar que vai de 81 a 92% e, as menores amplitudes é de Crateús com 43 a 79% e Tauá com 46 a 74%. As cidades com as maiores médias de umidades relativas do ar de inverno, verão e anual são: Paraipaba com 90,50; 85,17 e 87,73% e Guaramiranga com 89,67; 83,67 e 86,67%, e as menores média de inverno verão e anual é o município de Tauá com 68%, 49 e 58,8% de umidade relativa média. Essas altas taxas de umidade relativa média terão influência na estimativa da ETo pelas métodos testados. Nota-se que o período de maior umidade relativa média do ar é justamente durante a estação de inverno ou estação chuvosa.

Com relação à umidade relativa do ar, observa-se ainda uma variação inversa em relação à insolação. Nota-se que o município de Guaramiranga que apresenta a maior amplitude de umidade relativa do ar (81 a 92%), corresponde a uma menor amplitude de insolação (3,19 a 7,13 h dia⁻¹), seguida por Iguatu com a amplitude de 2,65 a 7,23 h dia⁻¹. Os municípios de Crateús, Guaramiranga, Iguatu, Quixeramobim, Sobral e Tauá apresentam insolação entre 2,65 e 8,90 h dia⁻¹, e os demais de 4,77 a 10,26 h dia⁻¹, sendo este maior valor no município de Aracati no mês de outubro. Os meses que apresentam maior insolação são: agosto, setembro outubro e novembro, meses estes que configuram a maior parte da estação sem chuvas ou de verão no Estado.

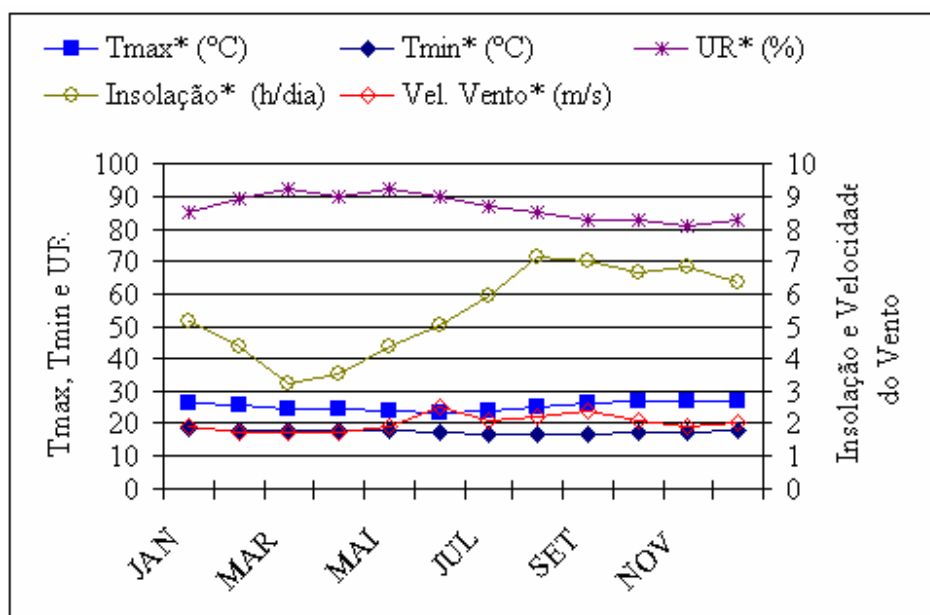


Figura 8. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Guaramiranga no período de 1961 a 1988.

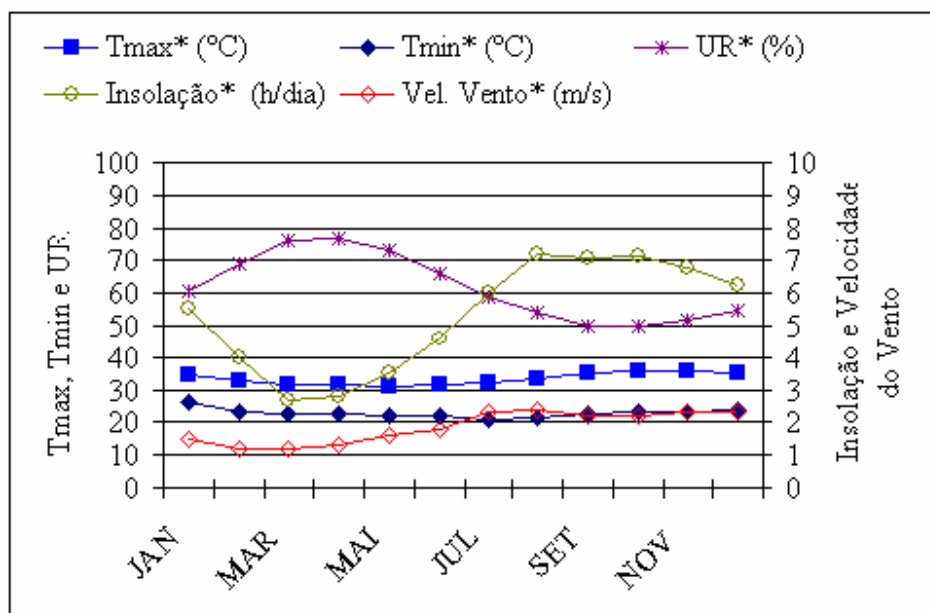


Figura 9. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Iguatu no período de 1961 a 1990.

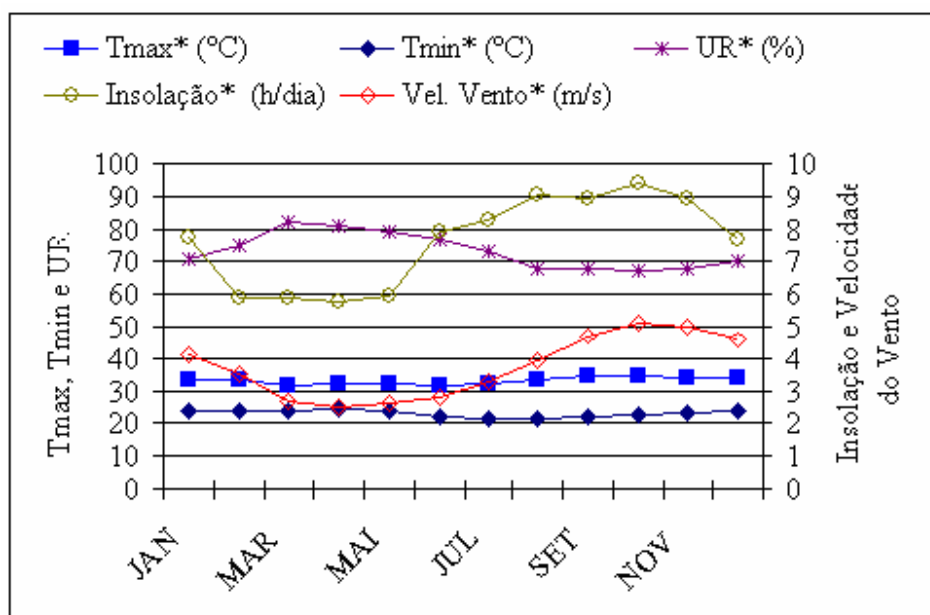


Figura 10. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Jaguaruana no período de 1979 a 1988.

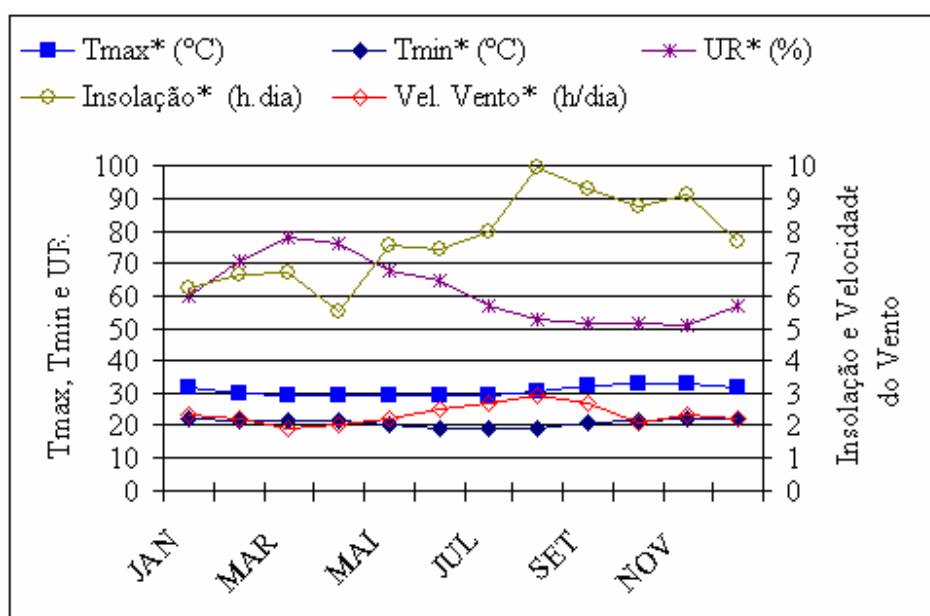


Figura 11. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Juazeiro do Norte no período de 1978 a 1987.

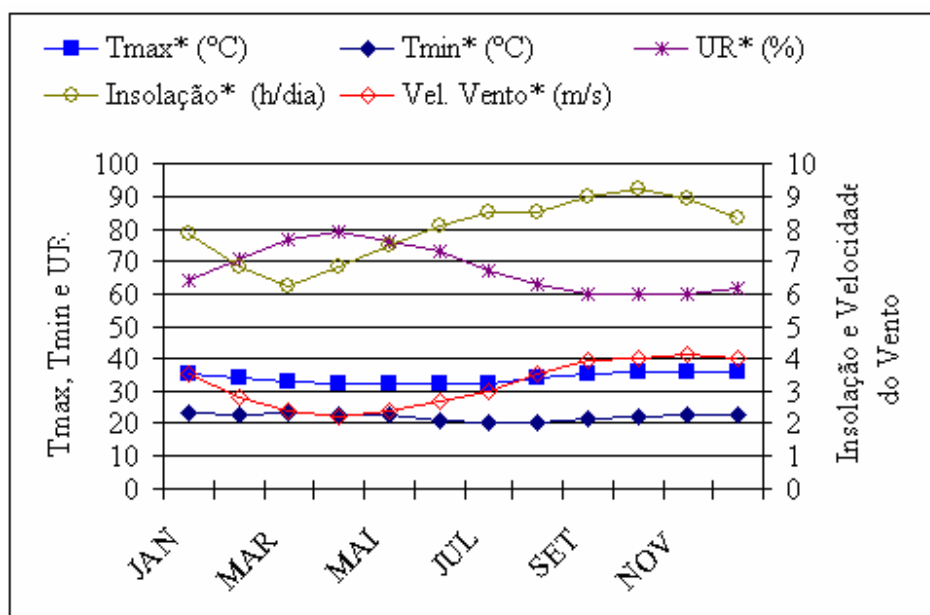


Figura 12. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Morada Nova no período de 1961 a 1990.

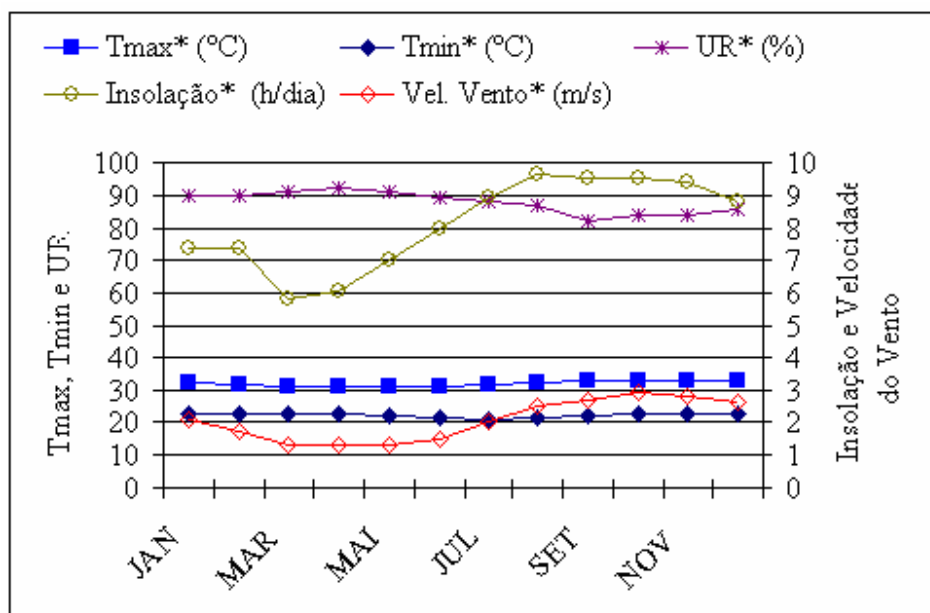


Figura 13. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Paraipaba no período de 1975 a 1998.

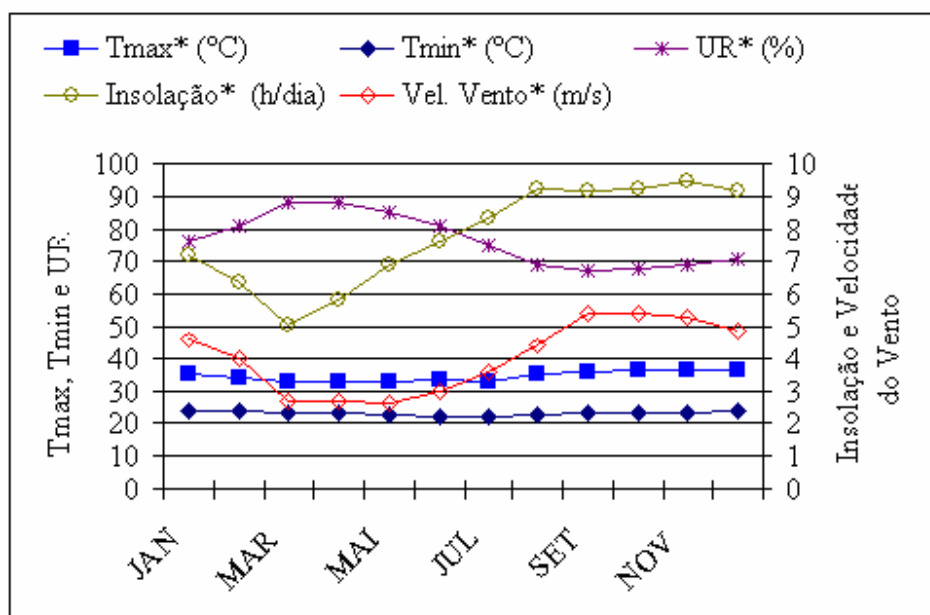


Figura 14. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Pentecoste no período de 1970 a 1998.

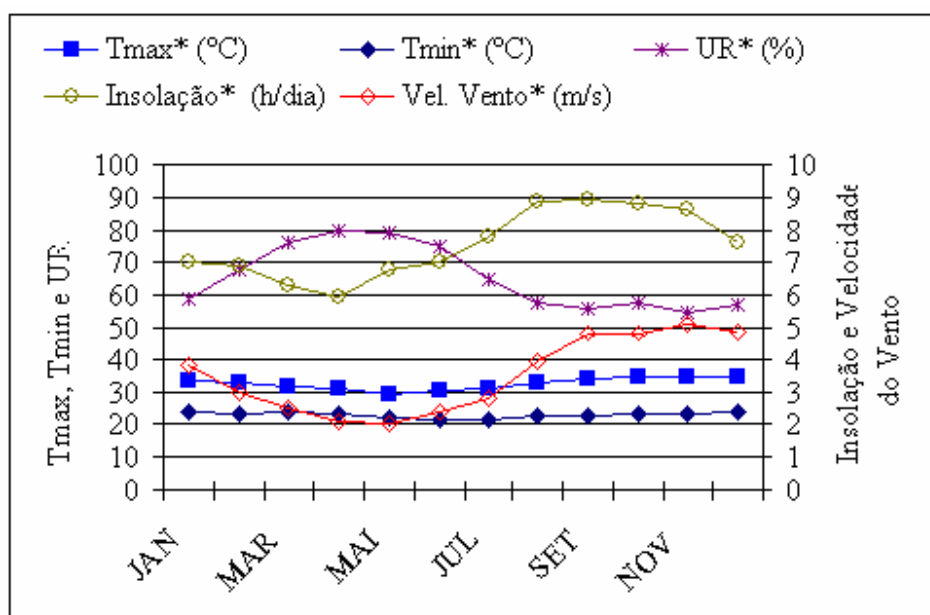


Figura 15. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Quixeramobim no período de 1961 a 1990.

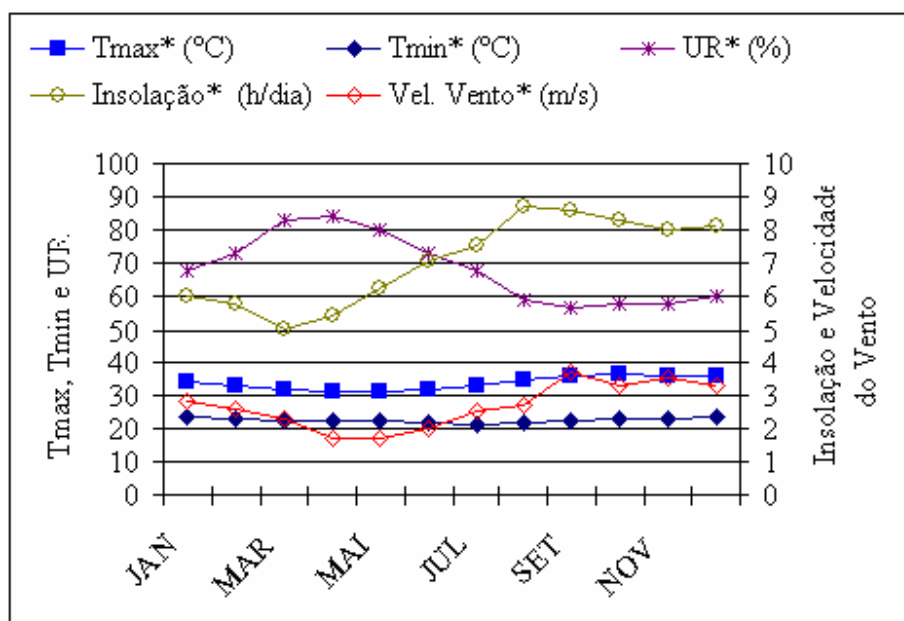


Figura 16. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Sobral no período de 1961 a 1988.

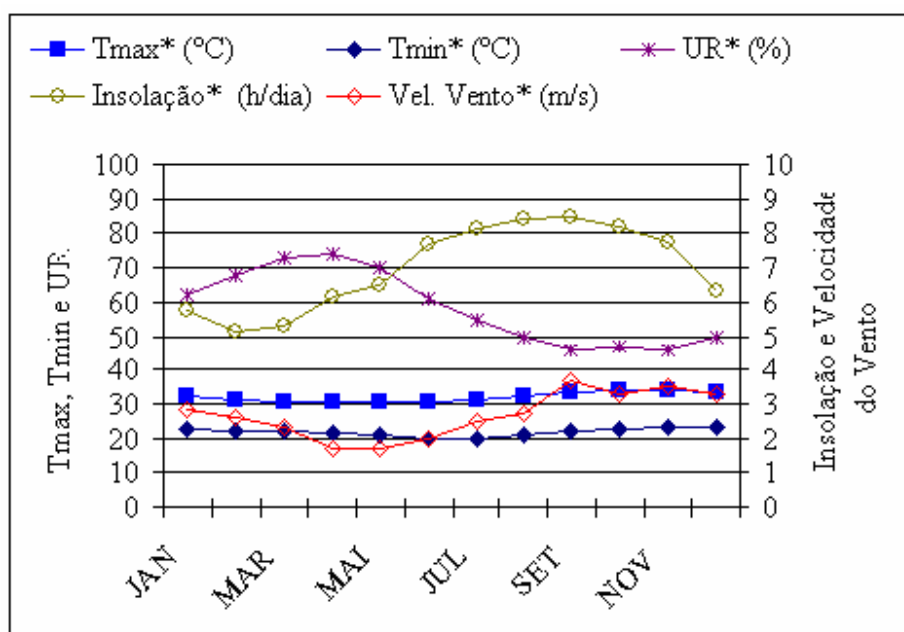


Figura 17. Variáveis climáticas de acordo com as médias mensais do município de Tauá no período de 1977 a 1986.

Os ventos exercem grande efeito na taxa de evaporação e nas reações transpiratórias das plantas, especialmente nos climas semi-áridos. A predominância dos ventos depende das condições gerais de circulação da atmosfera, as quais variam no tempo e no espaço, tendo em cada época do ano um comportamento diferenciado. A intensidade dos ventos varia de acordo com a estação do ano, apresentando valores crescentes no verão e decrescentes no inverno.

Observa-se uma variação inversa em relação às variações de velocidade média do vento e a umidade relativa média do ar, o que, no entanto, não denota a influência de um sobre o outro. Nota-se que as menores velocidades médias do vento ocorrem no período de inverno, e as maiores no verão, sendo registradas as maiores velocidades médias do vento nos municípios de Acaraú, Aracati e Pentecoste com os valores de 3,0 a 6,80 ms^{-1} , 2,90 a 5,90 ms^{-1} e 2,60 a 5,40 ms^{-1} , respectivamente; e os menores valores de 1,20 a 2,40 ms^{-1} , 1,30 a 2,90 ms^{-1} e 1,70 a 2,50 ms^{-1} para os municípios de Iguatu, Paraipaba e Guaramiranga.

Com relação à radiação solar global nas Tabelas 2B (APÊNDICE), e Figuras 18a e 18 b, observa-se que os municípios de Aracati, Barbalha, Morada Nova e Juazeiro do Norte, apresentam os maiores valores médios anual de radiação solar, sendo 213,29; 213,01; 212,55 e 211,75 $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$ respectivamente, apresentando ainda; as maiores médias anuais (17,77; 17,75; 17,71 e 17,65 $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$). Já os menores valores médios anual de radiação solar são verificados nos municípios de Guaramiranga e Iguatu, com 180,05 e 181,33 $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$, que também apresentam as menores médias anuais de 15,00 e 15,11 $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$.

Verifica-se também que os menores valores de radiação solar estão concentrados nos meses de dezembro a maio, sendo o valor mínimo de 12,53 $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$ no mês de março no município de Iguatu, e a partir de junho há uma ascensão pronunciada até o mês de novembro, em que o valor máximo de 19,97 $\text{MJm}^2\text{d}^{-1}$ ocorre em Juazeiro do Norte no mês de Agosto.

O parâmetro de precipitação que compõe o trabalho, não faz parte dos dados de entrada para o cálculo da evapotranspiração, é apresentado como informação complementar da região estudada. A caracterização pluviométrica destaca-se pela formação de

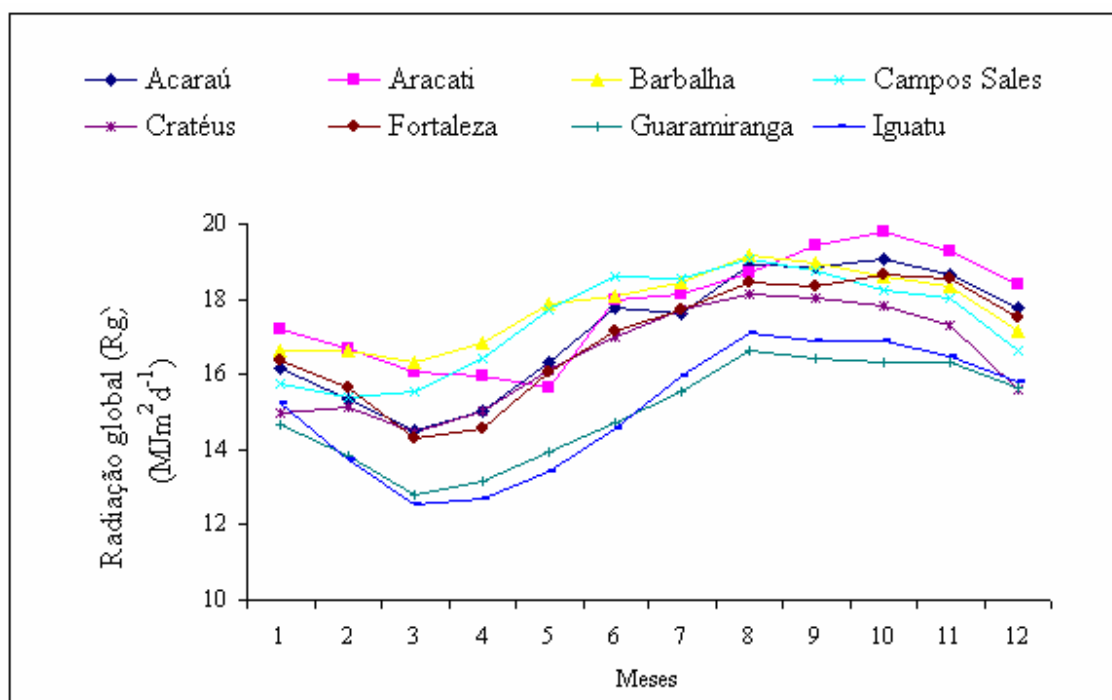


Figura 18a. Valores da radiação solar global dos municípios selecionados.

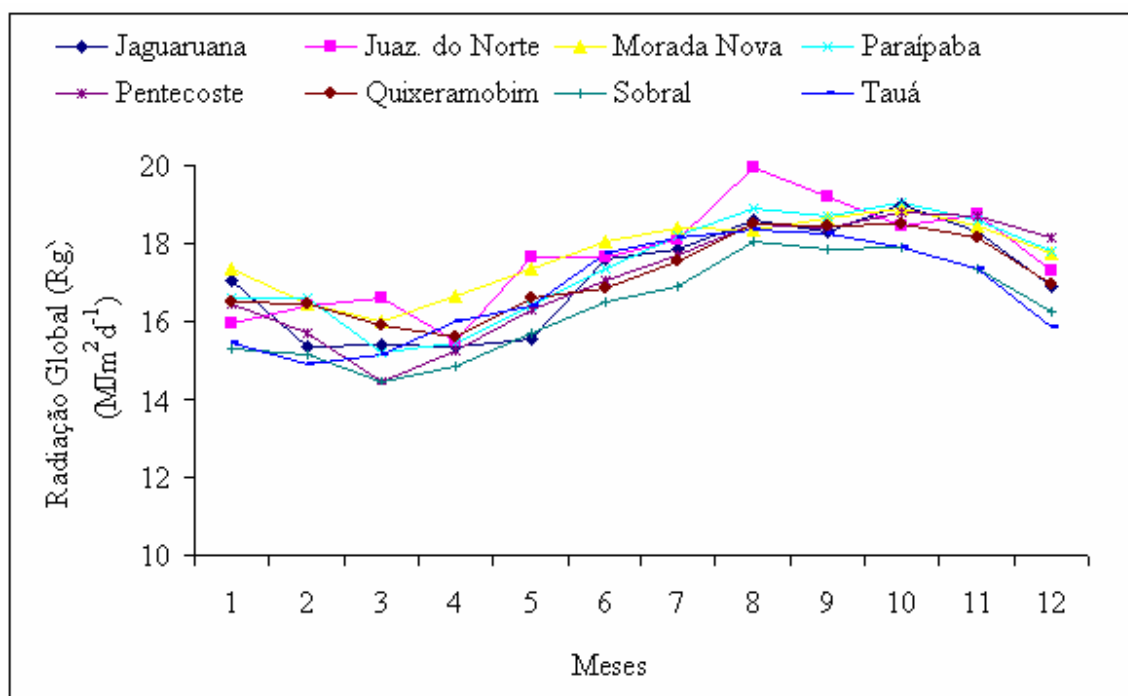


Figura 18b. Valores da radiação solar global dos municípios selecionados.

dois períodos bem distintos: o período de inverno ou da estação das chuvas e o período de verão, das secas ou sem chuva, que são de aproximadamente seis meses. Verifica-se que a precipitação média total anual está entre 544 e 1679mm, que ocorre nos municípios de Tauá-região que chove menos no Estado do Ceará e Guaramiranga-região serrana, de clima ameno, respectivamente. Observa-se pelos dados pluviométricos que em certos períodos do ano chove bem em uma certa região, e em outras localidades quase não chove, portanto, o que ocorre no Estado é que as chuvas são mal distribuídas, o que é caracterizado por períodos onde chove muito, que se concentra nos meses de março e abril, e praticamente não chove no restante do ano, que muitas vezes caracteriza um período de seca de seis a oito meses, onde à medida que se caminha para o interior do Estado, esta estação e situação de seca é mais castigante.

O caráter errático da precipitação condiciona, juntamente com certas características e propriedades físico-químicas do solo, da planta e do clima, o aparecimento de deficiências hídricas mesmo durante o período chuvoso, caráter este que fortifica a adoção de técnicas corretas de irrigação, que devem ser embasadas em estimativas corretas da evapotranspiração de referência regional e a nível local.

6.2 Análises comparativas da evapotranspiração de referência local

Uma outra avaliação foi realizada, com o propósito de identificar uma ou mais equações alternativas para a estimativa de evapotranspiração de referência, para os casos em que há pouca disponibilidade de dados meteorológicos, fato muito comum em localidades próximas às regiões do estudo. Para essa avaliação, selecionou-se, as seguintes equações ou métodos: Penman-Monteith (FAO-56), Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972), Thornthwaite (1948), Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983).

Os valores de evapotranspiração de referência foram comparados com os dados obtidos pela equação de Penman-Monteith (FAO-56).

6.2.1 Região de Acaraú

Na Tabela 3B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} para o município de Acaraú no período de 1976 a 1988.

Verifica-se na Tabela 3B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Makkink (1957) e Priestley & Taylor (1972), com 4,97 e 4,90 mm dia^{-1} , respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,79; 5,76 e 5,74 mm dia^{-1} para as equações de Priestley & Taylor (1972), Makkink (1957) e Jensen-Haise (1963), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,26; 5,34 e 5,36 mm dia^{-1} para os métodos de Jensen-Haise (1963), Priestley & Taylor (1972) e Makkink (1957). O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,19; 2,11 e 2,15 mm dia^{-1} , respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados pelas equações de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), Radiação (FAO-24) e Penman-Monteith (FAO-56) com os valores de 0,82; 0,75; e 0,65, respectivamente para o desvio padrão e 20,49; 16,58; e 14,02%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977) e Kharrufa (1985) (0,09 e 0,10, respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Kharufa (1985) e Camargo (1971) (2,47 e 3,42%, respectivamente) (TABELA 3B).

Na Figura 19A, pode-se verificar que os métodos de Jensen-Haise (1963), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, já os métodos de Hargreaves (1974), Thornthwaite (1948) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) no até o mês de maio, e subestimam Penman-Monteith (FAO-56) no restante do ano. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley & Taylor (1972), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 2,0 a 6,0 mm dia^{-1} .

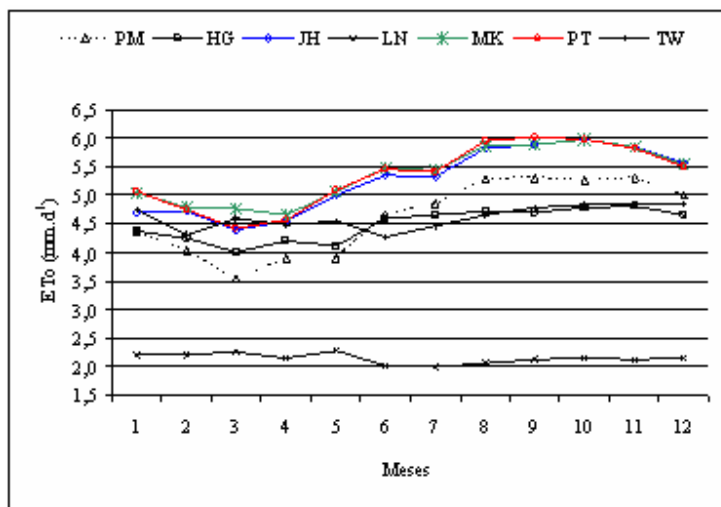


Figura 19A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Acaraú.

Observou-se que, na Figura 19B, os métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano, com exceção ao mês de março, onde há uma pequena superestimativa. Os métodos de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) subestima e o de Benavides & Lopez (1970) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano. Os métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) até maio e subestimam o restante do ano. Já o método de Radiação (FAO-24) subestima ao método de Penman-Monteith (FAO-56) de dezembro até o mês de julho e superestima de agosto a novembro. Também se verifica que os métodos de Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56). Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,80 a 5,73 mm dia⁻¹.

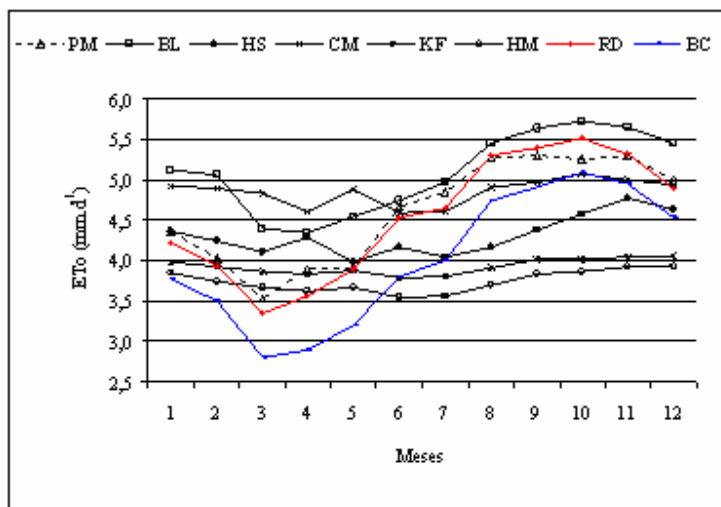


Figura 19B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Acaraú.

6.2.2 Região de Aracati

Na Tabela 4B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.d^{-1} para o município de Aracati no período de 1958 a 1968.

Verifica-se na Tabela 4B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970), com 5,05 e 5,13 mm.d^{-1} , respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,74; 5,55 mm.d^{-1} para as equações de Makkink (1957) e Priestley & Taylor (1972), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,39; 5,13; 5,12 e 5,11 mm.d^{-1} para os métodos de Makkink (1957), Jensen-Haise (1963), Priestley & Taylor (1972) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,02; 2,04 e 2,03 mm.d^{-1} , respectivamente).

Os maiores valores médios de desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados pelas equações de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), Radiação (FAO-24) e Priestley & Taylor (1972) com os valores de 0,64; 0,58 e 0,53, respectivamente para o desvio padrão e 14,81; 12,13 e 10,39%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os

menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Kharrufa (1985) e Linacre (1977) (0,10 e 0,10; respectivamente), e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Kharrufa (1985) e Camargo (1971) (2,70 e 3,18%, respectivamente) (Tabela 4B).

Na Figura 20A, pode-se verificar que os métodos de Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley & Taylor (1972) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, já o método de Hargreaves (1974) superestima de fevereiro a junho e subestima o restante do ano. O método de Thornthwaite superestima (FAO-56) nos meses de janeiro, março, abril e maio, e subestima de junho a dezembro e fevereiro. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Makkink (1957) e Jensen-Haise (1963) seguem a tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), mantendo afastamento e divergindo sua tendência no final da curva. Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 1,88 a 6,0 mm dia⁻¹.

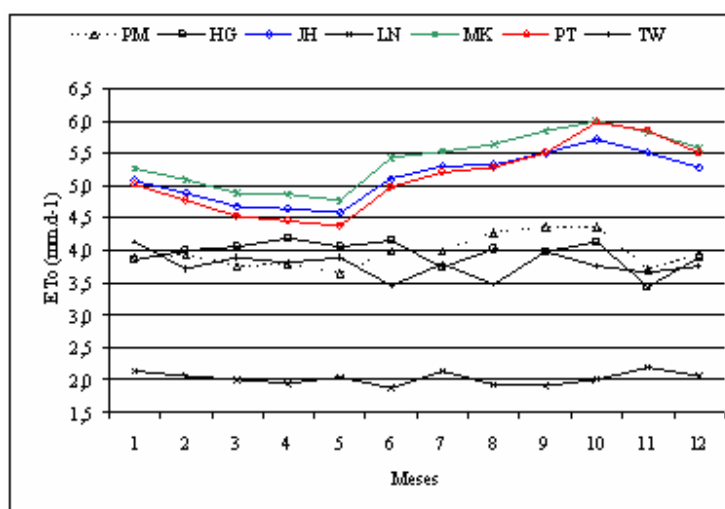


Figura 20A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Haise, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Aracati.

Observou-se na Figura 20B que os métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, já os métodos de Benavidez & Lopez (1970) e Radiação (FAO-24) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano. O método de Camargo (1971) superestima Penman-Monteith (FAO-56) de novembro até julho, e subestima de agosto a outubro. O método de Hargreaves-Samani (1985) superestima Penman-Monteith (FAO-56) no até o mês de abril, e subestima durante o restante do ano. Já o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) superestima Penman-Monteith (FAO-56) de julho até o mês de março e subestima de abril a junho. Também se verifica que a tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56), não apresenta bons seguidores de sua tendência. Os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FRVERT et al., 1983) estiveram estão entre 3,0 a 5,73 mm dia⁻¹.

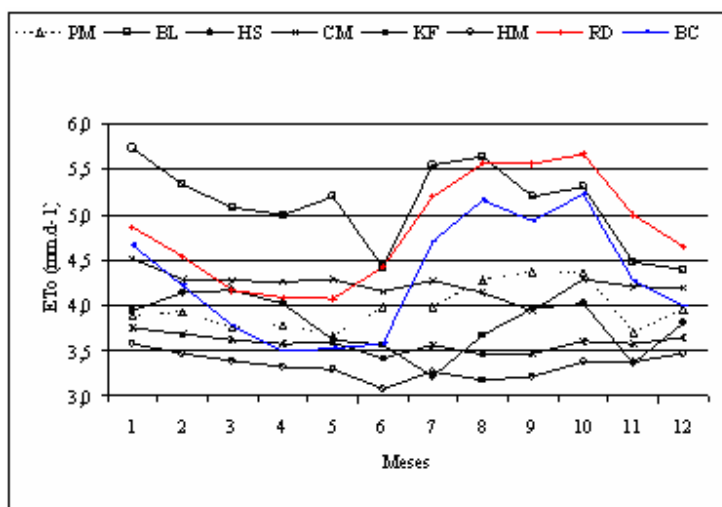


Figura 20B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Aracati.

