

CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA E BALANÇO HÍDRICO PELO MÉTODO DE KÖPPEN E THORNTHWAITE DO MUNICÍPIO DE BARBALHA, CEARÁ, BRASIL

Raimundo Mainar de **MEDEIROS**

Meteorologista, Pós-Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

Romildo Morant de **HOLANDA**

Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: romildomorant@gmail.com

RESUMO: Objetiva-se realizar as classificações climáticas através dos modelos de Köppen e Thornthwaite e Mather para a área do município de Barbalha – CE com o intuito de subsidiar projetos de desenvolvimento, planejamento e ocupação agrícola, bem como, contribuir para a utilização racional de terras do Estado, gerando informações esta muito importante para a racionalização das suas diversas atividades produtiva e de políticas agrícolas. Utilizou-se dos valores médios mensais de precipitação e temperatura do ar adquiridos do banco de dados da estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia Correspondente ao período de 1973 a 2018, com o intuito de gera informações para os tomadores de decisões governamentais. A Classificação climática 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. 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 seus plantios ocorrendo entres os meses de janeiro a abril, épocas de maiores índices pluviométricos. As classificações climáticas resultantes demonstraram sensível a orografia local, aos índices pluviais e as flutuações das temperaturas médias. As classificações climáticas de Thornthwaite consentiram separar eficazmente os climas na área em estudo. A metodologia utilizada neste artigo está consistências com diversos estudos sobre a região nordeste e em especial para a região de transição entre semiárido e cerrado. Salienta-se que os regimes pluviométricos e as variações das temperaturas foram determinantes para os cálculos e sua distribuição espacial.

Palavras-chaves: Deficiência e Excedente hídrica; Índices climáticos; Evapotranspiração; Evaporação.

CLIMATE CLASSIFICATION AND WATER BALANCE BY THE KÖPPEN AND THORNTHWAITE METHOD OF THE COUNTY OF BARBALHA, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: The objective is to perform the climate classifications through the Köppen and Thornthwaite and Mather models for the area of the municipality of Barbalha - CE in order to subsidize development projects, planning and agricultural occupation, as well as contribute to the rational use of land in the region. State, generating information is very important for the rationalization of its various productive activities and agricultural policies. It was used the monthly average values of precipitation and air temperature acquired from the weather station database belonging to the National Institute of Meteorology Corresponding to the period from 1973 to 2018, in order to generate information for government decision makers. The Köppen Climate Classification is based mainly on the amount and distribution of precipitation and temperature, annual and monthly. Temperature and precipitation elements are initial criteria for the division of climate types. Although large rainfall variability is recorded, it is recommended to plant rainfed and familiar with the tillage in November and December and planting between January and April, times of higher rainfall. The resulting climate classifications were sensitive to local orography, rainfall, and average temperature fluctuations. Thornthwaite's climate classifications have effectively separated the climates in the study area. The methodology used in this paper is consistent with several studies on the northeast region and especially on the transition region between semiarid and cerrado. It should be noted that rainfall and temperature variations were determinant for the calculations and their spatial distribution.

Keywords: Water deficiency and surplus; Climatic índices; Evapotranspiration; Evaporation.

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA Y BALANCE DE AGUA POR EL MÉTODO KÖPPEN Y THORNTHWAITE DEL CONDADO DE BARBALHA, CEARÁ, BRASIL

RESUMEN: El objetivo es realizar las clasificaciones climáticas a través de los modelos Köppen y Thornthwaite y Mather para el área del municipio de Barbalha - CE con el fin de subsidiar proyectos de desarrollo, planificación y ocupación agrícola, así como contribuir al uso racional de la tierra en la región. Estado, generar información es muy importante para la racionalización de sus diversas actividades productivas y políticas agrícolas. Se utilizaron los valores promedio mensuales de precipitación y temperatura del aire adquiridos de la base de datos de la estación meteorológica perteneciente al Instituto Nacional de Meteorología correspondiente al período de 1973 a 2018, para generar información para los tomadores de decisiones gubernamentales. La clasificación climática de Köppen se basa principalmente en la cantidad y distribución de precipitación y temperatura, anual y mensual. Los elementos de temperatura y precipitación son criterios iniciales para la división de los tipos climáticos. Si bien se registra una gran variabilidad de las precipitaciones, se recomienda plantar de secano y familiarizarse con la labranza en noviembre y diciembre y plantar entre enero y abril, en épocas de mayor precipitación. Las clasificaciones climáticas resultantes fueron sensibles a la orografía local, la lluvia y las fluctuaciones de temperatura promedio. Las clasificaciones climáticas de Thornthwaite han separado efectivamente los climas en el área de estudio. La metodología utilizada en este documento es consistente con varios estudios en la región noreste y especialmente en la región de transición entre semiárido y cerrado. Cabe señalar que las variaciones de lluvia y temperatura fueron determinantes para los cálculos y su distribución espacial.

