



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Balanço Hídrico e Classificação Climática para Estação Meteorológica do Cariri

Leônicio Gonçalves Rodrigues¹; Priscilla Barbosa de Araújo Moreira²; Lucas Fernandes dos Santos³; Yago Neco Teixeira⁴; Paulo Renato Alves Firmino⁵; Cicero Carlos Felix de Oliveira⁶

¹Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Cariri-UFCA, *Campus Crato*, CEP 63.130-025, Crato-CE. E-mail: leonmeid@gmail.com - Autor correspondente

²Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Cariri-UFCA, *Campus Crato*, CEP 63.130-025, Crato-CE. E-mail: priscilla.b.silva@gmail.com

³Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Cariri-UFCA, *Campus Crato*, CEP 63.130-025, Crato-CE. E-mail: fernandeslucas131@gmail.com

⁴Mestrando em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Cariri-UFCA, *Campus Crato*, CEP 63.130-025, Crato-CE. E-mail: yago.neco.teixeira@hotmail.com

⁵Professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, Universidade Federal do Cariri-UFCA, *Campus Crato*, CEP 63.130-025, Crato-CE. E-mail: paulo.firmino@ufca.edu.br

⁶Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - Campus Crato, e docente colaborador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Cariri-UFCA, *Campus Crato*, CEP 63.130-025, Crato-CE. E-mail: cicerocarlos@ifce.edu.br

Artigo recebido em 31/07/2021 e aceito em 06/03/2022

RESUMO

O clima de uma região impõe características que a definem. Compreender o comportamento do clima é essencial para o planejamento de uma série de atividades, como gestão dos recursos hídricos, agricultura e potencial energético, entre outros. Objetivou-se com esse trabalho estudar o balanço hídrico e a classificação climática para a região do Cariri. Compreender os fenômenos climáticos como precipitação, temperatura, evapotranspiração é essencial para o desenvolvimento sustentável desta e de outras regiões circunvizinhas. Especificamente, recorreu-se à estação meteorológica de Barbalha-CE (INMET 82784), com raio de abrangência de 150 km. Seus dados representam a tendência do clima para toda região do Cariri. Para o balanço hídrico e classificação climática utilizou-se o método de Thornthwaite & Mather (1948, 1955). A partir dos resultados alcançados verificou-se que o clima da região está classificado como C1dB'4b'1 (seco subúmido, com pequeno ou nenhum excesso de água do tipo climático mesotérmico e subtipo mesotérmico), com precipitação média anual de 1037 mm e temperatura média anual de 26,7 °C, com chuvas concentrando-se de janeiro a abril. Os testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov Smirnov demonstraram que as precipitações mensais não seguem uma distribuição normal, com coeficientes de variação variando de 60 a 253% ao mês. Os dados da frequência de chuvas ao mês, temperatura e evapotranspiração permitiram a promoção de modelos de predição com coeficiente de determinação de 0,91 e 0,89 respectivamente.

Palavras-chaves: Clima. Precipitação. Evapotranspiração. Temperatura. Modelagem. Predição.

Water Balance and Climate Classification for Barbalha Weather Station, Ce

ABSTRACT

The climate of a region imposes characteristics that define it. Understanding the behavior of the climate is essential for planning a series of activities, such as water resources management, agriculture, and energy potential, among others. The objective of this work was to carry out the water balance and climatic classification for the Cariri region. Understanding climate phenomena such as precipitation, temperature, and evapotranspiration is essential for the sustainable development of this and other surrounding regions. Specifically, the meteorological station of Barbalha-CE (INMET 82784) has been taken into account. With a radius of coverage of 150 km, its data represents the climate trend for the entire Cariri region. For the water balance and climatic classification, the method of Thornthwaite & Mather (1948, 1955) was used. From the results achieved, it was found that the climate of the region is classified as C1dB'4b'1 (sub-humid dry, with little or no excess water of the mesothermal climate type and mesothermal subtype) with average annual precipitation of 1037 mm and average temperature annual rate of 26.7 °C, with rainfall concentrated from January to April. The Shapiro-Wilk and Kolmogorov Smirnov tests showed that monthly rainfall does not follow a normal distribution, with coefficients of variation ranging from 60 to 253% per month. The monthly rainfall frequency, temperature and evapotranspiration data lead to prediction models with coefficient of determination of 0.91 and 0.89 respectively.

Keywords: Climate. Precipitation. Evapotranspiration. Temperature. Modeling. Prediction.

Introdução

A demanda por água nos últimos tempos tem se tornado cada vez maior. Segundo Cantelle, Lima e Borges (2018) os recursos hídricos inter-relacionam de maneira dinâmica com questões estratégicas como, segurança alimentar, matriz energética, crescimento econômico, saneamento e sustentabilidade. Atrelado a essa procura tem-se ainda as limitações desse recurso, conflitos entre os seus diversos usos e os prejuízos causados pelo excesso e sobretudo pela escassez, sendo necessário o uso consciente e otimizado da água. Em locais com elevada concentração humana, ou de uso intensivo seja na agricultura ou na indústria, pode ocorrer escassez (Ribeiro; Santos; Silva, 2019). De acordo com Horikoshi e Fisch (2007) e Santos et al., (2010) ter o conhecimento sobre o clima e sobre a distribuição espacial e temporal desse recurso é primordial, já que é possível estabelecer diretrizes que possibilitem a implementação de políticas de gestão e ferramentas que auxiliem no planejamento das atividades humanas, como comércio, indústria e agricultura.

Os recursos hídricos são limitados, sua disponibilidade está associada a diversas condições, uma delas é o clima, dentre os fenômenos climáticos conhecer a precipitação de um local é essencial, para uma efetiva gestão dos recursos hídricos e uma adequada harmonização nos usos da água, regiões como semiárido brasileiro apresenta grandes desafios quantos aos usos múltiplos da água (Rabelo et al., 2021).