6.2.3 Região de Barbalha

Na Tabela 5B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} para o município de Barbalha no período de 1979 a 1988.

Verifica-se na Tabela 5B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Makkink (1957) e Priestley & Taylor (1972) com 5,28 e 5,03 mm dia^{-1} , respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,64; 5,79 e 6,58 mm dia^{-1} para as equações de Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,53 e 5,73 mm dia^{-1} para os métodos de Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,01; 1,95 e 1,98 mm dia^{-1}).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados pelas equações de Thornthwaite (1948), Benavides e Lopez (1970), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), e com os valores de 0,65; 1,04; 0,66 e 0,86, respectivamente para o desvio padrão e 18,21 e 20,66%, respectivamente para o coeficiente de variação nos métodos de Benavides & Lopez (1970) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983). Os menores valores de desvio padrão são apresentados pelas equações de Linacre (1977) e Kharrufa (1985) (0,12 e 0,30, respectivamente), e o menor valor de coeficiente de variação é constatada na equação de Makkink (1957) (5,82%) (Tabela 5B).

Na Figura 21A verificou-se que os métodos Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley & Taylor (1972) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo, já o método de Thornthwaite (1948) superestima de outubro a abril, e subestima-o de maio a setembro. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Makkink (1957) e Jensen-Haise (1963) seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 1,81 a 5,95 mm dia^{-1} .

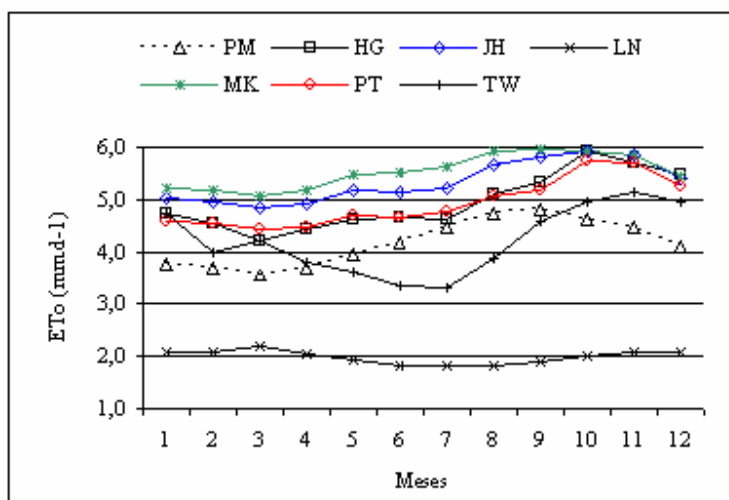


Figura 21A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Barbalha.

Observou-se, na Figura 21B, que os métodos de Benavides & Lopez (1970) e Radiação (FAO-24) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano. Os métodos Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) de setembro até junho, e subestimam de julho e agosto. O método Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam Penman-Monteith (FAO-56) de abril a novembro, e superestimam de dezembro a março. Já o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) subestima Penman-Monteith (FAO-56) de janeiro até o mês de julho e superestima-o de agosto a dezembro. Também se verifica que os métodos de Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), seguem melhor a tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56). Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961) e Radiação (FAO-24) estão entre 3,0 a 7,40 mm dia⁻¹.

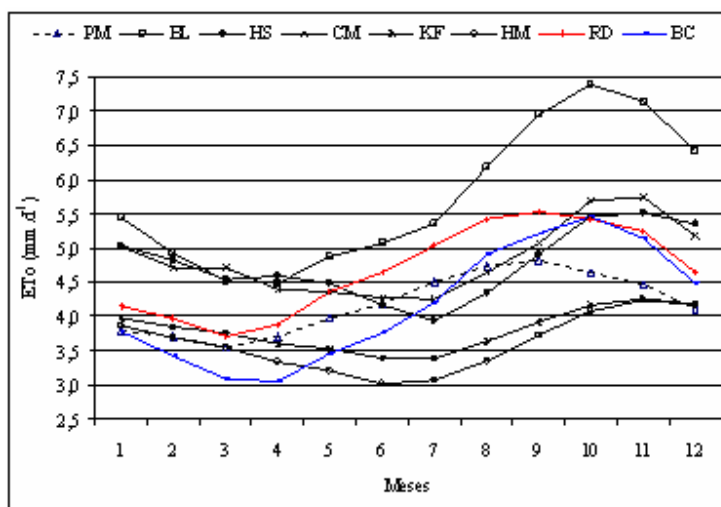


Figura 21B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Barbalha.

6.2.4 Região de Campos Sales

Na Tabela 6B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia^{-1} para o município de Campos Sales no período de 1978 a 1987.

Verifica-se na Tabela 6B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Jensen-Haise (1963), Benavides & Lopez (1970) e Makkink (1957), com 4,73; 4,74 e 5,10 mm.dia^{-1} . No verão os maiores valores médios são 5,69 e 6,42 mm.dia^{-1} para as equações de Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970) e as maiores médias anuais são 5,39 e 5,58 mm.dia^{-1} nos métodos de Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970). O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual de 1,96; 1,98 e 1,97 mm.dia^{-1} .

Os maiores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados pelas equações de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970), com valores de 0,99 e 1,03, respectivamente para o desvio padrão e 22,46; 18,41% respectivamente para coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977) e Kharrufa (1985) (0,12 e 0,30, respectivamente),

e o menor valor de coeficiente de variação é constatado na equação de Linacre (1977) (5,91%) (Tabela 6B).

Na Figura 22A, verifica-se que os métodos de Thorthwaite (1948) e Linacre (1977) subestimam a Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo, já os métodos de Jensen-Haise (1963) e Makkink (1957) superestimam o ano todo. O método da Priestley & Taylor (1972) superestima e subestima a Penman-Monteith (FAO-56) seis meses no ano, sendo: março, maio, julho, outubro, novembro e dezembro, respectivamente para superestimativa, e nos meses de janeiro, fevereiro, abril, junho, agosto e setembro, respectivamente para subestimativa. O método de Hargreaves (1974) superestima de outubro até o mês de maio e subestima de junho até setembro. Observa-se ainda, que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 1,77 a 5,88 mm dia⁻¹.

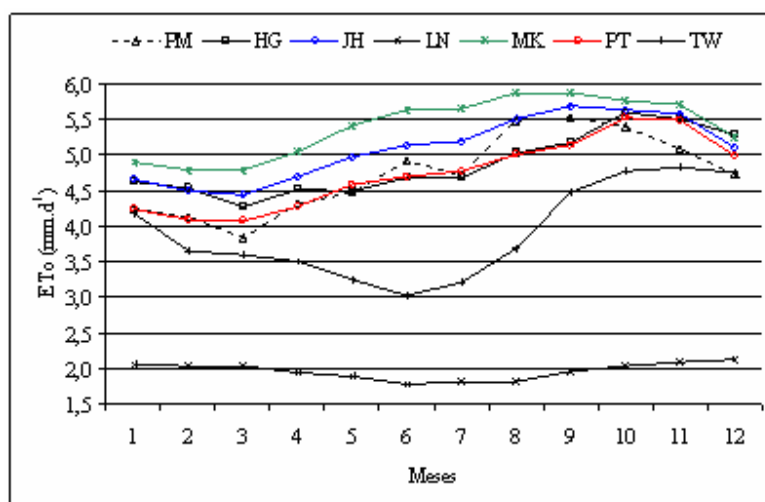


Figura 22A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Campos Sales.

Observou-se, na Figura 22B, que os métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam a Penman-Monteith (FAO-56) e Benavides & Lopez (1970) superestimam o ano inteiro. O método Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) subestima de janeiro até agosto, e superestima do mês de setembro até dezembro, já o método de Radiação (FAO-24) subestima de janeiro até abril, e superestima Penman-Monteith (FAO-56) o restante do ano. Camargo (1971) e Hargreaves-Samani (1985) superestimam ao método Penman-Monteith (FAO-56) de novembro até o mês de abril e subestimam de maio até outubro. Também se verifica que os métodos de Radiação (FAO-24), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970) têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56). Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavidez & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961) e Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,86 a 7,18mm dia⁻¹.

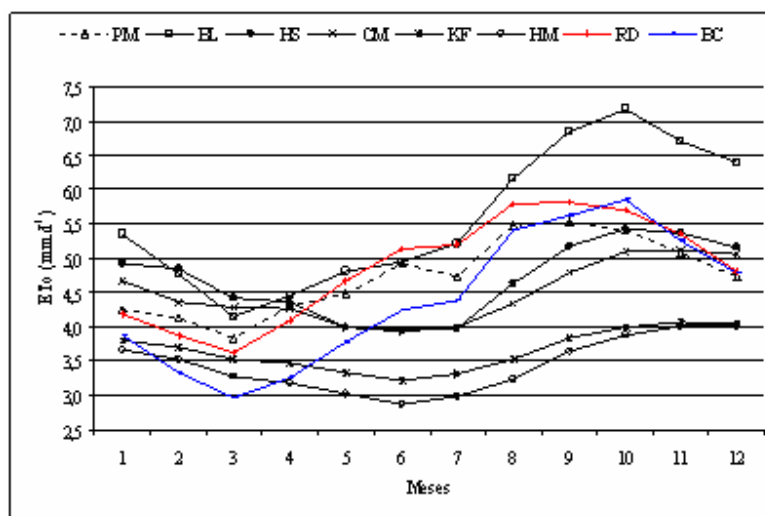


Figura 22B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Campos Sales.

6.2.5 Região de Cratêus

Na Tabela 7B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} para o município de Cratêus no período de 1979 a 1988.

Verifica-se na Tabela 7B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Camargo (1971) e Benavides & Lopez (1970) com 4,93 e 5,39 mm.dia^{-1} . No verão os maiores valores médios são 5,61; 5,62 e 7,70 mm dia^{-1} para as equações de Jensen-Haise (1963), Hargreaves (1974) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. A maior média anual é 6,55 mmdia^{-1} para o método de Benavides & Lopez (1970). O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,09; 2,07 e 2,08 mmdia^{-1}).

Os maiores valores médios de desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados pelas equações de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides e Lopez (1970) com os valores de 1,15 e 1,42 respectivamente para o desvio padrão e 25,73 e 21,65%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são constatados na equação de Linacre (1977) (0,13 e 6,36) (Tabela 7B).

Na Figura 23A, verifica-se que os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro. O método de Thornthwaite (1948) superestima Penman-Monteith (FAO-56) do mês de novembro até abril, tem valor igual ao Penman-Monteith (FAO-56) no mês de maio, e subestima de junho até outubro. O método Priestley & Taylor (1972) superestima Penman-Monteith (FAO-56) nos meses de fevereiro até junho, e de outubro até dezembro, subestima nos meses de janeiro, julho e agosto, apresentando valor igual ao método padrão no mês de setembro. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos Jensen-Haise (1963), Hargreaves (1974) Priestley & Taylor (1972) e Makkink (1957) seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 1,86 a 5,92 mm dia^{-1} .

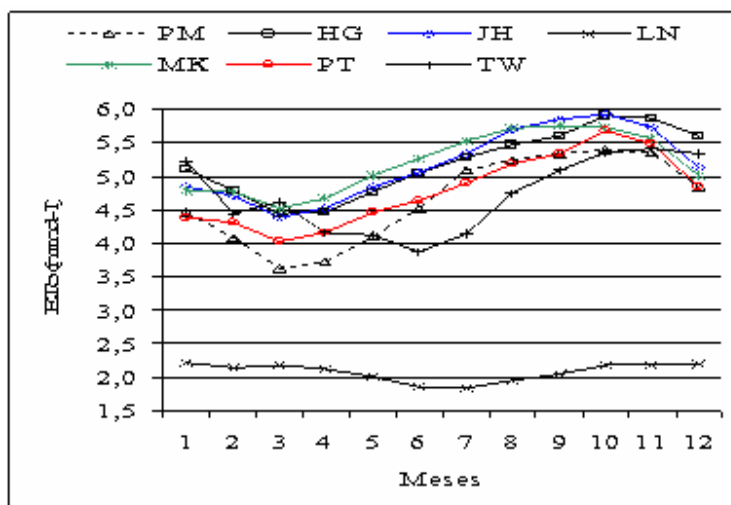


Figura 23A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Cratêus.

Observou-se, na Figura 23B, que o método de Benavides & Lopez (1970) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Os métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) de setembro até o mês de maio, e subestimam de junho até agosto. Os métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam Penman-Monteith (FAO-56) de maio e abril até o mês de fevereiro, superestimam nos meses de março e abril, respectivamente, já o método Radiação (FAO-24) superestima Penman-Monteith (FAO-98) de junho até o mês de novembro e subestima de dezembro até maio. O método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) subestima Penman-Monteith (FAO-56) de janeiro até o mês de julho e superestima de agosto até dezembro. Também se verifica que os métodos Radiação (FAO-24), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970), têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56), sendo que a equação de Benavides & Lopez (1970), mantém certo afastamento em relação à Penman-Monteith (FAO-56). Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,86 a 8,51mm dia⁻¹.

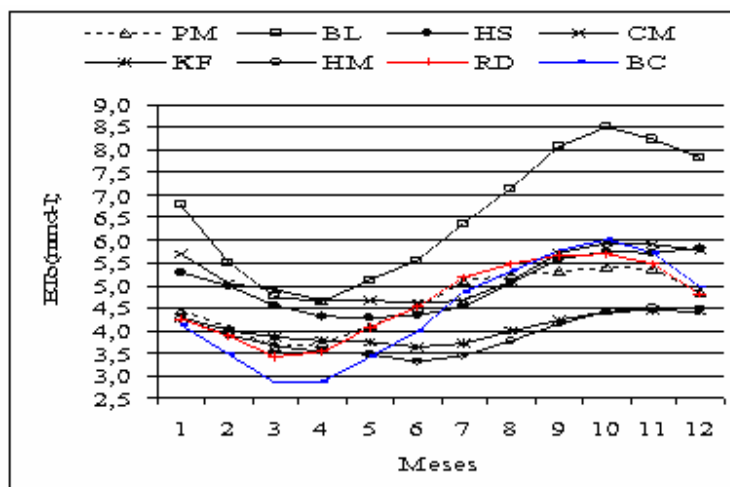


Figura 23B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Cratêus.

6.2.6 Região de Fortaleza

A Tabela 8B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} para o município de Fortaleza no período de 1966 a 1999.

Verifica-se na Tabela 8B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Jensen-Haise (1963), Camargo (1971) e Makkink (1957), com 4,80; 4,85 e 4,87 mm dia^{-1} , respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,61; 5,62 e 5,66 mm dia^{-1} para as equações de Jensen-Haise (1963), Priestley & Taylor (1972) e Makkink (1957), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,14; 5,20 e 5,27 mm dia^{-1} para os métodos de Priestley & Taylor (1972), Jensen-Haise (1963) e Makkink (1957). O método de Linacre apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,32; 2,31 e 2,31 mm dia^{-1}).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados pelas equações de Priestley & Taylor (1972), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), com os valores de 0,59; 0,62 e 0,62, respectivamente para desvio padrão e 11,58; 14,46 e 17,06, respectivamente para o coeficiente de variação. Os

menores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados nas equações de Linacre (1977), Kharrufa (1985) e Hargreaves (1974) com 0,10; 0,15 e 0,17; respectivamente para o desvio padrão, e nos métodos Kharrufa (1985), Linacre (1977) e Hargreaves (1974) com 3,85; 4,24 e 4,34 % respectivamente para o coeficiente de variação (Tabela 8B).

Na Figura 24A, verifica-se que os métodos Jensen-Haise (1963), Makkink (1957), Priestley Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, já o método de Hargreaves (1974) superestima Penman-Monteith (FAO-56) no até o mês de junho, e subestima de julho até dezembro. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley Taylor (1972), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), já o método de Hargreaves apresenta essa tendência um pouco modificada. Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 2,15 a 5,94 mm dia⁻¹.

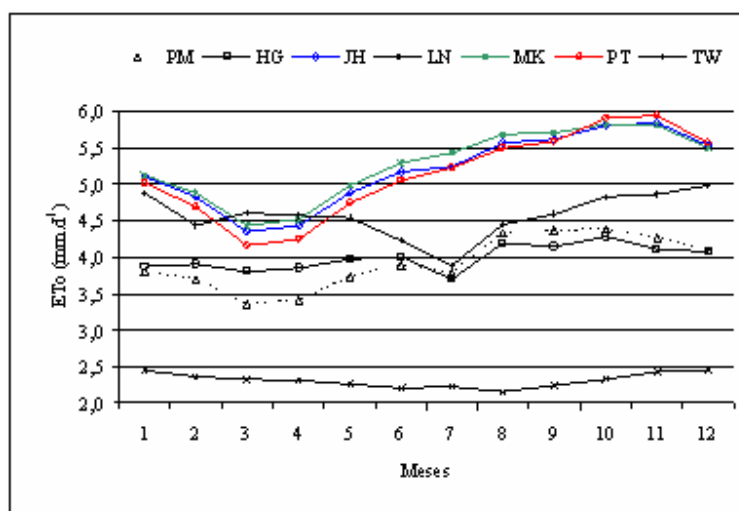


Figura 24A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Fortaleza.

Observou-se, na Figura 24B, que os métodos de Benavides & Lopez (1970) e Camargo (1971) superestimam ao método Penman-Monteith (FAO-56) o ano, todo. O método de Blaney-Criddle subestima à Penman-Monteith (FAO-56) no até o mês de setembro e dezembro, superestimando nos meses de outubro e novembro. O método de Radiação (FAO-24) superestima de maio a fevereiro, subestimando apenas em dois meses do ano, março e abril. Os métodos Hamon (1961) e Hargreaves-Samani (1985) subestimam à Penman-Monteith (FAO-56) de maio até o mês de dezembro, respectivamente, sendo que Hargreaves-Samani (1985) volta a subestimar no mês de fevereiro, e superestimam qnos meses de janeiro, março e abril, respectivamente. O método de Kharrufa superestima de dezembro até o mês de maio, subestima de junho até novembro. Também se verifica que os métodos Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) têm a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), enquanto o método de Benavides & Lopez (1970), não tão bem quanto os outros dois métodos. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,70 a 5,51 mm dia⁻¹.

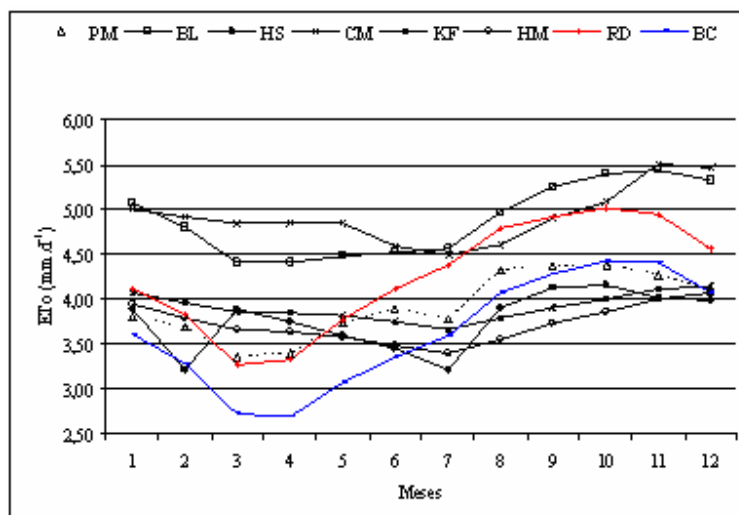


Figura 24B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Fortaleza.

6.2.7 Região de Guaramiranga

A Tabela 9B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} para o município de Guaramiranga no período de 1961 a 1988.

Verifica-se na Tabela 9B que os maiores e menores valores médios de inverno, verão e anual são apresentados pelos métodos de Makkink (1957), com 4,10; 4,80 e 4,45 mm dia^{-1} , respectivamente para os maiores valores médios, e 1,87; 2,45; 2,16 mm dia^{-1} e 2,05; 1,85; 1,95 mm dia^{-1} , respectivamente para os menores valores médios nos métodos de Blaney-Criddle. (FREVERT et al., 1983) e Linacre (1977).

Os maiores valores de desvio padrão são apresentadas pelas equações de Hargreaves (1974) e Hargreaves-Samani (1985) com os valores de 0,46 e 0,57; já os maiores valores de coeficiente de variação são apresentados por Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Hargreaves-Samani (1985) com 15,89 e 16,77%. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977), Camargo (1971) e Kharrufa (1985) (0,11; 0,12 e 0,17, respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Camargo (1971), Linacre (1977) e Kharufa (1985) (3,71; 5,58 e 5,95% respectivamente) (Tabela 9B).

Na Figura 25A, verifica-se os métodos de Linacre (1977) e Thornthwaite (1948) subestimam à Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo, enquanto os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley-Taylor (1972) superestimam o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Jensen-Haise (1963), Priestley Taylor (1972), Makkink (1957) e Hargreaves (1974) seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), enquanto o método de Linacre (1977) mostra certa semelhança com a curva padrão no primeiro semestre, convergindo em sentido contrário no segundo semestre. Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 1,80 a 4,88 mm dia^{-1} .

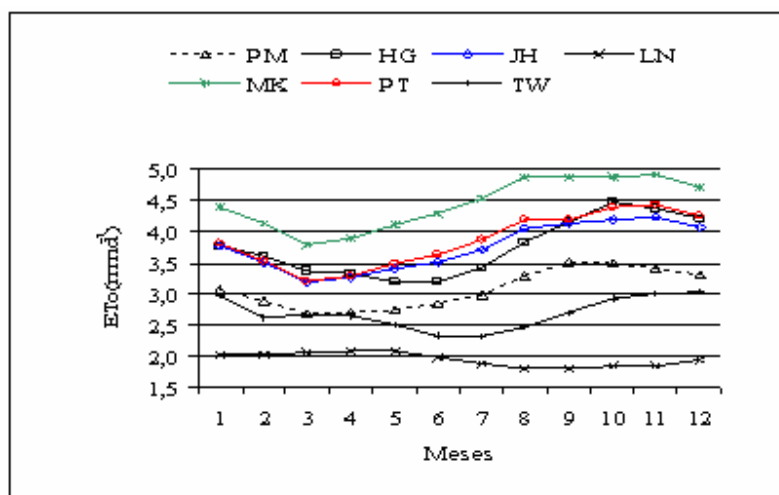


Figura 25A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Guaramiranga.

Observou-se na Figura 25B, que o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Hamon (1961) subestimam à Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. O método de Benavides & Lopez (1970) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) somente no mês de janeiro, subestimando o restante do ano. O método da Radiação (FAO-24) subestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de janeiro a maio, superestimando o restante do ano. O método de Hargreaves-Samani (1985) superestima de agosto até o mês de maio, subestimando nos meses de junho e julho. O método de Camargo (1971) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de novembro a julho, subestimando nos meses de agosto, setembro e outubro, já o método de Kharrufa (1985) superestima Penman-Monteith (FAO-56) no até o mês de maio, subestimando de junho a dezembro. Observa-se ainda, que os métodos de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), Radiação (FAO-24), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961) e Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 1,67 a 4,35 mm dia⁻¹.

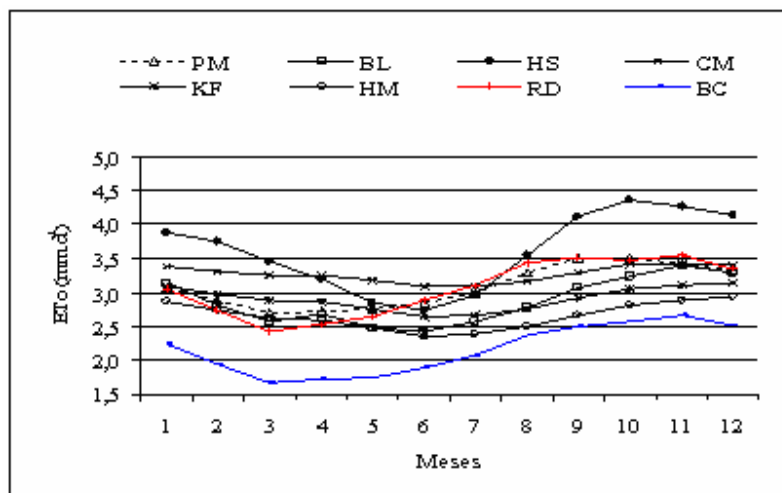


Figura 25B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Guaramiranga.

6.2.8 Região de Iguatu

Na Tabela 10B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm dia^{-1} para o município de Iguatu no período de 1961 a 1990.

Verifica-se na Tabela 10B que os maiores valores médios de inverno, verão e anual são apresentados pelos métodos de Camargo (1971) e Benavides & Lopez (1970) com 5,33; 5,59; 5,46 mm dia^{-1} ; e 5,74; 7,31; 6,53 mm dia^{-1} , respectivamente. Os menores valores médios de inverno e anual são constatados nas equações de Linacre (1977) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) (2,18; 2,10 e 3,04; 3,86, respectivamente), e os menores valores médios de verão são apresentados nas equações de Linacre (1977) e Hamon (1961) e (2,02 e 4,17, respectivamente).

Os maiores valores médios de desvio padrão são apresentados pelas equações de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970) com os valores de 1,00 e 1,13, respectivamente, e 19,48 e 25,91% para o coeficiente de variação nos métodos de Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), respectivamente. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977) e

Kharrufa (1985) e (0,19 e 0,34, respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Kharrufa (1985) e Thornthwaite (1948) e (8,10 e 8,87%, respectivamente) (Tabela 10B).

Na Figura 26A verifica-se que apenas o método de Linacre (1977) subestima ao método padrão de Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo; enquanto os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thornthwaite (1948), superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos Makkink (1957), Jensen-Haise (1963), Priestley & Taylor (1972) e Hargreaves (1974), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 1,87 e 6,0 mm dia⁻¹.

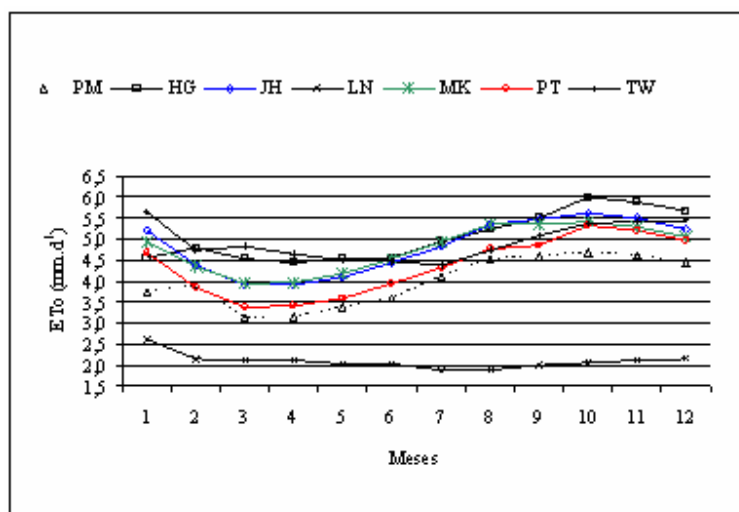


Figura 26A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Iguatu.

Observou-se na Figura 26B que os métodos de Benavides & Lopez (1970), Camargo (1971) e Hargreaves-Samani (1985) superestimam ao método Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. O método de Hamon (1961) superestima Penman-Monteith (FAO-56) de dezembro até o mês de maio e subestima de junho a novembro, já o método de Kharrufa (1985) superestima de dezembro até o mês de junho, e subestima de julho a

novembro. O método de Radiação (FAO-24) superestima ao Penman-Monteith (FAO-56) de junho a janeiro, subestimando-o de fevereiro a maio, enquanto o método Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de junho a janeiro, subestimando de fevereiro a maio. Também se verifica que os métodos de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), Radiação (FAO-24) têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56), enquanto que, os métodos de Benavides & Lopez (1970) e Hargreaves-Samani (1985) apresentam afastamento e distorção, respectivamente, em relação à tendência da curva padrão. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,42 a 8,0 mm dia⁻¹.

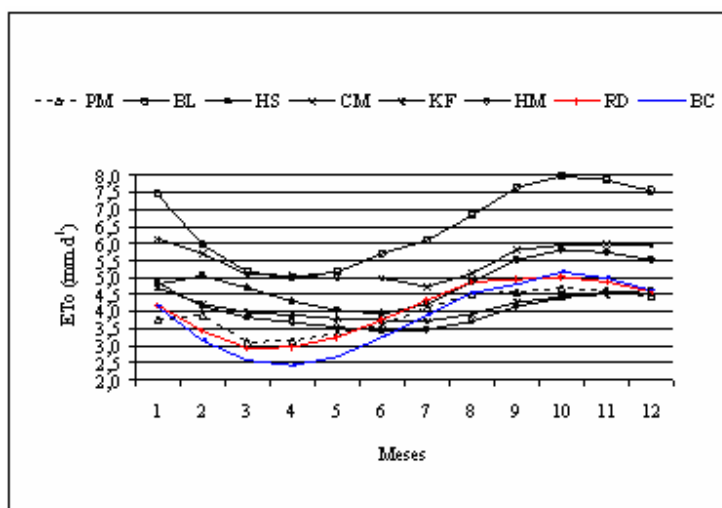


Figura 26B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Iguatu.

6.2.9 Região de Jaguaruana

A Tabela 11B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Jaguaruana no período de 1979 a 1988.

Verifica-se na Tabela 11B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Jensen-Haise (1963), Benavides & Lopez (1970) e Camargo (1971) e com 5,12; 5,29 e 5,52 mm dia⁻¹, respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,72; 5,80 e 5,95 mm dia⁻¹ para as equações de Makkink (1957), Jensen-Haise (1963) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,62; 5,49 e 5,46 mm dia⁻¹ para os métodos de Jensen-Haise (1963), Camargo (1971) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,23; 2,01 e 2,12 mm dia⁻¹, respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão são apresentados pelas equações de Radiação (FAO 24), Penman-Monteith (FAO-56) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) com os valores de e 0,63; 0,72 e 0,73, respectivamente para o desvio padrão e 14,01; 15,04 e 17,78%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977), Kharrufa (1985) e Thornthwaite (1948) e (0,16; 0,21 e 0,25; respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Kharrufa (1985), Thornthwaite (1948) e Camargo (1971) (4,97; 5,17 e 5,82%, respectivamente) (Tabela 11B).

Na Figura 27A, verifica-se que os métodos de Jensen-Haise (1963) e Makkink (1957), superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, já o método de Priestley & Taylor (1972) superestima Penman-Monteith (FAO-56) praticamente o ano todo, com exceção ao mês de setembro, onde há uma repentina subestimativa. Os métodos Thornthwaite (1948) e Hargreaves (1974) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) de dezembro a junho e dezembro a agosto, respectivamente, subestimando de julho a novembro e de setembro a novembro, respectivamente. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Hargreaves (1974), Priestley & Taylor (1972), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de

evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise(1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 1,88 a 6,15 mm dia⁻¹.

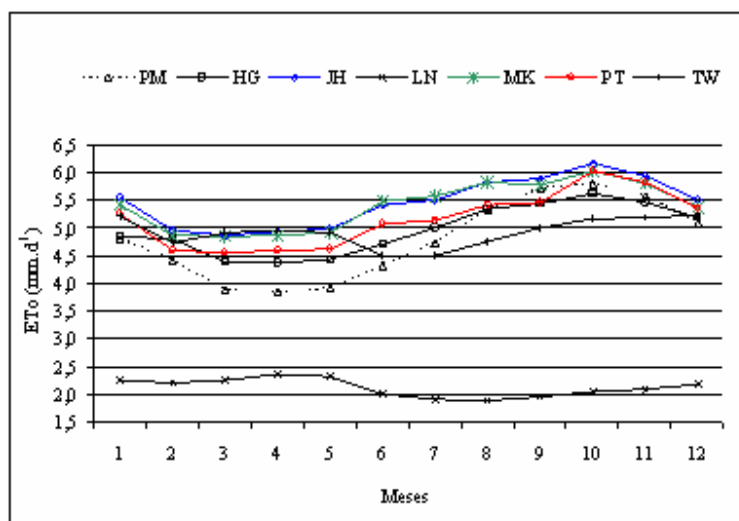


Figura 27A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Jaguaruana.

Observaou-se na Figura 27B que o método de Benavides & Lopez (FREVERT et al, 1983) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano. Os métodos de Camargo (1971) e Hargreaves-Samani (1985) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) de novembro até o mês de julho e de dezembro até o mês de agosto, respectivamente, subestimando de agosto até o mês de outubro e de setembro até o mês de novembro, respectivamente. O método Kharrufa (1985) subestima Penman-Monteith (FAO-56) de junho a fevereiro, superestimando nos meses de março, abril e maio. Já o método Hamom (1961) subestima a Penman-Monteith (FAO-56) de maio a fevereiro, superestimando apenas em dois meses no ano, março e abril. O método de Radiação (FAO-24) subestima Penman-Monteith(FAO-56), praticamente o ano todo, superestimando apenas uma vez no ano, no mês de junho, enquanto o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), subestima o ano todo. Também se verifica que os métodos de Radiação (FAO-24), Blaney-Criddle

(FREVERT et al., 1983), Hargreaves-Samani (1985) têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56), já o método de Benavides & Lopez (1970) divergiu desta tendência no primeiro semestre do ano, voltando a acompanhar no segundo semestre. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO 24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 3,10 a 6,26 mm dia⁻¹.

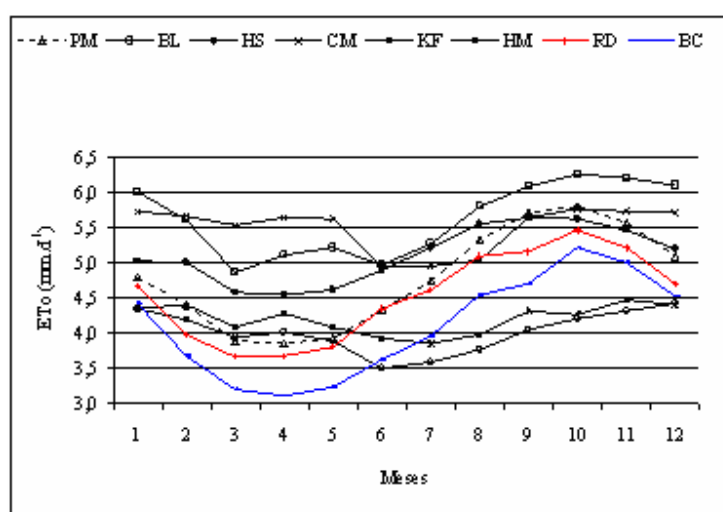


Figura 27B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Jaguaruana.

6.2.10 Região de Juazeiro do Norte

A Tabela 12B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Juazeiro do Norte no período de 1978 a 1987.

Verifica-se na Tabela 12B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Jensen-Haise (1963), Benavides & Lopez (1970) e Makkink (1957), com 4,84; 4,97 e 5,08 mm dia⁻¹, respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,56; 5,73 e 6,31 mm dia⁻¹ para as equações de Jensen-Haise (1963),

Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,20; 5,40 e 5,64 mm dia^{-1} para os métodos de Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (1,91; 1,84 e 1,87 mm dia^{-1} , respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficientes de variação são apresentados pelas equações Thornthwaite (1948), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970), com os valores de e 0,68; 0,84 e 0,92, respectivamente para o desvio padrão e 17,04; 16,32 e 20,02%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977) e Kharrufa (1985) e (0,14 e 0,32, respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Linacre (1977) e Makkink (1957) (7,62 e 7,71%, respectivamente) (Tabela 12B).

Na Figura 28A, verifica-se que os métodos de Hargreaves (1974), Priestley e Taylor (1972), Jensen-Haise (1963) e Makkink (1957), superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, já o método de Thornthwaite (1948) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de outubro a abril, e subestima nos meses de maio a setembro. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Makkink (1957) e Jensen-Haise (1963) seguem melhor a tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), enquanto os métodos de Hargreave (1974) e Priestley & Taylor (1972) apresentam um pouco de distorção em relação à tendência da curva. Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley e Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 1,64 a 6,0 mm dia^{-1} .

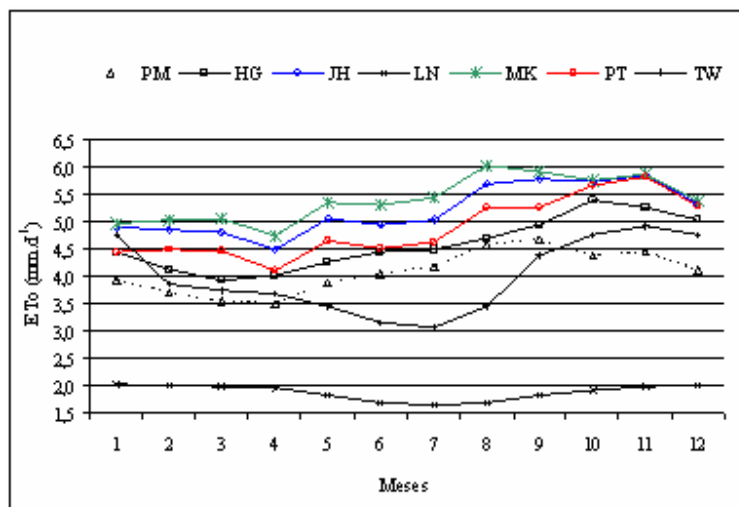


Figura 28A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Juazeiro do Norte.

Observaou-se na Figura 28B que os métodos de Benavides & Lopez (1970) e Radiação (FAO 24), superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano. Os métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) de setembro a abril, e de setembro a maio, respectivamente, subestimando-o de maio a agosto, e nos meses de junho, julho e agosto, respectivamente. O método Kharrufa (1985) subestima Penman-Monteith (FAO-56) de maio a dezembro, superestimando de janeiro a abril. Já o método de Hamom (1961) subestima a Penman-Monteith (FAO-56) praticamente o ano todo, com exceção ao mês de janeiro, onde se iguala ao valor de Penman-Monteith (FAO-56). Já o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) de agosto a janeiro, subestimando de fevereiro a julho. Também se verifica que os métodos de Radiação (FAO-24), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), apresentam melhor a tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56), enquanto o método de Benavides & Lopez (1970) mostra essa tendência um pouco modificada. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,89 a 7,0 mm dia⁻¹.

