

Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil

Romildo Morant Holanda, romildomorant@gmail.com
Raimundo Mainar de Medeiros, mainarmedeiros@gmail.com

RESUMO

Objetiva-se efetivar as classificações climáticas por meio dos modelos: Köppen e Thornthwaite para o município de Bom Jesus, gerando informações importantes para o planejamento e racionalização das suas diversas atividades produtivas e de políticas das atividades agrícolas. Utilizou-se dos dados de precipitação e temperatura média provenientes da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia do período de 1960 a 2018. As classificações climáticas de Thornthwaite consentiram separar eficazmente os climas na área em estudo. A evapotranspiração é de 54,33% acima das chuvas ocorridas, enquanto a precipitação e à evaporação registraram valores de 984,8 mm. As condições evapotranspirativas, evaporativas, e as deficiências hídricas são elevadas, não existindo excedente hídrico entre os meses na série de dados estudado. De acordo com a classificação climática de Köppen o clima do município estudado é do tipo Aw, o clima segundo a classificação de Thornthwaite para Bom Jesus é caracterizado como do tipo B_{2r}A'a'.

Palavras-chaves: Excedente hídrico. Evapotranspiração. Evaporação.

CLIMATE CLASSIFICATION BY THE KÖPPEN AND THORNTHWAITE METHOD IN GOOD JESUS OF PIAUÍ, BRAZIL

ABSTRACT

The objective is to effect the climate classifications through the Köppen and Thornthwaite models for the municipality of Bom Jesus, generating important information for the planning and rationalization of its various productive activities and agricultural activities policies. Precipitation and average temperature data from the National Meteorological Institute weather station from 1960 to 2018 were used. Thornthwaite's climate classifications effectively separated the climates in the study area. Evapotranspiration is 54.33% above the rainfall, while precipitation and evaporation recorded values of 984.8 mm. Evapotranspiration, evaporative conditions, and water deficiencies are high, with no water surplus between months in the data series studied. According to the Köppen climate classification, the climate of the municipality studied is Aw, the climate according to Thornthwaite's classification for Bom Jesus is characterized as B_{2r}A'a'.

Keywords: Water surplus. Evapotranspiration. Evaporation.

Introdução

A classificação climática propõe-se identificar uma área e/ou região, zonas com características climáticas e biogeográficas homogêneas, equipando de propostas valiosas sobre

as condições do meio ambiente e suas potencialidades de uso (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). A espécie climática anual é de enorme importância para o planejamento agropecuário (SILVA et al., 2010; SENTELHAS et al., 2008), além da adaptabilidade das cultivares a diversos fatores, como os diferentes tipos de solo de cada região (MONTEIRO, 2009). Levando-se em consideração os riscos que envolvem a produção agrícola, Meireles et al. (2003) sugeriram que, a falta de dados meteorológicos em determinadas regiões dificulta a tomada de decisão do produtor rural, no que se refere ao uso da água no sistema produtivo, muitas vezes utilizando mais água do que o necessário, impactando diretamente no custo de produção, colocando a viabilidade econômica da atividade em risco.

As classificações de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) utilizam uma escala de índices climáticos (hídrico, aridez e umidade) definidos com base no balanço hídrico (BH) constituindo as duas metodologias mais clássicas de regionalização climática. A incorporação de cenários pluviométricos (chuvosos, secos, regular e normal) aos estudos dessa natureza é desejável, por promover um salto de qualidade à metodologia clássica, tornando-os mais ajustados e adequados à variabilidade natural das precipitações e às expectativas pluviométricas dos modelos numéricos de previsão climatológica em uso no Brasil. (VAREJÃO-SILVA et al., 2006).

O conhecimento das variáveis de saída do BH permitem o planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, disponibilizando informações aos produtores que possam identificar as fragilidades climáticas, sendo uma ferramenta essencial para o sucesso de um empreendimento agrícola, que inclui a decisão de optar ou não por sistemas de irrigação para suprir a deficiência hídrica Santos et al. (2010). Os resultantes do cálculo do balanço hídrico possibilitam realizar a classificação, já que os dados necessários são justamente os determinados de suas resoluções (DANTAS et al., 2007).