Segundo Pereira (2002) uma das maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo é através do Balanço Hídrico Climático – BHC, que permite evidenciar as variações sazonais dos excedentes e deficiências hídricas através de relações entre as entradas e saídas de água de uma condição de controle, principalmente precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial (ETP). O BHC pode ser utilizado em escala mensal ou sequencial (Matos et al., 2020; Medeiros e Holanda, 2020). Para o balanço hídrico climático mensal são necessários dados médios de temperatura do ar e precipitação (Lopes Sobrinho et al., 2020). A partir do BHC é realizada a classificação climática de uma região (Medeiros e Holanda, 2020; Cassettari e Queiroz, 2020). O balanço hídrico e a classificação climática permitem compreender o comportamento e o tipo de clima de um local.

Além disso, são consideradas ferramentas muito utilizadas no planejamento agrícola, pois permitem conhecer e avaliar o regime climático de uma região (Matos et al., 2020). O sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948)

permite a caracterização do clima de uma região, tendo em vista a sensibilidade da metodologia aos totais de chuva e temperatura, somada a informações disponibilizadas pelo BHC (Rolim, 2007). A evapotranspiração (ET_r) também é mensurada a partir da temperatura média do ar, o que possibilita o cômputo das entradas e saídas de água do solo (Rodrigues et al., 2018). Franca et al., (2021) empregou o BHC para avaliar a aptidão da cultura do algodão em São Francisco, SE. Evidenciando, assim, a versatilidade e importância dos métodos.

Ambas as metodologias citadas são bastante difundidas e apreciadas. Medeiros et al., (2015) realizaram na Paraíba a caracterização agroclimática e a aptidão de culturas para o município de São João do Cariri - PB. Já Silva et al., (2015) aplicaram o BHC para avaliar a viabilidade da cultura do milho em um município do Cariri Cearense Araújo et al., (2018) utilizaram o método de Thornthwaite e Mather (1955) para realizar o BHC e a classificação climática para as mesorregiões da Paraíba.

Assim, de acordo com Martins et al., (2020), o BHC possibilita identificar os tipos de cultura que melhor se adequam a cada região. Foi o que fez Medeiros et al., (2013a) que, através do BHC, realizaram a classificação climática e criaram o zoneamento agroclimático para diversas culturas exploradas no município de Amarante-PI. Do mesmo modo França et al., (2018) avaliaram a aptidão para a cultura da banana em Caruaru, PE.

Para Werlang e Werlang (2021) o BHC é uma das formas de acompanhar a variação do armazenamento de água no solo e, juntamente com a classificação climática é essencial na prevenção de queimadas bem como auxiliar na conscientização da comunidade quanto aos períodos favoráveis à ocorrência de incêndios. Por outro lado, Soares e Lima (2020) avaliaram a captação da água da chuva em residências multifamiliares em Iúna, ES, recorrendo ao balanço hídrico para identificar os períodos de deficiência e excesso. Do mesmo modo França et al., (2018) avaliaram a aptidão para a cultura da banana em Caruaru, PE.

Desta forma, o presente trabalho teve como principal objetivo realizar o balanço hídrico e classificação climática pelo o método de Thornthwaite & Mather (1948, 1955), em busca de compreender o comportamento do clima e suas tendências. E assim, contribuir com importantes informações sobre o clima que auxiliam no desenvolvimento regional sustentável.

Para tanto, foram utilizados dados meteorológicos provenientes do Instituto Nacional

de Meteorologia – INMET para a estação localizada no município de Barbalha – CE (82784), que representa as condições climáticas para um raio de 150 km em torno do seu eixo, utilizando todos os dados disponíveis para o intervalo de 1996 a 2019.

No qual, foram utilizados dados de precipitação, temperatura máxima e mínima para o período estabelecido. Diferentes abordagens foram

empregadas além do balanço hídrico e classificação climática para compreender a dinâmica de distribuição dos dados no tempo, como o emprego de regressão, gráficos boxplot e frequência das chuvas e estatística básica. A revisão de literatura foi empregada em busca de balanços hídricos anteriores para a mesma estação, para confrontar com os resultados obtidos.

Metodologia

A estação convencional 82784 do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET está localizada no município de Barbalha, região centro-sul do Estado do Ceará, sobre as coordenadas de $-7^{\circ} 18' 00''$ S e $39^{\circ} 16' 12''$ W a uma altitude de 409,41 m

em relação ao nível do mar. A Figura 1 apresenta um mapa com a localização da estação e sua área de influência. Cada estação meteorológica pode representar condições de clima de um raio de 150 km (Fiorin e Ross, 2015; Almeida, 2016).