Palabras clave: Deficiencia de agua y excedente; Índices climáticos; Evapotranspiración; Evaporación

INTRODUÇÃO

A classificação climática propõe-se identificar em uma área e/ou região zonas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas, fornecendo sugestões valiosas sobre as condições do meio ambiente e suas potencialidades de uso (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). As variáveis climática anual é de enorme importância para o planejamento agropecuário (SILVA et al., 2010; SENTELHAS et al., 2008), além da adaptabilidade das culturas 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 climáticas de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite & 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 utilizadas na 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, de acordo com Varejão-Silva et al. (2001).

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 hídricos de acordo com o autor Santos et al. (2010). Os resultantes do cálculo do BH possibilitam realizar a classificação climática, já que os dados necessários são justamente os determinados de suas resoluções (DANTAS et al., 2007).

Os conhecimentos das condições climáticas de determinada região são necessárias 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, de acordo com 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).

Os recursos hídricos desempenham importante papel para a manutenção da vida, e, portanto, da existência deste recurso depende a sobrevivência da espécie humana, a conservação e o equilíbrio da biodiversidade e as relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI et al., 2008).

Com a melhoria tecnológica e nas distintas áreas das ciências, as espécies climáticas deixaram de ser um obstáculo, sobretudo para a agricultura, ao apreciar que nos dias atuais são produzidas espécies cultivares em regiões nunca antes plantadas, como por exemplo, a produção de uva no semiárido brasileiro, a azeitona no planalto entre outras cultivares. Todavia, o controle do clima e suas variabilidades estão muito distantes da humanidade, e a sociedade sendo submissa às variações do tempo meteorológico e as diversas formas de atuação na sociedade.

As grandes culturas são normalmente praticadas em regime de sequeiro, o que as faz depender exclusivamente das precipitações naturais. Os cultivos irrigados ainda são minorias, principalmente no que diz respeito a grandes áreas. Com isso, a atividade agrícola torna-se exclusivamente sazonal, sendo praticada principalmente na época das chuvas (SOUSA et al., 1997).

A variabilidade climática deve ser considerada em diversos setores, como economia, pecuária, engenharia e produção de energia. A agricultura não é apenas responsável por grande parte das exportações brasileiras e pela geração de milhares de empregos, mas também uma das atividades mais vulneráveis às mudanças climáticas. Os sistemas agrícolas regionais podem ser afetados, com sérias consequências para a produção de alimentos (SILVA et al., 2009).

A produtividade de culturas em sistema de sequeiro é altamente dependente das interações entre suas fases fenológicas e as variações interanuais do tempo e clima. Toda cultura plantada nesse sistema depende, inevitavelmente, da quantidade, da distribuição e da intensidade das chuvas. Por outro lado, os fenômenos El Niño e Dipolo influenciam os totais pluviométricos do Nordeste brasileiro; em consequência, contribuem nas variações do rendimento das culturas de subsistência (SILVA et al., 2002).

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 a implementação das práticas agrícolas viáveis e seguras para o meio ambiente e a

produtividade cítricas. O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o balanço hídrico permite o conhecimento da necessidade e disponibilidade hídrica no solo ao longo do tempo. O balanço hídrico (BH) como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos (LIMA, 2009).

Medeiros et al. (2013) 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 hidroclimáticos 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 pluviais 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.

Objetiva-se realizar as classificações climáticas através dos modelos de Köppen (1928, 1931), Thornthwaite e Mather (1948, 1955) para a área do município de Barbalha – CE, Brasil com o intuito de subsidiar projetos de desenvolvimento, planejamento e ocupação agrícola, bem como, contribuir para a utilização racional de terras do Estado gerando informações esta muito importante para o e racionalização das suas diversas atividades produtiva e de políticas agrícolas.