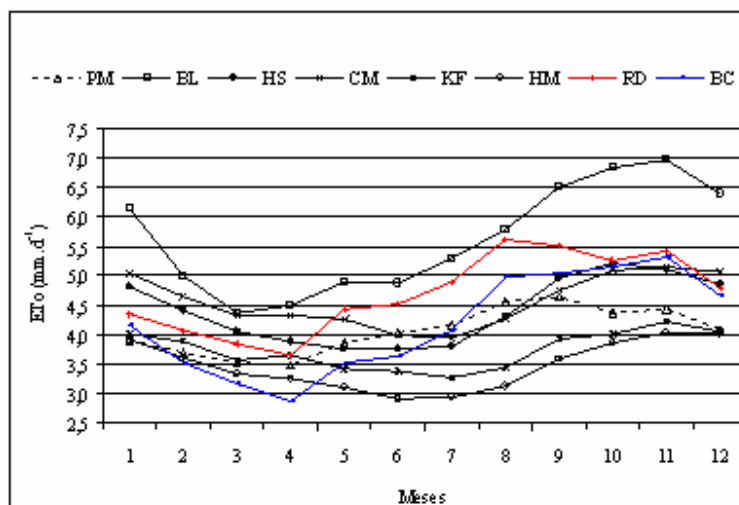


Figura 28B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Juazeiro do Norte.

6.2.11 Região de Morada Nova

A Tabela 13B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Morada Nova no período de 1961 a 1990.

Verifica-se na Tabela 13B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Makkink (1957), Jensen-Haise (1963) e Benavides & Lopez (1970), com 5,36; 5,37 e 5,45 mm dia⁻¹, respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,89; 5,96 e 6,51 mm dia⁻¹ para as equações de Jensen-Haise (1963), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,60; 5,63 e 5,98 mm dia⁻¹ para os métodos de Makkink (1957), Jensen-Haise (1963) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,10; 1,93 e 2,02 mm dia⁻¹, respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão são apresentados pelas equações Penman-Monteith (FAO-56), Benavides & Lopez (1970) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), com os valores de 0,73; 0,76 e 0,98, respectivamente, e para o coeficiente de variação temos 13,48; 14,47 e 19,21%, respectivamente nas equações de Hargreaves-Samani (1985),

Penman-Monteith (FAO-98) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983). Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977) e Kharrufa (1985) com (0,13 e 0,27; respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Makkink (1957) e Jensen-Haise (1963) com (6,26 e 5,38%, respectivamente) (Tabela 13B).

Na Figura 29A, verifica-se que os métodos Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Hargreaves (1974) superestimam Penman-Monteith (FAO-56) praticamente o ano inteiro, sendo que o método de Hargreaves (1974) subestima a Penman-Monteith (FAO-56) em setembro, e o método de Makkink se iguala ao de Penman-Monteith (FAO-56) no mês de novembro. Os métodos de Thornthwaite (1948) e Priestley-Taylor (1972) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) de fevereiro até o mês de maio, e julho, respectivamente; subestimando de junho a janeiro e de agosto a janeiro, respectivamente. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Priestley e Taylor (1972) e Makkink (1957) seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 1,81 a 6,24 mm dia⁻¹.

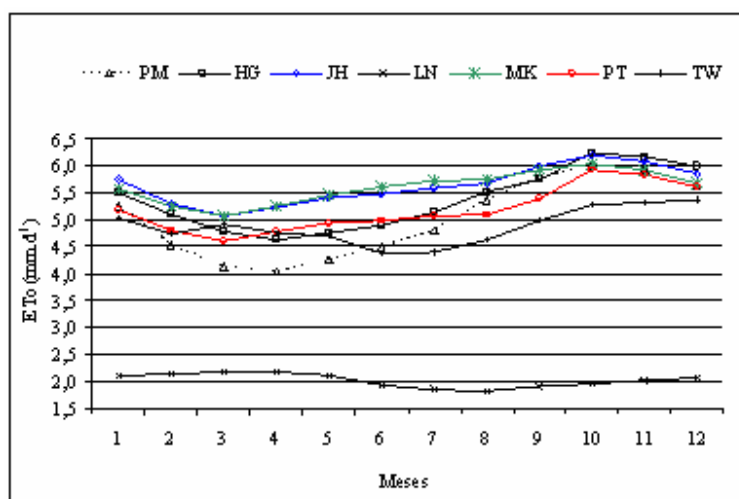


Figura 29A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Morada Nova.

Observou-se na Figura 29B que o método de Benavides & Lopez (1970) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. O método de Camargo (1971) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de dezembro a julho, subestimando de agosto a novembro, já Hargreaves-Samani (1985) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) de fevereiro até o mês de abril, e nos meses de outubro, novembro e dezembro, e subestima de maio até o mês de setembro e janeiro. O método de Radiação (FAO 24), superestima a Penman-Monteith (FAO-56) nos meses de fevereiro a agosto, e outubro, subestimando em janeiro, setembro, novembro e dezembro. Já o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) nos meses de julho a dezembro, e fevereiro, subestimando em janeiro, e de março a junho. Os métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam a Penman-Monteith (FAO-56) praticamente o ano todo, no entanto; o método de Kharrufa (1985) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) no mês de abril. Também se verifica que os métodos de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), Benavides & Lopez (1970) seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), enquanto Hargreaves-Samani (1985) e Radiação(FAO-24), apresentam certa deformação. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO 24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 3,40 a 7,0 mm dia⁻¹.

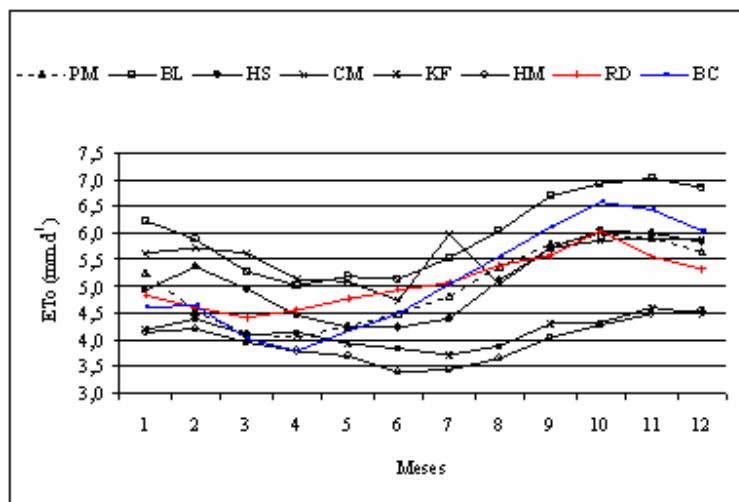


Figura 29B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Morada Nova.

6.2.12 Região de Paraipaba

A Tabela 14B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Paraipaba no período de 1975 a 1998.

Verifica-se na Tabela 14B que os maiores valores médios de inverno, verão e anual são apresentados pelos métodos de Jensen-Haise (1963) e Makkink (1957) com 5,00 e 5,06; 5,75; 5,78; 5,37 e 5,42 mm dia⁻¹, respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,10; 2,01 e 2,06 mm dia⁻¹, respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficientes de variação são apresentados pelas equações Priestley-Taylor (1972) e Radiação (FAO 24) com os valores de 0,49 e 0,67, respectivamente para o desvio padrão, e 14,51 e 14,03% para os coeficiente de variação nas equações de Radiação (FAO 24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), respectivamente. Os menores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são observados nas equações de Linacre (1977) e Kharrufa (1985) (0,09 e 0,16, respectivamente para o desvio padrão e (4,25 e 3,94%, respectivamente para o coeficiente de variação) (Tabela 14B).

A Figura 30A mostra com bastante evidência que os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972) e Thorthwaite (1948), superestimam ao método de Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, havendo uma aproximação dos valores de Thorthwaite (1948) nos meses de junho a novembro, ao método padrão de Penman-Monteith. Já o método de Linacre (1977), é o único dos métodos que subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley-Taylor (1972), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 1,89 a 5,96 mm dia⁻¹.

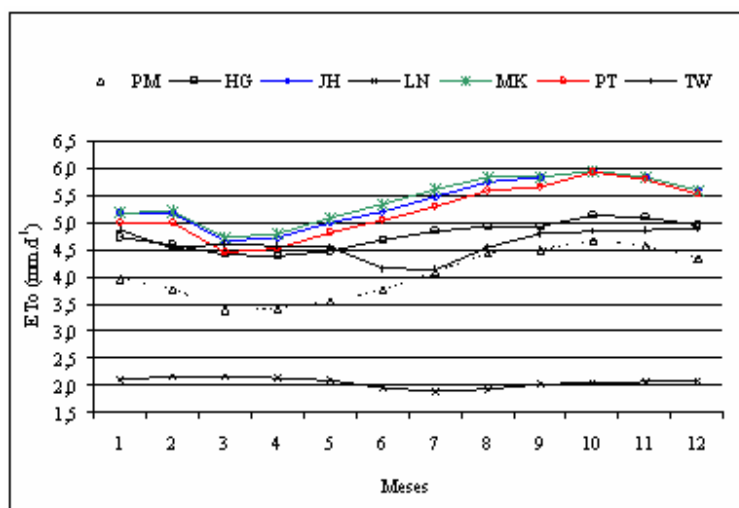


Figura 30A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Paraipaba.

Observa-se Figura 30B que os métodos de Camargo (1971), Hargreaves-Samani (1985) e Radiação (FAO 24), superestimam a Penman-Monteith (FAO-98) o ano todo, sendo que o método Radiação (FAO 24), mostra subestimativa no mês de janeiro. O método de Benavides & Lopez (1970) superestima ao método de Penman-Monteith (FAO-56) de novembro até o mês de junho, e setembro, subestimando nos meses de julho e agosto, e se iguala ao valor de Penman-Monteith (FAO-56) no mês de outubro. Os métodos

de Hamom (1961) e Kharrufa (1985) subestimam a Penman-Monteith (FAO-56) nos meses de junho e julho, respectivamente; até os meses de janeiro e dezembro, respectivamente, superestimando de fevereiro até o mês de maio, e de janeiro junho. Já o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), subestima ao método de Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Também se verifica que o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), segue a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), enquanto os métodos de Radiação (FAO 24) e Benavides & Lopez (1970), apresentam certa alteração nas tendências das curvas. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO 24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,45 a 6,0 mm dia⁻¹.

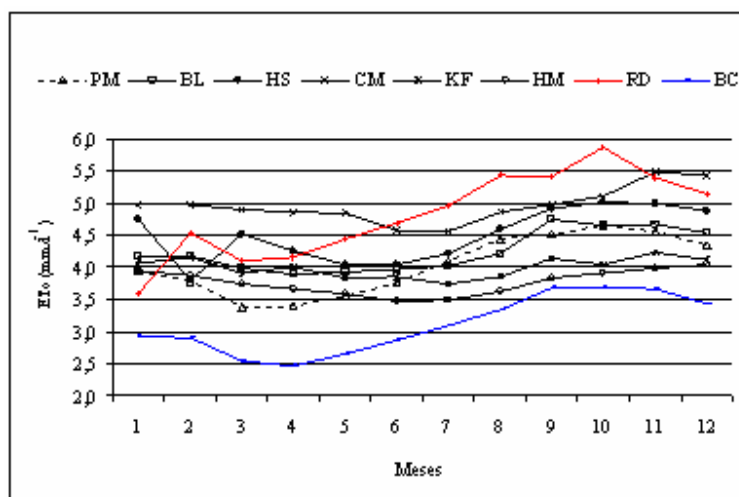


Figura 30B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Paraipaba.

6.2.13 Região de Pentecoste

A Tabela 15B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Pentecoste no período de 1970 a 1998.

Verifica-se na Tabela 15B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Jensen-Haise (1963), Hargreaves (1974) e Camargo (1971), com 5,10; 5,23 e 5,58 mm dia⁻¹, respectivamente. No verão os maiores valores médios são 6,02; 6,09 e 6,30 mm dia⁻¹ para as equações de Penman-Monteith (FAO-56), Jensen-Haise (1963) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,60; 5,62 e 5,65 mm dia⁻¹ para os métodos de Jensen-Haise (1963), Benavides & Lopez (1970) e Camargo (1971), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,16; 2,07 e 2,12 mm dia⁻¹, respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficientes de variação são apresentados pelas equações Penman-Monteith (FAO-56) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) com os valores de e 0,99 e 0,96; respectivamente para o desvio padrão e 18,78 e 23,53%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977) e Kharrufa (1985) com os valores de 0,07 e 0,24, respectivamente e 3,42 e 5,06% para os menores valores de coeficiente de variação nos métodos de Linacre (1977) e Camargo (1971), respectivamente (Tabela 15B).

Na Figura 31A, verifica-se que os métodos testados superestimam ao método de Penman-Monteith (FAO-56) na maior parte do ano; sendo que, essa superestimativa se prolonga no até o mês de agosto, para os métodos Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Priestley-Taylor (1972), e subestimam de setembro a dezembro, a exceção ao método de Makkink (1957), que o superestima de fevereiro a agosto, subestimando do mês de setembro a janeiro. Já o método de Thornthwaite (1948) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de fevereiro a junho, e subestimando de julho até o mês de dezembro, chegando a igualar ao valor de Penman-Monteith (FAO-56) nos meses de janeiro e fevereiro. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Priestley-Taylor (1972) e Makkink (1957) seguem a tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os

métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 2,0 a 6,59 mm dia⁻¹.

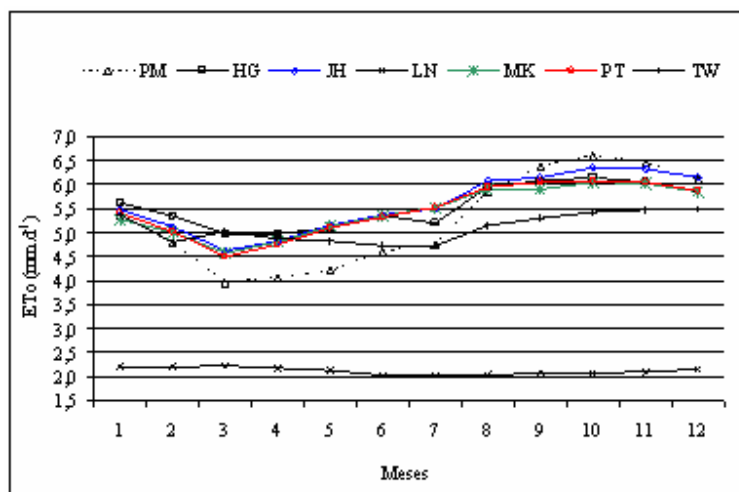


Figura 31A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Pentecoste.

Observa-se na Figura 31B que o método de Benavides & Lopez (1970) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano. O método de Camargo (1971) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) no até o mês de julho, subestimando de agosto a dezembro. O método de Hargreaves-Samani (1985) subestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de junho até dezembro, e no mes de fevereiro e março, superestimando nos meses de janeiro, março, abril e maio. O método de Kharrufa (1985) subestima a Penman-Monteith (FAO-56) de maio até o mês de fevereiro, superestimando nos meses de março e abril. Já o método Hamom (1961) subestima a Penman-Monteith (FAO-56) de abril a fevereiro, superestimando apenas no mês de março. O método de Radiação (FAO-24) subestima Penman-Monteith (FAO-56), do mês de agosto até fevereiro, superestimando de março até julho. O método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), subestima ao método padrão (FAO-56) o ano todo. Também se verifica que os métodos de Benavides & Lopez (1970), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56), já os métodos de Radiação (FAO-24), e Hargreaves-Samani (1985), tentam seguir a tendência da curva padrão; mas divergem em alguns pontos da curva.

Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO 24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,73 a 6,67 mm dia⁻¹.

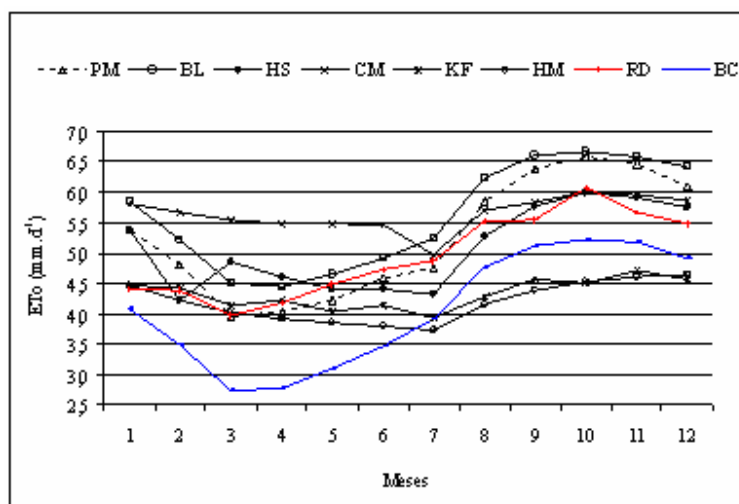


Figura 31B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Pentecoste.

6.2.14 Região de Quixeramobim

A Tabela 16B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Quixeramobim no período de 1961 a 1990.

Verifica-se na Tabela 16B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Jensen-Haise (1963), Camargo (1971) e Makkink (1957), com 5,03; 5,08 e 5,11 mm dia⁻¹, respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,71; 5,77 e 5,92 mm dia⁻¹ para as equações de Makkink (1957), Jensen-Haise (1963) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,32; 5,40 e 5,41 mm dia⁻¹ para os métodos de Camargo (1971), Jensen-Haise (1963) e Makkink (1957),

respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,23; 2,13 e 2,18 mm dia⁻¹, respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficientes de variação são apresentados pelas equações Penman-Monteith (FAO-56), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970) com os valores de e 0,84; 0,84 e 0,87, respectivamente para o desvio padrão e 22,19; 18,06 e 16,63%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Kharrufa (1985) e Linacre (1977) (0,11 e 0,31; respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Linacre (1977) e Makkink (1957) (4,85 e 6,66%, respectivamente) (Tabela 16B).

Na Figura 32A, verifica-se que os métodos Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley-Taylor (1972), superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, sendo que o método de Priestley e Taylor (1972), apresenta subestimativa no mês de setembro. Os métodos de Thornthwaite (1948) e Hargreaves (1974) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) de janeiro até o mês de maio, e de dezembro até julho, respectivamente; e subestimam nos meses de junho a dezembro, e de agosto a novembro, respectivamente. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Priestley-Taylor (1972) e Makkink (1957) seguem a tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley & Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 1,99 a 6,06 mm dia⁻¹.

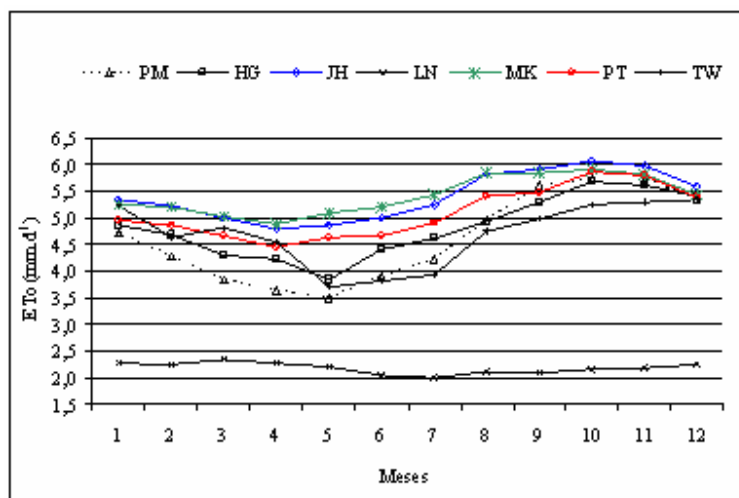


Figura 32A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Quixeramobim.

Observa-se na Figura 32B, que os métodos de Camargo (1971) e Benavides & Lopez (FREVERT et al, 1983), superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. O método de Hargreaves-Samani (1985) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de dezembro até o mês de abril, subestimando de maio até o mês de novembro. O método de Radiação (FAO-24), superestima a Penman-Monteith (FAO-56) nos meses de fevereiro até o mês de agosto, e outubro, subestimando nos meses de setembro, novembro até o mês de janeiro. O método de Kharrufa (1985) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) de fevereiro até o mês de maio, subestimando de junho até janeiro. Já o método de Hamom (1961) superestima ao método padrão de Penman-Monteith (FAO-56) em apenas dois meses do ano, março e abril, subestimando no restante do ano. O método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) subestima ao método de Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Também se verifica que os métodos de Benavides & Lopez (1970), Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Hargreaves-Samani (1985), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), enquanto Radiação (FAO-24) e Camargo (1971), apresentam certa deformação em relação à curva padrão. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al, 1983) estão entre 2,66 a 6,31 mm dia⁻¹.

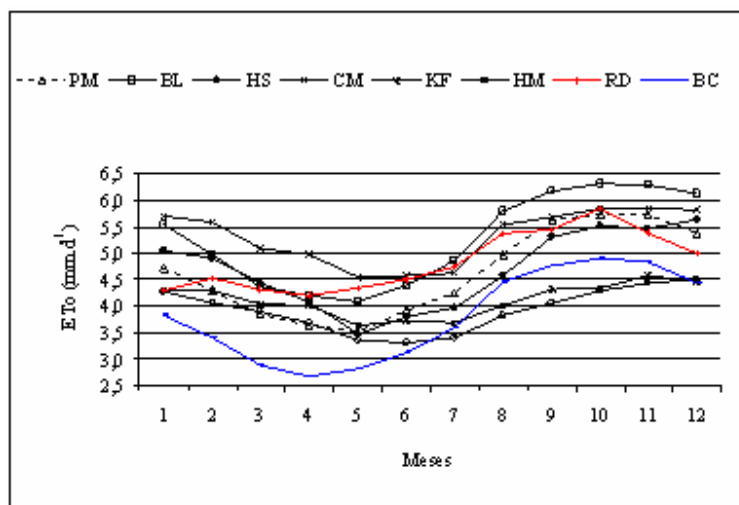


Figura 32B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Quixeramobim.

6.2.15 Região de Sobral

A Tabela 17B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Sobral no período de 1961 a 1988.

Verifica-se na Tabela 17B que os maiores valores médios de inverno são apresentados pelos métodos de Benavides & Lopez (1970) e Camargo (1971), com 5,09 e 5,10 mm dia⁻¹, respectivamente. No verão os maiores valores médios são 5,76 e 6,87 mm dia⁻¹ para as equações de Hargreaves (1974) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. As maiores médias anuais são de 5,35 e 5,98 mm dia⁻¹ para os métodos de Camargo (1971) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,09; 2,00 e 2,04 mm dia⁻¹, respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão são apresentados pelas equações de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970), com os valores de 0,96 e 1,12; respectivamente para o desvio padrão e 23,74 e 18,73%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão e coeficiente de variação são

observados nas equações de Kharrufa (1985) e Linacre (1977) (0,10; 0,26 e 4,66 e 6,346%; respectivamente) (Tabela 17B).

Na Figura 33A verifica-se que os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Priestley & Taylor (1972), superestimam ao método de Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, sendo que o método de Priestley & Taylor (1972), apresentou subestimativa no mês de setembro, enquanto o método de Thorthwaite (1948) superestima de dezembro até o mês de julho, subestimando de agosto a novembro. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Priestley & Taylor (1972) e Makkink (1957), seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56), enquanto o método de Thorthwaite (1948) diverge da tendência da curva no primeiro semestre. Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972) e Thorthwaite (1948) estão entre 1,87 a 6,11 mm dia⁻¹.

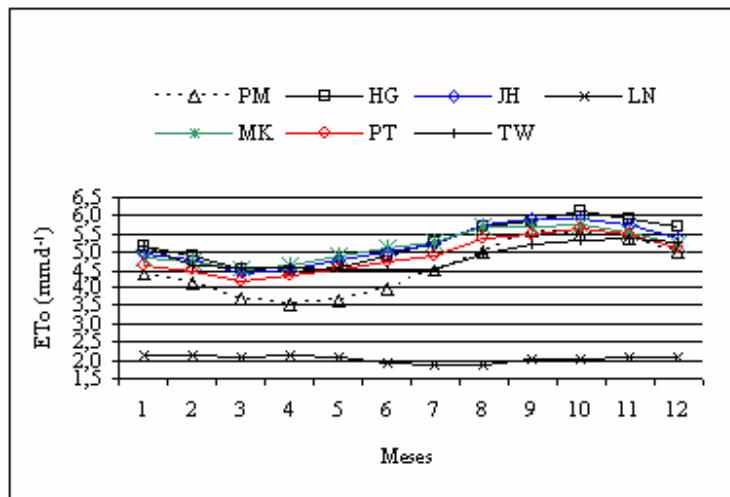


Figura 33A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Sobral.

Observa-se na Figura 33B que os métodos Benavides & Lopez (1970), Camargo (1971) e Hargreaves-Samani (1985) superestimam ao método Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo, sendo que o método Hargreaves-Samani (1985) apresenta

subestimativa no mês de fevereiro. Os métodos Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam Penman-Monteith (FAO-56) de junho até o mês de janeiro, de maio até o mês de fevereiro, respectivamente, superestimam de fevereiro até o mês de maio, e nos meses de março e abril, respectivamente. O método de Radiação (FAO-24) superestima ao Penman-Monteith (FAO-56) de fevereiro até o mês de agosto, e outubro, subestimando nos meses de setembro, novembro, dezembro e janeiro. Já o método Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) subestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Também se verifica que os métodos de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), Benavides & Lopez (1970), Radiação (FAO-24) e Hargreaves-Samani (1985) têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56). Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 2,69 a 7,28 mm dia⁻¹.

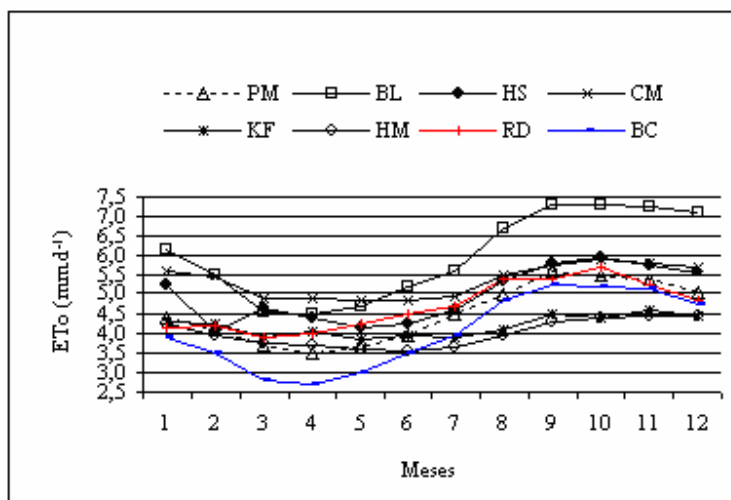


Figura 33B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Sobral.

6.2.16 Região de Tauá

A Tabela 18B (APÊNDICE) apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para o município de Tauá no período de 1977 a 1986.

Verifica-se na Tabela 18B que os maiores valores médios de inverno e anual são apresentados pelos métodos de Hargreaves (1974), Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970), com 4,92; 4,97 e 5,36 mm dia⁻¹, respectivamente para o inverno e 5,17; 5,27 e 6,28 mm dia⁻¹, respectivamente para os valores anuais. No verão os maiores valores médios são 5,51; 5,57 e 7,21 mm dia⁻¹ para as equações de Jensen-Haise (1963), Makkink (1957) e Benavides & Lopez (1970), respectivamente. O método de Linacre (1977) apresenta os menores valores médios de inverno, verão e anual (2,10; 2,11 e 2,10 mm dia⁻¹, respectivamente).

Os maiores valores de desvio padrão e coeficientes de variação são apresentados pelas equações de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) e Benavides & Lopez (1970) com os valores de e 0,90 e 1,13; respectivamente para o desvio padrão e 20,79 e 17,97%, respectivamente para o coeficiente de variação. Os menores valores de desvio padrão são observados nas equações de Linacre (1977), Kharrufa (1985) e Hargreaves (1974) e (0,15; 0,31 e 0,31, respectivamente) e os menores valores de coeficiente de variação são constatados nas equações de Hargreaves (1974), Linacre (1977) e Kharrufa (1985) (5,95; 6,95 e 7,75%, respectivamente) (Tabela 18B).

Na Figura 34A, verifica-se que os métodos de Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Priestley & Taylor (1972) e Makkink (1957), superestimam Penman-Monteith (FAO-56) o ano inteiro, já Thornthwaite (1948) superestima ao método Penman-Monteith (FAO-56) de setembro até o mês de abril, e subestima nos meses de maio até agosto. O método de Linacre (1977) subestima Penman-Monteith (FAO-56) o ano todo. Observa-se ainda, que os métodos Hargreaves (1974), Jensen-Haise (1963), Priestley & Taylor (1972) e Makkink (1957) seguem a mesma tendência da curva de Penman-Monteith (FAO-56). Visualiza-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos Hargreave (1974), Jensen-Haise (1963), Linacre (1977), Makkink (1957), Priestley-Taylor (1972) e Thornthwaite (1948) estão entre 1,85 a 5,79 mm dia⁻¹.

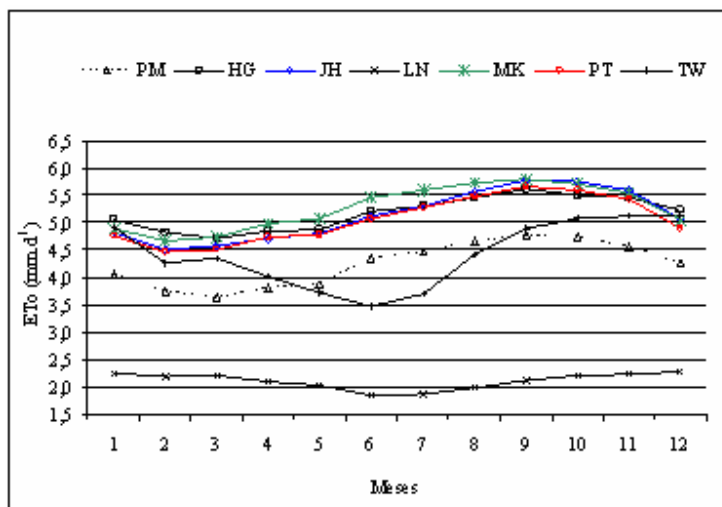


Figura 34A. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, HG Hargreaves, JH Jensen-Hayse, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor e TW Thornthwaite para o município Tauá.

Observa-se na Figura 34B que os métodos de Benavides & Lopez (1970) e Radiação (FAO 24), superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) durante todo o ano. Os métodos de Camargo (1971) e Hargreaves-Samani (1985) superestimam a Penman-Monteith (FAO-56) de agosto até o mês de maio, subestimam nos meses de junho e julho, respectivamente. Os métodos Kharrufa (1985) e Hamon (1961) subestimam Penman-Monteith (FAO-56) de maio até o mês de novembro, de março a novembro, respectivamente, e superestimam de dezembro até o mês de abril para Kharrufa, e nos meses de dezembro e fevereiro, chegando a se igualar ao valor de Penman-Monteith (FAO-56) em janeiro, respectivamente para o método de Hamon (1961). Já o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) superestima a Penman-Monteith (FAO-56) de julho até o mês de dezembro, subestimando de janeiro a junho. Também se verifica que os métodos de Radiação (FAO-24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), têm a mesma tendência da curva apresentada por Penman-Monteith (FAO-56), enquanto o método de Benavides & Lopez (1970) mostra a tendência da curva com mais curvatura. Detecta-se ainda que os valores médios mensais de evapotranspiração de referência para os métodos de Benavides & Lopez (1970), Hargreaves-Samani (1985), Camargo (1971), Kharrufa (1985), Hamon (1961), Radiação (FAO 24) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) estão entre 3,12 a 7,83 mm dia⁻¹.

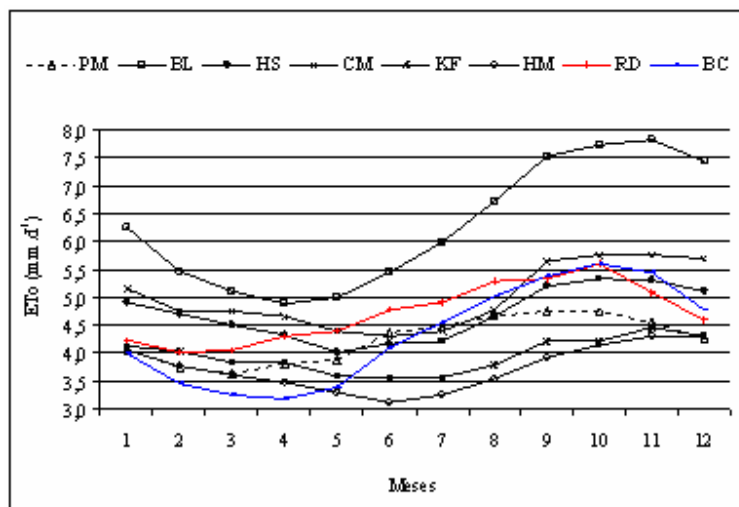


Figura 34B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência de PM Penman-Monteith, BL Benavides & Lopez, HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, KF Kharrufa, HM Hamon, RD Radiação e BC Blaney-Criddle para o município Tauá.

6.3 Tratamento e análise acumulativa dos métodos

De acordo com a análise da evapotranspiração de referência realizada nas dezesseis localidades do Estado do Ceará, e visando obter um conjunto de valores interpretáveis e compreensíveis da evapotranspiração de referência (ETo) local, em cada equação utilizada nesta pesquisa, os resultados de ETo foram organizados em conjunto bem definidos de cada método, que foram organizados nas Tabelas 3 em cores diferenciadas para facilitar a análise dos dados. Sendo as equações de Hargreaves (1974) e Thorthwaite (1948) mais utilizadas no cálculo da evapotranspiração de referência (ETo) para dimensionamento de projetos de irrigação no Estado do Ceará, estas foram discutidas em primeiro lugar.

6.3.1 Método de Hargreaves (1974)

Nas Tabelas 3, verificou-se que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Hargreaves (1974) subestima a Penman-Monteith (FAO-56), sete meses nos municípios de Acaraú e Aracati, seis meses em Fortaleza, quatro meses em Campos Sales, Pentecoste e Quixeramobim, três meses em Jaguaruana e um mês em Morada Nova, e

Tabela 3. Resultados da análise da evapotranspiração de referência nos métodos testados em cada localidade.

Métodos	Municípios							
	Acaraú	Aracati	Barbalha	Campos Sales	Crateús	Fortaleza	Guaramiranga	Iguatu
Subestima	HG (NSb7)	HG (NSb7)	-	HG (NSb4)	-	HG (NS6)	-	-
	TW (NSb7)	TW (NSb8)	TW (NSb5)	TW (NSb12)	TW (SNb5)	-	TW (NSb12)	-
	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)
	-	-	-	PT (NSb6)	PT (NSb3)	-	-	-
	KF (NSb11)	KF (NSb12)	KF (NSb8)	KF (NSb12)	KF (NSb10)	KF (NSb6)	KF (NSb7)	KF (NSb5)
	HM (NSb11)	HM (NSb12)	HM (NSb8)	HM (NSb12)	HM (NSb11)	HM (NSb8)	HM (NSb12)	HM (NSb6)
	HS (NSb7)	HS (NSb8)	HS (NSb2)	HS (NSb6)	HS (NSb3)	HS (NSb9)	HS (NSb2)	-
	CM (NSb7)	CM (NSb3)	CM (NSb2)	CM (NSb6)	CM (NSb3)	-	CM (NSb3)	-
	RD (NSb8)	-	-	RD (NSb4)	RD (NSb6)	RD (NSb2)	RD (NSb5)	RD (NSb4)
	BC (NSb12)	BC (NSb3)	BC (NSb7)	BC (NSb8)	BC (NSb7)	BC (NSb10)	BC (NSb12)	BC (NSb6)
	-	-	-	-	-	-	BL (NSb11)	-
	HG (NSp5)	HG (NSp5)	HG (NSp12)	HG (NSp8)	HG (NSp12)	HG (NSp6)	HG (NSp12)	HG (NSp12)
	TW (NSp5)	TW (NSp4)	TW (NSp7)	-	TW (NSp6)	TW (NSp12)	-	TW (NSp12)
Superestima	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)
	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK (NSp12)
	PT (NSp12)	PT (NSp12)	PT (NSp12)	PT (NSp6)	PT (NSp8)	PT (NSp12)	PT (NSp12)	PT (NSp12)
	KF (NSp1)	-	KF (NSp4)	-	KF (NSp2)	KF (NSp6)	KF (NSp5)	KF (NSp7)
	HM (NSp1)	-	HM (NSp4)	-	HM (NSp1)	HM (NSp4)	-	HM (NSp6)
	HS (NSp5)	HS (NSp4)	HS (NSp10)	HS (NSp6)	HS (NSp9)	HS (NSp3)	HS (NSp10)	HS (NSp12)
	CM (NSp5)	CM (NSp9)	CM (NSp10)	CM (NSp6)	CM (NSp9)	CM (NSp12)	CM (NSp9)	CM (NSp12)
	RD (NSp4)	RD (NSp12)	RD (NSp12)	RD (NSp8)	RD (NSp6)	RD (NSp10)	RD (NSp7)	RD (NSp8)
	-	BC (NSp9)	BC (NSp5)	BC (NSp4)	BC (NSp5)	BC (NSp2)	-	BC (NSp6)
	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp1)	BL (NSp12)
	-	-	-	-	TW (NSi1)	-	-	-
	-	-	-	-	PT (NSi1)	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-

HG Hargreaves, TW Thornthwaite, JH Jensen-Haise, LN Linacre, MK Makkink, PT Priestley & Taylor, KF Kharrufa, HM Hamon.

HS Hargreaves-Samani, CM Camargo, RD Radiação, BC Blaney-Criddle, BL Benavides e Lopez.

NSb Número de Subestimativas, NSp Número de Superestimativas, NSi Número de igualdades.

Tabela 3. Resultados da análise da evapotranspiração de referência nos métodos testados em cada localidade.