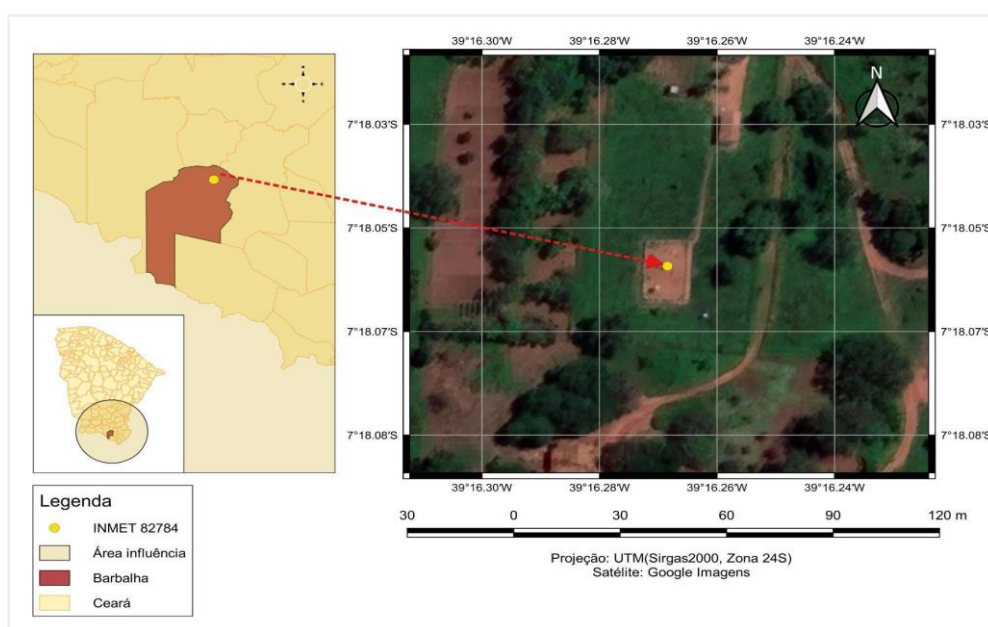


Figura 1. Localização da estação meteorológica INMET 82784.

Para realizar o balanço hídrico e classificação climática (BHC), se obtiveram os valores médios mensais de temperatura e precipitação do período de 31 de janeiro de 1996 a 31 de dezembro de 2019. Foram utilizados todos os dados disponíveis, perfazendo um período de 24 anos.

Para o BHC a metodologia utilizada foi a proposta por Thornthwaite & Mather (1955). O método utilizado contabiliza a água do solo, considerando o ganho pela precipitação e a perda por evapotranspiração, estimando os valores

correspondentes da evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) (Araújo et al., 2018).

Os dados de temperatura e precipitação do período foram agrupados em planilhas eletrônicas “.csv” e trabalhados nos programas R versão x64.0.4 e Excel. Para o cálculo da evapotranspiração potencial de referência mensal, foram usados os dados de temperatura média do ar e o índice de calor anual, conforme as Equações de 1 a 1.4..

$$ETP = 16 * f * \left(\frac{10 * Tn}{I} \right)^a \quad (1)$$

$$f = \frac{n}{12} * \frac{D}{30} \quad (1.1)$$

$$I = \sum_j^{12} i \quad (1.2)$$

$$i = (0,2 * Tn)^{1,514} \quad (1.3)$$

$$a = 0,675 * 10^{-6} * I^3 - 0,771 * 10^{-4} * I^2 + 1,792 * 10^{-2} * I + 0,49239 \quad (1.4)$$

Em que ETP é a evapotranspiração potencial de referência mm mês⁻¹; n é o fotoperíodo obtido em função da latitude; D é o número de dias do mês; f é um fator de correção calculado pela Equação 1.1; Tn é a temperatura média do ar (°C) do mês i; I é o somatório do índice mensal de calor calculado pela Equação 1.2; i é o índice de calor mensal obtido pela Equação 1.2; a

é uma função cúbica do índice mensal de calor obtida pela Equação 1.4.

O fator de correção f tem como objetivo corrigir a ETP. Sem a utilização deste fator, a equação considera que todos os meses possuem 30 dias e o número de horas de luz é igual à 12 h. Como a estação está em latitude 7° S foi utilizada a média do fotoperíodo (n) das latitudes 6 e 8° S conforme Tabela 1.

Tabela 1. Valores do fotoperíodo “n” (horas) no dia 15 de cada mês, em função da latitude (Φ).

Φ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
6 S	12,30	12,20	12,00	11,90	11,70	11,60	11,70	11,80	12,00	12,10	12,30	12,30
8 S	12,40	12,20	12,00	11,80	11,60	11,50	11,60	11,70	12,00	12,20	12,40	12,50
Md	12,25	12,20	12,00	11,85	11,55	11,55	11,65	11,75	12,00	12,15	12,35	12,40

Fonte: Pereira; Angelocci e Sentelhas (2007). Md - Média Φ- latitude em °.

Com os dados estimados da ETP e P, calcula-se a diferença da ETP-P conservando-se os sinais positivos e negativos, a negativa acumulada e o armazenamento foram obtidos simultaneamente pelas Equações 2 e 3.

As condições para o uso das Equações 2 e 3 são que para P-ETP menor que zero se calcula o armazenamento a partir da negativa acumulada, e sempre que P-ETP for maior que zero esse valor deve ser somado ao armazenamento (ARM) e em

função dele calcula a negativa acumulada. Quando os valores de P-ETP são maiores que a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) considera a negativa acumulada (NAC) igual a zero e o ARM igual a 100 mm, para valores de P-ETP menor que a CAD é maior que zero se utiliza o valor de P-ETP somado ao armazenamento anterior. A variação de água no solo (ALT) foi determinada pela Equação 4.

$$NAC = 100 * Ln\left(\frac{ARM}{CAD}\right) \quad (2)$$

$$ARM = 100 * Exp\left(\frac{NAC}{CAD}\right) \quad (3)$$

$$ALT = ARM - ARMA \quad (4)$$

Em que NAC é a negativa acumulada em mm; Ln é logaritmo natural; ARM é o armazenamento em mm; ARMA é o armazenamento anterior; CAD é a capacidade de armazenamento de água no solo em mm; ALT é a alteração de armazenamento de água no solo.

Para fins do balanço hídrico e classificação climática, foram considerados a capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) de 100

mm. O armazenamento (ARM) e a negativa acumulada (NAC) foram obtidos de forma simultânea. A altura (ALT) foi obtida pela diferença do armazenamento final pelo inicial. Para a evapotranspiração real (ETR), quando a diferença da ETP-P foi positiva considerou-se o valor de ETR igual à ETP e quando os valores foram negativos a ETR foi obtida pela Equação 5.

$$ETR = P + |ALT| \quad (5)$$

A deficiência (DEF) foi obtida pela diferença da evapotranspiração potencial (ETP) com a evapotranspiração real (ETR), para o excesso (EXC) considerou-se que quando ARM é menor que a CAD o excesso igual ao zero e se ARM é igual a CAD excesso é igual a (P-ETP) - ALT.