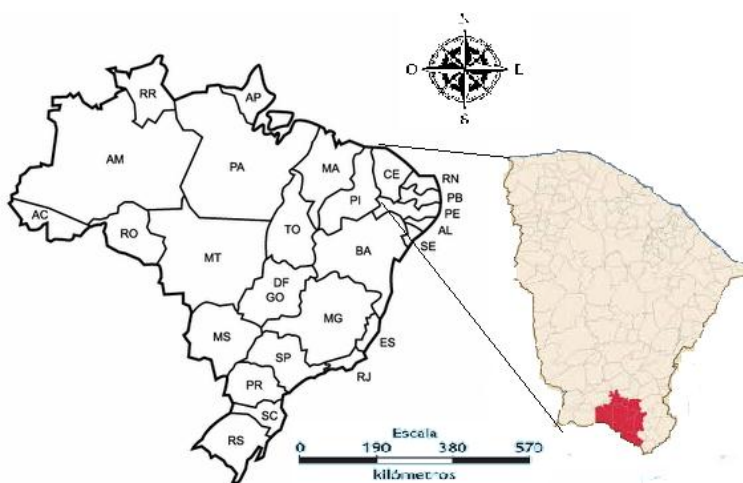
MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área em estudo

O município de Barbalha, localizado no estado do Ceará, possui uma área de 479.184 km². Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 7°18' de latitude sul e entre os meridianos de 39°18' de longitude oeste. Inserido nas Regiões Geográficas Imediatas ou Intermediárias, limita-se com os municípios de Crato, Juazeiro do Norte, Missão Velha (Figura

1). Conta com uma população de 55.373 habitantes segundo o IBGE (2010), e uma densidade demográfica de 115,56 habitantes por km² (IPECE, 2010).

Figura 1. Localização do município de Barbalha no estado do Ceará



Fonte: autor (2019).

Barbalha caracteriza-se como cidade de relevo bastante heterogêneo, repleto de acidentes geográficos (vale, montanhas, orografia, serra) próximos a um divisor de águas natural que é a Chapada do Araripe, o que justifica a média pluviométrica de 1.048,4 mm e temperatura média anual de 25,6 °C. (INMET, 2019).

O regime pluviométrico municipal possui uma distribuição irregular que é uma característica do Nordeste brasileiro (NEB), em função disto a sua sazonalidade concentra quase todo seu índice pluvial nos cinco meses no período chuvoso (dezembro a abril), onde os fatores provocadores de chuva no município são formações de linhas de instabilidade, intensificação dos ventos alísios de sudeste/nordeste, aglomerados convectivos, troca de calor sensível por latente e vice-versa orografia, contribuições de formação de vórtices ciclônicos de ar superior, contribuição das ondas de leste e tendo como principal sistema o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical de acordo com Medeiros (2016).

Procedimentos metodológicos

Para a realização do estudo utilizou-se dos valores médios mensais de precipitação e temperatura do ar adquiridos do banco de dados da estação meteorológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) localizada nas coordenadas geográficas de latitude 7°19'S e de longitude 39°18'W com altitude média em relação ao nível do mar de 409,03 metros. Correspondente ao período de 1973 a 2018, totalizando 45 anos de dados observados, com o intuito de gerar informações para os tomadores de decisões governamentais.

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;

P_A , P_B e P_C são, respectivamente, as precipitações observadas no instante que o posto x falhou. Medeiros (2019).

Utilizou-se do cenário pluviométrico normal conforme metodologia proposta por Varejão-Silva et al. (2001). O cálculo do BH foi realizado através de programas computacionais em planilha eletrônica (EXCEL 365) desenvolvida por Medeiros (2016) levando em conta o modelo de Thornthwaite que utilizam temperatura e chuvas mensais.

A Classificação climática 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 de Köppen passou por algumas adaptações de outros autores, como a de Setzer (1966), que simplificou a classificação criando uma chave classificatória.

Pereira et al. (2002) mostraram que os índices calculados a partir do balanço hídrico, fornecem informações da disponibilidade hídrica ao longo do ano, pelo cálculo do excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF), retirada e reposição de água no solo. A partir desses valores anuais foram definidos os índices que expressam a disponibilidade hídrica. Conforme os índices climáticos de Thornthwaite (1955).