Métodos	Municípios							
	Jaguaruana	Juaz. Norte	M. Nova	Paraipaba	Pentecoste	Quixeramobim	Sobral	Tauá
Subestima	HG(NSb3)	-	HG(NSb1)	-	HG(NSb4)	HG(NSb4)	-	-
	TW(NSb5)	TW(NSb5)	TW(NSb8)	-	TW(NSb5)	TW(NSb7)	TW(NSb4)	TW(NSb4)
	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)	LN (NSb12)
	-	-	-	-	JH(NSb4)	-	-	-
	-	-	-	-	MK(NSb5)	-	-	-
	PT(NSb1)	-	PT (NSb6)	-	PT(NSb4)	PT(NSb1)	PT(NSb1)	-
	KF (NSb9)	KF(NSb8)	KF(NSb11)	KF(NSb6)	KF(NSb10)	KF(NSb8)	KF(NSb8)	KF(NSb7)
	HM(NSb10)	HM(NSb11)	HM (NSb12)	HM(NSb8)	HM(NSb11)	HM(NSb10)	HM(NSb10)	HM(NSb9)
	HS(NSb3)	HS(NSb4)	HS(NSb6)	-	HS(NSb8)	HS(NSb7)	HS(NSb1)	HS(NSb2)
	CM (NSb3)	CM(NSb3)	CM(NSb4)	-	CM(NSb5)	-	-	CM(NSb2)
	RD (NSb11)	-	RD(NSb4)	RD(NSb1)	RD(NSb7)	RD(NSb4)	RD(NSb4)	-
	BC (NSb12)	BC(NSb6)	BC(NSb5)	BC (NSb12)	BC (NSb12)	BC (NSb12)	BC (NSb12)	BC(NSb6)
	-	-	-	BL(NSb2)	-	-	-	-
Superestima	HG (NSp9)	HG (NSp12)	HG(NSp11)	HG (NSp12)	HG(NSp8)	HG (NSp8)	HG (NSp12)	HG (NSp12)
	TW (NSp7)	TW (NSp7)	TW (NSp4)	TW (NSp12)	TW (NSp5)	TW (NSp5)	TW (NSp8)	TW (NSp8)
	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH(NSp8)	JH (NSp12)	JH (NSp12)	JH (NSp12)
	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK(NSp11)	MK (NSp12)	MK(NSp7)	MK (NSp12)	MK (NSp12)	MK (NSp12)
	PT (NSp11)	PT (NSp12)	PT(NSp6)	PT (NSp12)	PT (NSp8)	PT (NSp11)	PT (NSp11)	PT (NSp12)
	KF (NSp3)	KF(NSp4)	KF(NSp1)	KF(NSp6)	KF(NSp2)	KF (NSp4)	KF (NSp4)	KF(NSp5)
	HM (NSp2)	-	-	HM(NSp4)	HM(NSp1)	HM (NSp2)	HM (NSp2)	HM(NSp2)
	HS (NSp9)	HS (NSp8)	HS (NSp6)	HS (NSp12)	HS (NSp4)	HS (NSp5)	HS (NSp11)	HS (NSp10)
	CM (NSp9)	CM (NSp9)	CM (NSp8)	CM (NSp12)	CM (NSp7)	CM (NSp12)	CM (NSp12)	CM(NSp10)
	RD (NSp1)	RD (NSp12)	RD(NSp8)	RD (NSp11)	RD (NSp5)	RD (NSp8)	RD (NSp8)	RD (NSp12)
	-	BC (NSp6)	BC(NSp7)	-	-	-	-	BC (NSp6)
	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL(NSp9)	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp12)	BL (NSp12)
	-	-	-	-	-	-	-	-
Igual	-	HM(NSi1)	MK(NSi1)	BL(NSi1)	TW(NSi2)	-	-	HM(NSi1)

HG Hargreaves. TW Tomthwaite. JH Jensen-Haise. LN Linacre. MK Makink. PT Priestley & Taylor. KF Kharrufa. HM Hamon.

HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. RD Radiação. BC -Blaney-Criddle. BL Benavides e Lopez.

NSb Número de Subestimativas. NSp Número de Superestimativas. NSi Número de igualdade

superestima Penman-Monteith (FAO-56) nos doze meses do ano nos municípios de Barbalha, Crateús, Guaramiranga, Iguatu, Juazeiro do Norte, Paraipaba, Sobral e Tauá, onze meses em Morada Nova, nove meses em Jaguaruana, oito meses em Campos Sales, Pentecoste e Quixeramobim, seis meses em Fortaleza e cinco meses nos municípios de Acaraú e Aracati. Portanto, observa-se que há subestimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), em oito municípios e superestimativa em dezesseis, mostrando que o método de Hargreaves (1974) apresentou acentuada superestimativa dos dados de evapotranspiração de referência (ET_o) em relação à Penman-Monteith (FAO-56). A mesma tendência também foi observada a nível mensal por Santos et al., 1995. Resultados semelhantes foram obtidos por Chen et al (2005), comparando dados de evapotranspiração de cinco anos na Ilha de de Taiwan, Medeiros (1996) e por Souza & Yoder (1994), que encontraram superestimativa de ET_o pelo método de Hargreaves (1974) em relação aos valores estimados por Penman-Monteith, em Fortaleza e Pentecoste, CE.

Segundo Sentelhas et al. (1996), a nível decendial o método de Hargreaves (1974) apresentou acentuada superestimativa dos dados de ET_o em relação aos medidos, principalmente nos decêndios correspondentes aos meses de verão.

De acordo com Medeiros (1996), utilizando dados da cidade de Pentecoste-CE e Mossoró-RN, constatou que a metodologia de Hargreaves (1974), não apresentou estimativas significativas quando comparadas a Penman-Monteith (FAO), por outro lado, Souza et al. (1995) encontraram subestimativas de ET_o, em relação ao método de Penman-Monteith (FAO), de 3 a 23% para sete cidades do Vale do Jaguaribe e o município de Crateús-Ce, enquanto Cabral et al. (2000), comparando as metodologias de Penman-Monteith (FAO) e Hargreaves (1974), evidenciaram que o método Hargreaves (1974) subestimou a ET_o quando comparada com a de Penman-Monteith (FAO), no período de junho a dezembro.

Analisando as variáveis climáticas na bacia Metropolitana, Acaraú, Curu, Alto Jaguaribe e Quixeramobim, concluiu que os métodos de estimativas de ET_o baseados em temperaturas não são recomendados para o Estado do Ceará (SILVEIRA, 2000).

Realizando estudo para determinar a evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, encontrou que a equação Penman-Monteith (FAO) apresentou melhor aproximação do valor da ETo com os valores medidos no lisímetro, e que Hargreaves (1974) apresentou estimativa não significativa da ETo, mostrando que deve ser rejeitada nessa região (OLIVEIRA, 1998).

Segundo Silva et al. (2005) que avaliaram a eficiência do método de estimativa de evapotranspiração de referência de Hargreaves, utilizando o sistema de estimativa da evapotranspiração – SEVAP – e dados médios mensais do ano de 2002 da estação climatológica de Petrolina-PE, concluíram que na ausência de dados de insolação e velocidade do vento, a evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith pode ser substituída com razoável precisão pelo método de Hargreaves.

6.3.2 Método de Thornthwaite (1948)

Observa-se nas Tabelas 3, que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Thornthwaite (1948) subestima a Penman-Monteith (FAO-56), doze meses, nos municípios de Campos Sales e Guaramiranga, oito meses nos municípios de Aracati e Morada Nova, sete meses em Acaraú e Quixeramobim, cinco meses em Barbalha, Crateús, Jaguaruana, Juazeiro do Norte e Pentecoste, quatro meses em Sobral e Tauá, e superestima Penman-Monteith (FAO-56), doze meses do ano, nos municípios de Fortaleza, Iguatu e Paraipaba, oito meses em Sobral e Tauá, sete meses em Barbalha, Jaguaruana e Juazeiro do Norte, seis meses em Crateús, cinco meses em Acaraú, Pentecoste e Quixeramobim, quatro meses em Aracati e Morada Nova. Há ainda uma igualdade ao método de Penman-Monteith (FAO-56) de dois e um mês nos municípios de Pentecoste e Crateús, respectivamente.

A análise dos dados revela ter havido uma divisão quase que equitativa entre subestimativas e superestimativas (treze municípios com subestimativas e quatorze com superestimativas), com um predomínio da segunda situação, mostrando que o método de Thornthwaite (1948) superestimou mais do que subestimou os dados de evapotranspiração de referência (ETo) em relação à Penman-Monteith (FAO-56). Esse resultado era esperado, uma vez que a equação foi desenvolvida para condições de climas úmidos e por se basear apenas na

temperatura média do ar. Resultados semelhantes foram obtidos por Amatya et al. (1992), que verificaram que dentre oito métodos utilizados para estimar a ETo em três localidades da Carolina do Norte (USA), o de Thornthwaite foi o que teve a correlação menos significativa quando comparado à ETo obtida pelo método de Penman-Monteith, porém com subestimativas dessa variável.

Segundo Silva et al. (2005) que avaliaram a eficiência do método de estimativa de evapotranspiração de referência do método de Thornthwaite, utilizando o sistema de estimativa da evapotranspiração – SEVAP – e dados médios mensais do ano de 2002 da estação climatológica de Petrolina-PE, concluíram que este método não apresentou dados significativos na estimativa da evapotranspiração de referência.

De acordo com Medeiros et al. (2003) que estimaram a evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, com medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba-CE, concluindo que o método de Thornthwaite apresentou desempenho não significativo, não sendo recomendado seu uso para estimativa de ETo, nas condições semelhantes às deste estudo, por apresentar baixa precisão.

Souza et al. (1995) encontraram subestimativa da ETo em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-1991), de 10 a 30% para sete cidades do Vale do Jaguaribe e o município de Crateús-CE.

6.3.3 Métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957) e Priestley & Taylor (1972)

Em virtude dos dados de evapotranspiração de referência nos métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957) e Priestley & Taylor (1972) apresentarem resultados semelhantes nas localidades do estudo, estes métodos foram discutidos em conjunto.

Nas Tabelas 3, verificou-se que no município de Pentecoste há subestimativa da evapotranspiração de referência em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), quatro meses do ano no método de Jensen-Haise (1963), cinco meses no método de Makking (1957), e quatro meses no método de Priestley & Taylor (1972). O método de Priestley & Taylor (1972) subestima ainda Penman-Monteith (FAO-56) nas localidades de Campos Sales e Morada Nova seis meses, três meses em Crateús, e um mês nos municípios de

Jaguaruana, Quixeramobim e Sobral. Há superestimativa da evapotranspiração de referência em relação à Penman-Monteith (FAO-56), o ano todo ou onze meses nos métodos de Jensen-Haise (1963) e Makking (1957), nos municípios de Acaraú, Aracati, Barbalha, Campos Sales, Crateús, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana, Juazeiro do Norte, Morada Nova (Makkink, 11 meses), Paraipaba, Quixeramobim, Sobral e Tauá, e superestimam ainda oito e sete meses respectivamente, no município de Pentecoste. Já o método de Priestley & Taylor (1972), superestima Penman-Monteith (FAO-56), o ano todo ou onze meses nos municípios de Acaraú, Aracati, Barbalha, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana (11 meses), Juazeiro do Norte, Paraipaba, Quixeramobim (11 meses), Sobral (11 meses) e Tauá, superestimando ainda oito meses em Crateús e Pentecoste, e seis meses em Campos Sales e Morada Nova. Há ainda igualdade ao método de Penman-Monteith (FAO-56) de um mês no método de Makkink (1957) e Priestley-Taylor (1972), nos municípios de Morada Nova e Crateús respectivamente. Portanto, notou-se uma predominância dos métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957) e Priestley & Taylor (1972), de superestimativas em relação à Penman-Monteith (FAO-56) nos municípios estudados. Comparando oito métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o), quatro métodos baseados na Radiação (Makkink, Priestley & Taylor, Turc e Jensen-Haise), observaram significativa correlação entre os valores de ET_o estimados pelos quatro métodos de Radiação e Penman-Monteith. Encontraram ainda, correlação mais significativa para estimativas de ET_o mensais do que para as estimativas diárias (AMATYA et al., 1992).

Os coeficientes a e b da equação de Makkink (1957) foram obtidos para a cidade de Wagenintjen, na Holanda, e Berlato & Molion (1981) citam que em regiões onde o clima difere daquele onde a equação foi desenvolvida, os resultados obtidos não são satisfatórios.

De acordo com Junior et al. (2005) que avaliaram o método de Priestley & Taylor em escala decendial, para as condições de Teresina-PI, em comparação à equação de Penman-Monteith (FAO-1998), e concluíram que o método de Priestley & Taylor pode ser utilizado para estimativa de ET_o na escala decendial.

Segundo Medeiros et al. (2003) que estimaram a evapotranspiração de referência, a partir da equação de Penman-Monteith, com medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba-CE, concluíram que dentre os métodos de estimativa de ET_o

analisados, o que apresentou desempenho significativo, na escala diária, foi aquele que sofreu ajuste local, Priestley & Taylor ($\alpha = 1,19$).

Conforme Medeiros (2002), utilizando dados da cidade de Paraipaba-CE, constatou que a metodologia de Priestley & Taylor (1972), em escala diária tende a superestimar a Penman-Monteith (FAO).

De acordo com Allen (1986) encontrou estimativas significativas com o método de Priestley & Taylor em climas onde a advecção é baixa. Entretanto, em climas áridos, onde a advecção é mais elevada, subestimou ETo.

A equação de Jensen-Haise (1963) estima a evapotranspiração de referência apoiando-se nos dados da temperatura e da radiação solar na região semi-árida.

A equação de Priestley e Taylor (1972) propõe a estimativa da evapotranspiração de referência, baseando-se principalmente na radiação líquida.

6.3.4 Método de Linacre (1977)

Verifica-se nas Tabelas 3, que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Linacre (1977) subestima a Penman-Monteith (FAO-56), doze meses em todos os municípios da pesquisa, e que no município de Guaramiranga, é onde ocorre uma maior aproximação da curva de evapotranspiração de referência estimada pela equação de Linacre (1977) em relação à curva do método de Penman-Monteith (FAO-56), Figura 25 (A e B).

Observou-se também que os valores mais baixos da evapotranspiração de referência foram apresentados pelo método de Linacre (Figuras 19 a 26).

De acordo com Silva et al. (2005) que avaliaram a eficiência do método de estimativa de evapotranspiração de referência do método de Linacre, utilizando o sistema de estimativa da evapotranspiração – SEVAP – e dados médios mensais do ano de 2002 da estação climatológica de Petrolina-PE, e concluíram que este não apresentou dados significativos na estimativa da evapotranspiração de referência.

6.3.5 Métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961)

Devido aos dados de evapotranspiração de referência nos métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961) apresentarem resultados semelhantes nas localidades do estudo, estes métodos foram discutidos em conjunto.

Observou-se nas Tabelas 3, que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Kharrufa (1985) subestima a de Penman-Monteith (FAO-56), doze meses, nos municípios de Aracati e Campos Sales, onze e dez meses nos municípios de Acaraú, Morada Nova; Pentecoste e Crateús, nove e oito meses em Jaguaruana; Juazeiro do Norte, Quixeramobim, Sobral e Barbalha, sete, seis e cinco meses respectivamente em Guaramiranga, Tauá; Fortaleza, Paraipaba e Iguatu. Para o método de Hamon (1961) tem-se subestimativa o ano todo em Aracati, Campos Sales, Guaramiranga e Morada Nova, com onze e dez meses respectivamente, Juazeiro do Norte, Pentecoste; Acaraú, Crateús, Jaguaruana, Quixeramobim e Sobral, nove e oito meses respectivamente, Tauá; Acaraú, Barbalha, Fortaleza e Paraipaba e seis meses em Iguatu. Há superestimativa da evapotranspiração de referência em relação à Penman-Monteith (FAO-56), no método de Kharrufa (1985), sete e seis meses no ano respectivamente, Iguatu; Fortaleza e Paraipaba, cinco e quatro meses respectivamente, Guaramiranga, Tauá; Barbalha, Juazeiro do Norte, Quixeramobim e Sobral, três, dois e um mês respectivamente, Jaguaruana, Crateús, Pentecoste e Morada Nova e Acaraú. No método de Hamon (1961) temos superestimativas de seis e quatro meses, Iguatu; Barbalha, Fortaleza e Paraipaba, dois e um mês em Jaguaruana, Quixeramobim, Sobral, Tauá, Pentecoste, Acaraú e Crateús. Há ainda uma igualdade ao método de Penman-Monteith (FAO-56) de um mês no método de Hamon no município de Juazeiro do Norte e Tauá. Portanto, verificamos uma acentuada subestimativa dos métodos de Kharrufa (1985) e Hamon (1961) em relação a Penman-Monteith (FAO-56), estes resultados para a equação de Hamon (1961), estão de acordo com Borges et al. (2007), comparando seis equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga-SP, verificaram que a equação de Hamon subestimou a ETo todo o período, sem tendência específica quanto à estação do ano, já para o método de Kharufa superestimou a ETo em todos os meses do ano. Resultados semelhantes foram obtidos por Chen et al (2005), comparando dados de

evapotranspiração de cinco anos na Ilha de Taiwan, onde verificou que os resultados da equação de Kharrufa (1985) subestimou Penman-Monteith (FAO).

6.3.6 Métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971)

Devido os dados de evapotranspiração de referência nos métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971) apresentarem resultados semelhantes nas localidades do estudo, estes métodos foram discutidos em conjunto.

Observou-se nas Tabelas 3, que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Hargreaves-Samani (1985) subestima a Penman-Monteith (FAO-56), nove e oito meses do ano, nos municípios de Fortaleza, Aracati e Pentecoste, sete e seis meses em Acaraú, Quixeramobim; Campos Sales e Morada Nova, respectivamente, quatro e três meses em Juazeiro do Norte; Jaguaruana e Crateús, respectivamente, dois e um mês no ano, Barbalha, Guaramiranga, Tauá e Sobral, respectivamente. Para o método de Camargo (1971) tem-se subestimativa de sete e seis meses do ano nos municípios de Acaraú e Campos Sales, cinco e quatro meses em Pentecoste e Morada Nova, três e dois meses do ano em Aracati, Crateús, Guaramiranga, Jaguaruana, Juazeiro do Norte; Barbalha e Tauá. Tem-se superestimativas da evapotranspiração de referência em relação à Penman-Monteith (FAO-56), no método de Hargreaves-Samani (1985), o ano todo, e onze meses do ano nos municípios de Iguatu, Paraipaba e Sobral, respectivamente; dez e nove meses do ano em Barbalha, Guaramiranga, Tauá; Cratéus, Jaguaruana, Quixeramobim, Acaraú, Pentecoste, Aracati e Fortaleza, respectivamente; oito, seis, cinco, quatro e três meses em Juazeiro do Norte; Campos Sales e Morada Nova, respectivamente. No método de Camargo (1971), tem-se superestimativas o ano todo nos municípios de Fortaleza, Iguatu, Paraipaba, Quixeramobim e Sobral, dez e nove meses em Barbalha, Tauá; Aracati, Cratéus, Guaramiranga, Jaguaruana e Juazeiro do Norte, respectivamente, oito e sete meses, Morada Nova e Pentecoste, seis e cinco meses em Campo Sales e Acaraú. Portanto, verificamos uma acentuada superestimativa dos métodos de Hargreaves-Samani (1985) e Camargo (1971) em relação a Penman-Monteith (FAO-56), resultados semelhantes foram obtidos por Medeiros (1996) e por Souza e Yoder (1994), que encontraram superestimativas de ETo pelo método de Hargreaves-Samani em relação aos valores estimados por Penman-Monteith, em Pentecoste, CE. Os resultados

também foram condizentes com os observados por Oliveira et al. (1998), com base em dados de Paraipaba, CE, para o período de estação chuvosa.

Apesar da simplicidade do método Hargreaves-Samani, o resultado observado se justifica pelo fato do mesmo ter sido desenvolvido para estimar a ETo para regiões semi-áridas, com elevado déficit de saturação (OLIVEIRA & CARVALHO, 1998).

De acordo com Medeiros et al. (2003) que estimaram a evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, com medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba-CE, e concluíram que o método de Hargreaves-Samani apresentou desempenho menos significativo, não sendo recomendado seu uso para estimativa de ETo, nas condições semelhantes às deste estudo, por apresentar baixa exatidão e precisão.

Segundo Camargo & Camargo (1983), verificaram que em nível mensal e decendial os resultados da equação de Camargo (1971), nas condições climáticas do Estado de São Paulo, foram muito consistentes e dão praticamente os mesmos resultados da equação clássica de Thornthwaite, podendo ser utilizada para estimar a ETo.

6.3.7 Método de Radiação (FAO-24)

Observa-se nas Tabelas 3, que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Radiação (FAO-24) subestima a de Penman-Monteith (FAO-56), onze meses do ano, no município de Jaguaruana, oito e sete meses em Acaraú e Pentecoste, seis, cinco e quatro meses em Crateús, Guaramiranga; Campos Sales, Iguatu, Morada Nova, Quixeramobim e Sobral, respectivamente. Observa-se superestimativas em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), o ano todo e em onze meses do ano, nos municípios de Aracati, Barbalha, Juazeiro do Norte, Tauá e Paraipaba, respectivamente, dez e oito meses em Fortaleza; Campos Sales, Iguatu, Morada Nova, Quixeramobim e Sobral, sete, seis e cinco meses em Guaramiranga, Crateús e Pentecoste, quatro meses e um mês no ano em Acaraú e Jaguaruana. Portanto, verificamos que há predominância de superestimativa dos dados estimados em relação a Penman-Monteith (FAO-56), resultados semelhantes foram obtidos Bezerra & Oliveira (1999) que afirmaram que o método da Radiação Solar superestimou a

ETo e apresentou significativa correlação com o método de Penman-Monteith, o que permitiu o uso da equação de regressão linear para estimar a ETo.

Tomando-se o método de Penman-Monteith como padrão FAO, como sugere Smith et al. (1991), e comparando com os outros dois métodos estudados, verificaram que o método de Radiação sempre superestimou a ETo.

Conforme Sá (2001), trabalhando com dados da região litorânea de Paraipaba-CE, ao contrário da umidade relativa, o parâmetro radiação solar segue a mesma tendência da evapotranspiração. Fator importante a ser considerado na determinação da ETo, principalmente, para a região que possui altos valores de radiação solar.

Segundo Oliveira (1998), a radiação solar (R_s) e a umidade relativa (UR) mostraram ter grande influência sobre os valores de ETo.

Comparando oito métodos de estimativa para as localidades de Pentecoste-CE e Mossoró-RN, verificou que o método de Radiação se correlaciona percentualmente a Penman-Monteith em 88% para a localidade de Pentecoste-CE, e ajusta-se melhor a Penman-Monteith do que os outros métodos baseados na temperatura, com uma diferença mínima entre os mesmos (MEDEIROS, 1996).

De acordo com Fontana & Oliveira (1996), a radiação solar global (R_s) é um elemento meteorológico importante para o cálculo da evapotranspiração, realização de modelos de crescimento e produção na agricultura. O grande problema para medir o saldo de radiação solar, nas estações meteorológicas, é o alto custo dos instrumentos a serem instalados e sua manutenção, que requerem calibrações contínuas.

Segundo Maemo et al. (1994), que citam Allen, que comparando estimativas da evapotranspiração feitas pelo método da Radiação com medidas em lisímetros, percebeu que a ausência do termo aerodinâmico causou a subestimativa já que, no local, existe grande variação da velocidade do vento e déficit de pressão de vapor durante o dia.

Conforme Amatya et al. (1992), a radiação solar é o parâmetro mais sensível em todos os métodos combinados de Penman e métodos baseados na radiação. Eles afirmam que os métodos baseados na simples radiação, correspondem melhor à realidade do que os combinados de Penman, isso no caso da não disponibilidade de dados, onde a estimativa leva em consideração dados de estações próximas.

6.3.8 Método de -Blaney-Criddle (FREVEY et al., 1983)

Observa-se nas Tabelas 3, que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Blaney-Criddle (FREVEY et al., 1983), subestima a Penman-Monteith (FAO-56), o ano todo nos municípios de Acaraú, Guaramiranga, Jaguaruana, Paraipaba, Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, dez e oito meses em Fortaleza e Campos Sales, sete e seis meses em Barbalha, Crateús; Iguatu, Juazeiro do Norte e Tauá, cinco e três meses do ano nos municípios de Morada Nova e Aracati. Observa-se superestimativas em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-98), nove e sete meses do ano nos municípios de Aracati e Morada Nova, seis e cinco meses em Iguatu, Juazeiro do Norte, Tauá; Barbalha e Crateús, quatro e dois meses do ano em Campos Sales e Fortaleza. Portanto, verificamos que há predominância de subestimativa dos dados em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56).

De acordo com Medeiros (1996), comparando oito métodos de estimativa para as localidades de Pentecoste-CE e Mossoró-RN, verificou que o método de Blaney-Criddle apresentou resultados mais significativos dentre os métodos baseados na temperatura, para a cidade de Mossoró-RN.

Tomando-se o método de Penman-Monteith como padrão FAO, como sugere Smith et al. (1991), e comparando com os outros dois métodos estudados, verifica-se que o método de Blaney-Criddle foi o que melhor se aproximou do padrão.

6.3.9 Método de Benavides & Lopez (1970)

Observa-se nas Tabelas 3, que a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Benavides & Lopez (1970), subestima a Penman-Monteith (FAO-56), onze meses e dois mês no ano nos municípios de Guaramiranga e Paraipaba, e superestima o ano todo nos demais municípios de estudo, a exceção em Guaramiranga, que superestima somente um mês no ano. Há ainda igualdade ao método de Penman-Monteith (FAO-56) em um mês no município de Paraipaba. Portanto, verifica-se supremacia de superestimativa dos dados em relação à Penman-Monteith (FAO-56).

Segundo Medeiros (1998), comparando o desempenho de doze métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) obtidos em evapotranspirômetros tipo "Thornthwaite-Mather" para a região de Santa Maria-RS, os métodos de Penman, Camargo e Tanner e Pelton apresentaram desempenho mais significativos; os métodos de Benavides-Lopez, Turc, Hargreaves e Samani, Jensen-Haise, Makking, tanque classe A e Priestley e Taylor, tiveram desempenho significativos, enquanto que os métodos de Linacre e David mostraram desempenho menos significativos, respectivamente.

6.4 Análises Estatísticas

Segundo Jensen (1983), Doorenbos & Prutt (1984) e Arruda & Barroso (1984) reconhecem que a utilização de métodos estatísticos reapresenta uma melhoria considerável para recomendações em dimensionamento de sistemas de irrigação.

Para períodos menores ou iguais ao número de anos de observações, o valor da frequência fornece um boa idéia do real valor da probabilidade. Entretanto, quando se deseja com boa precisão, a probabilidade de ocorrência de um evento com um período de retorno mais amplo, a distribuição das frequências observadas deve ser ajustada a uma lei estatística teórica apropriada para o caso (CRUCIANI, 1986).

As equações empíricas foram estabelecidas com base no ajuste por regressão das variáveis envolvidas, para algumas regiões específicas. Por isso devem ser usadas com cuidado.

Os resultados para cada município estudado podem ser observados na Tabela 4, para a comparação entre a equação de Penman-Monteith (FAO-56), com os valores estimados com os outros métodos aplicados neste estudo.

6.4.1 Método de Hargreaves (1974)

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R^2 para cada localidade.

Tabela 4. Valores do indicador estatístico da regressão, coeficiente de determinação, (R^2) em relação à evapotranspiração de referência (ET_o) estimada por Penman-Monteith (FAO-56).

Cidades	Métodos												
	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Acarau	0,97**	0,91**	0,36*	0,92**	0,93**	ns	0,80**	0,40*	ns	ns	ns	0,98**	0,95**
Aracati	ns	0,49*	ns	0,50*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,70**	0,62**
Barbalha	0,51*	0,80**	ns	0,96**	0,56**	ns	0,64**	ns	ns	ns	ns	0,99**	0,82**
Campos Sales	0,63**	0,94**	ns	0,88**	0,78**	ns	0,72**	ns	ns	ns	ns	0,96**	0,91**
Crateús	0,92**	0,94**	ns	0,87**	0,92**	ns	0,84**	0,47*	ns	ns	ns	0,99**	0,97**
Fortaleza	0,74**	0,93**	ns	0,92**	0,90**	ns	0,71**	ns	ns	ns	ns	0,95**	0,92**
Guaramiranga	0,87**	0,96**	0,80**	0,91**	0,93**	ns	0,67**	0,63**	ns	ns	ns	0,94**	0,95**
Iguatu	0,84**	0,88**	ns	0,91**	0,87**	ns	0,78**	0,59**	ns	ns	ns	0,92**	0,91**
Jaguaruana	0,98**	0,91**	0,44*	0,84**	0,88**	ns	0,79**	0,96**	ns	ns	ns	0,96**	0,95**
Juazeiro do Norte	0,69**	0,87**	ns	0,90**	0,68**	ns	0,62**	ns	ns	ns	ns	0,98**	0,86**
Morada Nova	0,96**	0,94**	ns	0,78**	0,85**	0,44*	0,92**	0,68**	ns	ns	ns	0,83**	0,92**
Paraipaba	0,97**	0,97**	ns	0,93**	0,97**	ns	0,78**	0,54**	ns	ns	ns	0,70**	0,97**
Pentecoste	0,98**	0,93**	ns	0,85**	0,88**	0,69**	0,99**	0,78**	0,54**	0,66**	0,69**	0,85**	0,98**
Quixeramobim	0,96**	0,94**	ns	0,80**	0,93**	0,60**	0,98**	0,80**	0,72**	0,62**	0,62**	0,78**	0,97**
Sobral	0,97**	0,92**	ns	0,82**	0,90**	0,74**	0,96**	0,84**	0,75**	0,68**	0,69**	0,84**	0,99**
Tauá	0,98**	0,96**	ns	0,90**	0,94**	ns	0,66**	ns	ns	ns	ns	0,93**	0,90**
Média	0,83	0,86	0,27	0,83	0,86	0,51	0,79	0,58	0,67	0,65	0,66	0,89	0,91

HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez.

HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Cridle.

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

ns Não significativo.

Verifica-se que o método de Hargreaves (1974) apresentou valores de R^2 para a maioria dos municípios estudados entre 0,84 a 0,98, evidenciando um desempenho significativo, em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), já para as localidades de Barbalha (significativo ao nível de 5% de probabilidade), Campos Sales, Juazeiro do Norte e Fortaleza, o desempenho sofreu redução em sua precisão, em que os valores de R^2 estão entre 0,51 e 0,74; mostrando baixa a razoável ou mediana precisão do dados. No município de Aracati, os dados não foram significativos para este tratamento.

Os resultados indicaram que o método de Hargreaves (1974) pode ser utilizado para estimativa da evapotranspiração de referência nos municípios que apresentaram significativa correlação, com coeficiente de determinação R^2 maior que 0,90, ou seja; com alta precisão de estimativa dos dados em relação à Penman-Monteith (FAO-56), nos municípios de Acaraú, Crateús, Jaguaruana, Morada Nova, Paraipaba, Pentecoste, Quixeramobim, Sobral e Tauá, já para os municípios de Guaramiranga, Iguatu, que apesar de ter apresentado menor coeficiente de determinação (R^2 de 0,87 e 0,84, respectivamente), com o método de Penman-Monteith (FAO-56), foi considerado como opção para estimativa da evapotranspiração de referência, especialmente quando o usuário apenas se dispõe da variável temperatura do ar recomenda-se seu uso. Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2005), utilizando dados médios mensais do ano de 2002 da estação climatológica de Petrolina-PE.

Nos municípios de Barbalha, Campos Sales, Juazeiro do Norte, Fortaleza e Aracati, que apresentaram valores de R^2 de 0,51 a 0,74 e não significativos, respectivamente, não são recomendados o seu uso para estas localidades, nas condições deste estudo. Esse resultado está de acordo com Silveira (2000) e Oliveira (1998) que concluíram que os métodos de estimativas de ETo baseados em temperaturas não são recomendados para o Estado do Ceará, e que o método de Hargreaves (1974) apresentou uma má estimativa da ETo, mostrando que deve ser rejeitado nessa região, respectivamente.

6.4.2 Método de Thornthwaite (1948)

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R^2 para cada localidade.

Verifica-se que o método de Thornthwaite (1948) apresentou valores de R^2 não significativos para a maior parte das localidades estudadas e que nos municípios de Morada Nova, Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, os valores de R^2 estão entre 0,44 e 0,74, mostrando um desempenho menos significativo na precisão dos dados em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), não sendo recomendado para estas localidades, nas condições deste estudo. Resultados semelhantes foram observados por Medeiros et al. (2003), com medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba-CE, e concluíram que o método de Thornthwaite apresentou o desempenho menos significativo, não sendo recomendado seu uso para estimativa de ETo, nas condições semelhantes às deste estudo, por apresentar baixa exatidão e precisão.

Segundo Junior et al., (2005) que avaliaram o desempenho dos métodos de Priestley-Taylor e Thornthwaite para estimativa de ETo na escala decenal para as condições de Teresina-PI, em comparação à equação de Penman-Monteith (FAO-56). Foi verificado que o método de Thornthwaite apresentou baixo coeficiente de determinação.

6.4.3 Métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957), Priestley & Taylor (1972) e Radiação (FAO-24)

Em virtude destes métodos utilizarem em suas equações dados meteorológicos relativos a taxa de energia solar, como a radiação solar e saldo de radiação para estimativa da evapotranspiração de referência, os mesmos foram discutidos em conjunto.

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R^2 para cada localidade.

Verifica-se que os métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957), Priestley & Taylor (1972), apresentam valores de R^2 de 0,49; 0,50 (significativo ao nível de 5% de probabilidade) e não significativo para este tratamento no município de Aracati, já os municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte, apresentaram valores baixo e mediano de R^2 (0,56 e 0,68), em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), para o método de Priestley & Taylor (1972), portanto, estes métodos não devem ser recomendados para o cálculo da evapotranspiração de referência na cidade de Aracati, e nos município de Barbalha

e Juazeiro do Norte, não deve ser recomendado o uso da equação de Priestley & Taylor (1972), visto que não apresentaram um ajuste significativo em relação à equação de regressão linear.

O método de Jensen-Haise (1963), por ter apresentado R^2 de 0,80; 0,88 e 0,87, mostrando um ajuste significativo em relação à equação de regressão linear, deve ser indicado como opção, com certa restrição para uso na estimativa da evapotranspiração de referência nas cidades de Barbalha, Iguatu e Juazeiro do Norte, podendo ser utilizado sem restrições nos municípios de Acaraú, Campos Sales, Crateús, Fortaleza, Guaramiranga, Jaguaruana, Morada Nova, Paraipaba, Pentecoste, Quixeramobim, Sobral e Tauá, onde apresentou um ajuste mais significativo em relação à equação de regressão (R^2 de 0,91 a 0,97). Junior et al. (2005), para as condições de Teresina-PI, concluíram que o método de Priestley & Taylor pode ser utilizado para estimativa de ETo na escala decenal e Medeiros et al. (2003), com medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba-CE, concluíram que o método que apresentou melhor desempenho na escala diária, foi aquele que sofreu ajuste local, Priestley & Taylor ($\alpha = 1,19$).

O método de Makking (1957), nas cidades de Campos Sales, Crateús, Jaguaruana, Morada Nova, Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, apresentou R^2 entre 0,78 e 0,88; com um ajuste significativo em relação à Penman-Monteith (FAO-56), pode ser indicado como opção e com certa restrição para uso na estimativa da evapotranspiração de referência nestas localidades, já nos municípios de Acaraú, Barbalha, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Juazeiro do Norte, Paraipaba e Tauá, onde os valores de R^2 (0,90 a 0,92) estão mais significativos, pode ser utilizada sem restrições para estimativa da evapotranspiração.

O método de Priestley & Taylor (1972) apresentou coeficiente de determinação significativo (R^2 de 0,78 a 0,88), mostrando um ajuste significativo em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), nos municípios de Campos Sales, Iguatu, Jaguaruana, Morada Nova e Pentecoste, podendo ser indicado como opção e com certa restrição para uso na estimativa da evapotranspiração de referência nestas localidades; e pode ser utilizada sem restrições nos municípios de Acaraú, Crateús, Fortaleza, Guaramiranga, Paraipaba, Quixeramobim, Sobral e Tauá, onde apresentou um ajuste mais significativo de R^2 (0,90 a 0,97).

Conforme Amatya et al. (1992) que compararam oito métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o), quatro métodos baseados na Radiação (Makkink, Priestley-Taylor, Turc e Jensen-Haise), observaram correlação mais significativa entre os valores de ET_o estimado pelos quatro métodos de Radiação e Penman-Monteith. Encontraram ainda, correlação mais significativa para estimativas de ET_o mensais e menos significativas para estimativas diárias.

O método da Radiação (FAO-24) apresentou R² de 0,83; 0,85 e 0,84, com um ajuste significativo em relação a Penman-Monteith (FAO-56), podendo ser indicado como opção e com certa restrição para estimativa da evapotranspiração de referência nas localidades de Morada Nova, Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, e com muita restrição nos municípios de Aracati e Paraipaba (R² igual a 0,70), já nas cidades de Acaraú, Barbalha, Campos Sales, Crateús, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana, Juazeiro do Norte e Tauá, o método proposto pode ser utilizado sem restrições nestas localidades, e nas condições deste estudo, pois apresentaram ajuste mais significativo em relação a equação de regressão, com R² entre 0,92 e 0,99; sendo o melhor ajuste apresentado por estas equações que utilizam dados relativos a taxa de energia solar, como a radiação solar global. Conforme Amatya et al. (1992), a radiação solar é o parâmetro mais sensível em todos os métodos combinados de Penman e métodos baseados na Radiação.

6.4.4 Método de Linacre (1977)

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R² para cada localidade.

Verificou-se que o método de Linacre (1977) apresentou resultados não significativos para este tratamento na maioria das localidades estudadas, ajuste menos significativo dos dados em relação à equação de regressão nos municípios de Acaraú e Jaguaruana, com valor de R² de 0,36 e 0,44 (significativos a nível de 5% de probabilidade), e com apenas uma localidade com desempenho de razoável precisão e ajuste significativo em relação à equação de Penman-Monteith (FAO-56), no município de Guaramiranga (R² de 0,80). Portanto, o método de Linacre (1977), é indicado apenas para o município de Guaramiranga,

como opção para estimativa da evapotranspiração de referência, localidade esta que apresenta as menores médias de temperatura na área de abrangência deste estudo (Tabela 1B, ANEXO), o que confirma Linacre (1977), que propôs o método para áreas bem supridas de umidade.

6.4.5 Métodos de Camargo (1971), Kharrufa (1985) e Hamon (1961)

Devido à estreita relação dos resultados obtidos com os dados de evapotranspiração de referência nos métodos de Camargo (1971), Kharrufa (1985) e Hamon (1961), nas localidades do estudo, estes métodos foram discutidos em conjunto.

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R^2 para cada localidade.

Pode-se observar que os métodos propostos apresentaram resultados de evapotranspiração de referência não significativos para este tratamento na maioria das localidades propostas neste estudo, e nos municípios de Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, apresentaram R^2 entre 0,54 e 0,75, apresentando ajuste menos significativo em relação à Penman-Monteith (FAO-56). Em virtude do desempenho menos significativo destes métodos nas condições deste estudo, não se recomenda seu uso na estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará.

6.4.6 Método de Hargreaves-Samani (1985)

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R^2 para cada localidade.