Áreas susceptíveis à desertificação no Brasil estão localizadas na Região Nordeste, com

predomínio de climas semiáridos e subúmidos secos, com índice de aridez variando entre 21 a 65 % e úmido de 0 a -33,3% (Aquino e Oliveira, 2013). O índice hídrico (Ih), aridez (Ia) e umidade (Iu) foram obtidos respectivamente através dos resultados do balanço hídrico pelas Equações 6, 7 e 8.

$$Ih = \frac{\sum_{i=1}^n EXC_i}{\sum_{i=1}^n ET_i} * 100 \quad (6)$$

$$Ia = \frac{\sum_{i=1}^n DEF_i}{\sum_{i=1}^n ETP_i} * 100 \quad (7)$$

$$Iu = (Ih - 0,6 * Ia) \quad (8)$$

A classificação climática foi conduzida conforme as chaves de classificação das Tabelas 2, 3, 4 e 5 propostas por Thornthwaite & Mather (1948) em Anexo. Para a Tabela 5 a ETP verão é encontrada através da razão de ETP total do verão pela ETP total anual, multiplicada por 100.

Análises estatísticas básicas como teste de normalidade de Shapiro-Wilk, Kolmogorov Smirnov, frequência, determinação da moda Czuber, média e mediana foram realizadas, com objetivo de complementar as informações do BHC.

Resultados e discussão

Antes de iniciar o BHC e classificação climática, análises estatísticas básicas foram realizadas, com intuito de compreender melhor o comportamento dos dados de precipitação e

temperatura. Os resultados da média, desvio, coeficiente de variação e teste de normalidade de Shapiro-Wilk para os 24 anos de dados agrupados por mês, podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6. Moda (Mo), Média (Me), desvio-padrão (Sd), coeficiente de variação (CV) e teste de normalidade (KS e SW) para as precipitações de 1996-2019.

Mês	Mo	Me	Md	Sd	CV	Kolmogorov Smirnov(KS)	Shapiro-Wilk (SW)
	mm				%	p	
Janeiro	116,00	164,00	187,30	115,40	61,61	0,6433	0,1123

Fevereiro	116,40	150,20	196,90	106,33	54	0,8059	0,0400
Março	200,19	217,93	235,50	122,74	52,11	0,9782	0,0618
Abril	98,42	130,30	150,20	86,31	57,46	0,9838	0,0546
Mai	36,83	56,55	72,20	62,83	87,04	0,0041	0,0037
Junho	16,11	9,25	19,90	35,17	176,69	0,0216	2,11e-07
Julho	24,44	5,45	19,10	48,51	253,61	0,0027	6,538e-09
Agosto	1,53	0,20	2,40	4,04	168,31	0,0522	3,799e-06
Setembro	1,98	0	2,60	5,57	217,77	0,0021	9,464e-08
Outubro	21,45	10,20	22,10	42,23	190,71	0,0537	9,836e-08
Novembro	24,37	28,15	37,40	40,74	108,93	0,0106	0,0002
Dezembro	67,14	78,20	89,50	55,10	61,59	0,2345	0,2388

p: p-valor. Para p menor que 0,05, a hipótese nula (dos dados seguirem uma distribuição normal) é rejeitada.

Os altos CV evidenciam a relevante variação da precipitação mensal para os diferentes meses, sendo reflexos da má distribuição das chuvas no semiárido que ocorre tanto no espaço como no tempo. Observa-se que os meses de junho a novembro, período mais seco do ano, tem maior CV e menor Md de chuva, enquanto que, nos meses de dezembro a maio menor CV e maior Md. As precipitações concentram-se principalmente nos primeiros meses do ano, com melhor distribuição das chuvas. O teste de SW demonstrou $p < 0,05$ exceto para os meses de janeiro, março, abril e dezembro. Isso significa que para a maioria dos meses os dados não seguem uma distribuição normal, assim torna-se inadequado o estudo de

chuvas baseando-se em testes de hipótese clássicos, como a ANOVA. Por sua vez, o teste de KS para a distribuição lognormal para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro retornou um $p > 0,05$ e para os demais meses $p < 0,05$. Ressalta-se que o teste KS não é recomendado para populações inferiores a 30 amostras, sendo mais adequado o teste KS “os dados para cada mês totalizam 24 amostras”. A Figura 2 apresenta as frequências de chuvas menores que 100 mm e superiores a 100 mm para os meses do ano, bem como um modelo de regressão polinomial, capaz de explicar mais de 90% da sua variabilidade, em função do tempo em meses (x).

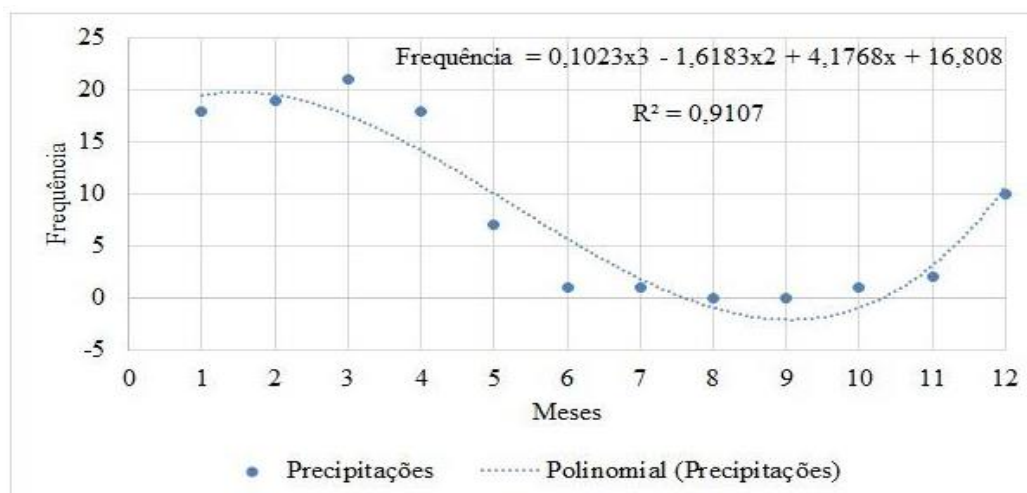


Figura 2. Frequência de chuvas maior do que 100 mm para os diferentes meses do ano.