Método da classificação climática de Köppen

O método de classificação de Köppen é o mais utilizado no Brasil, em virtude da abordagem com diversos cultivos agrícolas e devido à menor rigidez da fórmula para determinação do mês úmido ou seco. Além disso, o método foi adaptado para algumas situações diferenciadas na América do Sul de acordo com os autores Knoch et al. (1930) e Barros et al. (2012). Ainda em conformidade com Barros et al. (2012), a classificação de Köppen é um dos sistemas mais empregados na ciência da geografia, climatologia e ecologia. A classificação baseia-se na hipótese, com origem na fitossociologia e ecologia, em que a vegetação natural de cada região do universo está vinculada essencialmente a um tipo de clima. As regiões climáticas são caracterizadas para corresponder às áreas de predominância de cada tipo de vegetação. No entanto, essa classificação em certos casos não distingue regiões com biomas distintos (Köppen, 1928).

O clima de uma região resulta das diferentes combinações dos processos atmosféricos com uma diversidade de tipologia.

Regiões climáticas são os efeitos combinados dos fatores que resultam em um conjunto de condições atmosféricas aproximadamente homogêneas. A fim de mapear as Regiões Climáticas, é necessário identificar e classificar cada tipo:

A Classificação tem três objetivos:

- 1 - Organizar grandes quantidades de informações;
- 2 - Recuperar as informações com rapidez;
- 3 – Facilitar a comunicação.

O objetivo dessa Classificação é definir em termos de temperatura, umidade e distribuições estacionais os limites dos diferentes tipos climáticos que ocorrem na superfície do globo e em especial no Estado de Pernambuco.

A classificação de Köppen é baseada na quantidade e distribuição de precipitação anual e na temperatura anual e mensal.

Categoria de clima

Existem cinco categorias maiores de clima que foram enumerados com as designações de letras maiúsculas: A, B, C, D, E.

Para o estudo específico de região tropical, serão abordadas as categorias A, B, C; os tipos A e C são considerados úmidos e o tipo B seco.

Divisão entre clima Úmido e Seco

A divisão entre clima úmido e seco é feito através das seguintes fórmulas:

a) Se a precipitação for uniforme em todos os meses, ou seja, se há uma boa distribuição de precipitação em todo o ano, sem concentração no inverno ou verão, utiliza-se a fórmula:

$$r = 20t + 140$$

Onde:

r - Valor teórico da precipitação anual (mm);

t - Temperatura média anual (°C).

b) Se a concentração da precipitação for no verão, ou seja, se 70% ou mais da precipitação anual ocorrer nos meses de abril a setembro no Hemisfério Norte (HN) e outubro a março no HS, utiliza-se a fórmula:

$$r = 20t + 250$$

c) Se a concentração da precipitação ocorrer no inverno, ou seja, 70% ou mais da precipitação anual for nos meses de outubro a março no HN e abril a setembro no Hemisfério Sul (HS), utiliza-se a fórmula:

$$r = 20t$$

De posse desses valores, é possível definir se o clima é úmido ou seco.

Prp - Precipitação média anual (mm), (70%);

Prp>r → clima úmido (A ou C);

Prp<r → clima seco (B)

De acordo com a comparação acima, tem-se uma definição se o clima é seco ou úmido.

A partir daí, o passo seguinte é definir qual o tipo de clima. De acordo com as classificações:

A - Tropical úmido (Megatérmico) - temperatura média do mês mais frio acima de 18 °C;

B - Deserto ou estepe - sem limite de temperatura;

C – Temperado (Mesotérmico). Temperatura média do mês mais frio entre -3 °C e 18 °C.

Nesses tipos de clima, existem subtipos encontrados na região tropical (região montanhosa).

As letras maiúsculas referem-se à temperatura e as minúsculas à precipitação, com exceção do tipo B, em que as minúsculas referem-se à temperatura.

Clima do tipo A – subcategorias

Af - Úmido. Clima de Selva Tropical. O mês seco tem precipitação média ≥ 60 mm.

Am - Úmido. Clima de Bosque. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual superior a 10 vezes este valor.

Aw - Úmido com inverno seco. Clima de Savana. Mês mais seco com a precipitação média inferior a 60 mm e a precipitação total anual inferior a 10 vezes este valor.