Os conhecimentos das condições climáticas de uma determinada área são necessários para que se possam organizar estratégias, que visem o manejo adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e a implementação das práticas agrícolas e sua produtividade viáveis e seguras ao meio ambiente, Costa Neto et al. (2014). A estimativa do BH e a classificação climática são ferramentas indispensáveis para a determinação da aptidão de áreas para culturas agrícolas e no planejamento de sistemas de irrigação (PASSOS et al., 2017).

Medeiros et al. (2016) mostraram que as condições climáticas e hidrológicas de uma determinada área são os principais parâmetros na estimativa das disponibilidades hídricas dessa

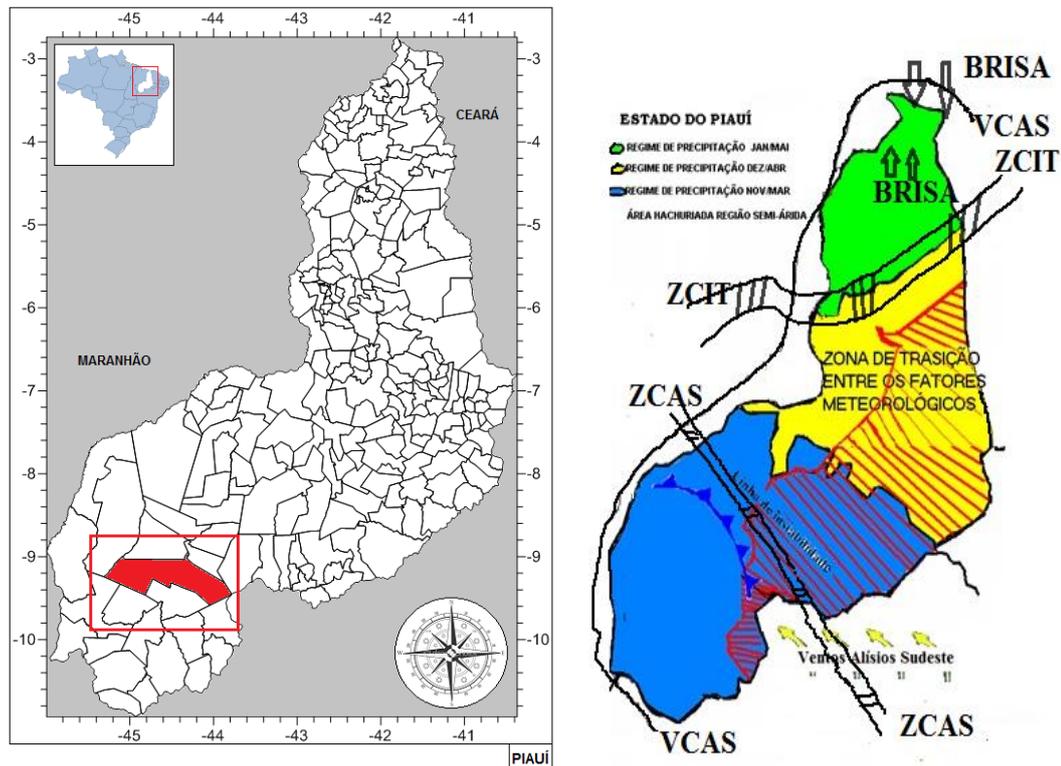
região. Portanto os estudos hidro climáticos são os princípios básicos que nortearão o desenvolvimento dos trabalhos na definição do modelo de planejamento e gestão dos recursos hídricos a ser implementado.