Analisando a Figura 2 observa-se que de janeiro a abril há uma maior frequência de chuvas

superior a 100 mm, por outro lado, de maio a novembro há uma menor frequência. Rodrigues et

al., (2021) observaram comportamento semelhante em estudo com série histórica de 1990-2021, e verificou que para chuvas entre 0-33 mm uma frequência relativa de 0,46 de 34-66 de 0,121 e acima de 67 menor que 0,05.

De acordo com a equação pode-se observar que no mês de novembro ocorre uma frequência mínima (zero em termos práticos) e entre os meses de janeiro e fevereiro de cerca de 20 vezes.

A Figura 3 apresenta os boxplots para os dados de precipitação agrupados por mês, com linha de tendência ajustada à mediana. Verifica-se

que de junho a novembro há uma maior quantidade de *outliers*, isto é, pontos aberrantes. Esses pontos fora do intervalo são registros de chuvas extremas para o período. Os meses de janeiro, março e abril também registram *outliers*, o que demonstra que nesses meses podem ocorrer chuvas muito acima da média esperada. Lima et al., (2017) observou nos meses de fevereiro, março e abril em série histórica de 1982 a 2012 em Barbalha-CE, os maiores valores médios de precipitação mensal com 210,0; 239,0 e 187,0 mm, respectivamente.

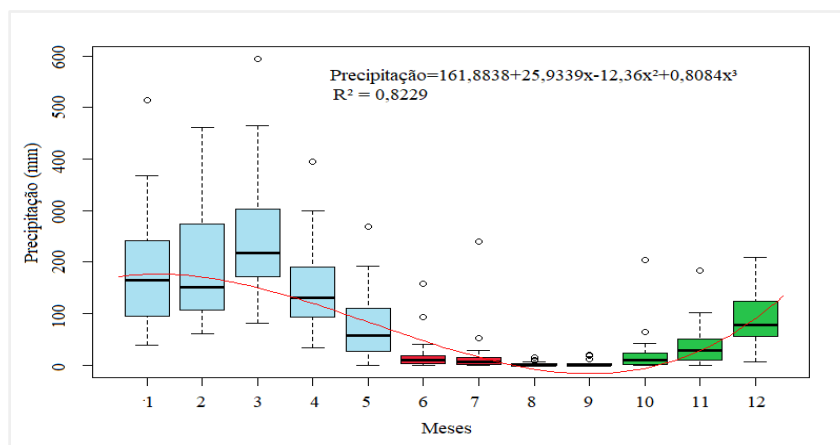


Figura 3. Boxplots para precipitação (mm) mensal da estação convencional 82784 do período de 1996 a 2019.

Os meses em que houve acúmulo de precipitações abaixo de 50 mm foram de junho a novembro, enquanto os meses de janeiro a abril superior a 100 mm. Matos et al., (2019) estudando aptidão agroclimática para Barbalha-CE, em série histórica de 1973 a 2017, verificaram valores de precipitação média mensal, para os meses de junho a dezembro de 19,2; 17,9; 3,6; 6,7; 22,6; 41,1 e 81,9 mm, respectivamente

O mês de março registrou o maior total de chuvas. A partir dos resultados obtidos, verifica-se uma alta dispersão dos dados em torno da mediana, ou seja, a amostra se apresenta como uma distribuição heterogênea ao longo dos meses para a série histórica, com assimetria à direita.

Jorge e Lucena (2018), em um estudo sobre eventos extremos para os municípios da região do Cariri Cearense, identificaram um quadrimestre chuvoso (janeiro, fevereiro, março e abril) com um total 596,7 mm, o que corresponde a 77,5% da precipitação anual, onde março é o mês com o valor máximo de precipitação para o período analisado, sendo um dos mais susceptíveis a eventos extremos de precipitação. De acordo com os resultados do balanço hídrico obtido, verificou-se uma temperatura média anual de 26,7 °C, o maior registro foi para o mês de outubro com 28,6 °C e o menor para o mês de abril 25,0 °C. Silva et al., (2015) em estudos para a mesma estação

observaram uma temperatura mínima de 24,0 °C no mês de junho e uma máxima de 27,4 °C no mês de novembro para o período de 1974 a 2013, totalizando 39 anos.

Analisando os valores, observa-se que houve um aumento de 1 °C, essa elevação na temperatura pode estar associada principalmente às mudanças climáticas. Santos et al., (2010) concluíram que há uma tendência para elevação das temperaturas no Nordeste. Silva et al., (2019) também constataram essa elevação e atribuíram a um somatório de fatores como, desmatamento, mau uso do solo, dentre outros.

O regime pluviométrico médio anual obtido foi de 1037 mm, ocorrendo maiores precipitações acumuladas nos meses janeiro, fevereiro, março e abril com 187,3; 196,9; 235,5 e 150,2 mm respectivamente, esse período compreende a quadra chuvosa na região, sendo a janela para implantação do cultivo de sequeiro. As precipitações ocorridas nesse período são essenciais para reabastecimento dos lençóis freáticos da região, assim como, dos reservatórios superficiais.