Para facilitar a definição da subcategoria climática, utilizam-se os critérios abaixo:

1 - “Af” nunca tem precipitação inferior a 60 mm, ou seja, não tem estação seca.

2 - Para definição de “Am” e “Aw”, utiliza-se a seguinte análise:

$P > 10p$	Tipo Am
$P < 10P$	Tipo Aw

Onde:

p - precipitação média do mês mais seco (mm). Valor teórico;

P - precipitação total anual (mm).

Clima do tipo B – subcategorias

Bs - Seco ou semiárido. É a transição do clima mais úmido para os desérticos;

Bw - Deserto ou árido.

Utilizou-se dos critérios abaixo, para definir as subcategorias:

1) Se a precipitação for uniformemente distribuída durante o ano, a fórmula será:

$P < t + 7$	<i>Tipo Bw</i>
$t + 7 > P > 2t + 14$	<i>Tipo Bs</i>

ONDE:

t - temperatura média anual em °C;

P - precipitação total anual média (Cm).

2) Se 70% ou mais da precipitação ocorrem no Verão

$P < t + 14$	<i>Tipo Bw</i>
$t + 14 > P > 2t + 28$	<i>Tipo Bs</i>

ONDE:

t - temperatura média anual em °C;

P - precipitação total anual média (Cm).

3) Se 70% ou mais da precipitação ocorrem no Inverno

$P < t$	<i>Tipo Bw</i>
$t > P > 2t$	<i>Tipo Bs</i>

ONDE:

t - temperatura média anual em °C;

P - precipitação total anual média (Cm).

Cada uma dessas subcategorias é subordinada conforme a temperatura, nos seguintes tipos:

k - frio - temperatura média anual inferior a 18 °C;

h - quente - temperatura média anual superior a 18 °C.

Clima do tipo C - Subcategorias

Cw - Seco de inverno (Tropical de altitude). Chuvas são de Verão. Essa subcategoria representa um tipo climático que pode ocorrer nas regiões montanhosas.

A precipitação máxima de verão $\geq 10p$ (precipitação do mês mais seco).

Cs - Seco de verão. Chuvas são de Inverno.

Precipitação máxima de inverno $\geq 3p$ (precipitação do mês mais seco) com $p < 30$ mm.

Obs: Se $p > 30$ mm, teremos o caso particular de Cfs, o qual não é seco de verão, mas apenas diz-se que a época mais seca ocorre no verão.

Cf - Constantemente Úmido.

Se a chuva é de verão	Prp máxima de Verão $< 10p$ (precipitação do mês mais seco)
Se a chuva é de inverno	Prp máxima de Inverno $< 3p$ (precipitação do mês mais seco)

Divisões desta subcategoria (C):

Temperatura do mês mais quente $> 22^\circ\text{C}$	a – Sub Tropical
Temperatura do mês mais quente $< 22^\circ\text{C}$	b – Temperado propriamente dito

A Classificação de Köppen (1931) em resumo por tabelas para auxiliar aos usuários 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.
	Árido	Climas secos (Precipitação anual menor que 500 mm); Evapotranspiração anual superior a Precipitação anual; Inexistência de cursos d'água permanentes.
B	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.
		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.
C	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.
	Glacial	Climas polares e de alta montanha; Temperatura média do mês mais quente maior que 10°C; Verão pouco definido ou inexistente.
D		
E		

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

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

MÉTODO DA CLASSIFICAÇÃO DE THORNTHWAITE (1948)

O cálculo do balanço hídrico climatológico e dos índices climáticos: hídrico, aridez e umidade foram processados conforme Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955), assumindo-se a capacidade de água disponível do solo (CAD) igual a 100 mm. 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

$$I_h = (EXC/ETP) * 100 \quad \text{Equação 1.}$$

A seguir determinou-se o índice de aridez (Ia), que expressa a déficit hídrica em porcentagem em relação à 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

$$I_a = (DEF/ETP) * 100 \quad \text{Equação 2}$$

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., 2009) 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 (THORNTHWAITTE, 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 de acordo com a equação

$$Viu = I_h - 0,6 * I_a \quad \text{Equação 3}$$

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 ocorrer 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 algarismo 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.