Medeiros et al. (2017) aplicaram o modelo da classificação de Köppen para o Estado de Pernambuco utilizando o método de interpolação Kriging. As classificações indicadas mostraram-se muito sensíveis à orografia municipal, aos índices pluviiais e às oscilações de temperatura resultando em três tipos climáticos, tipo “AS” em 108 municípios, o tipo semiárido quente com precipitação de verão e inverno seco “BSh”, foi registrado em 55 municípios e o tipo “Am” predominou em 20 municípios. O sistema de classificação climática Köppen é eficiente apenas para a macro escala e com baixa capacidade para separar os tipos de clima, levando em consideração a temperatura do ar, as chuvas e os elementos resultante do balanço hídrico.

O estudo tem como objetivo efetivar as classificações climáticas por meio dos modelos de Köppen (1928, 1931) e Thornthwaite e Mather (1948, 1955) para o município de Bom Jesus do Piauí, Brasil gerando informações importantes para o planejamento e racionalização das suas diversas atividades produtivas e de políticas das atividades agrícolas.

Material e métodos

Bom Jesus do Piauí tem o clima controlado pela variabilidade espacial e temporal da Zona de Convergência do Atlântico Sul, e pelos vestígios das frentes frias, contribuições dos vórtices ciclônicos de altos níveis, deste que seu centro esteja no oceano, formações e intensificações das linhas de instabilidade e dos aglomerados convectivos, auxiliado pelos ventos alísios de sudeste, a convergência de umidade e a troca de calor sensível por latente e vice-versa, a contribuição da orografia e seus efeitos locais. (Medeiros, 2016). As contribuições dos efeitos locais, fatores que aumentam a cobertura de nuvens, a umidade relativa do ar e provocam chuvas de intensidades moderadas as fracas em quase todos os meses do ano, sendo as Zonas de Convergências do Atlântico Sul, vestígios de frentes frias e as linhas de instabilidade e os aglomerados convectivos os principais fatores para ocorrência de chuvas acima da média histórica provocando inundações, alagamento, enchentes, enxurradas e desmoronamento. (Figura 2 Localização do município Bom Jesus e Figura 2.1 regimes e principais fatores provocadores de chuva no estado do Piauí).



Figuras 1. Localização do município e regimes e principais fatores provocadores de chuva no estado do Piauí. Fonte: Medeiros (2016).

Utilizou-se dos dados de precipitação e temperatura média do ar provenientes da estação meteorológica localizada nas coordenadas geográficas de latitude 09°04'S e de longitude 44°21'W com altitude média em relação ao nível do mar de 277 metros pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil – (INMET, 2019) do período de 1960 a 2018, totalizando 59 anos de dados observados.

A utilização dos dados foi procedida de análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (mês a mês). Caso ocorram problemas nos equipamentos ou por impedimento do observador que resultem em dias sem observação ou mesmo intervalo de tempos maiores, os dados falhos foram preenchidos com os dados de três postos vizinhos, localizados o mais próximo possível, onde se aplicou da seguinte forma:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \right)$$

Em que:

P_x é o valor de chuva que se deseja determinar;

N_x é a precipitação diária do posto x;

N_A, N_B e N_C são, respectivamente, as precipitações diárias observadas dos postos vizinhos A, B e C;

PA, PB e PC são, respectivamente, as precipitações observadas no instante que o posto x falhou.

Utilizou-se do cenário pluviométrico normal conforme metodologia proposta por Varejão-Silva et al. (2001). O cálculo do BH foi realizado através de planilha eletrônica desenvolvido por Medeiros (2016) levando em conta o modelo de Thornthwaite.

A classificação de Köppen é baseada principalmente na quantidade e distribuição de precipitação e temperatura, anual e mensal. Os elementos de temperatura e precipitação constituem critério inicial para a divisão dos tipos de clima. Por ser uma classificação climática com mais de século, a classificação de Köppen passou por algumas adaptações de outros autores, como a de Setzer (1966), que simplificou a classificação criando uma chave classificatória.

Método da Classificação de Köppen

Baseia-se na classificação de várias regiões, tipos e variabilidades climáticas (SOUZA et al., 2013) indicado por três letras, indicando grupo (Tabela 1), do indicador de tipo (Tabela 2) e indicador do subtipo (Tabela 3).