Pode-se observar que o método proposto apresentou resultados de evapotranspiração de referência não significativos para este tratamento nos municípios de Aracati, Barbalha, Campos Sales, Fortaleza, Juazeiro do Norte e Tauá, apresentou R^2 de 0,40 e 0,47 (significativo ao nível de 5% de probabilidade) para as cidades de Acaraú e Crateús, e de 0,54 a 0,84 nos municípios de Guaramiranga, Iguatu, Morada Nova, Paraipaba, Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, configurando um ajuste menos significativo em relação à Penman-

Monteith (FAO-56), já em Jaguaruana apresentou resultado mais significativo ($R^2 = 0,96$). Portanto, o método de Hargreaves-Samani (1985), pode ser indicado para estimativa da evapotranspiração de referência com restrições nos municípios de Quixeramobim e Sobral (R^2 0,80 e 0,84), e sem restrições em Jaguaruana, para as condições deste estudo.

De acordo com Medeiros et al. (2003), com medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba-CE, comparando com a equação de Penman-Monteith, concluíram que o método de Hargreaves-Samani apresentou o desempenho menos significativo, por apresentar baixa exatidão e precisão.

6.4.7 Métodos de Benavides & Lopez (1970)

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R^2 para cada localidade.

Observa-se que o método proposto apresentou resultados de evapotranspiração de referência não significativos para este tratamento no município de Aracati, com R^2 entre 0,62 e 0,79 nas localidades de Barbalha, Campos Sales, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana, Juazeiro do Norte, Paraipaba e Tauá, configurando um ajuste menos significativo em relação à Penman-Monteith (FAO-56). O método não apresentou um bom ajuste, portanto não deve ser recomendado o seu uso para estimativa da evapotranspiração nestas localidades, nas condições deste estudo. Nos municípios de Acaraú e Crateús, o método apresentou ajuste mais significativo, com R^2 de 0,80 e 0,84 (respectivamente). Consequentemente este método de estimativa de evapotranspiração pode ser utilizado com restrição, como alternativa ou opção entre os métodos testados, já em Morada Nova, Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, seu uso pode ser indicado sem restrições, tendo em vista que o método de estimativa proposto é bastante significativo, com R^2 entre 0,92 e 0,99. Segundo Medeiros (1998), comparando o desempenho de doze métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) obtidos em evapotranspirômetros tipo "Thornthwaite-Mather" para a região de Santa Maria-RS, o método de Benavides & Lopez, teve desempenho significativo.

6.4.8 Modelos de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983)

Na Tabela 4 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de determinação R^2 para cada localidade.

Pode-se observar que o método de estimativa proposto neste estudo é bastante preciso, tendo em vista o valor de R^2 na maioria dos municípios estar entre 0,90 e 0,99, com exceção de três municípios, Aracati, Barbalha e Juazeiro do Norte, com valores de R^2 de 0,62; 0,82 e 0,86; e que ao se comparar o desempenho do método em estudo com a do método de Penman-Monteith (FAO-56), a qual confere ao método proposto elevada exatidão, constata-se que há concordância bastante consistente entre ambos os métodos, o que se confirma estatisticamente pelo valor de R^2 , maior que 0,90, chegando a quase 1,00; e pela dispersão extremamente pequena dos pares ordenados ao redor da reta, fato que evidencia a viabilidade de recomendação do método Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), para avaliar a demanda potencial de água nas culturas nas determinadas localidades em estudo no Estado do Ceará. Nas cidades de Aracati, Barbalha e Juazeiro do Norte que apresentaram valores de R^2 de 0,62; 0,82 e 0,86 foi realizada uma recalibração de todos os dados em relação à Penman-Monteith (FAO-56), com o objetivo de melhorar o ajuste e precisão dos dados em relação à equação de regressão linear.

6.4.9 Validação do método proposto

A primeira validação do método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), com o objetivo de confirmar a viabilidade do método, foi realizado perante estudo de regressão linear simples entre valores medidos e estimados de evapotranspiração de referência (ET_o), tomando como referência a equação de Penman-Monteith (FAO-56), nas dezesseis localidades do Estado do Ceará.

A estreita correlação entre as medidas realizadas e as estimadas de evapotranspiração de referência pelo método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), ajustado e de Penman-Monteith (FAO-56), é evidenciada pelos elevados valores de coeficiente

de determinação apresentados nas Figuras 35 a 40, tendo sido superiores a 0,90 em 94% em 15 dos 16 municípios estudados.

Nas Figuras 35 a 40, pode-se observar que os municípios de Aracati, Barbalha e Juazeiro do Norte, que apresentavam valores de $R^2 = 0,62; 0,82$ e $0,86$, apresentaram uma melhora em seus coeficientes de determinação, com valores de $0,78; 0,91$ e $0,93$; onde o município de Aracati continua a apresentar um desempenho razoável, embora aceitável com certa restrição, como alternativa para estimativa da evapotranspiração de referência, e este desempenho que se configurou em todas as localidades da área de abrangência deste estudo. Provavelmente esta ocorrência se deu devido ao período em que os dados foram coletados (1958 a 1968), intervalo este, em que os postos ou estações meteorológicas não dispunham de tanta tecnologia e precisão na coleta e armazenamento dos dados.

Observa-se ainda nas figuras 35 a 40, que os eixos dos gráficos que apresentam R^2 acima 0,90 apresentam as retas com inclinação acentuada para cima, enquanto nas cidades de Aracati, Acaraú e Juazeiro do Norte que apresentam valores de R^2 abaixo de 0,90 ($0,62; 0,82$ e $0,86$) - antes do ajuste da equação de regressão, apresentam inclinação das retas mais voltadas para baixo, e após sofrerem novo ajuste através de regressão, passam a apresentar esta inclinação mais voltada para cima, assemelhando-se aos demais ajustes que apresentaram valores superiores a 0,90, com exceção ao município de Aracati que continua apresentado um valor inferior ($0,78$), mais já apresenta uma melhora na inclinação de sua reta, mostrando um melhor ajuste dos dados.

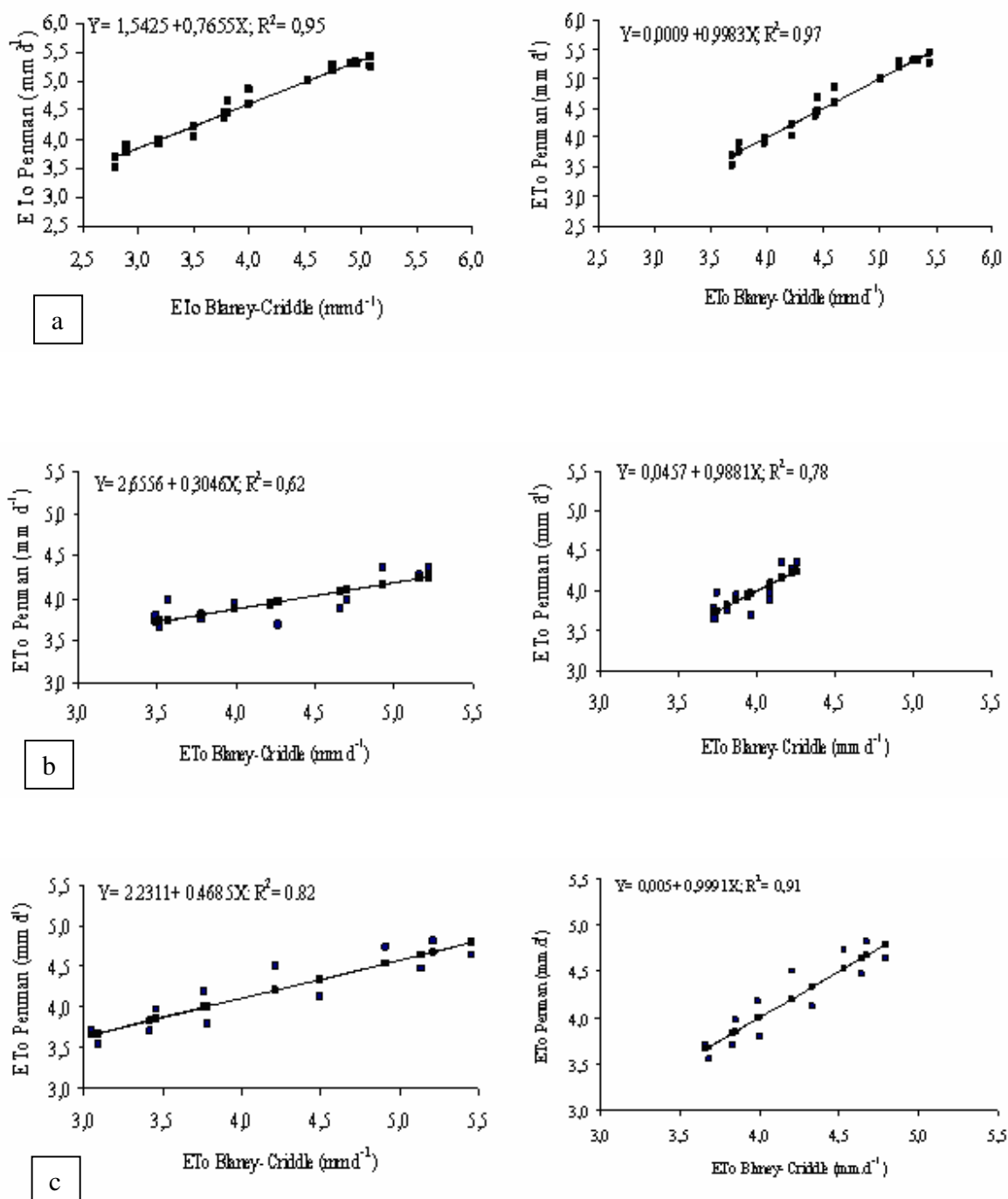


Figura 35. Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ETo) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Acaraú (a), Aracati (b) e Barbalha (c).

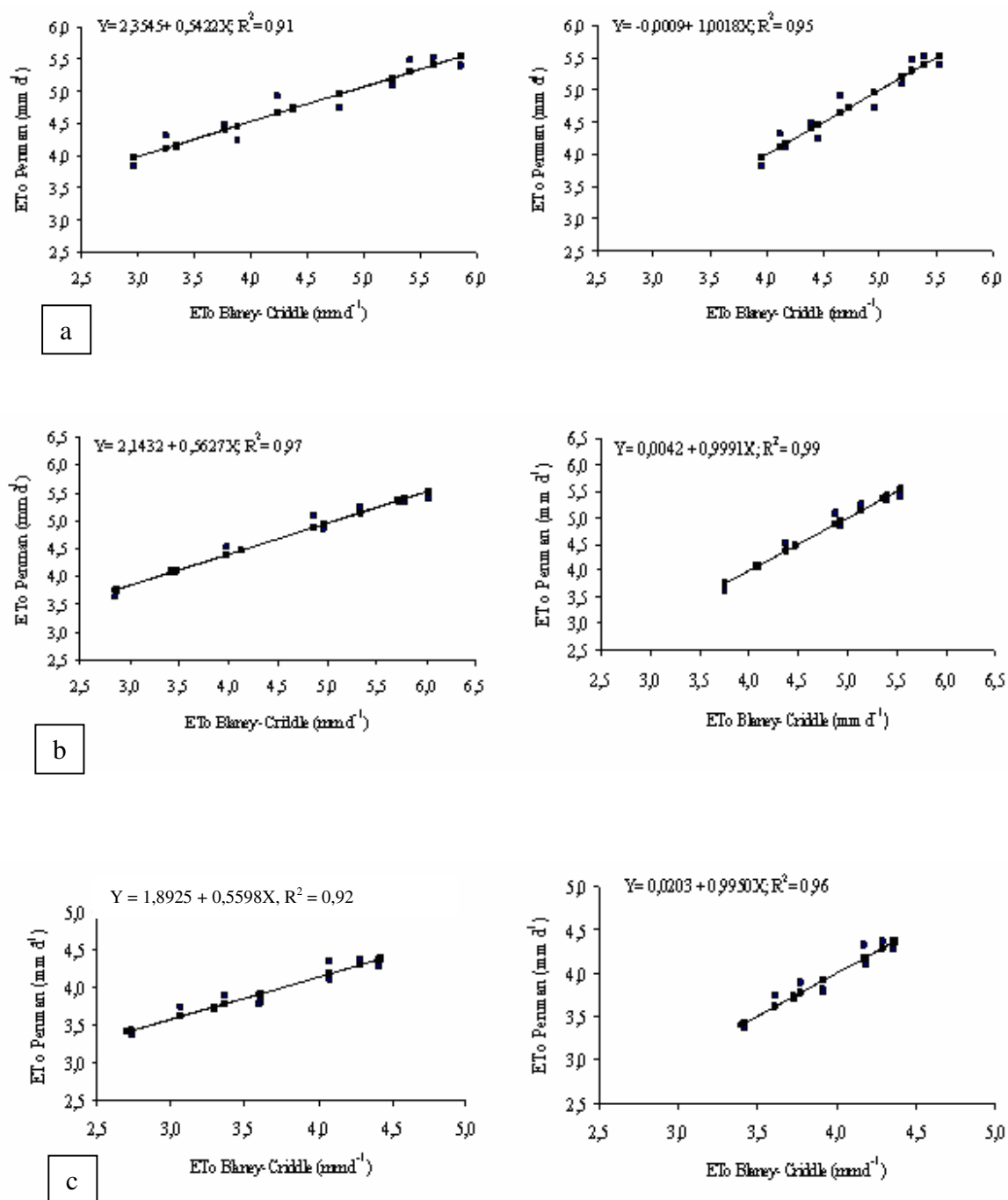


Figura 36. Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ETo) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Campos Sales (a), Crateús (b) e Fortaleza (c).

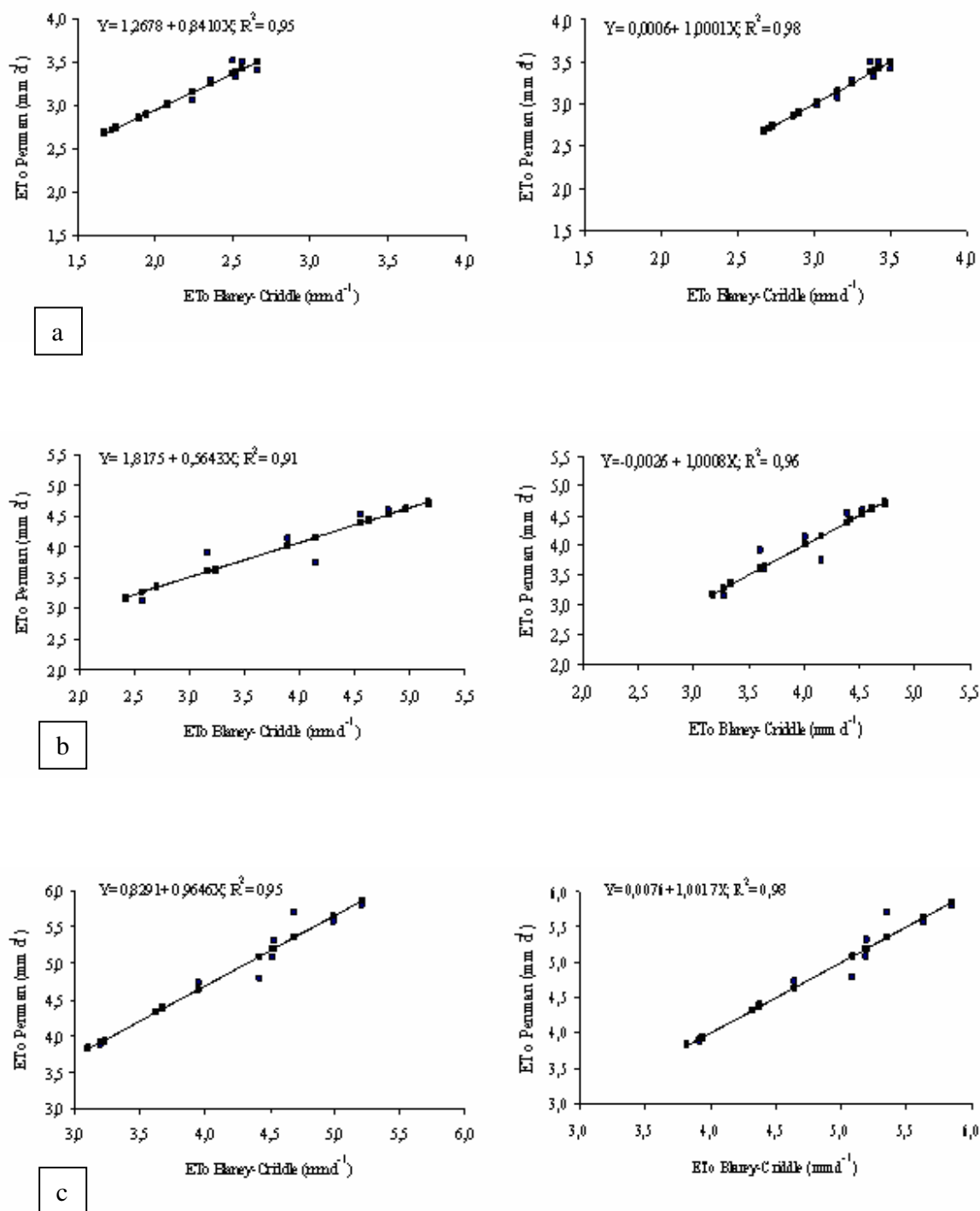


Figura 37. Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ET_o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Guaramiranga (a), Iguatu (b) e Jaguaruana (c).

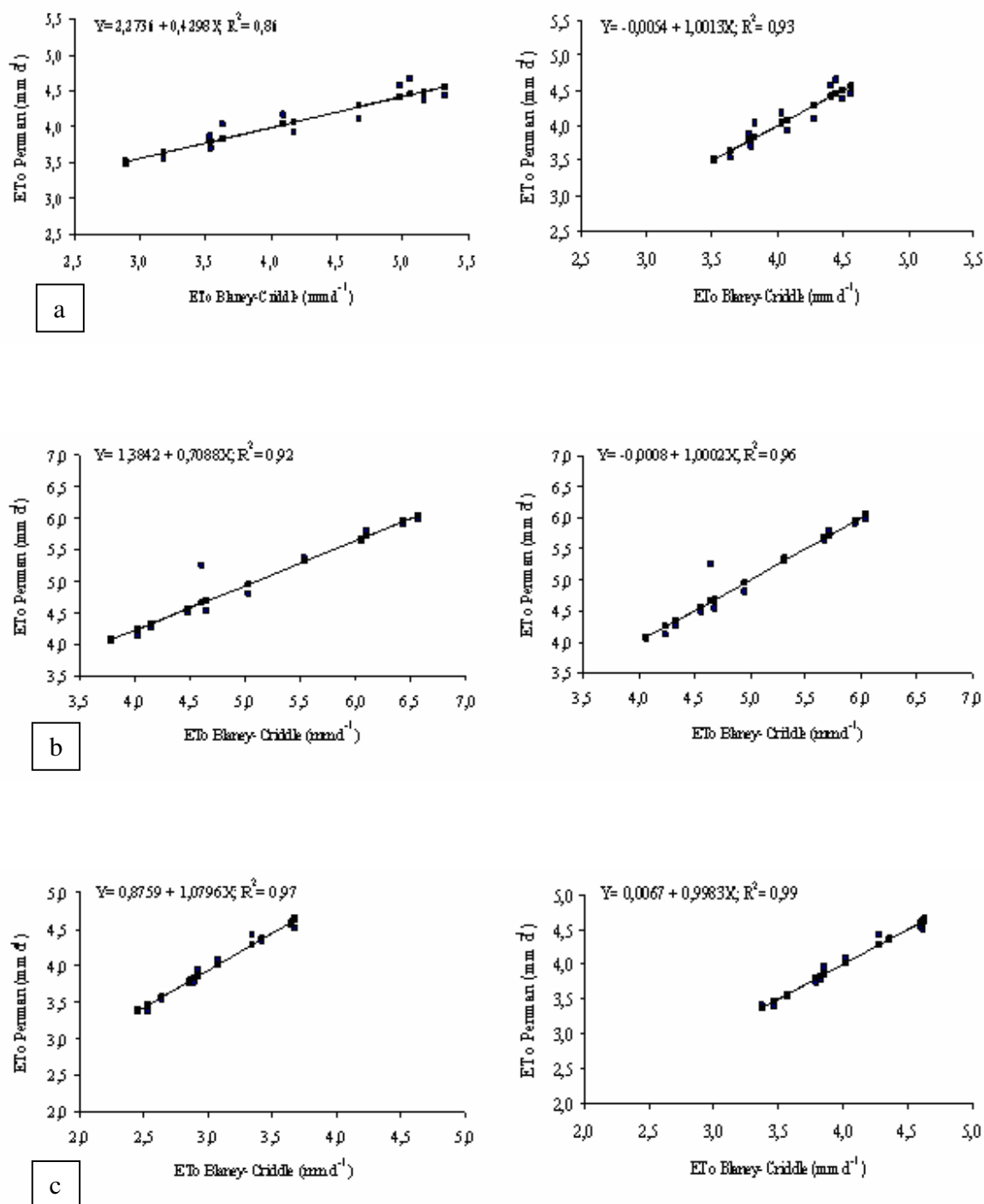


Figura 38. Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ET_o) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Juazeiro do Norte (a), Morada Nova (b) e Paraipaba (c).

Após a análise dos resultados, foi observado que os métodos que apresentaram melhor desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência são aqueles que incluem, em sua metodologia ou equação, dados meteorológicos relacionados à razão de energia solar, e também foi verificado que o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), apresentou uma performance melhor do que os métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957), Priestley & Taylor (1972) e Radiação (FAO-24), métodos que utilizam a radiação solar e saldo de radiação, que nem sempre são medidos nas estações meteorológicas, em virtude do alto preço dos equipamentos. O método proposto de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) utiliza dados da razão de insolação, onde as estações meteorológicas dispõem de equipamentos para medir a insolação, além de utilizar um maior número de dados como a umidade relativa do ar e velocidade do vento, que confere maior precisão e exatidão em seus resultados, que permite ser indicado para estimativa da evapotranspiração de referência mensal, no Estado do Ceará, nas condições deste estudo.

Na escolha de um método para a determinação da evapotranspiração, devem ser levados em consideração praticidade e precisão, pois, apesar desses métodos teóricos e micrometeorológicos serem baseados em princípios físicos, apresentam limitações, principalmente quanto à instrumentação, o que pode restringir a utilização (BERLATO & MOLION, 1981).

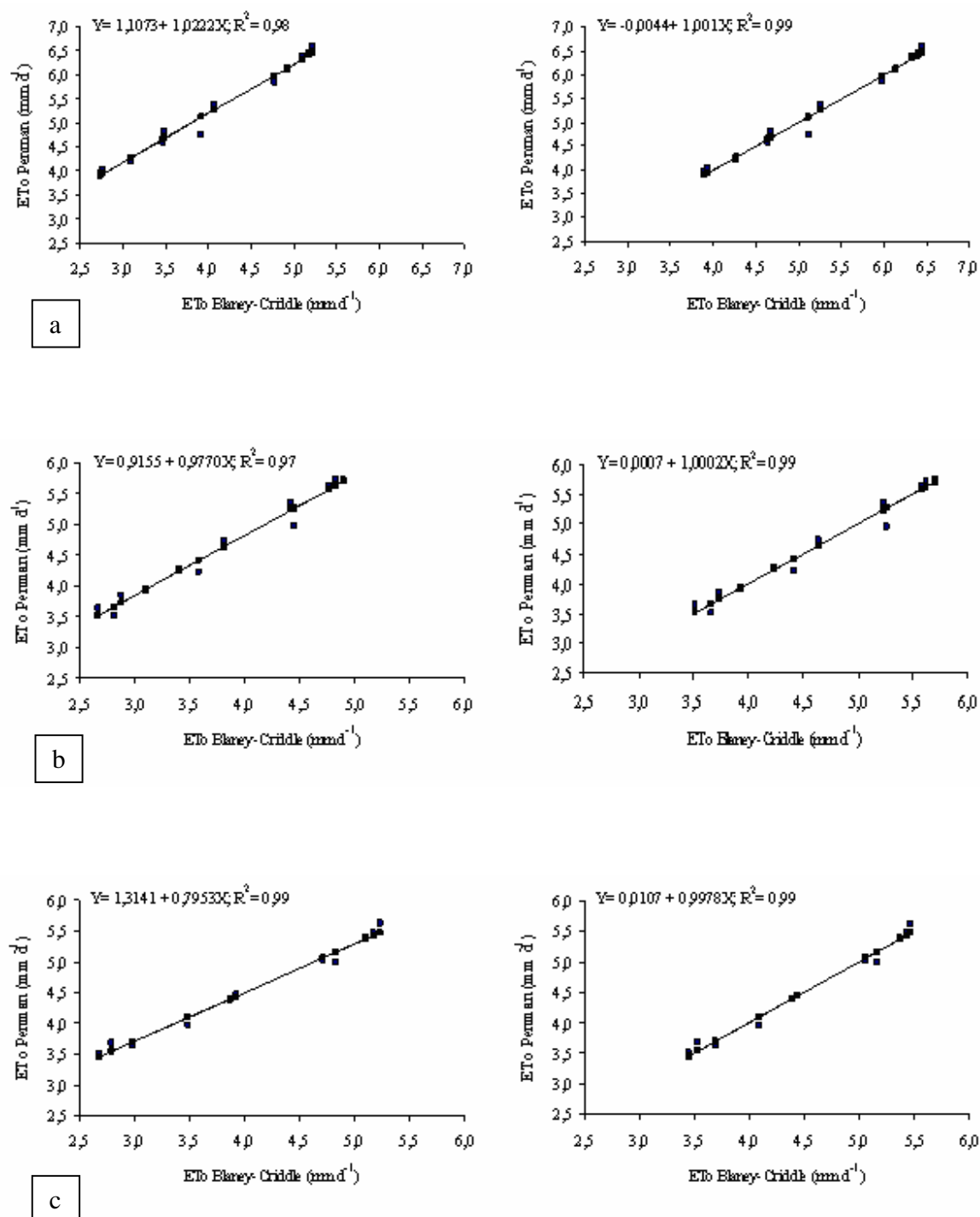


Figura 39. Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ETo) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), nos municípios de Pentecoste (a), Quixeramobim (b) e Sobral (c).

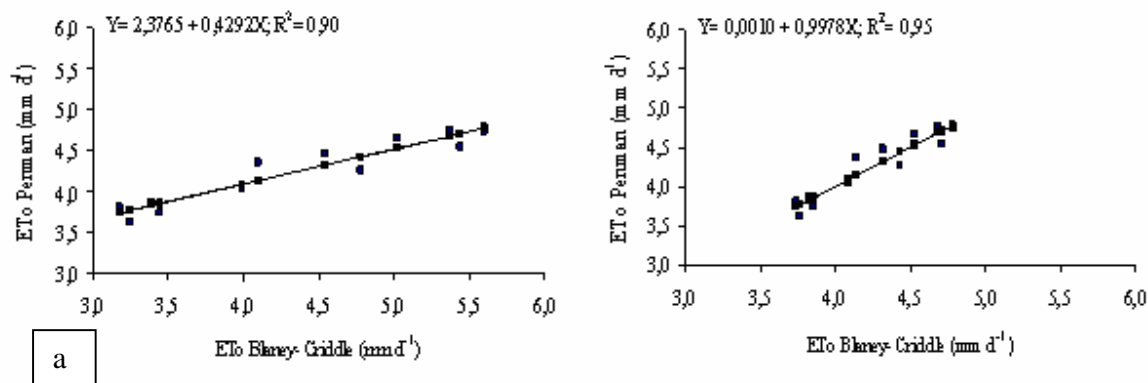


Figura 40. Regressão linear entre os valores mensais de evapotranspiração de referência (ETo) mensal, estimados segundo o método de Penman-Monteith (FAO-56), em relação ao método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), no município de Tauá (a).

64.10 Evapotranspiração de referência e variáveis climáticas

Para estudar possíveis correlações entre as estimativas de evapotranspiração de referência com os variáveis climáticas envolvidos no processo evapotranspirativo, foi adotado o método padrão de Penman-Monteith (FAO-56), e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) - método proposto no estudo, com base no índice de correlação das variáveis envolvidas no processo.

Nas Tabelas 5 encontram-se os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência utilizados neste trabalho, assim como, o coeficiente de correlação R para cada localidade.

Verifica-se que existe correlação diretamente proporcional entre Temperatura máxima (Tmax.) com Penman-Monteith (FAO-56), e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), em quase todas as localidades, com exceção a cidade de Aracati, que apresentou resultado não significativo para este tratamento, Barbalha, Campos Sales e Juazeiro do Norte ($R = 0,62$; $0,70$ e $0,66$ - significativos ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente), para o método de Penman-Monteith (FAO-56), Fortaleza ($R = 0,61$ e $0,63$ -

Tabela 5. Valores do indicador estatístico da correlação (R) da evapotranspiração de referência (ET_o) em relação aos dados climáticos nas áreas de estudo.

Dados Climáticos	Municípios	Métodos		Municípios	Métodos	
		PM	BC		PM	BC
Tmax	Acarau	0,96**	0,98**	Aracati	ns	ns
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,93**	-0,97**		ns	-0,70*
Ins.		0,98**	0,95**		0,69*	0,73**
Rg		0,97**	0,94**		0,71*	0,73**
Vv		0,98**	0,98**		0,73**	0,89**
Tmax	Barbalha	0,62*	0,87**	Campos Sales	0,70*	0,84**
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,96**	-0,98**		-0,96**	-0,99**
Ins.		0,91**	0,83**		0,92**	0,83**
Rg		0,96**	0,80**		0,88**	0,76**
Vv		0,76**	ns		0,88**	0,75**
Tmax	Crateús	0,88**	0,93**	Fortaleza	0,61*	0,63*
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,98**	-0,99**		-0,94**	-0,99**
Ins.		0,91**	0,86**		0,95**	0,95**
Rg		0,88**	0,83**		0,97**	0,94**
Vv		0,97**	0,94**		0,95**	0,98**
Tmax	Guaramiranga	0,82**	0,85**	Iguatú	0,84**	0,91**
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,95**	-0,99**		-0,97**	-0,99**
Ins.		0,93**	0,92**		0,96**	0,97**
Rg		0,92**	0,91**		0,95**	0,96**
Vv		ns	ns		0,85**	0,83**

PM Penman-Monteith. BC Blaney-Criddle.

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

ns Não significativo.

Tabela 5. Valores do indicador estatístico da correlação (R) da evapotranspiração de referência (ET_o) em relação aos dados climáticos nas áreas de estudo (Cont.).

Dados Climáticos	Municípios	Métodos		Municípios	Métodos	
		PM	BC		PM	BC
Tmax	Jaguaruana	0,91**	0,92**	Juaz. do Norte	0,66*	0,86**
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,97**	-0,97**		-0,95**	-0,96**
Ins.		0,91**	0,89**		0,94**	0,85**
Rg		0,88**	0,85**		0,91**	0,78**
Vv		0,95**	0,97**		0,72**	ns
Tmax	Morada Nova	0,91**	0,83**	Paraipaba	0,90**	0,92**
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,98**	-0,93**		-0,93**	-0,97**
Ins.		0,87**	0,87**		0,95**	0,95**
Rg		0,77**	0,79**		0,95**	0,92**
Vv		0,99**	0,95**		0,98**	0,97**
Tmax	Pentecoste	0,97**	0,93**	Quixeramobim	0,95**	0,90**
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,96**	-0,99**		-0,94**	-0,95**
Ins.		0,89**	0,94**		0,86**	0,93**
Rg		0,88**	0,93**		0,79**	0,87**
Vv		0,97**	0,95**		0,99**	0,97**
Tmax	Sobral	0,98**	0,98**	Tauá	0,74**	0,90**
Tmin		ns	ns		ns	ns
UR		-0,97**	-0,99**		-0,93**	-0,99**
Ins.		0,89**	0,92**		0,94**	0,80**
Rg		0,85**	0,88**		0,89**	0,73**
Vv		0,94**	0,91**		0,91**	0,85**

PM Penman-Monteith. BC Blaney-Criddle.

*, ** Significativos, respectivamente, em nível de 5 e 1% de probabilidade, pelo teste t.

ns Não significativo.

significativo ao nível de 5% de probabilidade), para os métodos de Penman-Monteith (FAO - 56) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), respectivamente. Os demais municípios apresentaram R variando de 0,74 a 0,98. Já a variável de temperatura mínima (Tmin.) apresentou resultados não significativos em todas as localidades de estudo para este tratamento

Verifica-se também que existe alta correlação inversamente proporcional entre a umidade relativa do ar (UR), com valores superiores a 0,93; com exceção da localidade de Aracati, com coeficiente de correlação de 0,70 (significativo ao nível de 5% de probabilidade), para a metodologia de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), e não significativo para este tratamento no método de Penman-Monteith (FAO-56).

Para as variáveis de insolação e radiação solar, verifica-se correlação positiva, estando os valores do coeficiente de correlação entre 0,77 e 0,98 para a equação de Penman-Monteith (FAO-56), e de 0,73 e 0,97 para Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), em quase todos os municípios, com exceção a Aracati, que apresenta R com valor de 0,69 e 0,71 (significativo ao nível de 5% de probabilidade), para o método de Penman-Monteith (FAO-56).

A variável velocidade do vento apresenta coeficiente de correlação entre 0,72 e 0,99 para a equação de Penman-Monteith (FAO-56), na maioria das localidades, com exceção a cidade de Guaramiranga (não significativo para este tratamento), e para o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), apresenta valores de 0,75 a 0,98, também para a maioria das cidades, com exceção as localidades de Barbalha, Guaramiranga e Juazeiro do Norte que apresentam resultados não significativos para este tratamento.

Novamente, o município de Aracati aparece com os menores valores dos coeficientes estatísticos, e os municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte com um desempenho razoável para alguns variáveis climáticas, este efeito pode também ser verificado nos resultados da análise de regressão (Tabela 4, Figuras 35b, 35c e 38a).

6.5 Distribuição espacial da evapotranspiração de referência

As isolinhas contidas nas Figuras 41 e 42 , representam graficamente as distribuições médias de verão da evapotranspiração de referência (ET_o), estimadas por Penman-Monteith (FAO-56) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), no Estado Ceará.

O comportamento da evapotranspiração de referência de Penman-Monteith (FAO-56) (Figuras 41 e 42), mostra que os maiores valores foram obtidos nos municípios de Pentecoste (6,02 mm d⁻¹), Morada Nova (5,58 mm d⁻¹), Jaguaruana (5,37 mm d⁻¹), Quixeramobim (5,27 mm d⁻¹), Crateús (5,21 mm d⁻¹), Acaraú (5,17 mm d⁻¹), Campos Sales e Sobral com 5,16 mm d⁻¹, e o menor valor ficou com a cidade de Guaramiranga com 3,34 mm d⁻¹. Já para o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), os maiores valores foram obtidos nas cidades de Morada Nova (5,96 mm d⁻¹), Crateús (5,45 mm d⁻¹), Campos Sales (5,22 mm d⁻¹), Tauá (5,13 mm d⁻¹), e o menor valor continuou com a cidade de Guaramiranga com 2,45 mm d⁻¹. Observa-se que as cidades que apresentaram valores elevados na estimativa da evapotranspiração de referência, são as que apresentam altas temperaturas médias (31,83 a 35,48°C), umidade relativa do ar de baixa a média (47,67 a 71,33%), insolação alta (7,85 a 9,27 h dia⁻¹), velocidade do vento média a alta (2,51 a 6,32 ms⁻¹) e precipitação baixa (5,50 a 17,67mm), e o município de Guaramiranga, que apresentou o menor valor de estimativa da evapotranspiração de referência, apresenta a menor média de verão para temperatura do ar (25,98°C), alta umidade relativa do ar (83,67%), alta insolação (6,66 h dia⁻¹), baixa velocidade do vento (2,12 ms⁻¹) e baixa precipitação (52,33mm) (Tabelas 1B - APÊNDICE). Estes resultados estão de acordo com Sousa et al., (2005), comparando dados da região Nordeste do Brasil, aplicando técnica estatística multivariada denominada de Análise de Componentes Principais (ACP), indicaram que as variáveis climatológicas investigadas com maior representatividade foram: precipitação, umidade relativa do ar, evaporação à superfície e velocidade do vento à superfície; enquanto a temperatura mínima do ar apresentou menor influência para a região Nordeste do Brasil.

Ainda, analisando o mapa das isolinhas, observa-se que as curvas com os valores de estimativas de evapotranspiração de referência dificultam sua interpretação; e

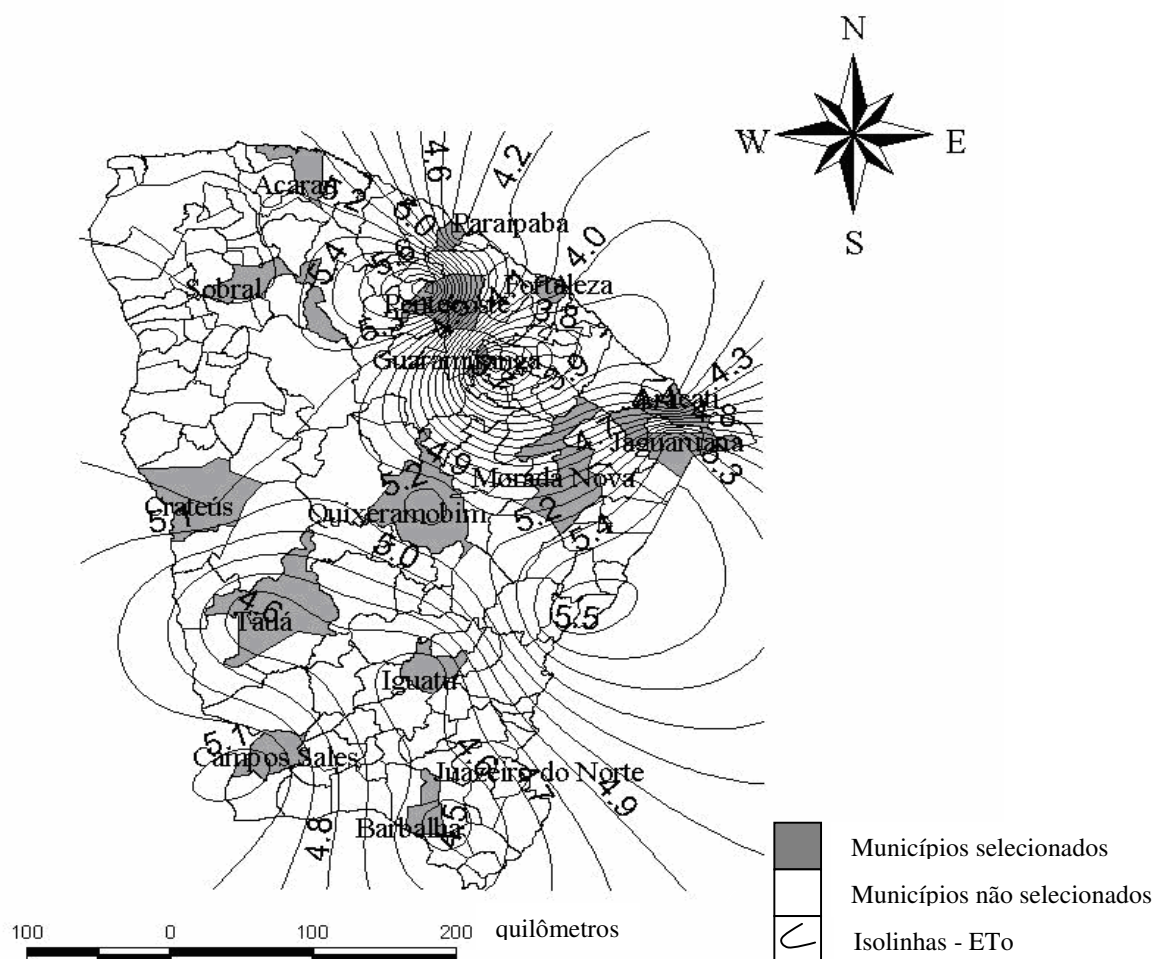


Figura 41. Isolinhas de evapotranspiração de referência (mmdia^{-1}), para o método de Penman-Monteith (FAO-56) – verão.

