BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPEROÁ

PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO[1], VIVIANE FARIAS SILVA[2]
DJAIL SANTOS[3], GEORGE DO NASCIMENTO RIBEIRO[4],
THIAGO PEREIRA DE BRITO[5]

[1]Doutorando em Eng. Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com
[2]Dra. Profa., PPGEGRN, UFCG, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br
[3]Prof. Dr. Titular, CCA, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br
[4]Prof. Adjunto, CDSA, UFCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br
[5]Eng. Agron., CCA, UFPB, Areia-PB, tpereiradebrito@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho objetivou para bacia hidrográfica do rio Taperoá, elaborar o balanço hídrico e climatológico e calcular e mapear a evapotranspiração de referência (ETo) média mensal e anual utilizando dados entre 1912 a 2014. Os valores de temperatura do ar, foram estimados pelo método das retas de regressões lineares múltiplas, utilizando-se do software Estima T obtidas a partir de dados do INMET. Os valores da evapotranspiração de referência foram estimados segundo Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) com CAD de 100mm. Utilizando o software Surfer 9 foi elaborada a estatística utilizando a krigagem onde se confeccionou as cartas. A distribuição espacial da temperatura apresentou pouca variabilidade para os meses estudados, com variação de 4,5ºC na distribuição anual com média para o trimestre mais frio e quente de 21 e 23ºC, respectivamente. A distribuição anual demonstrou variabilidade espacial da precipitação com valores em torno de 300 a 600mm, onde os meses de março e abril foram os meses mais chuvosos.
PALAVRAS-CHAVE: estimativa, krigagem, pluviosidade, evaporação.

CLIMATE WATER BALANCE AND REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION OF THE TAPEROÁ HYDROGRAPHIC BASIN

ABSTRACT: This work aimed at the hydrographic basin of the Taperoá River, to elaborate the hydric and climatological balance and to calculate and map the annual reference evapotranspiration (ETo) using data the period from 1912 to 2014. The values of air temperature were estimated by the method of straight lines of multiple linear regressions, using the software Estima T were obtained data from INMET . The reference evapotranspiration values were estimated according to Thornthwaite (1948) and Thornthwaite and Mather (1955) with a 100mm CAD. Using the Surfer 9 software, statistics were prepared using kriging where the chart was prepared. The spatial distribution of temperature showed little variability for both months studied, with variation of approximately 4.5ºC in the annual temperature distribution with an average for the coldest and warmest quarter of 21 and 23ºC, respectively. The annual distribution demonstrated spatial variability of precipitation with values around 300 to 600mm, where the months of March and April were the rainiest months.
KEYWORDS: estimate, kriging, rainfall, evaporation.

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade econômica que por estar sujeita à variabilidade do clima e entre todas as atividades econômicas, é a que mais depende das condições climáticas, sendo a evaporação responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção de acordo com Ortolani e Camargo (1987).

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando

dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a produtividade agropecuária do Estado da Paraíba (Costa Neto et al., 2015).

A evapotranspiração potencial (ETP) é o fenômeno associado à perda simultânea de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração. A estimativa da ETP mostra a máxima perda de água possível ocorrer em uma comunidade vegetada. Ela significa a demanda máxima de água pela cultura e vem a tornar-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, seja pela irrigação ou pela precipitação pluviométrica de acordo com Barros et al. (2012). A ETP é um elemento macrometeorológico, fundamental, como é a precipitação pluvial. Representa a chuva teoricamente necessária para não faltar nem sobrar água no solo. Com o balanço contábil entre esses dois elementos opostos pode-se caracterizar bem o fator umidade do clima e estimar a umidade disponível no solo, através do balanço hídrico climático de conformidade com Camargo e Camargo (1983).

Portanto, este trabalho objetiva para bacia hidrográfica do rio Taperoá, elaborar o balanço hídrico e climatológico e calcular e mapear a evapotranspiração de referência (ETo) média mensal e anual.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Taperoá, com uma extensão territorial de 5.686,37 km², localizada sobre o Planalto da Borborema, na posição central do Estado da Paraíba (Figura 1), seus pontos extremos são cortados pelas coordenadas de 6º51’44” a 7º34’31” de latitude sul e 36º00’10” a 37º14’30” de longitude oeste. A bacia hidrográfica limita-se, ao norte, com a bacia do rio Seridó, que drena para o Rio Grande do Norte; a nordeste, com as bacias do rio Jacú e Curimataú; a leste, com a sub-bacia do Médio Paraíba; ao sul, com a bacia do Alto Paraíba e a sudoeste, com a bacia do rio Pajeú, no Estado de Pernambuco. O rio Taperoá, de regime intermitente, nasce na Serra do Teixeira e desagua no açude Presidente Epitácio Pessoa (Boqueirão) (Francisco et al., 2020).