Tabela 1. Caracterização do indicador de grupo climático.

Código	Tipo de clima	Descrição
A	Tropical	Climas megatérmicos: Temperatura média do mês mais frio maior que 18°C; Estação invernal ausente; Precipitação anual superior a Evapotranspiração anual.
B	Árido	Climas secos (Precipitação anual menor que 500 mm); Evapotranspiração anual superior a Precipitação anual; Inexistência de cursos d'água permanentes.
C	Temperado	Climas mesotérmicos; Temperatura média do mês mais frio entre -3 e 18°C (considerando a mínima média) *; Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão e inverno bem definidas.
D	Continental	Climas microtérmicos; Temperatura média do ar do mês mais frio menor ou igual a 3°C; Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão e inverno bem definidos.
E	Glacial	Climas polares e de alta montanha; Temperatura média mês mais quente maior que 10°C; Verão pouco definidos ou inexistente.

Fonte: SOUZA et al. (2013).

Tabela 2. Caracterização do indicador de tipo climático.

Código	Descrição	Grupo
S	Clima das estepes; Precipitação anual média entre 380 e 760 mm.	B
W	Clima desértico; Precipitação anual média < 250 mm	B
F	Clima úmido; Ocorrência de precipitação em todos os meses do ano; Inexistência de estação seca definida; Precipitação do mês mais seco > 60 mm.	A-B-C
W	Chuvas de verão.	A-B-C
S	Chuvas de inverno	A-B-C
W'	Chuvas de verão-outono	A-B-C
S'	Chuvas de inverno-outono.	A-B-C
M	Clima de monção; Precipitação anual média >1500 mm e Precipitação do mês mais seco < 60 mm.	A
T	Temperatura média do ar no mês mais quente entre 0 e 10°C	E
F	Temperatura média do mês mais quente < 0°C.	E
M	Precipitação abundante (inverno pouco rigoroso).	E

Fonte: SOUZA et al. (2013).

Tabela 3. Caracterização do indicador de subtipo climático

Código	Descrição	Grupo
a: Verão quente	Temperatura média do ar no mês mais quente maior que 22°C.	C-D
b: verão temperado	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C; Temperatura média do ar nos 4 meses mais quentes maior que 10°C	C-D
c: verão curto e fresco	Temperatura média do ar no mês mais quente menor que 22°C; - Temperatura média do ar maior que 10°C durante menos de 4 meses; Temperatura média do ar no mês mais frio maior que -38°C.	C-D
d: inverno muito frio	Temperatura média do ar no mês mais frio menor que -38°C.	D
h: seco e quente	Temperatura média anual do ar maior que 18°C; Deserto ou semi deserto quente (Temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C).	B
k: seco e frio	Temperatura média anual do ar menor que 18°C; Deserto ou semideserto frio (Temperatura anual média do ar igual ou inferior a 18°C).	B

Fonte: SOUZA et al. (2013).

Método da Classificação de Thornthwaite

O método proposto por Thornthwaite (1948) utiliza dados do excesso e déficit hídrico anual, derivada do balanço hídrico. Determinou para cada período o índice de hídrico (Ih), que

é a relação entre excesso de água pela evapotranspiração potencial expressa em porcentagem (SILVA et al., 2014), dado pela equação.

$$I_h = (EXC/ETP) * 100$$

A seguir determinou-se o índice de aridez (I_a), que expressa a déficit hídrica em porcentagem em relação a evapotranspiração potencial, variando de 0 a 100. Segundo Miranda et al. (2008) quando o índice de aridez atinge valor 0, isso indica que não há déficit hídrico, porém quando o I_a atinge o valor de 100, isso quer dizer que a déficit é igual à evapotranspiração potencial, estando em condições de extrema aridez. O índice de aridez é determinado pela equação.