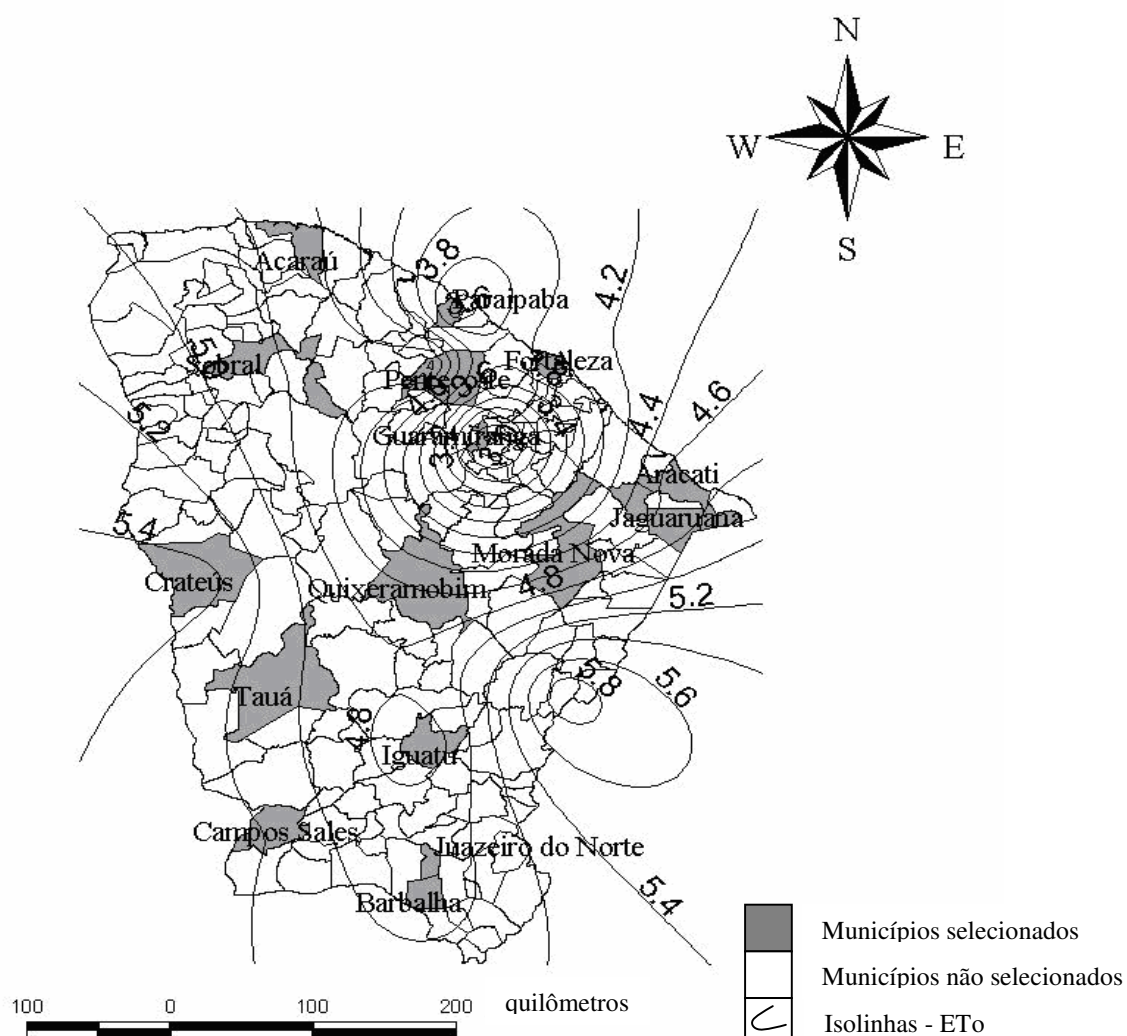


Figura 42. Isolinhas de evapotranspiração de referência (mmdia^{-1}), para o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) – verão.

segundo Araújo Filho (1993), este procedimento não é adequado para a região do sertão, onde as diferenças atingiram 29%.

6.6 Demandas hídricas das principais culturas irrigadas no Estado

Nas Tabelas de 6 a 11 encontram-se as demandas hídricas potenciais das culturas: abacaxi, banana, mamão, manga, melão e uva, nos principais pólos irrigados no Estado do Ceará (Tabela 2). Também foram incluídos nesta análise o Projeto Pingo D'água, localizado no município de Quixeramobim e a Região do Cariri; que apresentam alto potencial produtivo em termos de fruticultura irrigada no Estado.

Pode-se observar que, em vista dos valores de evapotranspiração de referência, as demandas potenciais médias são máximas nos meses de setembro e outubro, com demandas potenciais médias mínimas em março e abril, para os métodos de Penman-Monteith (FAO-56) e Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983), meses estes, que apresentaram as menores precipitações e umidade relativa do ar e maiores temperatura do ar, insolação e velocidade do vento para os Perímetros de Baixo-Acaraú, Tabuleiro de Russas (Jaguaruana), Jaguaribe Apodi (Morada Nova), de Araras Norte (Crateús), Cariri. Já o Projeto Pingo D'água, que apresenta a demanda potencial médias máxima em outubro, que diverge um pouco dos demais por apresentar a demanda média mínima no mês de maio, meses que continuam com as menores precipitações e umidade relativa do ar, e maiores temperatura do ar, insolação e velocidade do vento.

Em função das maiores estimativas de evapotranspiração de referência, as culturas: abacaxi e melão - Perímetro de Tabuleiro de Russas, banana; manga; mamão e uva – Perímetro de Jaguaribe Apodi, necessitam de mais água do que nos outros perímetros de irrigação considerados, e necessitando menos de água em: abacaxi, mamão – Baixo Acaraú, banana; manga e uva – Cariri, melão - Projeto Pingo D'água.

Verifica-se que, no estágio intermediário K_c intermediário (K_c int.), as culturas da banana, manga e videira têm evapotranspiração máxima (ET_m) superior a ET_o , e no melão $ET_m = ET_o$, fato este comprovado por Sousa et al., citado por Wregue (1995) que afirma: - “a partir de aproximadamente metade do ciclo da cultura, geralmente os valores de ET_m tendem a superar os de ET_o ”.

Tabela 6. Demandas hídricas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação do Baixo Acaraú.

Cultura do Abacaxi										Cultura da Banana					
Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.			
Kc		0,30		0,50		0,40		0,55		1,15		0,90			
ETo		PM		BC		PM		BC		PM		BC			
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	4,36	3,77	1,31	1,13	2,18	1,89	1,74	1,51	2,40	2,07	5,01	4,34	3,92	3,39	
Fev.	4,03	3,50	1,21	1,05	2,02	1,75	1,61	1,40	2,22	1,93	4,63	4,03	3,63	3,15	
Mar.	3,53	2,80	1,06	0,84	1,77	1,40	1,41	1,12	1,94	1,54	4,06	3,22	3,18	2,52	
Abr.	3,90	2,89	1,17	0,87	1,95	1,45	1,56	1,16	2,15	1,59	4,49	3,32	3,51	2,60	
May.	3,91	3,19	1,17	0,96	1,96	1,60	1,56	1,28	2,15	1,75	4,50	3,67	3,52	2,87	
Jun.	4,67	3,80	1,40	1,14	2,34	1,90	1,87	1,52	2,57	2,09	5,37	4,37	4,20	3,42	
Jul.	4,85	4,00	1,46	1,20	2,43	2,00	1,94	1,60	2,67	2,20	5,58	4,60	4,37	3,60	
Ago.	5,28	4,75	1,58	1,43	2,64	2,38	2,11	1,90	2,90	2,61	6,07	5,46	4,75	4,28	
Set.	5,31	4,91	1,59	1,47	2,66	2,46	2,12	1,96	2,92	2,70	6,11	5,65	4,78	4,42	
Out.	5,26	5,09	1,58	1,53	2,63	2,55	2,10	2,04	2,89	2,80	6,05	5,85	4,73	4,58	
Nov.	5,30	4,96	1,59	1,49	2,65	2,48	2,12	1,98	2,92	2,73	6,10	5,70	4,77	4,46	
Dez.	5,00	4,52	1,50	1,36	2,50	2,26	2,00	1,81	2,75	2,49	5,75	5,20	4,50	4,07	
Cultura do Mamão										Cultura da Manga					
Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.			
Kc		0,40		0,90		0,70		0,45		1,05		0,90			
ETo		PM		BC		PM		BC		PM		BC			
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	4,36	3,77	1,74	1,51	3,92	3,39	3,05	2,64	1,96	1,70	4,58	3,96	3,92	3,39	
Fev.	4,03	3,50	1,61	1,40	3,63	3,15	2,82	2,45	1,81	1,58	4,23	3,68	3,63	3,15	
Mar.	3,53	2,80	1,41	1,12	3,18	2,52	2,47	1,96	1,59	1,26	3,71	2,94	3,18	2,52	
Abr.	3,90	2,89	1,56	1,16	3,51	2,60	2,73	2,02	1,76	1,30	4,10	3,03	3,51	2,60	
Mai.	3,91	3,19	1,56	1,28	3,52	2,87	2,74	2,23	1,76	1,44	4,11	3,35	3,52	2,87	
Jun.	4,67	3,80	1,87	1,52	4,20	3,42	3,27	2,66	2,10	1,71	4,90	3,99	4,20	3,42	
Jul.	4,85	4,00	1,94	1,60	4,37	3,60	3,40	2,80	2,18	1,80	5,09	4,20	4,37	3,60	
Ago.	5,28	4,75	2,11	1,90	4,75	4,28	3,70	3,33	2,38	2,14	5,54	4,99	4,75	4,28	
Set.	5,31	4,91	2,12	1,96	4,78	4,42	3,72	3,44	2,39	2,21	5,58	5,16	4,78	4,42	
Out.	5,26	5,09	2,10	2,04	4,73	4,58	3,68	3,56	2,37	2,29	5,52	5,34	4,73	4,58	
Nov.	5,30	4,96	2,12	1,98	4,77	4,46	3,71	3,47	2,39	2,23	5,57	5,21	4,77	4,46	
Dez.	5,00	4,53	2,00	1,81	4,50	4,08	3,50	3,17	2,25	2,04	5,25	4,76	4,50	4,08	

Tabela 7. Demandas hídricas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação de Tabuleiro de Russas (Jaguaruana).

Cultura do Abacaxi										Cultura do Melão					
Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.			
Kc		0,30		0,50		0,40		0,35		1,00		0,75			
ETo		ETm						ETm							
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	4,79	4,42	1,44	1,33	2,40	2,21	1,92	1,77	1,68	1,55	4,79	4,42	3,59	3,32	
Fev.	4,40	3,68	1,32	1,10	2,20	1,84	1,76	1,47	1,54	1,29	4,40	3,68	3,30	2,76	
Mar.	3,88	3,20	1,16	0,96	1,94	1,60	1,55	1,28	1,36	1,12	3,88	3,20	2,91	2,40	
Abr.	3,84	3,10	1,15	0,93	1,92	1,55	1,54	1,24	1,34	1,09	3,84	3,10	2,88	2,33	
Mai.	3,92	3,23	1,18	0,97	1,96	1,62	1,57	1,29	1,37	1,13	3,92	3,23	2,94	2,42	
Jun.	4,32	3,62	1,30	1,09	2,16	1,81	1,73	1,45	1,51	1,27	4,32	3,62	3,24	2,72	
Jul.	4,73	3,95	1,42	1,19	2,37	1,98	1,89	1,58	1,66	1,38	4,73	3,95	3,55	2,96	
Ago.	5,32	4,53	1,60	1,36	2,66	2,27	2,13	1,81	1,86	1,59	5,32	4,53	3,99	3,40	
Set.	5,70	4,69	1,71	1,41	2,85	2,35	2,28	1,88	2,00	1,64	5,70	4,69	4,28	3,52	
Out.	5,80	5,21	1,74	1,56	2,90	2,61	2,32	2,08	2,03	1,82	5,80	5,21	4,35	3,91	
Nov.	5,57	4,99	1,67	1,50	2,79	2,50	2,23	2,00	1,95	1,75	5,57	4,99	4,18	3,74	
Dez.	5,08	4,52	1,52	1,36	2,54	2,26	2,03	1,81	1,78	1,58	5,08	4,52	3,81	3,39	

Tabela 8. Demandas hídricas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação de Jaguaribe Apodi (Morada Nova).

Cultura da Banana										Cultura do Mamão					
Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.			
Kc		0,55		1,15		0,90		0,40		0,90		0,70			
ETo		ETm						ETm							
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	5,25	4,61	2,89	2,54	6,04	5,30	4,73	4,15	2,10	1,84	4,73	4,15	3,68	3,23	
Fev.	4,53	4,65	2,49	2,56	5,21	5,35	4,08	4,19	1,81	1,86	4,08	4,19	3,17	3,26	
Mar.	4,12	4,03	2,27	2,22	4,74	4,63	3,71	3,63	1,65	1,61	3,71	3,63	2,88	2,82	
Abr.	4,04	3,79	2,22	2,08	4,65	4,36	3,64	3,41	1,62	1,52	3,64	3,41	2,83	2,65	
Mai.	4,25	4,15	2,34	2,28	4,89	4,77	3,83	3,74	1,70	1,66	3,83	3,74	2,98	2,91	
Jun.	4,49	4,48	2,47	2,46	5,16	5,15	4,04	4,03	1,80	1,79	4,04	4,03	3,14	3,14	
Jul.	4,80	5,03	2,64	2,77	5,52	5,78	4,32	4,53	1,92	2,01	4,32	4,53	3,36	3,52	
Ago.	5,36	5,54	2,95	3,05	6,16	6,37	4,82	4,99	2,14	2,22	4,82	4,99	3,75	3,88	
Set.	5,79	6,10	3,18	3,36	6,66	7,02	5,21	5,49	2,32	2,44	5,21	5,49	4,05	4,27	
Out.	5,98	6,57	3,29	3,61	6,88	7,56	5,38	5,91	2,39	2,63	5,38	5,91	4,19	4,60	
Nov.	5,91	6,44	3,25	3,54	6,80	7,41	5,32	5,80	2,36	2,58	5,32	5,80	4,14	4,51	
Dez.	5,64	6,05	3,10	3,33	6,49	6,96	5,08	5,45	2,26	2,42	5,08	5,45	3,95	4,24	

Cultura do Manga										Cultura da videira					
Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.			
Kc		0,45		1,05		0,90		0,35		1,15		0,90			
ETo		ETm						ETm							
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	5,25	4,61	2,36	2,07	5,51	4,84	4,73	4,15	1,84	1,61	6,04	5,30	4,73	4,15	
Fev.	4,53	4,65	2,04	2,09	4,76	4,88	4,08	4,19	1,59	1,63	5,21	5,35	4,08	4,19	
Mar.	4,12	4,03	1,85	1,81	4,33	4,23	3,71	3,63	1,44	1,41	4,74	4,63	3,71	3,63	
Abr.	4,04	3,79	1,82	1,71	4,24	3,98	3,64	3,41	1,41	1,33	4,65	4,36	3,64	3,41	
Mai.	4,25	4,15	1,91	1,87	4,46	4,36	3,83	3,74	1,49	1,45	4,89	4,77	3,83	3,74	
Jun.	4,49	4,48	2,02	2,02	4,71	4,70	4,04	4,03	1,57	1,57	5,16	5,15	4,04	4,03	
Jul.	4,80	5,03	2,16	2,26	5,04	5,28	4,32	4,53	1,68	1,76	5,52	5,78	4,32	4,53	
Ago.	5,36	5,54	2,41	2,49	5,63	5,82	4,82	4,99	1,88	1,94	6,16	6,37	4,82	4,99	
Set.	5,79	6,10	2,61	2,75	6,08	6,41	5,21	5,49	2,03	2,14	6,66	7,02	5,21	5,49	
Out.	5,98	6,57	2,69	2,96	6,28	6,90	5,38	5,91	2,09	2,30	6,88	7,56	5,38	5,91	
Nov.	5,91	6,44	2,66	2,90	6,21	6,76	5,32	5,80	2,07	2,25	6,80	7,41	5,32	5,80	
Dez.	5,64	6,05	2,54	2,72	5,92	6,35	5,08	5,45	1,97	2,12	6,49	6,96	5,08	5,45	

Tabela 9. Demandas hídricas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação de Araras Norte (Crateús).

Cultura do Mamão										Cultura da Manga									
Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.	
Kc		0,40		0,90		0,70		0,45		1,05		0,90		0,45		1,05		0,90	
ETo										ETm									
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	4,46	4,13	1,78	1,65	4,01	3,72	3,12	2,89	2,01	1,86	4,68	4,34	4,01	3,72	2,01	1,86	4,68	4,34	
Fev.	4,08	3,47	1,63	1,39	3,67	3,12	2,86	2,43	1,84	1,56	4,28	3,64	3,67	3,12	1,84	1,56	4,28	3,64	
Mar.	3,63	2,86	1,45	1,14	3,27	2,57	2,54	2,00	1,63	1,29	3,81	3,00	3,27	2,57	1,63	1,29	3,81	3,00	
Abr.	3,72	2,87	1,49	1,15	3,35	2,58	2,60	2,01	1,67	1,29	3,91	3,01	3,35	2,58	1,67	1,29	3,91	3,01	
Mai.	4,11	3,43	1,64	1,37	3,70	3,09	2,88	2,40	1,85	1,54	4,32	3,60	3,70	3,09	1,85	1,54	4,32	3,60	
Jun.	4,51	3,98	1,80	1,59	4,06	3,58	3,16	2,79	2,03	1,79	4,74	4,18	4,06	3,58	2,03	1,79	4,74	4,18	
Jul.	5,09	4,86	2,04	1,94	4,58	4,37	3,56	3,40	2,29	2,19	5,34	5,10	4,58	4,37	2,29	2,19	5,34	5,10	
Ago.	5,24	5,33	2,10	2,13	4,72	4,80	3,67	3,73	2,36	2,40	5,50	5,60	4,72	4,80	2,36	2,40	5,50	5,60	
Set.	5,33	5,78	2,13	2,31	4,80	5,20	3,73	4,05	2,40	2,60	5,60	6,07	4,80	5,20	2,40	2,60	5,60	6,07	
Out.	5,40	6,03	2,16	2,41	4,86	5,43	3,78	4,22	2,43	2,71	5,67	6,33	4,86	5,43	2,43	2,71	5,67	6,33	
Nov.	5,36	5,72	2,14	2,29	4,82	5,15	3,75	4,00	2,41	2,57	5,63	6,01	4,82	5,15	2,41	2,57	5,63	6,01	
Dez.	4,85	4,96	1,94	1,98	4,37	4,46	3,40	3,47	2,18	2,23	5,09	5,21	4,37	4,46	2,18	2,23	5,09	5,21	

Cultura da videira									
Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.			
Kc		0,35		1,15		0,90			
ETo									
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	4,46	4,13	1,56	1,45	5,13	4,75	4,01	3,72	
Fev.	4,08	3,47	1,43	1,21	4,69	3,99	3,67	3,12	
Mar.	3,63	2,86	1,27	1,00	4,17	3,29	3,27	2,57	
Abr.	3,72	2,87	1,30	1,00	4,28	3,30	3,35	2,58	
Mai.	4,11	3,43	1,44	1,20	4,73	3,94	3,70	3,09	
Jun.	4,51	3,98	1,58	1,39	5,19	4,58	4,06	3,58	
Jul.	5,09	4,86	1,78	1,70	5,85	5,59	4,58	4,37	
Ago.	5,24	5,33	1,83	1,87	6,03	6,13	4,72	4,80	
Set.	5,33	5,78	1,87	2,02	6,13	6,65	4,80	5,20	
Out.	5,40	6,03	1,89	2,11	6,21	6,93	4,86	5,43	
Nov.	5,36	5,72	1,88	2,00	6,16	6,58	4,82	5,15	
Dez.	4,85	4,96	1,70	1,74	5,58	5,70	4,37	4,46	

Tabela 10. Demandas hídricas potenciais das principais culturas no Pólo de Irrigação do Cariri.

Mauriti (Juazeiro do Norte) - Cultura da Manga										Missão Nova (Barbalha) - Cultura da Banana							
Meses	Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.			Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.	
	Kc		0,45		1,05		0,90			Kc		0,55		1,15		0,90	
	ETo									ETm							
	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC		PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC
Jan.	3,92	4,07	1,76	1,83	4,12	4,27	3,53	3,66		3,79	4,00	2,08	2,20	4,36	4,60	3,41	3,60
Fev.	3,70	3,80	1,67	1,71	3,89	3,99	3,33	3,42		3,70	3,83	2,04	2,11	4,26	4,40	3,33	3,45
Mar.	3,54	3,64	1,59	1,64	3,72	3,82	3,19	3,28		3,55	3,68	1,95	2,02	4,08	4,23	3,20	3,31
Abr.	3,49	3,52	1,57	1,58	3,66	3,70	3,14	3,17		3,71	3,66	2,04	2,01	4,27	4,21	3,34	3,29
Mai.	3,87	3,79	1,74	1,71	4,06	3,98	3,48	3,41		3,97	3,85	2,18	2,12	4,57	4,43	3,57	3,47
Jun.	4,03	3,83	1,81	1,72	4,23	4,02	3,63	3,45		4,18	3,99	2,30	2,19	4,81	4,59	3,76	3,59
Jul.	4,17	4,03	1,88	1,81	4,38	4,23	3,75	3,63		4,50	4,20	2,48	2,31	5,18	4,83	4,05	3,78
Ago.	4,57	4,41	2,06	1,98	4,80	4,63	4,11	3,97		4,74	4,53	2,61	2,49	5,45	5,21	4,27	4,08
Set.	4,66	4,45	2,10	2,00	4,89	4,67	4,19	4,01		4,82	4,67	2,65	2,57	5,54	5,37	4,34	4,20
Out.	4,38	4,49	1,97	2,02	4,60	4,71	3,94	4,04		4,64	4,79	2,55	2,63	5,34	5,51	4,18	4,31
Nov.	4,44	4,56	2,00	2,05	4,66	4,79	4,00	4,10		4,47	4,64	2,46	2,55	5,14	5,34	4,02	4,18
Dez.	4,10	4,28	1,85	1,93	4,31	4,49	3,69	3,85		4,12	4,33	2,27	2,38	4,74	4,98	3,71	3,90

Brejo Santo (Juazeiro do Norte) - Cultura da Videira									
Meses	Estágios		Kc inic.		Kc int.		Kc fin.		
	Kc		0,35		1,15		0,90		
	ETo								
	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	
Jan.	3,92	4,07	1,37	1,42	4,51	4,68	3,53	3,66	
Fev.	3,70	3,80	1,30	1,33	4,26	4,37	3,33	3,42	
Mar.	3,54	3,64	1,24	1,27	4,07	4,19	3,19	3,28	
Abr.	3,49	3,52	1,22	1,23	4,01	4,05	3,14	3,17	
Mai.	3,87	3,79	1,35	1,33	4,45	4,36	3,48	3,41	
Jun.	4,03	3,83	1,41	1,34	4,63	4,40	3,63	3,45	
Jul.	4,17	4,03	1,46	1,41	4,80	4,63	3,75	3,63	
Ago.	4,57	4,41	1,60	1,54	5,26	5,07	4,11	3,97	
Set.	4,66	4,45	1,63	1,56	5,36	5,12	4,19	4,01	
Out.	4,38	4,49	1,53	1,57	5,04	5,16	3,94	4,04	
Nov.	4,44	4,56	1,55	1,60	5,11	5,24	4,00	4,10	
Dez.	4,10	4,28	1,44	1,50	4,72	4,92	3,69	3,85	

Tabela 11. Demandas hídricas potenciais das principais culturas no Projeto de Irrigação Pingo D'Água (Quixeramobim)

Cultura do Mamão														Cultura do Melão											
Estágios		Kc inic.				Kc int.				Kc fin.				Kc inic.		Kc int.				Kc fin.					
Kc		0,40				0,90				0,70				0,35		1,00				0,75					
ETo		ETm								ETm															
Meses	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC							
Jan.	4,72	3,81	1,89	1,52	4,25	3,43	2,67	2,67	1,65	1,33	4,72	3,81	3,54	2,86											
Fev.	4,28	3,40	1,71	1,36	3,85	3,06	2,38	2,38	1,50	1,19	4,28	3,40	3,21	2,55											
Mar.	3,85	2,88	1,54	1,15	3,47	2,59	2,02	2,02	1,35	1,01	3,85	2,88	2,89	2,16											
Abr.	3,64	2,66	1,46	1,06	3,28	2,39	1,86	1,86	1,27	0,93	3,64	2,66	2,73	2,00											
Mai.	3,51	2,81	1,40	1,12	3,16	2,53	1,97	1,97	1,23	0,98	3,51	2,81	2,63	2,11											
Jun.	3,91	3,10	1,56	1,24	3,52	2,79	2,17	2,17	1,37	1,09	3,91	3,10	2,93	2,33											
Jul.	4,23	3,58	1,69	1,43	3,81	3,22	2,51	2,51	1,48	1,25	4,23	3,58	3,17	2,69											
Ago.	4,96	4,45	1,98	1,78	4,46	4,01	3,12	3,12	1,74	1,56	4,96	4,45	3,72	3,34											
Set.	5,62	4,77	2,25	1,91	5,06	4,29	3,34	3,34	1,97	1,67	5,62	4,77	4,22	3,58											
Out.	5,73	4,90	2,29	1,96	5,16	4,41	3,43	3,43	2,01	1,72	5,73	4,90	4,30	3,68											
Nov.	5,72	4,82	2,29	1,93	5,15	4,34	3,37	3,37	2,00	1,69	5,72	4,82	4,29	3,62											
Dez.	5,37	4,42	2,15	1,77	4,83	3,98	3,09	3,09	1,88	1,55	5,37	4,42	4,03	3,32											

7. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

§ Dentre os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (ET_o), o método de Blaney-Criddle (FREVERT et al., 1983) foi o que apresentou melhor ajuste em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-98), mostrando ser viável de utilização nas condições do Estado do Ceará, apresentando elevados níveis de concordância entre os dados estimados, medidos e ajustados;

§ O método de Hargreaves (1974), que tem sido utilizado indiscriminadamente no dimensionamento de projetos de irrigação em todo Estado, pode ser recomendado para estimar ET_o nas cidades de Acaraú, Crateús, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana, Morada Nova, Paraipaba, Pentecoste, Quixeramobim, Sobral e Tauá, devido ter mostrado significativa correlação, mas não deve ter seu uso recomendado nas localidades de Aracati, Barbalha, Campos Sales, Fortaleza e Juazeiro do Norte por não ter apresentado significativa correlação em relação a Penman-Monteith (FAO-56);

§ Os métodos de Linacre (1977), Thornthwaite (1948), Camargo (1971), Kharrufa (1985) e Hamon (1961) não devem ser recomendados para estimativas de ET_o para o Estado do Ceará, devido a análise estatística ter mostrado resultados menos significativos e não significativos em relação ao método padrão de Penman-Monteith (FAO-56); já o método de Hargreaves-Samani (1985) pode ser indicado sem restrições apenas para o município de Jaguaruana;

§ O método de Benavides & Lopez (1970) pode ser recomendado para estimar ETo nas cidades de Acaraú, Crateús, Morada Nova, Pentecoste, Quixeramobim e Sobral, devido ter mostrado significativa correlação, mas não deve ter seu uso recomendado nas localidades de Aracati, Barbalha, Campos Sales, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana, Juazeiro do Norte, Paraipaba e Tauá, por ter apresentado correlação menos significativa e não significativas em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56);

§ Os métodos de Jensen-Haise (1963), Makking (1957) e Priestley & Taylor (1972) e Radiação (FAO-24), que utilizam em suas equações dados meteorológicos relativos à taxa de energia solar, como a radiação solar e saldo de radiação para estimativa da evapotranspiração de referência, apresentaram ajuste significativo para a maioria das cidades, com exceção ao municípios de Aracati, para os métodos de Jensen-Haise (1963) e Makking (1957), Campos Sales e Juazeiro do Norte para o método de Priestley & Taylor (1972), Aracati e Paraipaba para o método de Radiação (FAO-24);

§ Os métodos empíricos que consideram apenas as temperaturas máximas e mínimas do ar, devem ser evitados na estimativa da evapotranspiração de referência, pois foi verificado que os métodos que levam em consideração o maior número possível de variáveis climatológicas (temperatura, umidade relativa, insolação e velocidade do vento), apresentaram uma melhor correlação dos dados em relação ao método de Penman-Monteith (FAO-56), e os que consideram a radiação solar global, apresentam um grande inconveniente para a região de estudo, em virtude do equipamento específico para medir esta variável ser de alto custo, não estando disponível nos postos meteorológicos do Estado;

§ O município de Aracati apresentou os resultados menos significativos de estimativas de evapotranspiração de referência, o que provavelmente deve ter influenciado esta má resposta dos dados; deve ter sido em virtude do período de tempo de coleta (1958 a 1968), período em que não se dispunha de tanta tecnologia para coleta, armazenamento e processamento dos dados, visto que o período de tempo das demais localidades engloba a década de 70, 80 e 90, períodos em que houve introdução, sofisticação, modernização e atualização da tecnologia na área meteorológica;

§ Os métodos de Hargreaves e Thonhwaite tem sido utilizados indiscriminadamente no dimensionamento de sistemas de irrigação em todas as regiões do Estado.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR E SILVA, M.A, et al. Efeito da cultura do pimentão sobre os elementos energéticos em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 215-220, 2003.

ALBUQUERQUE, J. K. Comparação do comportamento do saldo de radiação em área de pastagem na Amazônia durante dois períodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2003, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003. p. 29-30.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 53, p. 49-63, 2002.

ALENCAR, D. B. S. de. **Influência do total precipitado, umidade antecedente e intensidade de precipitação no escoamento superficial de uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal**. 2003. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

AL-GHOBARI, H. M. Estimation of referece evapotranspiration for southern region of Saudi Arababia. **Irrigation Sciencem**, v. 19, n. 2, p. 81-86, 2000.

ALLEN, R. G. A. Penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 112, n. 4, p. 348-368, 1986.

ALLEN R. G. Water Requirements. In: JENSEN, M. E. et al. (Eds.) **Design and operation of farm irrigation systems**. 2nd ed. St. Joseph: ASABE, 2007. p. 208-288.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALMEIDA, O. A. Irrigação. In: REINHARDT, L. F. S. et al (Orgs.) **Abacaxi. Produção: Aspectos Técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 35-40.

ALVES, E. J. **A cultura da bananeira**: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais. 2. ed., Brasília: EMBRAPA, 1999. 585 p.

AL-SHA'LAN, S.A., SALIH, A.M.A. Evapotranspiration estimates in extremely arid areas. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 113, n. 4, p. 565-574, 1987.

AMATYA, D. M.; SKAGGS, R. W.; GREGORY, J. D. **Comparison of methods for estimating potential evapotranspiration**. St. Joseph: ASABE, 1992. 27 p.

AMORIM NETO M. da S.; OLIVEIRA C. A. V.; SILVA, D. da S. Avaliação de diferentes métodos para estimativa de evapotranspiração potencial em regiões semi-áridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 4., 1985, Londrina. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1985. p. 211-229.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera**. Piracicaba: Copiadora "Luiz de Queiroz – Livro Digital, 2002. 272 p.

ARAUJO FILHO, P. F. Utilização da estimativa de evapotranspiração potencial pelo método de Hargreaves para o Estado de Pernambuco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 10., 1993, Gramado. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 1993. v. 2, p. 387-380.

ARRUDA, F. B.; BARROSO, L. F. S. Estimativa do uso de água para fins de projetos de irrigação, em função da evaporação do tanque, em Ribeirão Preto. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 632-77, 1984.

ATARASSI, R. T. **Modelagem do balanço de energia do dossel da cultura do pimentão em casa de vegetação**. 2004. 70 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2004..

AUGUSTO, N. NOVA, V. PEREIRA, A. B. Ajuste do método de Priestley-Taylor às condições climáticas locais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.395-405.

ÁVILA NETTO. Exigências hídricas da videira na região do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1556-1559, 2000.

AZEVEDO, B. M. **Evapotranspiração de referência obtida com a razão de Bowen, lisímetro de pesagem e equação de Penman-Monteith utilizando sistemas automáticos**. 1999. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

AZEVEDO, F. G. B. de; JÚNIOR, H. D. S.; LACERDA, F. F. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XIV., 2005, Campinas-SP, Estatística e modelagem, 2005. p. 29-30.

BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E. S. **Abacaxicultura**: contribuição tecnológica. João Pessoa: EMEPA-PB, 1999. 96 p. (Documentos, 26).

BASSOI, L. H. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 4 p. (Comunicado Técnico, 108).

BASTOS, E. A. **Distribuição de frequência da evapotranspiração potencial de Teresina – Pi, através do modelo de Gumbel**. Campinas: Engenharia Agrícola, 1994. v. 14, p.104-199.

BASTOS, E. A. Manejo econômico da irrigação de feijão caupi via modelo de simulação. **Irriga**, Botucatu, SP, v.5, n.2, p. 84-98, 2000.

BENAVIDES, J. G.; LOPEZ, D. Formula para el caculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al tropico (15° N - 15° S). **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 20, n. 5, p. 335-345, 1970.

BERLATO, M. A; MOLION, L. B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronomicas, 1981. p. 4-95. (Boletim Técnico 7).

BEZERRA, F. M. L.; MESQUITA, T. B.; OLIVEIRA, C. H. C. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do mamão irrigado por sistema de irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

BEZERRA, F. M. L.; OLIVEIRA, C. H. C. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura nos estádios fenológicos da melancia irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 173-177, 1999.

BLANEY, H.F.; CRIDDLE, W.O. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. Washington: USDA Soil Conservation Service, 1950. 48p. Technical Paper n.96.

BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 293–300, 2007.

BORGES A. C. et al. Comparação de metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Goiania, GO. **Bioscienc**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 19-27, 2001.

BRUTSAERT, W. Catchement scale and the atmospheric bounday layer. **Water Resource Research**, v. 23, n. 9, p. 395-455, 1986.

BURTE, J.; SCHRADER, G. O. Projeto pingo d'água: relatório parcial das atividades. Quixeramobim: Prefeitura Municipal de Quixeramobim/UECE, Jul. 1999. 79 p.

CABRAL, R. C.; SOZA, F. de; AZEVEDO, B. M. de. Balanço hídrico e classificação climática para o município de Acaraú/CE utilizando a evapotranspiração de Penman-Monteith e Hargreaves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

CAICEDO, N. L.; BELTRAME, L. F.; CAUDURO, F. A. Variação temporal e espacial da evapotranspiração média mensal. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E

DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABID, 1988. v. 2, p. 1053-1068.

CAMARGO, A.P. **Balço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1971. 28p. (Boletim Técnico, 116).

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. **Bragantia**, campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. 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: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. p. 229-244.

CAMARGO, A. P.; PERREIRA, A. R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Fundação Cargill, 1990. 27 p.

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, n. 1, p. 87-89, 1997.

CAMPECHE, L. F. de S. M. **Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação de evapotranspiração da cultura da Lima ácida ‘Tahiti’ (*Cityrus latifolia tan.*)**. 2002. 67 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2002.

CARVALHO, B. C. L. de. Modelos matemáticos para estimativa da temperatura em diferentes localidades do Estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 4, n. 3, 2001.

CARVALHO, D. F. Comparação entre diferentes metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência e sua influência da demanda máxima suplementar de irrigação para o milho (*Zea mays* L) no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Agronomia**, Seropédica, v. 36, n. 1/2, p. 48-55, 2002.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. Levantamento de solos da Fazenda Experimental Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”. **Faculdade de Ciencias Agronomicas**, Botucatu, n. 1, p. 1-94, 1983.

CHEN, J. F, YEH, H. F, LEE, C.H, LO, W.C. Optical comparasion of empirical equation for estimating potencial evapotranspiration in Taiwan. In: IAHR CONGRESS, XXXI., 2005, Seoul. Korea, 2005. 3687-3697 p.

COELHO, E. F.; COSTA, E.L.; TEIXEIRA, A. H. C.; OLIVEIRA, S. L. **Irrigação da Bananeira**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Circular Técnica, 53).

COELHO, E. F. **Irrigação e fertirrigação da mangueira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 26 p. (Circular Técnica, 39).

CONCEIÇÃO, M. A. F. Irrigação. In: MAIA, J. D. G.; KUHN, G. B. (Ed.). **Cultivo da Niágara Rosada em áreas tropicais do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2001. p. 60-63.

COSTA, W. D. Uso e gestão de águas subterrânea. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Coords). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO/LABHID/UFPE, 2000. cap.14, p. 349.

CRUCIANI, D. E. **A drenagem na agricultura**. 4. ed., São Paulo: Nobel, 1986. 337 p.

CUNHA, M. M. **Manga para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 35 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 8).

CORRÊA, R. A. de L. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura em dois ciclos de produção do maracujazeiro amarelo**. 2004. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2004.