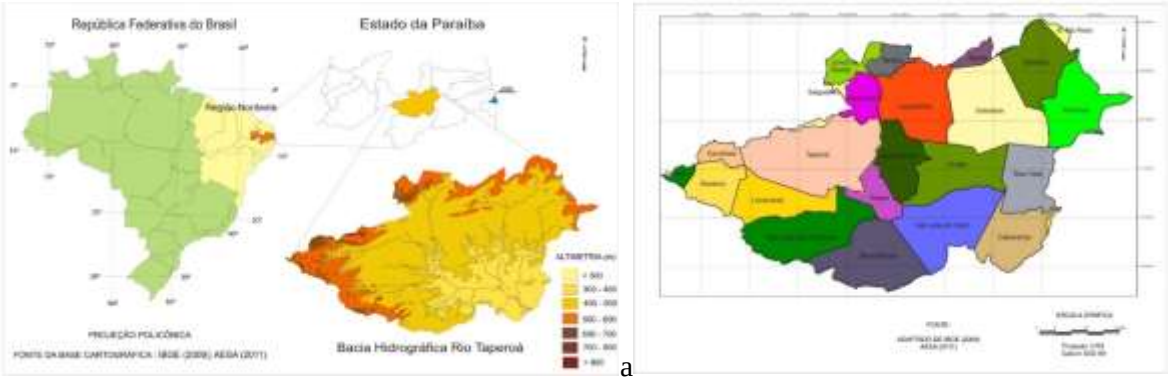

Figura 1. a) Localização e hipsometria da área de estudo; b) municípios integrantes.
Fonte: Francisco et al. (2013; 2012).

A bacia do rio Taperoá, localizada sobre o Planalto da Borborema, encontra-se situada numa linha de confluência de sistemas meteorológicos que atuam na região Nordeste. Segundo Marengo (2008) as chuvas nesta região são ocasionadas principalmente pelos contrastes entre a temperatura do mar, junto à costa e a temperatura do continente. Os ventos, ao soprar continente adentro, carregam a umidade do oceano que condensa e precipita na faixa litorânea e na região da Zona da Mata, levando umidade até as linhas dos divisores do planalto da Borborema, a barlavento.

A temperatura média está abaixo de 26ºC e a amplitude térmica diária é grande pelo efeito da altitude. Nas áreas mais baixas a precipitação média anual é inferior a 400mm, aumentando com a altitude no sentido dos divisores da drenagem (Francisco et al., 2012). O clima de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Bsh (semiárido quente), com chuvas apresentando uma forte variação na distribuição espacial, temporal e interanual, e uma estação seca que pode atingir 11 meses. Embora a área da bacia hidrográfica apresente relevo suave, variando em grande parte entre 300 a 500m, conforme pode ser visto na Figura 1a, o efeito orográfico se faz sentir, aumentando com a altitude, como mostra a distribuição das isolinhas da precipitação do Atlas Climatológico do Estado (Varejão-Silva et al., 1984).

Os postos pluviométricos com precipitações mais baixas, inferiores a 400 mm.ano^{-1}, na bacia do Taperoá, os municípios que parcialmente fazem parte da área da bacia são: Assunção, Boa Vista, Barra de Santa Rosa, Cacimbas, Cabaceiras, Serra Branca, Juazeirinho, Taperoá, Tenório, Teixeira, Junco do Seridó, Salgadinho, São João do Cariri, Seridó, Pocinhos e Olivedos, e com sua área totalmente integrando a bacia, os municípios de Desterro, Soledade, Livramento, Gurjão, São José dos Cordeiros, Parari e Santo André.

Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos do banco de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), para o período de 102 anos entre 1912 a 2014. Os valores mensais e anuais de temperatura do ar, foram estimados pelo método das retas de regressões lineares múltiplas, utilizando-se do software Estima T (Cavalcanti et al., 2006).

Com os dados dessas séries, foi ajustado as equações pelo método dos mínimos quadrados, obtendo-se equações de regressão linear múltipla e testado pelo método estatístico (Equação 1).

$$E(Y) = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 \qquad \text{(Eq.1)}$$

Onde: Y - temperatura mensal do ar (média, máxima ou mínima) °C; X_1, X_2 e X_3 – latitude e longitude do local (minuto) e altitude (metro), respectivamente a_0, a_1, a_2 e a_3 - coeficientes da equação de regressão.