$$I_a = (DEF/ETP) * 100$$

Finalizado os cálculos do I_h e do I_a estimou-se o índice umidade (I_u) que relaciona os dois índices acima e é responsável por determinar o tipo climático local (CUNHA et al., 1999) obtendo o primeiro indicativo da fórmula climática representado por uma letra alfabética maiúscula, com ou sem um algarismo subscrito (Tabela 4). O índice umidade abrange período úmido a seco durante todo o ano em sua condição climática (THORTHWAITE, 1948). Segundo esse mesmo autor, se ocorrer uma situação em que a deficiência hídrica não ultrapassa 60% dos excedentes hídricos no período úmido, então não ocorrerá uma seca, ou seja, o índice umidade terá que ser igual à zero ($I_u = 0$). Este índice foi posteriormente utilizado para a classificação climática do local estudado, equação seguinte.

$$V_{iu} = I_h - 0,6 * I_a$$

Miranda et al. (2008) mostra que a segunda letra da fórmula, que pode ser maiúscula ou minúscula com ou sem subscrito (Tabela 5), mostra o subtipo climático diferenciando o período de umidade e aridez que correr durante o ano em função da distribuição interanual da pluviosidade.

Para determinação da terceira letra da fórmula climática é necessário o índice de eficiência térmica. Este índice corresponde ao valor numérico da evapotranspiração potencial, sendo a função direta da temperatura e do fotoperíodo. É apresentada por uma letra maiúscula com apóstrofo e, com ou sem um algoritmo subscrito (Tabela 6).

Na determinação da quarta letra da fórmula leva-se em consideração a porcentagem da evapotranspiração potencial que ocorrer nos meses do verão, fornecendo o subtipo climático

(Tabela 7). É indicada por uma letra minúscula com apóstrofo e, com ou sem um algarismo subscrito.

Tabela 4. Chave inicial da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.

Tipos Climáticos	Índice de Umidade (Iu)
A – Super úmido	$100 \leq Iu$
B ₄ - Úmido	$80 \leq Iu < 100$
B ₃ - Úmido	$60 \leq Iu < 80$
B ₂ - Úmido	$40 \leq Iu < 60$
B ₁ - Úmido	$20 \leq Iu < 40$
C ₂ - Subúmido	$0,0 \leq Iu < 20$
C ₁ - Subúmido seco	$-33,33 \leq Iu < 0,0$
D - Semiárido	$-66,7 \leq Iu < -33,33$
E - Árido	$-100 \leq Iu < -66,7$

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 5. Segundo chave da classificação climática segundo Thornthwaite, baseados nos índices de aridez e umidade.

Climas úmidos (A, B ₄ , B ₃ , B ₂ , B ₁ e C ₂)	Índice de Aridez (Ia)	Climas secos (C ₁ , D e E)	Índice de umidade (Iu)
r – pequena ou nenhuma deficiência de água	0 – 16,7	d – pequeno ou nenhum excesso de água	0 – 10
s – moderada deficiência no verão	16,7 – 33,33	s – moderado excesso de inverno	10 - 20
w – moderada deficiência no inverno	16,7 – 33,33	w – moderado excesso de verão	10 - 20
s₂ – grande deficiência no verão	> 33,33	s₂ – largo excesso de inverno	20
w₂ – grande deficiência no inverno	> 33,33	w₂ – largo excesso de verão	20

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 6. Terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).

Tipo climático	Índice térmico (ETo anual)
A' - megatérmico	≥ 1.140
B' ₄ - mesotérmico	997 – 1.140
B' ₃ - mesotérmico	855 - 997
B' ₂ - mesotérmico	712 - 855
B' ₁ - mesotérmico	570 - 712
C' ₂ - microtérmico	427 - 570
C' ₁ - microtérmico	285 - 427
D' - tundra	142 - 285
E' – gelo perpétuo	< 142

Fonte: Ometto (1981).

Tabela 7. Quarta chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado na relação entre a ETP de verão (ETPv) e anual (ETP).