DANTAS, R. T. Determinação da Constante Térmica (R), na Estimativa da vapotranspiração Máxima do Arroz (*Oryza sativa* L). In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9.,1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p. 102-105

DIAS, C. T. S. **Planejamento de uma fazenda em condições de risco: programação linear e simulação multidimensional**. 1996. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1996.

DIAS, K. L. C. **Análise da evapotranspiração de referência da grama (*Paspalum maritimum* L.) e da evapotranspiração do melão (*Cucumis melo* L.) para a região litorânea do Ceará**. 2001. 70 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1984. 144 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

DORNELAS, K. D. S.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S. Coeficientes médios da equação de Angström-Prescott, radiação solar e evapotranspiração de referência em Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1213-1219, ago. 2006.

FAO. **Faostat Agriculture**. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/faostat/>>. Acesso em: 16 maio 2001.

FARIA, C. M. **Aplicando técnicas de geoprocessamento no estudo de sistemas de produção: O milho em Minas Gerais**. 2000. 30 f. (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

FERREIRA, L. N de M. **Determinação da evapotranspiração atual e potencial da cultura da melancia**. 1990. 66 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1990.

FILHO, J. S. V.; LEITE, M. L.; CATANEO, A. Avaliação de três simulados de dados climáticos na geração de dados diários de temperatura do ar I-temperatura mínima. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Estatística e modelagem, 2005. p. 54-55.

FONTANA, D. C. Determinação da Evapotranspiração. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1996. cap. 4, p. 48-61.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 26, p. 403-10, 1991.

FONTANA, D. C.; OLIVEIRA, D. Relação entre radiação solar global e insolação para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 87-91, 1996.

FREVERT, D. R.; HILL, R. W.; BRAATEN, B. C. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 109, p. 265-270, 1983.

FRIZONE, J. A. **Análise de decisão econômica em irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 2005. 371 p. (Série Didática, 17).

GANGOPADHYANA, M.; HARBECK Jr., G. E.; NORDENSON, T. J. **Measurement and estimation of e and evapotranspiration**. Genebra: WMO, 1996. 121 p.

HARGREAVES, G. H. Estimating of potential and crop evapotranspiration. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 701-704, 1974..

HARGREAVES, G. H. **World water for agriculture**. Washington: Utah State University and Agency for International Development, 1977. 177 p.

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z. **Reference crop evapotranspiration from temperature**. Journal of Applied Engineering in Agriculture, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.

HAMON, W. R. Estimating potential evapotranspiration. **Journal of Hydraulics Division ASCE**, Nova Iorque, v. 87, p. 107-120, 1961.

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

INMET. Normais climtológicas (1961 a 1990). Brasília: INMET, 1992. 84 p.

JACOMAZZI, M. A. **Programa para estimativa do rendimento das culturas pela simulação da irrigação por balanço hídrico seqüencial.** 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 2004, Piracicaba, 2004.

JENSEN, M. E. **Consumptive use of water and irrigation water requirements.** New York: ASCE, 1973. 215 p.

JENSEN, M. E. **Design and operation of farm irrigation systems.** St. Joseph: American Society Agricultural Engineers, 1983. 830 p.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York: ASCE, 1990. 332 p.

JONES, H. G. Irrigation Schedulig: advantages and pitfalls of plant-based methods. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 407, p. 2427-2436, 2004.

JÚNIOR, L. G. F.; ARAÚJO, M. J. V. de; JÚNIOR, A. S. A. Estimativa da evapotranspiração de referência na escala mensal com os métodos de Penman-Monteith, Thorthwaite e Prestley-Taylorpara Parnaíba, Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. p. 81-82.

JUNIOR, L. G. M. F.; JUNIOR A. S. A.; BASTOS E. A. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na escala decendial para Teresina, Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Estatística e modelagem, 2005, p. 89-90.

KHARRUFA, N. S. Simplified equation for evapotranspiration in arid regions. **Beiträge zur Hydrologie**, Kirchzarten, v. 5, n. 1, p. 39-47, 1985.

- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. 408 p.
- KLAR, A. E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, 1991. 156 p.
- LEMON, E.R.; GLASSER, A.M.; SATTERWHITE, L.E. **Some aspects of the relationship of soil, plant and meteorological factor to evapotranspiration**. Soil Sc. Soc. Amer. Proc., 21. 1957, pp.464-468.
- LINACRE, E. T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 18, p. 409-424, 1977.
- LUCENA, E. M. P. de. Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga ‘Tommy Atkins’ no vale do São Francisco. 2006. 152 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- LUNARD, M. A.; LUNARD, D. M. C; CAVAGUTI, M. Comparação entre medidas evapotranspirométricas e metodologia da FAO, na determinação de evapotranspiração de referência. **Irriga**, Botucatu, v. 4, n. 1, p. 52-65, 1999.
- MAKKINK, G, F. Ekzamento de la formulo de Penman. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 5, p. 290-305, 1957.
- MANICA, I.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. E. Produção e comércio de mamão no mundo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2000. p. 397.
- MAO, L. M.; BERGMAN, M. J.; TAI, C. C. Evapotranspiration measurement and estimation of three wetland environments in the Upper St. Johns River Basin, Florida. **Journal of the American Water Resources Association**, Middleburg, v. 38, n. 5, p. 1271-1285, 2002.
- MARIN, F. R. **Evapotranspiração e transpiração máxima em cafezal adensado**. 2003. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia)–Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- MAROUELLI, W. A. **Manejo da irrigação de hortaliças**. Brasília: CNPH/EMBRAPA, jan. 1986. (Circular Técnica, 2).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 11 p.

MARQUES, P. A. A. **Modelo computacional para definição do risco econômico em culturas irrigadas**. 2005. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2005.

MARTINS, C. M. Comparação da evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith utilizando dados de estação meteorológica convencional e automática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2005. p. 36-37.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. cap. 3, p. 31-39.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba, CE**. 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência através do programa REF-ET, para duas localidades do Nordeste**. 1996. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

MEDEIROS, A. T.; FOLEGATTI, M. V. Relação entre evapotranspiração de referência para grama e alfafa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

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

MIRANDA, E.P. **Coefficiente de cultivo do melão (*Cucumis melo*, L.) determinado pelo balanço hídrico e graus-dia de desenvolvimento**. 1998. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MIRANDA, F. R. de; BLEICHER, E. **Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (*Cucumis melo* L.) na região litorânea do Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Boletim de Pesquisa, 39).

MIRANDA, F. R. de; SOUZA, F. de; RIBEIRO, R. S. F. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Estado do Ceará. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 63-70, 1999.

MIRANDA, F. R. de; YODER, R. E.; SOUZA, F. de. Instalação e calibração de um lisímetro de pesagem no Projeto de Irrigação Curu-Paraipaba, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 107-110, 1999.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 376 p.

NUNES, J. C. S.; ARAÚJO, E. F.; SOUZA, C. M.; BERTINI, L. A.; FERREIRA, F. A. Efeito da palhada de sorgo localizada na superfície do solo em características de plantas de soja e milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 50, n. 287, p. 115-126, 2003.

OLIVEIRA, A.D.; VOLPE, C. A. Estimativa da evapotranspiração de referência utilizando dados de estação meteorológica convencional e automática In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2003. p. 307-308.

OLIVEIRA, L. A.; COSTA, A. C. da. Influência da arborização na temperatura e umidade do ar no campus da UFPA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Micrometeorologia, 2005. p. 26-27.

OLIVEIRA, M. A. A. de; CARVALHO, D. F. de. Estimativa da evapotranspiração de referência e da demanda suplementar de irrigação para o milho (*Zea mays* L.) em Seropédica e Campos, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 132–135, 1998.

PACE, L. **Adubação nitrognada na cultura do Milho em sucessão a espécies de cobertura do solo**. 2001. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2001.

PELTON, W.L.; KING, K.M.; TANNER, C.B. An evaluation of the Thornthwaite and mean temperature methods for determining potential evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, p.387-395, 1960.

PENMAN, H. L. Evaporation: an introductory survey. **Journal Agriculture Science**, Neth, v. 4, p. 9-29, 1956.

PEREIRA A. R. Substantiation of the daily FAO-56 reference evapotranspiration with data from automatic and conventional weather stations. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 251-257, 2002.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Porto Alegre: Guaíba Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C.; VILLA NOVA, N. A. Estimativa do balanço de energia radiante em função de elementos climáticos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 2001-206, 1998.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ/USP, 1997. 183 p.

PIMENTEL, C. R. M. Oportunidades e barreiras à expansão do comércio internacional para a manga nordestina. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. 2, p. 166-176, 2000.

PINTO, J. M.; FLORI, C. M.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; SOARES, J. M. Aplicação de nitrogênio e potássio via fertirrigação em bananeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.

POVOA, A. F. R. Irrigação da mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. (Coord.). **Manga: Tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 98-105.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Madison, v. 100, p. 81-92, 1972.

PRUTT, W. O; OETTINGE, S. von; MORGAN, D. L. Central California evapotranspiration frequencies. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 98, n. 2, p. 177-184, 1972.

REICHARDT, K. **Processo de transferências no sistema solo-planta-atmosfera**. 4. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466 p.

RIGHI, E. Z. **Balço de energia e evapotranspiração de cafezal adensado em crescimento sob irrigação localizada**. 2004. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

RITCHIE, J. T.; JOHNSON, B. S. Soil and plant factors affecting evaporation. In: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. (Ed.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: Agronomy/ASA/CSSA/SSSA, 1990. p. 363-90. (Monograph, 30).

RODRIGUES, B. H. N., SOUZA, V. F. Determinação da evapotranspiração máxima (ET_m) e coeficiente de cultivo (K_c) para a cultura do melão nas condições dos tabuleiros costeiros do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas, **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 239-241.

SÁ, N. G. **Determinação da evapotranspiração de referência com lisímetro em Paraipaba/CE**. 2001. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

SAAD, J. C. C. **Estudo das distribuições de frequência da evapotranspiração de referência e da precipitação pluvial para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação**. 1990. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

SAAD, J. C. C.; SCALOPPI, J. E. Análise dos principais métodos climáticos para estimativa da evapotranspiração. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8.,

1988, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988a. v. 2, p. 1021-1999.

SAAD, J. C. C.; SCALOPPI, J. E. Frequência de distribuição de evapotranspiração de potencial para dimensionamento de sistemas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1988, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988. v. 2., p.1037-1052.

SALES, J. C. **Avaliação de coeficientes de uniformidade da distribuição e perdas de água por aspersão convencional**. 1997. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

SANTIAGO, A. V. **Evapotranspiração de referência medida por lisímetro de pesagem e estimada por Penman-Monteith (FAO-56), nas escalas mensal e diária**. Piracicaba, 2001. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2001.

SAMPAIO, Elvira Souza de. **Fisiologia Vegetal: teoria e experimentos**. Ponta Grossa: UEPG, 1998. 179 p

SANTOS, O. A.; BERGAMASCHI, H.; CUNHA, G. R. Necessidades hídricas da alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 37-40, 1995.

SEAGRI, Importação e exportação da fruticultura cearense. Secretaria da Agricultura e Pecuária, Governo do Estado do Ceará, Fortaleza. 2005.

SECRETARIA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO. Normais climatológicas (1961 – 1990). Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 260 p.

SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Modelos para estimativas das temperaturas normais mensais médias, máximas, mínimas e anual no Estado de Minas Gerais. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 57-61, 1987.

SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Relações clima-água-planta. In: FARIA, M. A. (Ed.) et. al. **Manejo da Irrigação**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. cap. 2, p. 46-85.

SENTELHAS, P. C. Variação sazonal do parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa diária da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 49-53, 2000.

SENTELHAS, P. C.; CARAMORI, P. H. Inconsistências na medida da chuva com pluviômetros de báscula, utilizados em estações meteorológicas automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 301-304, 2002.

SILVA, A. A. G.; KLAR, A. E. Demanda hídrica do Maracujazeiro amarelo (*Pzassiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 3, 2002.

SILVA, K. O. Análise de métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 161-165, Abr./Jun. 2005.

SILVA, L. D. B. da. **Evapotranspiração do Capim Tanzânia (*Panicum máxima* Jacq.) e grama batatais (*Paspalum notatum* flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem**. 2003. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2003.

SILVA, T. J. A. da. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo de maracujazeiro determinados pelo método do balanço de radiação e lisimetria de pesagem hidráulica**. 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, 2005.

SILVA, V. P. R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. 2000. 129 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

SILVA, V. P. R. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Meteorologia e climatologia, 2005. p. 78-79.

SILVA, V. P. R. Estimativa da evapotranspiração de referência pelos métodos de Penman-Monteith – FAO/56, Hargreaves e Tanque Classe A em períodos diários mensais. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2001. v. 2, n. 2, p. 467-468.

SILVA, V. P. R. Sistema de estimativa e monitoramento da evapotranspiração de referência-SIEN-ETo In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2002. p. 2235-2241.

SILVA, Z. R. Climas do Estado do Ceará. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 23, n. 1/2, p. 89-95, 1987.

SILVEIRA, S. S. **Análise da componente principal como ferramenta para estimar os parâmetros meteorológicos de mais influência para o processo da evapotranspiração no Estado do Ceará**. 2000. 60 f. Dissertação (Mestrado Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage**, England, v. 118, p. 977-980, 1992.

SOARES, J. M; COSTA, F. F. Irrigação. In: EMBRAPA; CPATSA. **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1995. p.41-80.

SOUSA, F. Avaliação dos estudos hidroclimatológicos do plano estadual de recursos hídricos do Ceará: I – Evapotranspiração. **Revista Irrigação**, Botucatu, v. 3, n. 3, p. 109-125, 1998.

SOUSA, W. S.; SOUSA, F. A.; LIMEIRA, R. C. **Estudo da estrutura da evapotranspiração na região Nordeste do Brasil utilizando análise de componentes principais**. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, Campinas-SP, Estatística e modelagem, 2005, pp. 41-42.

SOUZA, F. J. Comparação de diferentes modelos utilizados para estimar a evapotranspiração de referência (ETo) nas condições do Brejo Paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1995. Viçosa. SBEA n. 95, 13p.

SOUZA, F. de.; YODER, R. **Estimation in the northeast of Brazil**: Hargreaves or man-Monteith equation. St. Joseph: ASAE, 1994. 6 p. TEIXEIRA, A. H. C. et al. Consumo hídrico

- e coeficiente de cultura da videira na região de Petrolina, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 3, p. 413-416, 1999.
- TESTA, V M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um podzólico vermelho-escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.
- THORNTHWAITE, C. W. A re-examination of the concept and measurement of potential evapotranspiration. In: MATHER, J. R. (Ed.). **The measurement of potential evapotranspiration**. Centerton: Publications in Climatology, 1954. v. 7, p. 200-209.
- THORNTHWAITE, C. W., MATHER, J. R. An approach toward a rational classification of climate. **The Geographycal Review**, New York, v. 38 n. 1, p. 55-94, 1948.
- 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, Jaboticabal, 2002.
- TURCO, J. E. P., PERECIN, D., PINTO JUNIOR, D. L. Influência da acurácia de instrumentos de medidas na comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 63-80, 2008.
- VALADÃO, L.T. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura do feijoeiro em dois níveis do lençol freático**. 1995, 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 1995.
- VARVEL, G. E.; SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 61, p. 1233-1240, 1997.
- 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, set./dez. 2005.

VICTORIA, D. de C. **Estimativa da evapotranspiração da Bacia do Ji-Parná (RO) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado Geoprocessamento) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

VILA NOVA, N. A. Estimativa da demanda hídrica em culturas. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUAS NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 14-26.

VILA NOVA, N. A.; PEREIRA, A. B. Ajustes do método de Priestley-Taylor às condições climáticas locais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.395-405, maio/ago., 2006.

VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A.R.; BARBIERI, V. Evapotranspiration as a function of leaf area index and class A pan evaporation. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.2, p.35-37, 1985.

VILA NOVA, N. A.; PEREIRA, A. B.; PEREIRA, A. R. Ajustes de S e W da equação de Penman em função da média entre as temperaturas do psicrômetro. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 3, p. 241-251, 2002.

VILA NOVA, N.A.; REICHARDT, K. Evaporação e evapotranspiração. In: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. **Engenharia Hidrológica**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1989. cap. 3,. p. 145-197.

VISWANADHAM, Y.; SILVA FILHO, V. P.; ANDRE, R. G. B. The Priestley-Taylor parameter for the Amazon Forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 38, n. 3-4, p. 211-225, 1991.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litterbags. **Ecology**, v. 63, p. 1636-1642, 1982.

ZIMMER, A. D.; CORREA, E. S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto. In: PAULINO, V. T.; FERREIRA, L. G. **Recuperação de pastagens**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1999. p. 3-13.

XU, C. Y.; SINGH, V. P. Evaluation and generalization of temperature- based methods for calculating evaporation. **Hydrological Processes**, Chichester, v. 15, n. 2, p. 305-319, 2001.

XU, C. Y.; SING, V. P. Cross comparison of empirical equations for calculating potential evapotranspiration with data from Switzerland. **Water Resources Management**, Dordrecht, v. 16, n. 3, p. 197-219, 2002.

APÊNDICE

Tabela 1B. Dados climatológicos médios dos municípios selecionados.

Municípios	Média	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
		(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Acarauá (1976–1988)	inverno	30,65	22,83	80,17	196,72	6,52	4,08	369,47	184,33
	verão	31,83	22,60	71,33	285,83	9,27	6,32	545,75	10,33
	anual	31,24	22,72	75,75	241,28	7,89	5,20	457,61	97,33
Aracati (1958-1968)	inverno	29,17	21,50	67,33	213,33	7,08	3,43	296,65	142,83
	verão	28,30	21,47	65,50	293,33	9,57	5,47	472,32	11,00
	anual	28,73	21,48	66,42	253,33	8,33	4,45	384,48	76,92
Barbalha (1979-1988)	inverno	30,63	20,82	72,83	214,33	7,10	1,68	145,43	158,17
	verão	32,63	20,80	54,00	263,83	8,61	2,35	194,72	34,33
	anual	31,63	20,81	63,42	239,08	7,86	2,02	170,08	96,25
Campos Sales (1978-1987)	inverno	29,85	19,75	70,50	200,17	6,63	3,67	316,82	87,17
	verão	32,00	20,35	52,67	256,83	8,38	4,45	417,80	17,67
	anual	30,93	20,05	61,58	228,50	7,50	4,06	367,31	52,42
Crateús (1979-1988)	inverno	31,83	21,75	70,83	174,00	5,77	2,63	227,52	121,67
	verão	34,52	22,18	34,52	241,17	7,85	3,55	306,73	15,67
	anual	33,18	21,97	59,25	207,58	6,81	3,09	267,13	33,18
Fortaleza (1966-1999)	inverno	30,10	23,50	81,67	189,72	6,29	3,18	275,05	240,12
	verão	30,47	23,53	74,83	272,88	8,90	4,45	367,82	34,77
	anual	30,28	23,52	78,25	231,30	7,60	3,82	30,28	137,44
Guaramiranga (1961-1988)	inverno	24,55	17,90	89,67	128,67	4,26	1,90	164,18	227,50
	verão	25,98	17,02	83,67	204,17	6,66	2,12	182,88	52,33
	anual	25,27	17,46	86,67	166,42	5,46	2,01	173,53	139,92
Iguatu (1961-1990)	inverno	32,18	23,20	70,33	116,00	3,85	1,43	123,83	119,83
	verão	34,43	22,52	53,33	207,00	6,75	2,28	197,28	13,67
	anual	33,31	22,86	61,83	161,50	5,30	1,86	160,56	33,31

Tabela 1B. Dados climatológicos médios dos municípios selecionados (Cont.).

Municípios	Média	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
		(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jaguaruana (1979-1988)	inverno	32,40	23,65	77,50	197,00	6,52	3,03	262,07	123,17
	verão	33,73	22,45	69,00	267,00	8,71	4,43	383,03	8,33
	anual	33,07	23,05	73,25	232,00	7,62	3,73	322,55	65,75
Juazeiro do Norte (1978-1987)	inverno	29,62	21,00	69,67	202,00	6,69	2,18	188,65	125,33
	verão	31,40	20,75	53,67	269,67	8,80	2,48	214,57	78,71
	anual	30,51	20,88	61,67	235,83	7,75	2,33	201,61	76,83
Morada Nova (1961-1990)	inverno	32,97	22,57	73,33	218,33	7,24	2,67	230,42	111,83
	verão	34,73	21,55	62,00	268,33	8,75	3,75	324,00	7,00
	anual	33,85	22,06	67,67	243,33	8,00	3,21	277,21	59,42
Paraipaba (1975- 1998)	inverno	31,33	22,43	90,50	209,47	6,95	1,53	132,47	150,62
	verão	32,30	22,03	85,17	285,00	9,30	2,58	223,20	11,35
	anual	31,82	22,23	87,83	247,23	8,12	2,06	177,83	80,98
Pentecoste (1970-1998)	inverno	33,32	23,23	83,17	195,82	6,49	3,27	282,23	125,65
	verão	35,48	23,03	69,83	262,02	9,09	4,83	417,62	12,13
	anual	34,40	23,13	76,50	228,92	7,79	4,05	349,93	68,89
Quixeramobim (1961-1990)	inverno	31,25	22,85	72,83	201,27	6,68	2,63	227,52	125,47
	verão	33,60	22,73	58,17	258,85	8,45	4,38	378,72	15,95
	anual	32,43	22,79	76,50	230,06	7,56	3,51	303,12	70,71
Sobral (1961-1988)	inverno	32,02	22,40	76,83	179,00	5,94	2,18	188,63	133,33
	verão	35,13	22,28	60,00	247,00	8,22	3,17	273,60	5,50
	anual	35,58	22,34	68,42	213,00	7,08	2,68	231,12	69,42
Tauá (1977-1986)	inverno	30,92	21,38	68,00	183,50	6,08	2,32	200,15	80,50
	verão	33,00	21,92	49,00	241,50	7,88	2,70	233,27	10,17
	anual	31,96	21,65	58,50	212,50	7,88	2,51	216,71	45,33

Tabela 2B. Valores da Radiação Solar Global (Rg) em MJ.m².d⁻¹ nos municípios selecionados.

Meses	Acaraú (1976-1988)	Aracati (1958-1968)	Barbalha (1979-1988)	C. Sales (1978-1987)	Cratêis (1979-1988)	Fortaleza (1966-1999)	Guaram. (1961-1988)	Iguatu (1961-1990)
Jan.	16,15	17,19	16,62	15,74	15,00	16,36	14,64	15,23
Fev.	15,35	16,67	16,64	15,41	15,13	15,66	13,86	13,74
Mar.	14,50	16,05	16,31	15,56	14,45	14,30	12,81	12,53
Abr.	15,04	15,96	16,83	16,44	15,01	14,56	13,16	12,70
Mai.	16,33	15,65	17,86	17,71	16,12	16,07	13,96	13,44
Jun.	17,76	18,00	18,06	18,58	16,98	17,15	14,69	14,58
Jul.	17,61	18,16	18,45	18,55	17,73	17,74	15,53	15,94
Ago.	18,91	18,72	19,15	19,05	18,14	18,43	16,63	17,11
Set.	18,86	19,42	18,94	18,75	18,05	18,35	16,45	16,87
Out.	19,09	19,80	18,62	18,24	17,82	18,66	16,31	16,91
Nov.	18,67	19,30	18,36	18,01	17,30	18,53	16,34	16,48
Dez.	17,75	18,37	17,17	16,62	15,62	17,50	15,67	15,80
Total	206,02	213,29	213,01	208,66	197,35	203,31	180,05	181,33
Med inv.	15,86	16,59	17,05	16,57	15,45	15,68	13,85	13,70
Med ver.	18,48	18,96	18,45	18,20	17,44	18,20	16,16	16,52
Média	17,17	17,77	17,75	17,39	16,45	16,94	15,00	15,11

C. Sales Campos Sales. Guaram. Guaramiranga

Tabela 2B. Valores da Radiação Solar Global (Rg) em MJ.m².d⁻¹ nos municípios selecionados (Cont.).

Meses	Jaguaruana (1979-1988)	J. do Norte (1978-1987)	M. Nova (1961-1990)	Paraipaba (1975-1998)	Pentecoste (1970-1998)	Quixer. (1961-1990)	Sobral (1961-1988)	Tauá (1977-1986)
Jan.	17,06	15,99	17,37	16,60	16,45	16,50	15,34	15,46
Fev.	15,37	16,43	16,49	16,62	15,73	16,45	15,16	14,93
Mar.	15,42	16,63	16,02	15,20	14,46	15,93	14,46	15,16
Abr.	15,37	15,54	16,67	15,46	15,25	15,62	14,86	16,03
Mai.	15,58	17,67	17,37	16,44	16,31	16,62	15,71	16,43
Jun.	17,62	17,66	18,05	17,36	17,07	16,85	16,51	17,74
Jul.	17,88	18,13	18,43	18,23	17,70	17,55	16,92	18,14
Ago.	18,59	19,97	18,36	18,89	18,51	18,51	18,05	18,36
Set.	18,32	19,18	18,68	18,71	18,41	18,44	17,85	18,27
Out.	19,00	18,48	18,90	19,03	18,81	18,51	17,90	17,89
Nov.	18,30	18,78	18,46	18,62	18,71	18,14	17,37	17,34
Dez.	16,90	17,29	17,75	17,80	18,17	16,97	16,29	15,85
Total	205,41	211,75	212,55	208,96	205,58	206,09	196,42	201,60
Med inv.	16,07	16,65	17,00	16,28	15,88	16,33	15,34	15,96
Med ver.	18,17	18,64	18,43	18,55	18,39	18,02	17,40	17,64
Média	17,12	17,65	17,71	17,41	17,13	17,17	16,37	16,80

Tabela 3B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Acaraú no período de 1976 – 1988.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	4,36	4,38	4,70	2,21	5,04	5,07	4,75	5,12	4,37	4,93	3,99	3,85	4,23	3,77
Fev.	4,03	4,25	4,72	2,22	4,78	4,74	4,32	5,06	4,24	4,89	3,92	3,74	3,94	3,50
Mar.	3,53	4,02	4,41	2,25	4,77	4,42	4,60	4,40	4,11	4,83	3,86	3,66	3,35	2,80
Abr.	3,90	4,21	4,55	2,16	4,65	4,58	4,48	4,35	4,29	4,60	3,83	3,62	3,56	2,89
Mai.	3,91	4,11	5,01	2,27	5,08	5,09	4,55	4,55	3,99	4,88	3,88	3,67	3,89	3,19
Jun.	4,67	4,59	5,36	2,01	5,48	5,47	4,26	4,75	4,16	4,59	3,79	3,55	4,53	3,80
Jul.	4,85	4,67	5,33	1,99	5,44	5,41	4,46	4,97	4,05	4,60	3,80	3,56	4,65	4,00
Ago.	5,28	4,73	5,83	2,06	5,88	5,96	4,67	5,45	4,17	4,91	3,91	3,70	5,31	4,75
Set.	5,31	4,70	5,89	2,13	5,89	6,03	4,80	5,64	4,38	4,97	4,01	3,84	5,39	4,91
Out.	5,26	4,78	5,97	2,16	5,97	5,99	4,83	5,73	4,58	5,08	4,02	3,86	5,51	5,09
Nov.	5,30	4,81	5,84	2,13	5,84	5,82	4,85	5,65	4,78	5,00	4,05	3,92	5,32	4,96
Dez.	5,00	4,67	5,56	2,16	5,55	5,50	4,86	5,45	4,64	4,94	4,06	3,93	4,89	4,53
Média inv.	4,07	4,26	4,79	2,19	4,97	4,90	4,50	4,71	4,19	4,79	3,88	3,68	3,92	3,33
Média ver.	5,17	4,73	5,74	2,11	5,76	5,79	4,74	5,48	4,43	4,92	3,98	3,80	5,18	4,71
Média	4,62	4,49	5,26	2,15	5,36	5,34	4,62	5,09	4,31	4,85	3,93	3,74	4,55	4,02
Desv. padrão	0,65	0,28	0,57	0,09	0,48	0,56	0,21	0,50	0,25	0,17	0,10	0,14	0,75	0,82
Variância	0,42	0,08	0,32	0,01	0,23	0,32	0,04	0,25	0,06	0,03	0,01	0,02	0,57	0,68
Coef. Var.	14,02	6,28	10,81	4,15	9,03	10,53	4,47	9,78	5,72	3,42	2,47	3,61	16,58	20,49
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrafa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Criddle.														

Tabela 4B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Aracati no período de 1958-1968.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	3,88	3,85	5,07	2,14	5,26	5,01	4,13	5,73	3,94	4,52	3,75	3,57	4,86	4,66
Fev.	3,92	4,00	4,88	2,06	5,09	4,77	3,73	5,33	4,14	4,29	3,68	3,47	4,54	4,22
Mar.	3,75	4,06	4,67	2,01	4,89	4,52	3,89	5,08	4,16	4,27	3,62	3,39	4,17	3,78
Abr.	3,78	4,19	4,64	1,96	4,86	4,45	3,81	5,00	4,02	4,26	3,58	3,32	4,09	3,49
Mai.	3,65	4,05	4,58	2,04	4,78	4,37	3,89	5,20	3,61	4,29	3,59	3,30	4,07	3,52
Jun.	3,98	4,15	5,11	1,88	5,43	4,98	3,46	4,42	3,56	4,15	3,41	3,08	4,42	3,57
Jul.	3,98	3,73	5,29	2,13	5,53	5,21	3,80	5,54	3,21	4,27	3,56	3,27	5,19	4,70
Ago.	4,27	4,01	5,31	1,93	5,64	5,27	3,46	5,64	3,67	4,14	3,45	3,18	5,56	5,16
Set.	4,36	3,99	5,50	1,92	5,85	5,51	3,98	5,19	3,96	3,94	3,47	3,22	5,56	4,93
Out.	4,35	4,13	5,71	2,01	6,00	5,97	3,76	5,30	4,02	4,28	3,60	3,38	5,66	5,22
Nov.	3,69	3,44	5,51	2,20	5,83	5,85	3,67	4,47	3,36	4,20	3,58	3,38	4,99	4,27
Dez.	3,95	3,88	5,27	2,06	5,57	5,50	3,75	4,39	3,80	4,19	3,64	3,47	4,65	3,99
Média inv.	3,83	4,05	4,83	2,02	5,05	4,68	3,82	5,13	3,91	4,30	3,61	3,36	4,36	3,87
Média ver.	4,10	3,86	5,43	2,04	5,74	5,55	3,74	5,09	3,67	4,17	3,55	3,32	5,27	4,71
Média	3,96	3,96	5,13	2,03	5,39	5,12	3,78	5,11	3,79	4,23	3,58	3,34	4,81	4,29
Desv. padrão	0,25	0,21	0,37	0,10	0,42	0,53	0,19	0,46	0,31	0,13	0,10	0,14	0,58	0,64
Variância	0,06	0,04	0,14	0,01	0,17	0,28	0,04	0,22	0,09	0,02	0,01	0,02	0,34	0,40
Coef. Var.	6,19	5,29	7,24	4,77	7,71	10,39	5,07	9,08	8,11	3,18	2,70	4,11	12,13	14,81
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Criddle.														

Tabela 5B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Barbalha no período de 1979-1988.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	3,79	4,73	5,05	2,07	5,21	4,60	4,75	5,44	5,04	5,01	3,97	3,87	4,15	3,78
Fev.	3,70	4,54	4,97	2,07	5,18	4,55	3,99	4,93	4,83	4,71	3,84	3,69	3,98	3,42
Mar.	3,55	4,24	4,87	2,18	5,08	4,44	4,21	4,53	4,54	4,71	3,76	3,55	3,70	3,09
Abr.	3,71	4,43	4,93	2,02	5,20	4,48	3,81	4,48	4,60	4,40	3,60	3,33	3,88	3,05
Mai.	3,97	4,63	5,19	1,92	5,50	4,71	3,64	4,88	4,49	4,37	3,52	3,21	4,37	3,46
Jun.	4,18	4,68	5,15	1,82	5,52	4,66	3,35	5,07	4,17	4,27	3,38	3,02	4,65	3,76
Jul.	4,50	4,63	5,24	1,83	5,63	4,79	3,30	5,35	3,93	4,26	3,39	3,06	5,03	4,21
Ago.	4,74	5,11	5,65	1,81	5,93	5,09	3,89	6,19	4,35	4,64	3,63	3,35	5,43	4,91
Set.	4,82	5,33	5,81	1,90	5,95	5,20	4,58	6,95	4,91	5,07	3,91	3,73	5,54	5,21
Out.	4,64	5,91	5,92	2,00	5,92	5,74	4,96	7,40	5,46	5,69	4,16	4,08	5,43	5,46
Nov.	4,47	5,72	5,85	2,09	5,84	5,71	5,13	7,14	5,51	5,74	4,25	4,24	5,24	5,14
Dez.	4,12	5,50	5,39	2,09	5,44	5,25	4,97	6,42	5,36	5,18	4,19	4,17	4,64	4,49
Média inv.	3,82	4,54	5,03	2,01	5,28	4,57	3,96	4,89	4,61	4,58	3,68	3,45	4,12	3,43
Média ver.	4,55	5,37	5,64	1,95	5,79	5,30	4,47	6,58	4,92	5,10	3,92	3,77	5,22	4,90
Média	4,18	4,95	5,34	1,98	5,53	4,94	4,22	5,73	4,77	4,84	3,80	3,61	4,67	4,17
Desv. padrão	0,44	0,54	0,38	0,12	0,32	0,46	0,65	1,04	0,51	0,51	0,30	0,42	0,66	0,86
Variância	0,20	0,30	0,14	0,02	0,10	0,21	0,42	1,09	0,26	0,26	0,09	0,18	0,43	0,74
Coef. Var.	10,62	10,98	7,14	6,25	5,82	9,27	15,38	18,21	10,72	10,58	8,01	11,76	14,10	20,66

PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Cridle.

Tabela 6B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Campos Sales período de 1978-1987.

[illegible]

Tabela 7B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Crateús no período de 1979-1988.

[illegible]

Tabela 8B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Fortaleza no período de 1966-1999.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	3,81	3,87	5,11	2,44	5,12	5,02	4,88	5,07	3,89	5,00	4,07	3,95	4,11	3,61
Fev.	3,70	3,90	4,83	2,36	4,88	4,69	4,43	4,81	3,22	4,92	3,96	3,79	3,83	3,29
Mar.	3,36	3,80	4,35	2,33	4,44	4,16	4,62	4,41	3,89	4,85	3,86	3,67	3,27	2,73
Abr.	3,40	3,86	4,43	2,31	4,52	4,25	4,57	4,41	3,75	4,85	3,85	3,64	3,33	2,70
Mai.	3,74	3,98	4,89	2,26	4,98	4,74	4,54	4,48	3,60	4,85	3,82	3,58	3,78	3,07
Jun.	3,89	4,01	5,17	2,20	5,30	5,06	4,22	4,53	3,46	4,60	3,75	3,48	4,12	3,36
Jul.	3,78	3,70	5,25	2,23	5,44	5,23	3,90	4,57	3,22	4,50	3,66	3,40	4,38	3,60
Ago.	4,33	4,19	5,57	2,15	5,69	5,51	4,46	4,97	3,90	4,61	3,80	3,56	4,79	4,07
Set.	4,37	4,15	5,63	2,24	5,70	5,58	4,60	5,26	4,13	4,90	3,91	3,73	4,92	4,28
Out.	4,38	4,28	5,81	2,33	5,83	5,91	4,83	5,40	4,16	5,08	4,01	3,86	5,01	4,42
Nov.	4,27	4,11	5,84	2,43	5,81	5,94	4,86	5,44	4,02	5,51	4,11	4,01	4,95	4,41
Dez.	4,10	4,07	5,53	2,45	5,50	5,57	4,98	5,32	3,99	5,46	4,15	4,07	4,56	4,08
Média inv.	3,65	3,90	4,80	2,32	4,87	4,65	4,54	4,62	3,64	4,85	3,89	3,69	3,74	3,13
Média ver.	4,21	4,08	5,61	2,31	5,66	5,62	4,61	5,16	3,90	5,01	3,94	3,77	4,77	4,14
Média	3,93	3,99	5,20	2,31	5,27	5,14	4,57	4,89	3,77	4,93	3,91	3,73	4,25	3,64
Desv. padrão	0,36	0,17	0,50	0,10	0,48	0,59	0,31	0,40	0,33	0,31	0,15	0,21	0,62	0,62
Variância	0,13	0,03	0,25	0,01	0,23	0,35	0,09	0,16	0,11	0,10	0,02	0,05	0,38	0,38
Coef. Var.	9,19	4,34	9,65	4,24	9,16	11,58	6,68	8,25	8,65	6,30	3,85	5,70	14,46	17,06
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Criddle.														

Tabela 9B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Guaramiranga no período de 1961-1988.

Métodos														
Meses	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	3,07	3,78	3,78	2,03	4,39	3,81	2,97	3,14	3,87	3,38	3,08	2,86	3,04	2,24
Fev.	2,89	3,62	3,51	2,03	4,13	3,53	2,62	2,81	3,75	3,31	2,97	2,74	2,73	1,94
Mar.	2,69	3,38	3,19	2,06	3,80	3,20	2,66	2,56	3,46	3,25	2,88	2,63	2,42	1,67
Abr.	2,71	3,33	3,28	2,08	3,90	3,30	2,64	2,67	3,19	3,25	2,86	2,58	2,54	1,72
Mai.	2,75	3,19	3,42	2,08	4,11	3,50	2,50	2,47	2,84	3,18	2,76	2,48	2,65	1,74
Jun.	2,85	3,19	3,51	1,99	4,29	3,64	2,32	2,43	2,73	3,09	2,64	2,35	2,88	1,89
Jul.	2,99	3,44	3,71	1,89	4,53	3,87	2,32	2,57	2,96	3,09	2,66	2,39	3,10	2,08
Ago.	3,29	3,83	4,05	1,81	4,88	4,20	2,47	2,78	3,54	3,16	2,76	2,50	3,43	2,36
Set.	3,51	4,15	4,14	1,80	4,88	4,20	2,72	3,07	4,12	3,28	2,91	2,66	3,51	2,50
Out.	3,50	4,47	4,20	1,84	4,88	4,40	2,93	3,23	4,35	3,42	3,05	2,80	3,48	2,56
Nov.	3,41	4,37	4,24	1,84	4,91	4,43	3,01	3,39	4,27	3,42	3,11	2,89	3,54	2,66
Dez.	3,32	4,21	4,08	1,94	4,71	4,25	3,04	3,29	4,14	3,40	3,14	2,94	3,34	2,52
Média inv.	2,83	3,42	3,45	2,05	4,10	3,50	2,62	2,68	3,31	3,24	2,87	2,61	2,71	1,87
Média ver.	3,34	4,08	4,07	1,85	4,80	4,23	2,75	3,06	3,90	3,30	2,94	2,70	3,40	2,45
Média	3,08	3,75	3,76	1,95	4,45	3,86	2,68	2,87	3,60	3,27	2,90	2,65	3,06	2,16
Desv. padrão	0,31	0,46	0,38	0,11	0,41	0,43	0,26	0,34	0,57	0,12	0,17	0,20	0,41	0,36
Variância	0,10	0,21	0,14	0,01	0,16	0,19	0,07	0,12	0,33	0,01	0,03	0,04	0,17	0,13
Coef. Var.	10,11	12,30	10,00	5,58	9,12	11,15	9,57	11,90	15,89	3,71	5,95	7,46	13,30	16,77
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação BC Blaney-Cridde.														