Os meses de junho a dezembro registraram menor precipitação e maior evapotranspiração potencial. Francisco et al., (2015) e Araújo et al., (2018) em balanços hídricos no semiárido, verificaram um maior déficit hídrico no período de

junho a dezembro. Troleis e Santos (2011) verificaram uma precipitação média anual da região semiárida de 800 mm ano⁻¹. Enquanto que Silva et al., (2015) verificaram uma precipitação para estação Barbalha (82784) de 873 mm.

A Tabela 7 demonstra o resultado do balanço hídrico. Os meses em que houve armazenamento de água no solo foram os meses de janeiro a junho, sendo os meses de janeiro a abril os que demonstraram maior armazenamento de água no solo com ARM de 100 mm.

Tabela 7. Balanço hídrico e climatológico do período de 1996 a 2019 para estação INMET 82784 - CAD 100 mm.

MÊS	DIAS	TM	ETP	P	(P-ETp)	NAC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
		°C					mm				
JAN	31,0	26,9	142,6	187,3	44,7	0,0	100,0	0,0	142,6	0,0	0,0
FEV	28,0	26,5	121,0	196,9	75,9	0,0	100,0	0,0	121,0	0,0	75,9
MAR	31,0	26,4	136,0	235,5	99,5	0,0	100,0	0,0	136,0	0,0	99,5
ABR	30,0	25,0	123,5	150,2	26,7	0,0	100,0	0,0	123,5	0,0	26,7
MAI	31,0	25,7	119,0	72,2	-46,8	-46,8	62,6	-37,4	109,5	9,4	0,0
JUN	30,0	25,4	109,2	19,9	-89,3	-136,1	25,6	-37,0	56,9	52,3	0,0
JUL	31,0	25,7	118,3	19,1	-99,2	-235,2	9,5	-16,1	35,3	83,0	0,0
AGO	31,0	26,6	136,8	2,4	-134,4	-369,6	2,5	-7,0	9,4	127,3	0,0
SET	30,0	27,9	162,3	2,6	-159,7	-529,4	0,5	-2,0	4,5	157,8	0,0
OUT	31,0	28,6	178,1	22,1	-155,9	-685,3	0,1	-0,4	22,5	155,6	0,0
NOV	30,0	28,5	179,6	39,0	-140,6	-825,9	0,0	-0,1	39,1	140,5	0,0
DEZ	31,0	27,7	168,3	89,5	-78,9	-904,7	0,0	0,0	89,5	78,8	0,0
Σ		-	1695	1037	-658	-3733	501	-100	890	805	202

TM: Temperatura média.

A evapotranspiração real (ETR) foi de 890 mm, a potencial (ETP) de 1695 mm, e a deficiência de 805 mm. Silva et al., (2015) obteve uma evapotranspiração potencial de 1,377 mm para a mesma estação, constatando-se um incremento de

318 mm na evapotranspiração potencial para localidade. A Figura 4 apresenta o modelo de regressão linear para a evapotranspiração de referência (ETo) em função da temperatura média (TM).

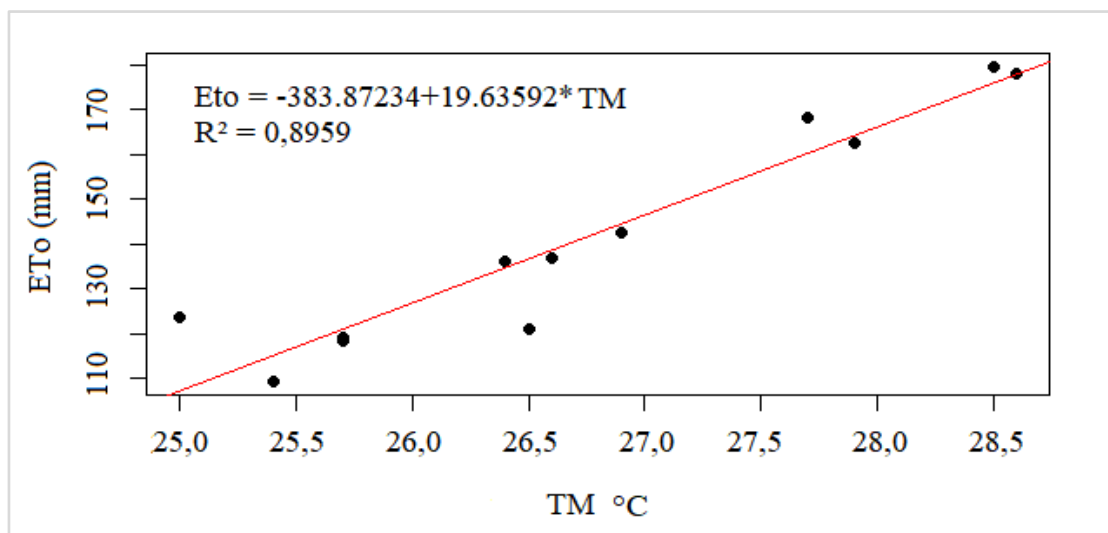


Figura 4. Gráfico de regressão da associação ETo e Temperatura média (TM).

O resultado de p-valor para ANOVA do modelo de regressão foi $1,951\text{e-}06$ sendo significativo $p > 0,001$. O R^2 do modelo foi de 0,8959, algo bastante razoável. Desse modo, a equação pode ser utilizada para prever potencial da ETo mensal em função da temperatura média, na estação INMET 82784. Os dados de ETo e Temperatura seguem uma distribuição normal conforme o teste Shapiro-Wilk com $p > 0,05$. O teste de correlação retornou valor de $p > 1,951\text{e-}06$ com correlação de 0,95 demonstrando que o teste é significativo admitindo correlação entre as variáveis. A homocedasticidade pelo teste de Breusch-Pagan levaram a um p-valor de 0,3058 que é maior que o mínimo admitido para homocedasticidade $p < 0,05$, portanto assume-se heterocedasticidade dos dados.