As equações de regressão linear múltipla para se estimar a temperatura do ar (máxima, mínima e média), foram obtidas a partir de dados de algumas estações climatológicas do INMET situadas na bacia. Por essas equações, as temperaturas máximas, mínimas e médias do ar foram estimadas com base na latitude, longitude e altitude locais.

Na metodologia utilizada os valores da evapotranspiração de referência foram estimados pelo método de cálculo do balanço hídrico segundo Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955). Obtiveram-se os valores normais de evaporação real e evapotranspiração potencial além dos valores de excedente e deficiência hídrica. Tomou-se o valor de capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100mm. Após foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados e preenchido os faltantes e depois de calculado as médias mensais, anuais e dos trimestres seco e úmido da evapotranspiração de referência.

Utilizando o software Surfer 9 foi elaborada a estatística utilizando a krigagem onde se confeccionou a carta anual das referidas médias, e recortado utilizando-se o limite da bacia (AESA, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variabilidades dos parâmetros médios da temperatura do ar para a bacia hidrográfica do rio Taperoá, pelos resultados obtidos observa-se que, as oscilações da temperatura mínima mensal variam entre 19,8 e 23,6°C, com uma média anual de 20,1°C. A temperatura máxima oscila entre 21,8 e 25,8°C, com média de 22,1°C, e a temperatura média apresenta uma flutuação entre 20,8 e 24,5°C com média de 21°C. As maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de maio, junho e julho entre 0,45 e 0,47. Estatisticamente o desvio padrão não apresenta índices expressivos de mudanças mensais.

Pelos dados obtidos pode-se observar que, na média os meses mais chuvosos, na área da bacia são março e abril, com valores de 117,2 e 108,7mm respectivamente. Observa-se que o período de anos de dados adquiridos da pluviosidade da área de estudo é de 49 a 102 anos, configurando uma média de 77,5 anos de dados.

Observa-se que as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da precipitação, onde as oscilações da precipitação mínima mensal variam entre 1,3 a 60,8mm, com uma média anual de 332mm. A precipitação máxima oscila entre 9,8 a 205,9mm, e sua média é de 753,4mm, e a precipitação média apresenta uma flutuação entre 3,8 a 117,2mm com média de 493mm. As maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de fevereiro, abril e março respectivamente. Estatisticamente os coeficientes de variâncias não tem índices expressivos de mudanças mensais, já no parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com altas significâncias de ocorrências mensais.

O balanço hídrico normal mensal para os municípios da área de estudo da bacia apresenta os maiores valores de precipitação entre os meses de fevereiro, março e abril. No balanço hídrico normal mensal do município de São João do Cariri, pode-se observar que apresenta deficiência hídrica, de janeiro perdurando até o mês de dezembro. O valor de precipitação observado está abaixo do valor da evapotranspiração da região, resultando num déficit hídrico onde do mês de janeiro até março ocorre

baixa precipitação.

Na Tabela 1 pode-se observar a variabilidade estatística dos parâmetros médios da evapotranspiração potencial mensal e anual e menor e maior ETP para a bacia do Taperoá, onde as oscilações da evapotranspiração mínima mensal fluem entre 65,2 a 105,79mm, com uma valor anual de 1.051,8mm. A evapotranspiração máxima oscila entre 77,2 a 123,6mm, com valor anual de 1.214,15mm, e a evapotranspiração média apresenta uma flutuação entre 70,3 a 115,8mm, com valor anual de 1.131,6mm.