Na Tabela 4 têm-se as chaves iniciais da classificação climática segundo Thornthwaite, baseado nos índices de umidade.

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	$00 \leq Iu < 20$
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).

Na Tabela 5. Tem-se a segunda chave da classificação climática segundo Thornthwaite, baseados nos índices de aridez e umidade.

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).

Na Tabela 6 Tem-se a terceira chave de classificação climática segundo Thornthwaite, baseado no índice térmico (ETo anual).

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

Tipo climático	Índice térmico (EToanual)
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

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 – 56,73
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

Os resultados do BHC mostram que o índice pluviométrico, as deficiências e excedentes hídricos, seguidamente dos valores evaporativos foram condizentes para a realização da estimativa do período de plantio e colheitas e para delimitações dos tipos de clima.

Estudo similares como os dos autores (ALVARES et al., 2014), zoneamento de espécies florestais (ARAÚJO et al., 2012; GONÇALVES et al., 2013), risco de doença em espécies florestais (SILVA et al., 2013), alterações nos biomas (FERNANDEZ et al., 2017), foram utilizado com a finalidade de abreviar as características climáticas de um determinado local ou região, os sistemas de classificações climáticas auxiliam a identificar espacialmente áreas com características climáticas similares.

Na Tabela 8 têm-se os resultados do BH para o município de Barbalha - CE, segundo a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather (1955) para o período de 1973-2018. O município de Barbalha tem uma temperatura média anual de 25,6°C e suas flutuações mensais oscilando entre 24,3°C nos meses de junho e julho a 27,4°C nos meses de outubro e novembro. A precipitação média anual na área de estudo é de 1048,4 mm e suas flutuações ocorrem entre 3,5 mm no mês de agosto a 236,2 mm. Os índices evapotranspirados fluíram entre 97,1 mm no mês de junho a 158,2 mm no mês de outubro, evapotranspirando 29,3% acima do valor pluvial anual. Com uma evaporação fluindo entre 9,4 mm no mês de setembro a 129 mm em janeiro e totalizando 812,2 mm de índice evaporado durante o ano. Evaporou 29% abaixo do índice pluvial anual. Registraram-se excedentes e deficiências hídricas de 671,8 mm e 263,3 mm respectivamente. Barros et al. (2012) em seus trabalhos mostraram que a demanda máxima de água pela cultura vem a tornar-se o referencial de máxima reposição de água à cultura, seja pela irrigação ou pela precipitação.

Tabela 8. Resultado do Balanço Hídrico para o município de Barbalha - CE, segundo a metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, (1955), para o período de 1973-2018.

Meses	Temp (°C)	Prec (mm)	ETP (mm)	EVR (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)
Jan	25,9	178,9	129,0	129,0	0,0	0,0
Fev	25,2	203,0	109,4	109,4	0,0	43,5
Mar	25,0	236,2	115,6	115,6	0,0	120,6
Abr	24,8	180,1	107,9	107,9	0,0	72,2
Mai	24,6	58,1	105,9	96,1	9,8	0,0
Jun	24,3	18,8	97,1	52,4	44,7	0,0
Jul	24,3	17,5	100,8	33,5	67,3	0,0
Ago	25,3	3,5	115,6	11,8	103,8	0,0
Set	26,6	6,5	134,9	9,4	125,5	0,0

Out	27,4	22,2	158,2	23,0	135,2	0,0
Nov	27,4	41,3	155,5	41,5	114,0	0,0
Dez	27,0	82,4	153,9	82,4	71,5	0,0
Anual	25,6	1048,4	1483,9	812,2	671,8	236,3

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

Fonte: Autor (2019).

Pereira et al. (2007) afirmaram que o uso apropriado da terra deve ser a primeira comunicação em direção, a uma agricultura adequada e sustentável, assim como à conservação dos recursos naturais, especialmente o solo, água e biodiversidade. O conhecimento da aptidão das terras é um fator de amplo valor para propiciar o uso adequado da oferta ambiental e, dos recursos naturais (EMBRAPA, 2006). O que vem a corroborar com o estudo em desenvolvimento.