Esse resultado pode ser adequado para aplicação de técnicas como sensoriamento remoto onde é possível determinar a temperatura de superfície do solo através de imagens termais, auxiliando na espacialização da evapotranspiração em uma área, ou para estimativa da ETo mensal para região em função da temperatura média. Além disso, segundo Lima et al., (2020) é possível determinar a temperatura do ar em função da temperatura de superfície em imagens de satélite, utilizando técnicas de sensoriamento. Assim, a equação da Figura 4 pode ser aplicada para determinação da evapotranspiração por sensoriamento remoto.

O alto potencial de evaporação influencia a perda de água principalmente em reservatórios superficiais. Enquanto que, a evapotranspiração é um processo simultâneo de transferência de água para atmosfera, por meio de corpos hídricos, do solo e vegetação (Neves et al., 2021). Segundo Rodrigues et al., (2021) em regiões semiáridas a alta evapotranspiração promove um maior risco à salinização do solo. Assim, estimar esse valor em detrimento da temperatura média do ar pode auxiliar na gestão integrada de recursos hídricos na área da estação. Em regiões áridas os reservatórios superficiais devem ter menores espelhos de água possíveis, quanto maior a área de exposição de um corpo hídrico, maiores serão as perdas de água por evaporação (Gheyi et al., 2012). Demonstrando, assim, a importância da evapotranspiração e sua estimativa.

No período estudado o excedente hídrico ocorreu nos meses de fevereiro, março e abril com 75,9; 99,5 e 26,7 respectivamente. Para Lemos e Santiago (2020) na perspectiva das mudanças climáticas, nos próximos anos há uma tendência para o aumento da temperatura e redução das chuvas. Essa tendência pode afetar a reposição de água no sistema. A Figura 5 demonstra a representação gráfica do BHC e a Figura 6 apresenta o resultado do teste de regressão para associação retirada e reposição.

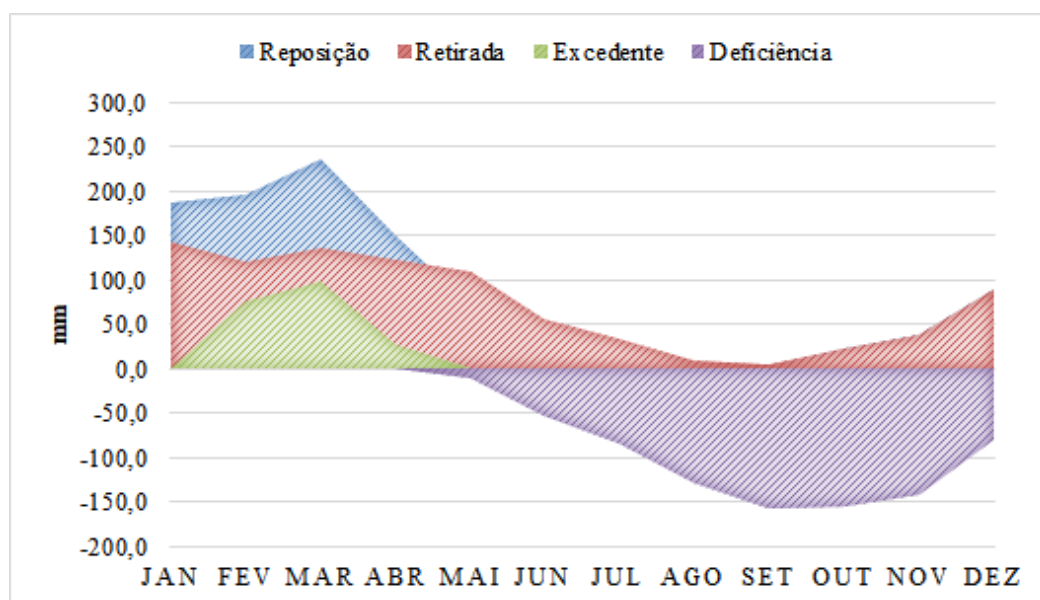


Figura 5. Representação Gráfica do balanço hídrico para estação INMET 82784, período avaliado de 1996 a 2019.