Subtipo climático	Concentração da ETP no verão (%)
a'	< 48%
b'4	48 – 51,9
b'3	51,9 – 56,3
b'2	56,3 – 61,6
b'1	61,6 – 68,0
c'2	68,0 – 76,3
c'1	76,3 – 88,00
d'	> 88,00

Fonte: Ometto (1981).

Resultados e discussão

Na Tabela 8 observam-se os resultados do balanço hídrico para a área do município estudado segundo a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, (1955). Para o período de 1960-2018. Com temperatura média anual de 27,3°C. Precipitação média anual de 984,8 mm. Evapotranspirou 1812,7 mm e evaporou 984,8 mm, excedentes hídricos não foram registrados e as deficiências hídricas foram de 827,9 mm. O estudo de Menezes et al. (2016) corroboram com os resultados do balanço hídrico aqui trabalhado.

Tabela 8. Balanço Hídrico para o município de Bom Jesus, segundo a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, (1955), para o período de 1960-2018.

Meses	Temp (°C)	Prec (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Jan	26,3	174,1	133,0	133,0	0,0	0,0
Fev	26,8	156,0	132,2	132,2	0,0	0,0
Mar	26,5	166,6	139,0	139,0	0,0	0,0
Abr	26,7	103,7	134,8	128,4	6,4	0,0
Mai	26,9	22,5	140,2	69,4	70,8	0,0
Jun	26,9	3,5	135,3	18,8	116,5	0,0
Jul	27,1	2,5	142,1	6,7	135,4	0,0
Ago	27,9	1,5	161,9	2,7	159,2	0,0
Set	28,8	9,0	183,0	9,2	173,8	0,0
Out	28,7	70,0	190,4	70,0	120,4	0,0
Nov	27,7	127,0	161,8	127,0	34,8	0,0
Dez	27,2	148,3	158,8	148,3	10,5	0,0

Legenda: Temp = Temperatura média do ar; Prec = Precipitação; ETP = Evapotranspiração; EVR = Evaporação; EXC = Excedente hídrico e DEF = Deficiência hídrica.

Fonte: Medeiros (2019).

A classificação climática foi obtida com base nos valores do índice: índice de aridez (Ia) e índice de umidade (Iu). No Iu considerado como a “chave inicial” para a classificação, o seu

valor foi de 45,67, sendo encontrada a tipologia B2 indicando clima úmido. Por meio da “segunda chave”, com base no índice de aridez igual a 0,46 e índice hídrico (Ih) igual a -0,27 obteve-se a letra r, caracterizando por nenhuma deficiência hídrica. Já a “terceira chave” definida em função da evapotranspiração potencial anual (ETPanual) de 1812,7 mm, determinou-se o subtipo A’ que indica clima megatérmico. Por último, através da “quarta chave”, em função da relação entre a evapotranspiração de verão (ETPverão) igual a 0,096 mm obtida pelo somatório da ETP dos meses de (setembro a dezembro) pela evapotranspiração anual determinou-se o subtipo a’. Desta maneira temos a fórmula climática completa é B₂rA’a’, ou seja, o clima para o município de Bom Jesus do Piauí é caracterizado como megatérmico com nenhuma deficiência hídrica.

Tabela 9. Classificação climática do Município de Bom Jesus do Piauí pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período normal.

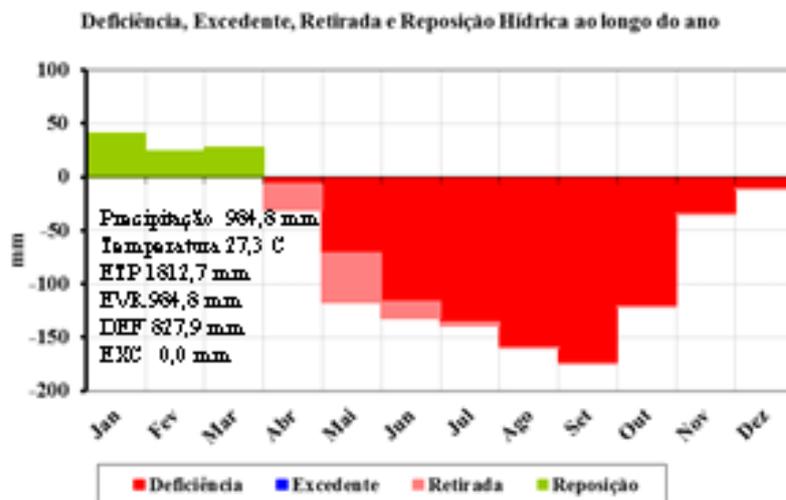
Ih(%)	Ia(%)	Iu(%)	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual(%)
-0,27	0,46	45,67	1812,7	0,096
-	r	B ₂	A’	a’