Métodos														
Meses	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	3,75	4,56	5,20	2,61	4,93	4,67	5,64	7,42	4,79	6,13	4,68	4,83	4,20	4,15
Fev.	3,91	4,80	4,39	2,16	4,35	3,85	4,75	5,97	5,07	5,70	4,22	4,16	3,45	3,16
Mar.	3,13	4,54	3,90	2,12	3,93	3,37	4,82	5,17	4,70	5,10	3,99	3,82	2,94	2,57
Abr.	3,15	4,44	3,92	2,12	3,97	3,41	4,65	5,02	4,29	5,05	3,91	3,70	2,96	2,42
Mai.	3,37	4,52	4,09	2,03	4,18	3,59	4,50	5,16	4,03	4,97	3,79	3,54	3,25	2,70
Jun.	3,60	4,56	4,45	2,03	4,54	3,95	4,46	5,70	3,94	5,00	3,76	3,45	3,75	3,24
Jul.	4,13	4,93	4,83	1,87	4,94	4,32	4,38	6,09	4,22	4,74	3,74	3,46	4,35	3,89
Ago.	4,53	5,25	5,34	1,89	5,36	4,77	4,72	6,80	4,86	5,12	3,94	3,72	4,88	4,56
Set.	4,60	5,51	5,48	1,99	5,36	4,85	5,08	7,63	5,51	5,80	4,25	4,15	4,96	4,81
Out.	4,69	6,01	5,62	2,06	5,42	5,32	5,37	7,96	5,82	5,96	4,43	4,42	5,03	5,17
Nov.	4,62	5,89	5,50	2,12	5,29	5,21	5,42	7,84	5,73	6,00	4,52	4,60	4,87	4,97
Dez.	4,44	5,69	5,25	2,16	5,07	4,97	5,45	7,55	5,53	5,94	4,54	4,64	4,58	4,63
Média inv.	3,49	4,57	4,33	2,18	4,32	3,81	4,80	5,74	4,47	5,33	4,06	3,92	3,43	3,04
Média ver.	4,50	5,55	5,34	2,02	5,24	4,91	5,07	7,31	5,28	5,59	4,24	4,17	4,78	4,67
Média	3,99	5,06	4,83	2,10	4,78	4,36	4,94	6,53	4,87	5,46	4,15	4,04	4,10	3,86
Desv. padrão	0,59	0,58	0,65	0,19	0,56	0,70	0,44	1,13	0,67	0,50	0,34	0,49	0,80	1,00
Variância	0,35	0,34	0,42	0,04	0,31	0,49	0,19	1,28	0,44	0,25	0,11	0,24	0,64	1,00
Coef. Var.	14,75	11,55	13,46	8,97	11,73	16,12	8,87	17,34	13,68	9,20	8,10	12,19	19,48	25,91
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Cridwell.														

Tabela 11B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Jaguaruana no período de 1979-1988.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	4,79	4,83	5,55	2,24	5,42	5,25	5,20	6,00	5,02	5,72	4,34	4,34	4,66	4,42
Fev.	4,40	4,80	4,95	2,21	4,87	4,58	4,72	5,59	4,99	5,66	4,39	4,19	3,98	3,68
Mar.	3,88	4,39	4,87	2,26	4,85	4,54	4,92	4,86	4,57	5,53	4,07	3,93	3,66	3,20
Abr.	3,84	4,36	4,94	2,36	4,86	4,58	4,95	5,10	4,54	5,64	4,28	4,00	3,68	3,10
Mai.	3,92	4,43	4,98	2,31	4,92	4,61	4,92	5,21	4,61	5,61	4,08	3,89	3,80	3,23
Jun.	4,32	4,71	5,40	2,00	5,47	5,06	4,51	4,96	4,90	4,94	3,92	3,50	4,34	3,62
Jul.	4,73	5,01	5,50	1,91	5,56	5,13	4,51	5,27	5,21	4,95	3,84	3,59	4,61	3,95
Ago.	5,32	5,34	5,81	1,88	5,81	5,40	4,74	5,80	5,55	5,03	3,97	3,76	5,08	4,53
Set.	5,70	5,43	5,88	1,96	5,78	5,46	5,00	6,08	5,64	5,63	4,31	4,05	5,16	4,69
Out.	5,80	5,61	6,15	2,04	6,02	6,02	5,15	6,26	5,61	5,76	4,26	4,20	5,46	5,21
Nov.	5,57	5,46	5,94	2,09	5,80	5,81	5,19	6,20	5,46	5,73	4,47	4,31	5,21	4,99
Dez.	5,08	5,19	5,51	2,18	5,37	5,35	5,22	6,10	5,20	5,71	4,39	4,42	4,70	4,52
Média inv.	4,19	4,59	5,12	2,23	5,07	4,77	4,87	5,29	4,77	5,52	4,18	3,98	4,02	3,54
Média ver.	5,37	5,34	5,80	2,01	5,72	5,53	4,97	5,95	5,45	5,47	4,21	4,06	5,04	4,65
Média	4,78	4,96	5,46	2,12	5,39	5,15	4,92	5,62	5,11	5,49	4,19	4,02	4,53	4,10
Desv. padrão	0,72	0,44	0,44	0,16	0,43	0,50	0,25	0,52	0,40	0,32	0,21	0,29	0,63	0,73
Variância	0,52	0,20	0,19	0,03	0,18	0,25	0,06	0,27	0,16	0,10	0,04	0,09	0,40	0,53
Coef. Var.	15,04	8,94	8,06	7,64	7,89	9,66	5,17	9,20	7,91	5,82	4,97	7,35	14,01	17,78
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lope. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Criddle.														

Tabela 12B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Juazeiro do Norte no período de 1978-1987.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	3,92	4,43	4,89	2,02	4,97	4,44	4,75	6,14	4,82	5,05	4,01	3,92	4,35	4,17
Fev.	3,70	4,13	4,85	2,00	5,04	4,49	3,84	5,02	4,42	4,65	3,90	3,62	4,09	3,54
Mar.	3,54	3,92	4,81	1,98	5,06	4,47	3,74	4,38	4,07	4,34	3,58	3,34	3,85	3,18
Abr.	3,49	4,02	4,49	1,95	4,73	4,10	3,68	4,51	3,90	4,34	3,66	3,26	3,66	2,89
Mai.	3,87	4,26	5,05	1,82	5,35	4,64	3,45	4,90	3,76	4,28	3,43	3,11	4,44	3,53
Jun.	4,03	4,43	4,94	1,68	5,30	4,51	3,16	4,89	3,76	3,99	3,39	2,92	4,53	3,63
Jul.	4,17	4,49	5,03	1,64	5,43	4,63	3,07	5,30	3,81	3,96	3,28	2,94	4,90	4,09
Ago.	4,57	4,70	5,68	1,67	6,03	5,25	3,44	5,80	4,31	4,27	3,44	3,14	5,62	4,98
Set.	4,66	4,95	5,78	1,81	5,92	5,26	4,37	6,51	4,97	4,76	3,94	3,60	5,51	5,06
Out.	4,38	5,39	5,72	1,91	5,76	5,66	4,76	6,84	5,22	5,10	4,01	3,88	5,27	5,16
Nov.	4,44	5,26	5,84	1,98	5,87	5,82	4,93	6,98	5,12	5,16	4,24	4,04	5,43	5,32
Dez.	4,10	5,03	5,32	2,00	5,38	5,27	4,76	6,40	4,87	5,07	4,07	4,02	4,79	4,67
Média inv.	3,76	4,20	4,84	1,91	5,08	4,44	3,77	4,97	4,12	4,44	3,66	3,36	4,15	3,49
Média ver.	4,39	4,97	5,56	1,84	5,73	5,32	4,22	6,31	4,72	4,72	3,83	3,60	5,25	4,88
Média	4,07	4,58	5,20	1,87	5,40	4,88	4,00	5,64	4,42	4,58	3,75	3,48	4,70	4,19
Desv. padrão	0,39	0,48	0,45	0,14	0,42	0,55	0,68	0,92	0,56	0,44	0,32	0,42	0,66	0,84
Variância	0,15	0,23	0,21	0,02	0,17	0,30	0,46	0,85	0,31	0,19	0,10	0,17	0,44	0,70
Coef. Var.	9,54	10,56	8,71	7,62	7,71	11,24	17,04	16,32	12,66	9,63	8,53	11,99	14,05	20,02
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Rradição. BC Blaney-Criddell.														

PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite.

BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Cridle.

Tabela 13B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Morada Nova no período de 1961-1990.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	5,25	5,49	5,73	2,11	5,56	5,18	5,03	6,22	4,92	5,62	4,18	4,14	4,84	4,61
Fev.	4,53	5,09	5,30	2,13	5,24	4,80	4,73	5,87	5,37	5,72	4,39	4,20	4,60	4,65
Mar.	4,12	4,78	5,07	2,17	5,06	4,59	4,92	5,27	4,94	5,63	4,09	3,95	4,41	4,03
Abr.	4,04	4,62	5,22	2,18	5,24	4,77	4,75	5,01	4,46	5,13	4,13	3,80	4,56	3,79
Mai.	4,25	4,74	5,40	2,10	5,45	4,93	4,69	5,17	4,22	5,09	3,92	3,70	4,76	4,15
Jun.	4,49	4,89	5,47	1,93	5,61	4,97	4,37	5,13	4,22	4,74	3,83	3,40	4,93	4,48
Jul.	4,80	5,13	5,57	1,84	5,72	5,06	4,38	5,52	4,39	5,96	3,73	3,45	5,07	5,03
Ago.	5,36	5,52	5,67	1,81	5,74	5,08	4,63	6,03	5,10	5,05	3,88	3,65	5,38	5,54
Set.	5,79	5,73	5,99	1,90	5,92	5,37	4,98	6,69	5,72	5,71	4,31	4,05	5,57	6,10
Out.	5,98	6,24	6,18	1,95	6,03	5,92	5,27	6,92	6,04	5,85	4,32	4,28	6,05	6,57
Nov.	5,91	6,16	6,08	2,01	5,91	5,83	5,32	7,02	6,00	5,90	4,59	4,49	5,55	6,44
Dez.	5,64	5,98	5,85	2,05	5,68	5,61	5,35	6,86	5,83	5,87	4,48	4,56	5,31	6,05
Média inv.	4,45	4,94	5,37	2,10	5,36	4,87	4,75	5,45	4,69	5,32	4,09	3,87	4,68	4,29
Média ver.	5,58	5,79	5,89	1,93	5,83	5,48	4,99	6,51	5,51	5,72	4,22	4,08	5,49	5,96
Média	5,01	5,36	5,63	2,02	5,60	5,18	4,87	5,98	5,10	5,52	4,15	3,97	5,09	5,12
Desv. padrão	0,73	0,57	0,35	0,13	0,30	0,42	0,34	0,76	0,69	0,41	0,27	0,38	0,49	0,98
Variância	0,53	0,33	0,12	0,02	0,09	0,18	0,11	0,58	0,47	0,17	0,07	0,15	0,24	0,97
Coef. Var.	14,47	10,65	6,26	6,34	5,38	8,20	6,91	12,72	13,48	7,39	6,59	9,61	9,70	19,21
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Cridwell.														

PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite.

BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Criddle.

Tabela 14B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Paraipaba no período de 1975-1998.

Métodos														
Meses	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	3,95	4,73	5,18	2,11	5,19	5,00	4,86	4,18	4,75	4,98	4,06	3,94	3,58	2,92
Fev.	3,77	4,60	5,18	2,15	5,20	5,00	4,51	4,17	3,80	4,97	4,15	3,86	4,53	2,89
Mar.	3,38	4,42	4,67	2,15	4,73	4,46	4,62	3,98	4,51	4,89	3,91	3,73	4,09	2,53
Abr.	3,40	4,38	4,72	2,14	4,80	4,53	4,57	3,88	4,25	4,86	4,00	3,66	4,15	2,45
Mai.	3,54	4,47	5,01	2,09	5,10	4,82	4,54	3,92	4,04	4,84	3,82	3,58	4,43	2,64
Jun.	3,75	4,68	5,21	1,96	5,35	5,04	4,15	3,96	4,04	4,57	3,85	3,46	4,69	2,86
Jul.	4,09	4,84	5,47	1,89	5,62	5,30	4,14	4,02	4,21	4,56	3,73	3,48	4,95	3,08
Ago.	4,43	4,94	5,76	1,93	5,85	5,59	4,55	4,21	4,60	4,85	3,84	3,62	5,42	3,34
Set.	4,51	4,94	5,83	2,03	5,85	5,66	4,80	4,75	4,92	4,97	4,13	3,83	5,40	3,67
Out.	4,65	5,14	5,96	2,05	5,95	5,93	4,83	4,65	5,01	5,10	4,04	3,90	5,86	3,68
Nov.	4,56	5,09	5,85	2,06	5,83	5,80	4,86	4,67	4,99	5,48	4,23	3,99	5,39	3,65
Dez.	4,34	4,96	5,60	2,10	5,58	5,52	4,88	4,54	4,87	5,42	4,12	4,03	5,14	3,42
Média inv.	3,63	4,55	5,00	2,10	5,06	4,81	4,54	4,02	4,23	4,85	3,97	3,71	4,25	2,72
Média ver.	4,43	4,99	5,75	2,01	5,78	5,63	4,68	4,47	4,77	5,06	4,02	3,81	5,36	3,47
Média	4,03	4,77	5,37	2,06	5,42	5,22	4,61	4,24	4,50	4,96	3,99	3,76	4,80	3,09
Desv. padrão	0,46	0,26	0,44	0,09	0,42	0,49	0,26	0,32	0,42	0,28	0,16	0,20	0,67	0,45
Variância	0,22	0,07	0,19	0,01	0,18	0,24	0,07	0,10	0,18	0,08	0,02	0,04	0,45	0,20
Coef. Var.	11,51	5,45	8,22	4,25	7,77	9,33	5,60	7,58	9,35	5,63	3,94	5,23	14,03	14,51
PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Cridd.														

PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Criddle.

[illegible]

Tabela 16B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Quixeramobim no período de 1961-1990.

[illegible]

PM. Penman-Monteith HG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharrufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Cridle.

Tabela 17B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Sobral no período de 1961-1988.

[illegible]

Tabela 18B. Valores médios mensais de evapotranspiração de referência em mm.dia⁻¹ para o município de Tauá no período de 1977-1986.

Meses	Métodos													
	PM	HG	JH	LN	MK	PT	TW	BL	HS	CM	KF	HM	RD	BC
Jan.	4,05	5,06	4,83	2,24	4,89	4,75	4,92	6,24	4,91	5,15	4,12	4,05	4,23	3,99
Fev.	3,74	4,82	4,52	2,18	4,67	4,46	4,26	5,47	4,71	4,76	4,03	3,76	4,01	3,45
Mar.	3,63	4,71	4,58	2,21	4,74	4,51	4,35	5,10	4,50	4,74	3,82	3,61	4,06	3,25
Abr.	3,80	4,84	4,72	2,09	4,98	4,73	4,02	4,89	4,33	4,66	3,83	3,46	4,29	3,18
Mai.	3,87	4,87	4,81	2,01	5,08	4,79	3,71	5,00	4,01	4,38	3,59	3,30	4,39	3,39
Jun.	4,36	5,21	5,12	1,85	5,45	5,08	3,47	5,45	4,16	4,31	3,57	3,12	4,77	4,10
Jul.	4,47	5,31	5,31	1,87	5,60	5,27	3,70	5,98	4,20	4,38	3,56	3,25	4,91	4,54
Ago.	4,66	5,46	5,57	1,97	5,74	5,49	4,43	6,73	4,67	4,77	3,78	3,53	5,28	5,02
Set.	4,75	5,61	5,77	2,10	5,79	5,67	4,88	7,54	5,19	5,64	4,21	3,93	5,34	5,37
Out.	4,74	5,51	5,76	2,20	5,71	5,60	5,06	7,73	5,34	5,75	4,22	4,14	5,59	5,60
Nov.	4,55	5,45	5,59	2,23	5,54	5,44	5,12	7,83	5,31	5,76	4,45	4,30	5,08	5,44
Dez.	4,26	5,24	5,08	2,27	5,06	4,89	5,15	7,43	5,10	5,68	4,30	4,31	4,60	4,78
Média inv.	3,91	4,92	4,76	2,10	4,97	4,72	4,12	5,36	4,44	4,67	3,83	3,55	4,29	3,56
Média ver.	4,57	5,43	5,51	2,11	5,57	5,39	4,72	7,21	4,97	5,33	4,09	3,91	5,13	5,13
Média	4,24	5,17	5,14	2,10	5,27	5,06	4,42	6,28	4,70	5,00	3,96	3,73	4,71	4,34
Desv. padrão	0,41	0,31	0,46	0,15	0,41	0,43	0,60	1,13	0,47	0,57	0,31	0,41	0,53	0,90
Variância	0,17	0,09	0,21	0,02	0,17	0,18	0,36	1,27	0,22	0,32	0,09	0,17	0,28	0,81
Coef. Var.	9,64	5,95	8,86	6,95	7,78	8,45	13,65	17,97	9,98	11,40	7,75	11,11	11,28	20,79
PM. Penman-MonteithHG Hargreaves. JH Jensen-Hayse. LN Linacre. MK Makkink. PT Priestley & Taylor. TW Thornthwaite. BL Benavides & Lopez. HS Hargreaves-Samani. CM Camargo. KF Kharufa. HM Hamon. RD Radiação. BC Blaney-Criddle.														

ANEXO

Tabela 1A - Dados Climatológicos de Acaraú-CE (1976-1988)

Latitude: 2°53'S			Altitude: 7 m			Longitude: 40°07'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	31,20	23,10	76,00	213,90	6,90	4,90	423,40	82,00
Fev.	30,80	23,10	76,00	168,00	6,00	4,20	362,90	161,00
Mar.	30,10	23,10	84,00	158,10	5,10	3,00	359,20	295,00
Abr.	30,30	22,60	84,00	170,10	5,67	4,00	345,60	268,00
Mai.	30,50	23,30	83,00	216,10	6,97	3,60	311,00	148,00
Jun.	31,00	21,80	78,00	254,10	8,47	4,80	414,70	152,00
Jul.	31,20	21,70	75,00	257,90	8,32	5,30	457,90	16,00
Ago.	31,80	22,30	71,00	300,10	9,68	6,40	553,00	3,00
Set.	32,00	22,80	70,00	291,00	9,70	6,80	587,50	3,00
Out.	31,90	23,00	69,00	297,00	9,58	6,80	587,50	2,00
Nov.	32,10	22,80	70,00	295,90	9,53	6,60	570,20	6,00
Dez.	32,00	23,00	73,00	273,10	8,81	6,00	518,40	32,00
TOTAL				2885,30				1069,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 2A - Dados Climatológicos de Aracati-CE (1958-1968)

Latitude: 4°34'S			Altitude: 13 m			Longitude: 37°46'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	29,10	22,30	60,00	244,00	7,87	4,20	362,90	75,00
Fev.	29,20	21,80	65,00	203,00	7,25	4,10	354,20	143,00
Mar.	29,20	21,50	68,00	203,00	6,55	3,20	276,50	233,00
Abr.	29,40	21,20	69,00	192,00	6,40	3,00	259,20	222,00
Mai.	29,30	21,70	67,00	187,00	6,03	2,90	250,60	136,00
Jun.	28,80	20,50	75,00	251,00	8,37	3,20	276,50	48,00
Jul.	28,60	22,10	61,00	267,00	8,61	5,10	440,60	21,00
Ago.	28,40	20,80	55,00	287,00	9,26	5,70	492,50	3,00
Set.	28,40	20,70	62,00	302,00	10,07	5,90	509,80	3,00
Out.	28,70	21,40	63,00	318,00	10,26	5,80	501,10	5,00
Nov.	27,40	22,20	75,00	299,00	9,97	5,30	457,90	7,00
Dez.	28,30	21,60	77,00	287,00	9,26	5,00	432,00	27,00
TOTAL				3040,00				923,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 3A - Dados Climatológicos de Barbalha-CE (1979-1988)

Latitude: 7°19'S			Altitude: 409 m			Longitude: 39°18'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	31,70	21,50	69,00	214,00	6,90	1,50	129,60	188,00
Fev.	30,90	21,30	74,00	192,00	6,86	1,50	129,60	213,00
Mar.	30,30	21,90	80,00	198,00	6,39	1,40	121,00	310,00
Abr.	30,20	20,80	78,00	205,00	6,83	1,60	138,20	166,00
Mai.	30,50	20,10	71,00	241,00	7,77	1,80	155,50	54,00
Jun.	30,20	19,30	65,00	236,00	7,87	2,30	198,70	18,00
Jul.	30,00	19,30	60,00	258,00	8,32	3,30	235,10	12,00
Ago.	31,90	19,50	53,00	283,00	9,13	2,70	233,30	8,00
Set.	33,30	20,50	49,00	272,00	9,07	2,50	216,00	13,00
Out.	34,40	21,50	49,00	276,00	9,90	2,00	172,80	38,00
Nov.	34,00	22,10	53,00	260,00	8,67	1,90	164,20	37,00
Dez	32,20	21,90	60,00	234,00	6,55	1,70	146,90	98,00
TOTAL				2869,00				1155,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 4A - Dados Climatológicos de Campos Sales-CE (1978-1987)

Latitude: 7°00'S			Altitude: 551 m			Longitude: 40°23'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	30,80	20,70	66,00	186,00	6,00	3,40	293,80	87,00
Fev.	30,30	20,40	73,00	157,00	5,61	3,30	285,10	120,00
Mar.	29,30	20,30	80,00	175,00	5,65	2,90	250,60	169,00
Abr.	29,80	19,70	75,00	194,00	6,47	3,70	319,70	100,00
Mai.	29,40	19,20	67,00	237,00	7,65	4,00	345,60	38,00
Jun.	29,50	18,20	62,00	252,00	8,40	4,70	406,10	9,00
Jul.	29,80	18,70	60,00	262,00	8,45	4,60	397,40	3,00
Ago.	31,30	19,00	50,00	281,00	9,06	5,10	440,60	1,00
Set.	32,60	20,40	48,00	267,00	8,90	4,80	714,70	3,00
Out.	33,10	21,10	47,00	264,00	8,52	4,50	388,80	11,00
Nov.	32,90	21,40	54,00	250,00	8,33	3,90	337,00	32,00
Dez.	32,30	21,50	57,00	217,00	7,00	3,80	228,30	56,00
TOTAL				2742,00				629,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 5A - Dados Climatológicos de Crateús-CE (1979-1988).

Latitude: 5°15'S			Altitude: 300 m			Longitude: 40°40'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	33,80	23,10	60,00	169,00	5,45	3,10	267,80	96,00
Fev.	32,20	22,10	71,00	155,00	5,54	2,70	233,30	153,00
Mar.	31,00	22,20	79,00	148,00	4,77	2,20	190,10	234,00
Abr.	30,80	21,80	79,00	159,00	5,30	2,30	198,70	163,00
Mai.	31,40	21,20	72,00	198,00	6,39	2,60	224,60	63,00
Jun.	31,80	20,10	64,00	215,00	7,17	2,90	250,60	21,00
Jul.	32,60	20,10	54,00	248,00	8,00	3,70	319,70	12,00
Ago.	33,90	21,20	50,00	263,00	8,48	3,50	302,40	4,00
Set.	35,00	22,20	44,00	255,00	8,50	3,40	293,80	6,00
Out.	35,50	23,20	43,00	256,00	8,16	3,60	311,00	11,00
Nov.	35,40	23,20	46,00	233,00	7,77	3,70	319,70	17,00
Dez.	34,70	23,20	49,00	192,00	6,19	3,40	293,80	44,00
TOTAL				2488,00				824,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.**Tabela 6A** - Dados Climatológicos de Fortaleza-CE (1966-1999).

Latitude: 3°44'S			Altitude: 20 m			Longitude: 38°33'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	30,60	24,30	78,00	220,40	7,11	3,70	319,70	166,90
Fev.	30,30	23,80	80,00	176,70	6,31	3,50	302,40	198,10
Mar.	29,80	23,50	84,00	150,40	4,85	2,70	233,30	345,60
Abr.	29,90	23,40	84,00	153,30	5,11	2,60	224,60	335,10
Mai.	30,10	23,20	83,00	205,50	6,63	3,20	276,50	228,80
Jun.	29,90	22,80	81,00	232,00	7,73	3,40	293,80	166,20
Jul.	28,90	22,70	78,00	259,50	8,37	3,80	328,30	86,20
Ago.	30,30	22,60	75,00	283,00	9,13	4,50	288,80	31,30
Set.	30,60	23,20	73,00	273,60	9,12	4,90	423,40	21,90
Out.	30,90	23,80	73,00	282,10	9,10	4,70	406,10	13,70
Nov.	31,00	24,40	74,00	277,70	9,26	4,60	397,40	13,50
Dez.	31,10	24,50	76,00	261,40	8,43	4,20	362,90	42,00
TOTAL				2775,50				1599,30

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici-UFC

Tabela 7A - Dados Climatológicos de Guaramiranga-CE (1961-1988).

Latitude: 4°17'S		Altitude: 865 m			Longitude: 38°55'W			
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	26,00	18,20	85,00	161,00	5,19	1,90	164,20	139,00
Fev.	25,30	18,00	89,00	121,00	4,32	1,70	146,90	213,00
Mar.	24,50	18,00	92,00	99,00	3,19	1,70	146,90	318,00
Abr.	24,40	18,10	90,00	106,00	3,53	1,70	146,90	300,00
Mai.	23,80	17,90	92,00	134,00	4,32	1,90	164,20	244,00
Jun.	23,30	17,20	90,00	151,00	5,03	2,50	216,00	151,00
Jul.	23,80	16,70	87,00	184,00	5,94	2,10	181,40	84,00
Ago.	25,00	16,40	85,00	221,00	7,13	2,20	190,10	45,00
Set.	26,30	16,60	83,00	210,00	7,00	2,40	207,40	41,00
Out.	27,00	17,10	83,00	206,00	6,65	2,10	181,40	40,00
Nov.	27,00	17,50	81,00	206,00	6,87	1,90	164,20	44,00
Dez.	26,80	17,80	83,00	198,00	6,39	2,00	172,80	60,00
TOTAL				1997,00				1679,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.**Tabela 8A** - Dados Climatológicos de Iguatu-CE (1961-1990).

Latitude: 6°22'S		Altitude: 79 m			Longitude: 39°18'W			
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	34,30	26,30	61,00	172,00	5,55	1,50	129,60	84,00
Fev.	33,00	23,30	69,00	111,00	3,96	1,20	103,70	134,00
Mar.	31,80	22,80	76,00	82,00	2,65	1,20	103,70	207,00
Abr.	31,40	22,70	77,00	84,00	2,80	1,30	112,30	174,00
Mai.	31,20	22,00	73,00	109,00	3,52	1,60	138,20	90,00
Jun.	31,40	22,10	66,00	138,00	4,60	1,80	155,50	30,00
Jul.	32,00	21,00	59,00	186,00	6,00	2,30	198,70	14,00
Ago.	33,40	21,40	54,00	224,00	7,23	2,40	207,40	6,00
Set.	34,90	22,40	50,00	213,00	7,10	2,20	190,10	8,00
Out.	35,70	23,10	50,00	222,00	7,16	2,20	190,10	13,00
Nov.	35,50	23,50	52,00	204,00	6,80	2,30	198,70	13,00
Dez.	35,10	23,70	55,00	193,00	6,23	2,30	198,70	28,00
TOTAL				1938,00				801,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 9A - Dados Climatológicos de Jaguaruana-CE (1979-1988).

Latitude: 4°47'S			Altitude: 12 m			Longitude: 37°46'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	33,40	24,00	71,00	240,00	7,74	4,10	354,20	47,00
Fev.	33,10	23,70	75,00	165,00	5,89	3,50	302,40	106,00
Mar.	31,80	23,70	82,00	182,00	5,87	2,70	233,30	223,00
Abr.	32,20	24,40	81,00	173,00	5,77	2,50	216,00	208,00
Mai.	32,20	24,10	79,00	184,00	5,94	2,60	224,60	112,00
Jun.	31,70	22,00	77,00	238,00	7,93	2,80	241,90	43,00
Jul.	32,40	21,50	73,00	256,00	8,26	3,30	285,10	24,00
Ago.	33,50	21,40	68,00	281,00	9,06	3,90	337,00	4,00
Set.	34,30	22,20	68,00	267,00	8,90	4,70	406,10	3,00
Out.	34,30	22,80	67,00	292,00	9,42	5,10	440,60	2,00
Nov.	34,10	23,10	68,00	268,00	8,93	5,00	432,00	5,00
Dez.	33,80	23,70	70,00	238,00	7,68	4,60	397,40	12,00
TOTAL				2784,00				789,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 10A - Dados Climatológicos Juazeiro do Norte-CE (1978 - 1987).

Latitude: 7°21'S			Altitude: 377 m			Longitude: 39°16'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	31,40	22,20	60,00	193,00	6,23	2,30	198,70	96,00
Fev.	29,80	21,70	71,00	186,00	6,64	2,20	190,10	217,00
Mar.	28,90	21,40	78,00	208,00	6,71	1,90	164,20	249,00
Abr.	29,10	21,20	76,00	166,00	5,53	2,00	172,80	125,00
Mai.	29,30	20,30	68,00	235,00	7,58	2,20	190,10	33,00
Jun.	29,20	19,20	65,00	224,00	7,47	2,50	216,00	32,00
Jul.	29,20	18,80	57,00	248,00	8,00	2,70	233,30	10,00
Ago.	30,20	19,20	53,00	308,00	9,94	2,90	250,60	10,00
Set.	32,00	20,70	52,00	279,00	9,30	2,70	233,30	2,00
Out.	32,70	21,60	52,00	272,00	8,77	2,10	181,40	13,00
Nov.	32,50	22,10	51,00	273,00	9,10	2,30	198,70	61,00
Dez.	31,80	22,10	57,00	238,00	7,68	2,20	190,10	74,00
TOTAL				2830,00				922,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 11A - Dados Climatológicos Morada Nova-CE (1961 - 1990).

Latitude: 6°01'S			Altitude: 180 m			Longitude: 38°28'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	35,20	23,10	64,00	243,00	7,84	3,50	302,40	76,00
Fev.	33,70	22,90	71,00	192,00	6,86	2,80	241,90	89,00
Mar.	32,70	23,00	77,00	194,00	6,26	2,40	207,40	206,00
Abr.	32,10	22,90	79,00	206,00	6,87	2,20	190,10	160,00
Mai.	32,20	22,40	76,00	233,00	7,52	2,40	207,40	95,00
Jun.	31,90	21,10	73,00	242,00	8,07	2,70	233,30	45,00
Jul.	32,40	20,50	67,00	264,00	8,52	3,00	259,20	16,00
Ago.	33,80	20,40	63,00	264,00	8,52	3,50	302,40	3,00
Set.	35,10	21,40	60,00	270,00	9,00	3,90	337,00	2,00
Out.	35,80	21,90	60,00	286,00	9,23	4,00	345,60	2,00
Nov.	35,80	22,40	60,00	267,00	8,90	4,10	354,20	2,00
Dez.	35,50	22,70	62,00	259,00	8,35	4,00	345,60	17,00
TOTAL				2920,00				713,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 12A - Dados Climatológicos de Paraipaba-CE (1975 - 1998).

Latitude: 3°26'S			Altitude: 31 m			Longitude: 39°08'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	32,10	22,70	90,00	229,40	7,40	2,10	181,40	90,90
Fev.	31,80	22,90	90,00	206,10	7,36	1,70	146,90	138,40
Mar.	31,10	22,70	91,00	180,80	5,83	1,30	112,30	255,10
Abr.	30,90	22,60	92,00	182,40	6,08	1,30	112,30	222,00
Mai.	31,00	22,30	91,00	218,60	7,05	1,30	112,30	126,40
Jun.	31,10	21,40	89,00	239,50	7,98	1,50	129,60	70,90
Jul.	31,40	21,00	88,00	276,60	8,92	2,00	172,80	30,80
Ago.	32,00	21,40	87,00	298,90	9,64	2,50	216,00	9,50
Set.	32,50	22,20	82,00	286,30	9,54	2,70	233,30	5,30
Out.	32,60	22,40	84,00	294,40	9,50	2,90	250,60	2,80
Nov.	32,70	22,50	84,00	281,30	9,38	2,80	241,90	6,40
Dez.	32,60	22,70	86,00	272,50	8,79	2,60	224,60	13,30
TOTAL				2966,80				971,80

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

Tabela 13A - Dados Climatológicos de Pentecoste-CE (1970 - 1998).

Latitude: 3°47'S			Altitude: 45 m			Longitude: 39°17'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	35,00	23,90	76,00	223,20	7,20	4,60	397,40	66,90
Fev.	33,90	23,60	81,00	178,70	6,38	4,00	345,60	128,60
Mar.	32,70	23,50	88,00	155,60	5,03	2,70	233,30	210,40
Abr.	32,50	23,20	88,00	175,00	5,83	2,70	233,30	189,00
Mai.	32,70	22,90	85,00	213,30	6,88	2,60	224,60	105,40
Jun.	33,10	22,30	81,00	229,10	7,64	3,00	259,20	53,60
Jul.	32,50	22,10	75,00	157,80	8,32	3,60	311,00	37,20
Ago.	35,30	22,60	69,00	285,10	9,20	4,40	380,20	4,30
Set.	36,00	23,10	67,00	275,40	9,18	5,40	466,60	3,40
Out.	36,50	23,30	68,00	286,60	9,25	5,40	466,60	3,40
Nov.	36,40	23,40	69,00	283,60	9,45	5,30	457,90	3,20
Dez.	36,20	23,70	71,00	283,60	9,15	4,90	423,40	21,30
TOTAL				2847,00				826,70

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici-UFC**Tabela 14A** - Dados Climatológicos de Quixeramobim-CE (1961 - 1990).

Latitude: 5°12'S			Altitude: 211 m			Longitude: 39°18'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	33,30	23,60	59,00	218,20	7,04	3,80	328,30	77,80
Fev.	32,50	23,30	68,00	194,00	6,93	3,00	259,20	99,90
Mar.	31,50	23,60	76,00	195,20	6,30	2,50	216,00	166,40
Abr.	30,80	23,00	80,00	178,00	5,93	2,10	181,40	195,70
Mai.	29,10	22,20	79,00	210,70	6,80	2,00	172,80	138,00
Jun.	30,30	21,40	75,00	211,50	7,05	2,40	207,40	75,00
Jul.	30,90	21,20	65,00	242,50	7,82	2,80	241,90	45,90
Ago.	32,80	22,50	58,00	274,90	8,87	3,90	337,00	10,90
Set.	34,10	22,50	56,00	266,90	8,90	4,80	414,70	4,90
Out.	34,70	23,10	58,00	272,30	8,78	4,80	414,70	2,10
Nov.	34,70	23,40	55,00	259,70	8,66	5,10	440,60	7,30
Dez.	34,40	23,70	57,00	236,80	7,64	4,90	423,40	24,60
TOTAL				2760,70				858,50

Fonte: Normas Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia.

Tabela 15A - Dados Climatológicos de Sobral-CE (1961 - 1988).

Latitude: 3°42'S			Altitude: 75 m			Longitude: 40°21'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	33,90	23,20	68,00	187,00	6,03	2,80	241,90	76,00
Fev.	32,70	22,80	73,00	162,00	5,79	2,60	224,60	139,00
Mar.	31,30	22,40	83,00	156,00	5,03	2,30	198,70	225,00
Abr.	31,20	22,50	84,00	163,00	5,43	1,70	146,90	216,00
Mai.	31,20	22,10	80,00	194,00	6,26	1,70	146,90	105,00
Jun.	31,80	21,40	73,00	212,00	7,07	2,00	172,80	39,00
Jul.	33,00	21,00	68,00	233,00	7,52	2,50	216,00	8,00
Ago.	34,70	21,40	59,00	271,00	8,74	2,70	233,30	2,00
Set.	35,80	22,50	57,00	258,00	8,60	3,70	319,70	1,00
Out.	36,00	22,70	58,00	258,00	8,32	3,30	285,10	3,00
Nov.	35,70	22,90	58,00	241,00	8,03	3,50	302,40	6,00
Dez.	35,60	23,20	60,00	221,00	8,13	3,30	285,10	13,00
TOTAL				2556,00				833,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.**Tabela 16A** - Dados Climatológicos de Tauá-CE (1977 - 1986).

Latitude: 6°00'S			Altitude: 399 m			Longitude: 40°25'W		
Meses	Tmax	Tmin	UR	Insolação		Vel. Vento		PPT
	(°C)	(°C)	(%)	(h.mês ⁻¹)	(h.dia ⁻¹)	(m.s ⁻¹)	(km.dia ⁻¹)	(mm)
Jan.	32,20	22,70	62,00	178,00	5,74	2,60	224,60	62,00
Fev.	31,00	22,00	68,00	144,00	5,14	2,30	198,70	84,00
Mar.	30,70	22,10	73,00	164,00	5,29	2,00	172,80	155,00
Abr.	30,60	21,30	74,00	184,00	6,13	2,10	181,40	117,00
Mai.	30,30	20,70	70,00	201,00	6,48	2,20	190,10	48,00
Jun.	30,70	19,50	61,00	230,00	7,67	2,70	233,30	17,00
Jul.	31,20	19,80	55,00	252,00	8,13	2,70	233,30	9,00
Ago.	32,30	20,80	50,00	261,00	8,42	2,80	241,90	4,00
Set.	33,50	22,00	46,00	254,00	8,47	2,70	233,30	2,00
Out.	33,90	22,80	47,00	254,00	8,19	2,80	241,90	5,00
Nov.	33,80	23,00	46,00	232,00	7,73	2,60	224,60	12,00
Dez.	33,30	23,10	50,00	196,00	6,32	2,60	224,60	29,00
TOTAL				2550,00				544,00

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.