(A classificação climática foi obtida com base nos valores do índice: índice de aridez (Ia) e índice de umidade Iu). No índice de umidade (Iu) considerado como a “chave inicial” para a classificação, o valor de (Iu) foi de -45,27, sendo encontrada a tipologia B2 indicando clima úmido. Por meio da “segunda chave”, com base no índice de aridez (Ia) igual a 0,45 e índice hídrico (Ih) igual a -0,11 obteve-se a letra r, caracterizando por nenhuma deficiência hídrica. Já a “terceira chave” definida em função da evapotranspiração potencial anual (ETPanual) de 1483,8 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 3,24 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 Barbalha é caracterizado como megatérmico com nenhuma deficiência hídrica.

Tabela 9. Classificação climática do Município de Barbalha – CE Método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período normal.

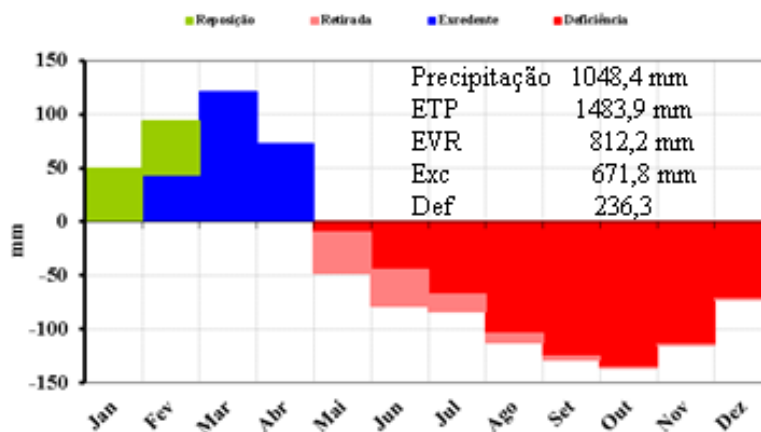
Ih(%)	Ia(%)	Iu(%)	ETP anual (mm)	ETPverão/ETPanual(%)
-0,11	0,45	45,27	1483,8	3,24
-	d	B ₂	A’	a’

Fonte: Autor (2019).

Na Figura 2 observa-se a predominância das deficiências hídricas entre os meses de maio a dezembro, retirada de água no solo entre os meses de maio a setembro, reposição de

água no solo nos meses de janeiro e fevereiro os excedentes hídricos entre fevereiro e abril, estando interligados aos sistemas de larga escala, ZCIT, linha de instabilidades provocadoras de chuvas na região e os fatores climáticos de larga e micro escala.

Figura 2. Representação gráfica do Balanço hídrico para o município de Barbalha - CE para o período de 1973-2018.



Fonte: Autor (2019).

De acordo com a classificação climática de Köppen o clima do município de Barbalha é do tipo “As” – Clima tropical com estação seca de verão. Em conformidade com Alvares et al. (2014) a precipitação média anual é de 1.048,4 mm, com 83,84% das chuvas sendo registradas entre os meses de dezembro a abril; a temperatura média anual de 25,6°C, oscilando de 24,2°C no mês mais frio (junho) a 27,3°C nos meses mais quente (outubro e novembro). A temperatura máxima anual é de 32,6°C, a temperatura mínima anual é de 20,8°C, sua amplitude térmica anual (diferença entre a temperatura máxima e mínima) é de 11,2°C. A umidade relativa do ar média anual é de 66%, a insolação total anual é na faixa de 2.859,9 horas e décimos, a cobertura de nuvem total anual é de 5,31 décimos, a intensidade do vento anual é de 1,8 metros por segundo.

Segundo alguns autores como Kuinchtner et al. (2001) e Rolim et al. (2007), estes sistemas de classificações climáticas são considerados mais refinados para aplicações agrícolas por considerar a planta como um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para atmosfera relacionando às necessidades hídricas das plantas ao balanço hídrico, conforme o tipo de clima.

A vantagem desse sistema de classificação climática comparado ao sistema de classificação climática de Köppen é a maior sensibilidade na definição dos limites climáticos, pois detecta pequenas variações espaciais com maior eficiência (CUNHA et al., 2009). Por outro lado, uma desvantagem do sistema de classificação climática de Thornthwaite é sua

maior complexidade, devido à necessidade de calcular o balanço hídrico climatológico (FABRES, 2009).