Fonte: Medeiros (2019).

Na Figura 2 observa-se a predominância das deficiências hídricas entre os meses de abril a dezembro, retirada de água no solo entre os meses de abril a julho, reposição de água no solo nos meses de janeiro, fevereiro e março, não se registrou excedentes hídricos para o período estudado.

Figura 2. Representação gráfica do balanço hídrico para o município de Bom Jesus do Piauí para o período de 1960-2018. A deficiência hídrica entre os meses de abril a dezembro decorre do fato de a evapotranspiração potencial ser maior do que os índices pluviiais, característica marcante dos municípios da região (Araújo, 2011). Com relação à agricultura para regiões que apresentam distribuição irregular das chuvas Ribeiro et al. (2015) recomenda um planejamento adequado da melhor época para o plantio das principais cultivadas nesta área, de modo que a semeadura seja feita em períodos de melhor disponibilidade hídrica para que as fases de máxima exigência hídrica da cultura não coincidam com o período de máxima deficiência de água no solo. O estudo de Medeiros et al. (2017) vem a corroborar com os resultados do balanço hídrico aqui discutido.

Figura 2. Representação gráfica do balanço hídrico para o município de Bom Jesus do Piauí para o período de 1960-2018.



Fonte: Medeiros (2019).

Pereira et al. (2002) mostraram que os índices obtidos a partir do cálculo do balanço hídrico, munem de informações da disponibilidade hídrica ao longo do ano, para as variáveis excedente hídrico, deficiência hídrica, retirada e reposição de água no solo. A partir desses valores anuais obtidos foram definidos os índices que expressam a disponibilidade hídrica. De acordo com os índices climáticos de Thornthwaite (1955).

De acordo com a classificação climática de Köppen(1931, 1928) o clima do município estudado é do tipo Aw, (clima tropical com estação seca de Inverno), tal classificação vem a corroborar com o estudo realizado por Alvares et al. (2014). A área em estudo tem precipitação média anual de 984,8 mm, com 88,92% das chuvas sendo registradas entre os meses de novembro a abril e 10,81% das chuvas sendo registradas entre os meses de maio a outubro; a temperatura média anual de 27,3°C, oscilando de 26,3°C no mês janeiro a 28,8°C nos mês de setembro.

Conclusões

As classificações climáticas de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite & Mather (1955) consentiram separar eficazmente os climas na área da bacia em estudo. Embora seja registrada grande variabilidade pluvial, é recomendado o plantio de sequeiro e familiar com o preparo da terra no mês de novembro e dezembro e seu plantio ocorrendo entres os meses de dezembro e janeiro.

A evapotranspiração é de 54,33% acima das chuvas ocorridas, enquanto a precipitação e à evaporação registraram valores de 984,8 mm. As condições evapotranspirativas, evaporativas,

HOLANDA, Romildo Morant & MEDEIROS, Raimundo Mainar de. *Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil*. Revista Pantaneira, V. 16., Pag. 57 - 68, UFMS, Aquidauana-MS, 2019.

e as deficiências hídricas são elevadas, não existindo excedente hídrico entre os meses na série de dados estudado.

De acordo com a classificação climática de Köppen o clima do município estudado é do tipo Aw, (clima tropical com estação seca de Inverno), o clima segundo a classificação de Thornthwaite para o município de Bom Jesus do Piauí é caracterizado como megatérmico com nenhuma deficiência hídrica (B₂rA'a').

Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728. 2014.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 36, n.2, p.143-151, 2005.

ARAÚJO, S. M. S. A Região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. *Rios Eletrônica*, v.5, n.5, p.89- 98, 2011.

COSTA NETO, F. A.; MEDEIROS, R. M.; SOUSA, E. P.; OLIVEIRA, R. C. S. Balanço hídrico como planejamento para a cidade de Olivedos-PB. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, CONTECC, 2014. Centro de Convenções Atlantic City – Teresina, 2014.

CUNHA, G.R. El Nino - Oscilação do sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. *Revista Bras. Agrometeorol.*, v. 7, n.2, 1999. p.277-284.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.6, p.1862-1866, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000600039>

INMET. **Normais climatológicas**. Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília – DF. 2019.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmp>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

KÖPPEN, W. Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: **Walter de Gruyter**, P.388. 1931.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. **Wall-map 150 x 200cm**. 1928.

MEDEIROS, R. M. Banco de dados hidrometeorológicos e suas análises para municípios do Nordeste do Brasil. **Divulgação avulsa**. p.225. 2016.

MEDEIROS, R. M. **Análise de aspectos climático, socioeconômico e ambiental e seus efeitos na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto e entorno**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, p.171. 2016

MEDEIROS, R. M. Estudo Agrometeorológico do Estado do Piauí. *Divulgação Avulsa*. p.132. 2016

MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise Climatológica, Classificação Climática e Variabilidade do Balanço Hídrico Climatológico na Bacia do Rio Uruçuí Preto, PI. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Rio de Janeiro, v. 06, n 04, p 652-664, 2017.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M.; VIANA, M. A.; SILVA, V. P. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco - Brazil. *Revista de Geografia (Recife)*. v.35, p.219 - 234, 2017.

MIRANDA, E.E. **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2008. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 2019.

MEIRELES, E. J. L.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, GO. *Bragantia*, Campinas, v.62, n.1, p.163-171, 2003.

HOLANDA, Romildo Morant & MEDEIROS, Raimundo Mainar de. *Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil*. Revista Pantaneira, V. 16., Pag. 57 - 68, UFMS, Aquidauana-MS, 2019.

MENEZES, H. E. A.; MEDEIROS, R. M; SOUSA, L. F.; MENEZES, H. E. A. Análise do balanço hídrico e erosividade em cenários climáticos futuros no município de Bom Jesus – Piauí. In: Recursos Naturais do Semiárido - Estudos Aplicados. 1 ed. Campina Grande - PB: **Editora da Universidade Federal de Campina Grande - EDUFPG Universidade Federal de Campina Grande** – 2016, v.1, p. 99-119.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. 530p.

OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Ceres, 1981.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Revista Scientia Agraria**, v.18, n.1, p.83-89, 2017.

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

RIBEIRO, A. A.; SIMEÃO, M.; SANTOS, A. R. B. Balanço hídrico climatológico para os municípios de Piripiri e São João do Piauí, Piauí, Brasil. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 9 (3): 228-235, 2015. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2015v9n3p228-235>.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, p.142-149, 2010.

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, D. L.; MACHADO, R. E. Water deficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potencial evapotranspiration. **Ambi-Água**, Taubaté, v.3, n.3, p.28-42, 2008.

SETZER, J. Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. São Paulo, Brasil, 61p. 1966.

SILVA, A. P. N.; LIMA, F. J. L.; SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A. Valores efetivos de precipitação pluvial para manejo da irrigação na cana-de-açúcar em Goiana, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.4, p.585-591, 2010.

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, n.58, p.575-596, 2004.

SOUZA, A. P.; et al. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa, Sinop**, v. 01, n. 01, p. 34 – 43, 2013.

THORNTWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review, London**, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: **Drexel Institute of Technology**; 1955, 104p.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital 2. Recife, mar. 2005.