Tabela 1. Evapotranspiração potencial mensal e anual e menor e maior ETP

Municípios	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual	Menor ETP	Maior ETP
Assunção	113,5	101,7	108,1	94,7	86,8	72,5	70,3	72,8	84,5	100,9	107,1	115,3	1.128,3	71,9	107,8
B. de S. Rosa	117,3	105,3	111,6	97,5	89,5	74,7	72,2	73,6	84,7	101,8	109,3	119,1	1.156,5	73,5	110,1
Boa Vista	117,9	106,4	112,9	98,5	89,9	74,7	72,0	73,8	85,3	102,8	109,9	119,6	1.163,8	73,5	110,8
Cabaceiras	121,1	109,6	116,3	101,6	92,5	76,9	74,1	76,2	87,8	105,9	113,0	123,0	1.197,9	75,7	114,0
Cacimbas	107,2	95,6	101,9	89,2	81,8	68,2	66,2	69,2	81,1	96,5	101,8	108,6	1.067,2	67,9	102,3
Desterro	109,6	98,0	104,4	91,5	83,8	69,9	67,8	70,9	82,9	98,7	104,1	111,2	1.092,8	69,5	104,7
Gurjão	117,7	106,1	112,6	98,5	90,0	75,0	72,5	74,7	86,3	103,6	110,4	119,6	1.166,8	74,0	111,2
Juazeirinho	113,4	101,7	108,0	94,5	86,6	72,2	69,9	72,1	83,7	100,2	106,6	115,1	1.124,0	71,4	107,3
Junco do Seridó	108,1	96,4	102,7	89,7	82,4	68,7	66,5	69,0	80,7	96,2	102,1	109,5	1.072,0	68,1	102,6
Livramento	112,6	101,0	107,5	94,1	86,1	71,8	69,6	72,5	84,5	100,9	106,6	114,3	1.121,4	71,3	107,2
Olivedos	112,9	101,2	107,6	93,7	85,8	71,4	68,9	70,6	82,0	98,5	105,4	114,3	1.112,3	70,3	106,1
Parari	118,0	106,3	112,8	98,9	90,4	75,4	73,0	75,6	87,4	104,8	111,1	120,0	1.173,9	74,7	112,0
Pocinhos	112,3	100,8	107,3	93,2	85,1	70,5	68,0	69,5	80,8	97,3	104,4	113,5	1.102,9	69,4	105,1
Salgadinho	114,1	102,2	108,6	95,3	87,4	73,2	70,9	73,7	85,5	102,0	108,0	116,1	1.136,9	72,6	108,7
Santo André	117,1	105,4	111,8	98,0	89,6	74,8	72,4	74,8	86,6	103,7	110,2	119,0	1.163,4	74,0	111,0
S. J. do Cariri	119,8	108,1	113,9	104,1	95,6	80,2	77,2	80,9	89,8	107,4	113,8	123,6	1.214,5	79,4	115,0
S. J. dos Cordeiros	112,7	101,2	107,7	94,2	86,1	71,6	69,3	72,2	84,1	100,6	106,4	114,3	1.120,5	71,1	107,1
Seridó	113,4	101,6	107,8	94,3	86,5	72,2	69,9	71,9	83,4	99,8	106,5	115,1	1.122,8	71,4	107,2
Serra Branca	115,3	103,9	110,6	96,6	88,0	73,2	70,7	73,4	85,3	102,4	108,4	117,0	1.144,8	72,4	109,3
Soledade	115,2	103,5	110,0	96,0	87,9	73,2	70,7	72,7	84,2	101,0	107,9	116,9	1.139,1	72,2	108,6
Taperoá	114,2	102,5	108,9	95,5	87,4	73,0	70,8	73,6	85,4	102,0	108,0	116,1	1.137,3	72,5	108,7
Teixeira	105,4	93,9	100,3	87,8	80,6	67,2	65,2	68,4	80,4	95,4	100,4	106,8	1.051,8	66,9	100,9
Tenório	112,5	100,6	106,9	93,6	85,9	71,8	69,5	71,8	83,4	99,6	106,0	114,2	1.115,9	71,1	106,6
Média	114,0	102,3	108,7	95,3	87,2	72,7	70,3	72,8	84,4	100,9	107,3	115,8	1.131,6	71,9	108,0
Desvio padrão	3,9	3,9	3,9	3,8	3,4	2,9	2,7	2,7	2,4	3,1	3,4	4,2	39,7	2,8	3,5
Coeficiente de variância	0,034	0,038	0,036	0,040	0,039	0,040	0,038	0,038	0,028	0,030	0,032	0,037	0,035	0,038	0,033
Máximo valor	121,1	109,6	116,3	104,1	95,6	80,2	77,2	80,9	89,8	107,4	113,8	123,6	1.214,5	79,4	115,0
Mínimo valor	105,4	93,9	100,3	87,8	80,6	67,2	65,2	68,4	80,4	95,4	100,4	106,8	1.051,8	66,9	100,9

Verifica-se no mês de dezembro que, ocorre uma alta taxa evapotranspiratória na bacia em estudo. Na bacia evidencia-se que nos meses de abril que se estende até agosto onde ocorre um decréscimo na ETo. Observa-se que a evapotranspiração diminui nos municípios em sentido da divisa com o Estado de Pernambuco, e avançando no sentido ao centro do Planalto da Borborema. O baixo índice evapotranspirativo nos meses de maio a setembro está associado à época de chuvas da área em estudo. No mês de outubro é possível verificar que a ETo inicia um aumento e se intensificando até o mês de dezembro. Observa-se que, o índice evapotranspiratório é crescente de outubro a dezembro (Figura 2).