Os índices da deficiência hídrica esta relacionada aos índices evapotranspirado por superar o valor das precipitações deixando o solo e as plantas com défices hídricos característica marcante dos municípios da região semiárida do Brasil (ARAÚJO, 2011). Com relação à agricultura para regiões que apresentam distribuição irregular das chuvas de acordo com o autor Ribeiro et al. (2015) recomenda um planejamento adequado da melhor época para plantio das principais culturas cultivadas em cada região, 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.

CONCLUSÕES

Inicialmente, cabe salientar que a evapotranspiração na área estudada é de 29,35%, logo, acima das chuvas ocorridas, enquanto a precipitação foi superior à evaporação apenas no período chuvoso. As condições evapotranspirativas, evaporativas e as deficiências hídricas são elevadas, existindo excedente hídrico entre os meses de fevereiro a abril na série de dados estudado.

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 seus plantios ocorrendo entres os meses de janeiro a abril, épocas de maiores índices pluviométricos.

As classificações climáticas resultantes demonstraram sensível a orografia local, aos índices pluviais e as flutuações das temperaturas médias. As classificações climáticas de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) consentiram separar eficazmente os climas na área em estudo.

A metodologia utilizada neste artigo foi consistente e está em consonância com diversos estudos sobre a região nordeste e em especial para a região de transição entre semiárido e cerrado. Salienta-se que os regimes pluviométricos e as variações das temperaturas foram determinantes para os cálculos e sua distribuição espacial.

Trabalho enviado em agosto de 2019

Trabalho aceito em outubro de 2019

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, R. F.; MATRICARDI, E. A. T.; NAPPO, M. E. Zoneamento ecológico de pequena escala para espécies florestais tradicionais no Distrito Federal. *R. Fl.*, v. 42, n. 2, p. 421–430, 2012.
- 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.
- BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para Água. *Revista de Estudos Avançados*, v. 22, n. 63. 2008.
- BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B.; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* n. 211. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32p.
- 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, A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. *Irriga*, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.
- 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>.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- FABRES, T.M. Classificação climática segundo Köppen e Thornthwaite e caracterização edafoclimática referente à região de Santa Maria, RS. 2009. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- FERNANDEZ, J. P. R.; FRANCHITO, S. H.; BRAHMANANDA RAO, V.; LLOPART, M. Changes in Koppen–Trewartha climate classification over South America from RegCM4 projections. *Atmospheric Science Letters*, v. 18, p. 427–434, 2017.

GONÇALVES, J. L. M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. *Forest Ecol Manag*, v. 301, p. 6–27, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/januaria/pesquisa/23/47427?detalhes=true>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

INMET. Normais climatológicas Institutos 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.

IPECE. Perfil básico municipal da cidade de Barbalha. Fortaleza, 2010.

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.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima no Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Koppen e Thornthwaite. *Disciplinarum Scientia*, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

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

MEDEIROS, R.M. Balanço hídrico em planilhas eletrônicas segundo o método de Thornthwaite (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 Uruçui 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.

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.

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

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: Ed. Agronômica 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, L. C.; LOMBARDI NETO, F.; TOCCHETTO, M. R. L. Aptidão agrícola das terras e agroecologia: Ação combinada para uma agricultura sustentável. Revista Brasileira de Agroecologia, v.2, n.1, 2007.

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>.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. Bragantia 66, 711-720. 2007.

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 potential 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, p. 61,1966.

SILVA, P. H. M. et al. Selecting for rust (*Puccinia psidii*) resistance in *Eucalyptus grandis* in São Paulo State, Brazil. Forest Ecol and Manag, v. 303, p. 91-97, 2013.

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, L. L.; COSTA, R. F.; CAMPOS, J. H. B. C.; DANTAS, R. T. Influência das precipitações na produtividade agrícola no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, n.4, p.454-461, 2009.

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

SILVA, V. P. R.; GUEDES, M. J. F.; LIMA, W. F. A.; CAMPOS, J. H. B. C. Modelo de previsão de rendimento de culturas de sequeiro, no semi-árido do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.1, p.83-87, 2002.

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.

SOUSA, S. A. V.; FRIZZONE, J. A. Simulação da Ocorrência de Veranicos em Piracicaba e seu Efeito em Duas Épocas de Plantio de Milho. In: Anais: X Congresso Brasileiro de Meteorologia, Piracicaba, 1997.

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

THORTHWAITE, 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. 2001.