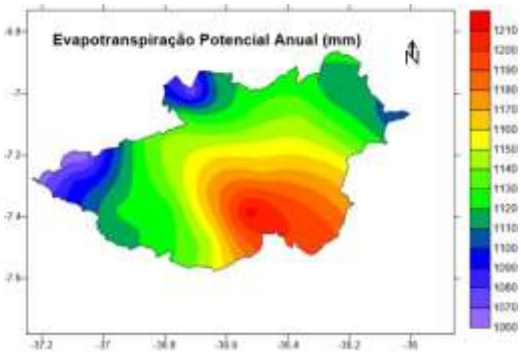

Figura 2. Evapotranspiração potencial anual.

Os menores valores de evapotranspiração ocorrem nos municípios de Cacimbas, Desterro, Junco do Seridó, Pocinhos e Teixeira. A variabilidade da menor evapotranspiração oscila entre 65,2 a 106,8mm, entre os municípios que cobrem a bacia, com uma média de 66,9mm (Tabela 1).

Observa-se pela Tabela 1 e pela Figura 2 que a variabilidade espacial dos valores evaporativos ocorridos de maior evapotranspiração localizados nos municípios de Cabaceiras, São João do Cariri e

Parari com flutuações intermunicipais de 112 a 115mm. Os menores índices evaporativos ocorrem devido aos efeitos da direção dos ventos e do relevo.

Na evapotranspiração de referência anual (Figura 2), pode observar-se que, a noroeste da bacia no município de Junco do Seridó ocorre uma média de ETo de aproximadamente 1.060 $mm.ano^{-1}$, valores idênticos dos da região de Teixeira localizada ao leste da bacia. Já na região de São João do Cariri e Cabaceiras, a evapotranspiração vai diminuindo significativamente para 1.210 $mm.ano^{-1}$, valores próximos encontrados por Francisco et al. (2012) em estudo na mesma bacia, mas utilizando uma série com menor número de anos de dados.

O coeficiente de variância obtido por este trabalho pelo método da krigagem é de 0,035 e um desvio padrão de 39,7 para a evapotranspiração potencial anual apresentando, portanto, um bom desempenho.

CONCLUSÃO

A distribuição espacial da temperatura apresentou pouca variabilidade para ambos os meses estudados, com variação de aproximadamente de 4,5ºC na distribuição anual da temperatura com média para o trimestre mais frio e quente de 21 e 23ºC, respectivamente.

A distribuição anual demonstra variabilidade espacial da precipitação na bacia com valores em torno de 300 a 600mm, onde os meses de março e abril foram os meses mais chuvosos em praticamente toda a área da bacia.

As estimativas de ETo mensais para a bacia apresentaram dependência da localização geográfica (latitude e longitude), sobretudo da topografia local (altitude) sendo um reflexo da variação espacial da temperatura média do ar mensal na área de estudo onde em todos os meses do ano a bacia demandou as menores taxas evapotranspiratórias.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2012. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br. Acesso em 25 de março de 2012.

Barros, A. H. C.; Araújo Filho, J. C. de; Silva, A. B. da; Santiago. G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 211. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32p.

Camargo, A. P.; Camargo, M. P. B. Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura a do ar. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 3, 1983, Campinas. Anais...Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/IAC, 1983, p.229-244.

Cavalcanti, E. P.; Silva, V. de P. R.; Sousa, F. de A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, p.140-147, 2006.

Costa Neto, F. de A.; Medeiros, R. M. de; Menezes, H. E. A.; Costa, R. O. da. Balanço hídrico para cidade de Olivedos–PB, Brasil. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Fortaleza, 2, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.

Francisco, P. R. M.; Chaves, I. B.; Lima, E. R. V. de; Bandeira, M. M.; Silva, B. B. da. Mapeamento da caatinga com uso de geotecnologia e análise da umidade antecedente em bacia hidrográfica. Revista Brasileira de Geografia Física, v.3, p.676-693, 2012.

Francisco, P. R. M.; Chaves, I. De B.; Chaves, L. H. G. Bioma caatinga e degradação: modelo de mapeamento. Campina Grande: EPGRAF, 2020. 80p.

Marengo, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. Revista Parcerias Estratégicas, n.27, p.149-176, 2008.

Ortolani, A. A.; Camargo, M. B. P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: Castro, P. R. C.; Ferreira, S. O.; Yamada, T. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato, 1987. p.71-81.

Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. The water balance. Publications in Climatology – Drexel Institute of Technology, v.8, n.1, p.1-86, 1955.

Varejão-Silva M. A.; Braga, C. C.; Aguiar M. J. N.; Nietzche M. H.; Silva, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.