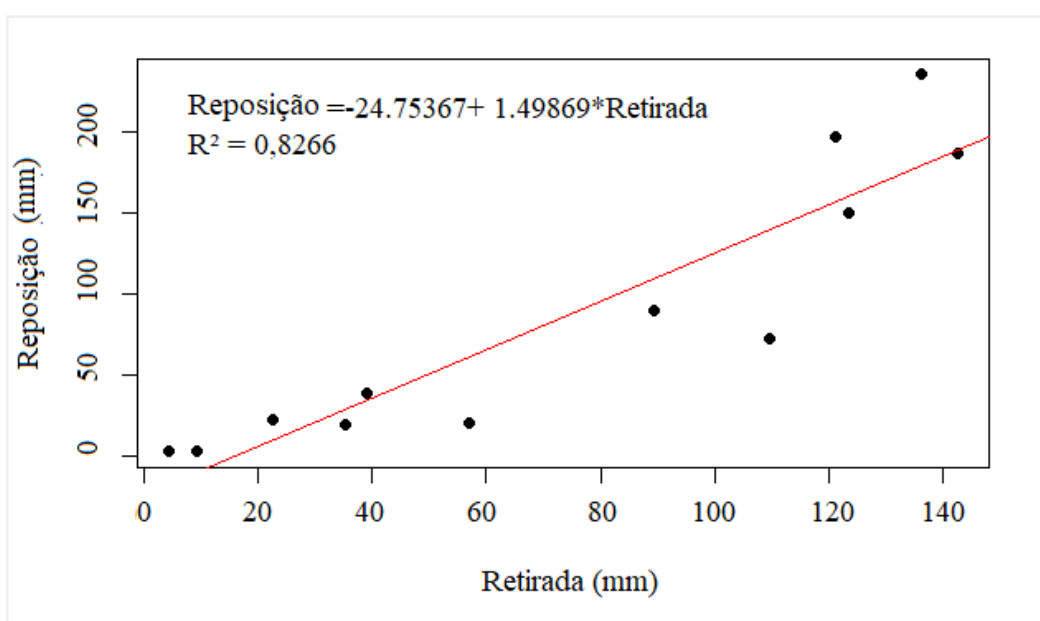


Figura 6 - Regressão linear da associação entre a retirada (mm) e reposição (mm) de água no solo, na estação INMET 82784, ano.

O p-valor para ANOVA do modelo de regressão foi $2.57e-05$ sendo significativo a hipótese de variabilidade das médias. O R^2 do modelo foi de 0,8266, bastante razoável. Desse modo, a equação pode ser utilizada para associar reposição e retirada de água no solo, na estação INMET 82784. Os dados de reposição e retirada seguem uma distribuição normal conforme o teste Shapiro-Wilk com $p > 0,05$. O teste de correlação retornou valor de $p < 2.572e-05$ com correlação de 0,91 demonstrando que o teste é significativo admitindo correlação entre as variáveis. A homocedasticidade pelo teste de Breusch-Pagan foi igual $p = 0,1317$, assim não se rejeita H_0 admitindo homogeneidade.

Na Figura 5 pode-se observar o excesso e déficits hídricos no decorrer do ano, constata-se que os maiores déficits ocorrem entre agosto e dezembro. Arraes et al., (2009), identificaram uma menor incidência de chuva de junho a dezembro, assim como, maior déficit hídrico para estação INMET 82784. Silva et al., (2015) identificaram resultados similares na mesma estação.

Matos et al., (2020) em BHC para Barbalha verificou haver excedentes hídricos somente para os meses de fevereiro, março e abril. Esse excedente compreende o período de quadra chuvosa para região, onde são realizadas as atividades de cultivo agrícola. A região semiárida apresenta um índice de aridez entre 0,21 a 0,5 a classificação climática segundo o método de

Koppen foi BSw h' caracterizando a região como de clima semiárido (Troleis e Santos, 2011). A Figura 7 demonstra os elementos P, ETP e ETR, contata-se que há maior concentração das

precipitações de janeiro a junho onde a ETR é maior. Com o cessar das chuvas, ETP aumenta consideravelmente e ETR diminui junto de P.

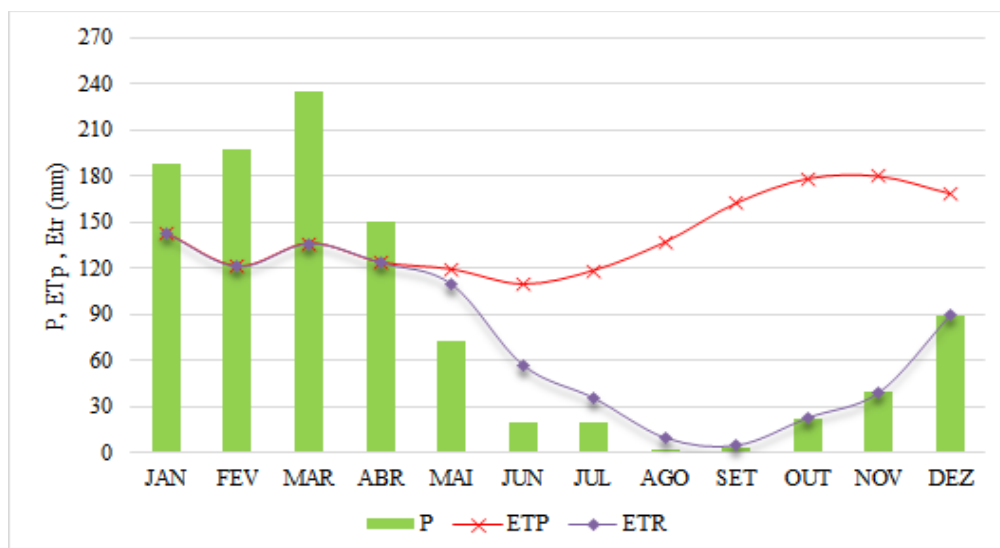


Figura 7. Distribuição da P, ETP e ETR ao longo do ano para estação INMET 82784, período avaliado de 1996 a 2019.

Chaves et al., (2012) em estudo do balanço hídrico com a metodologia de Thornthwaite e Mather (1948, 1955) para estação INMET 82784 utilizando uma série histórica de 1961 a 1990 classificaram o clima como semiárido (DdA'a'), com chuvas totais anuais de 705 mm, evaporação potencial de 1872 mm, deficiência de 1167 mm e temperatura média ano de 27,4 °C. Medeiros et al., (2013b) também em estudo de balanço hídrico para Barbalha - CE utilizando o método Thornthwaite e Mather (1948, 1955) com série de dados de 1961 a 1990 encontraram uma precipitação total anual de 1075,8 mm e temperatura média 24,9 °C é índices Iu, Ia e Ih, com valor: 22,9; 43,62 e -21,31 respectivamente. Já, Matos et al., (2018) em estudos de BHC, analisando dados 1973 a 2016 em Barbalha-CE verificaram uma precipitação média anual de 1053,9 mm e índices Iu, Ia e Ih, -10,8, 45,0 e 16,2, respectivamente.

Ressalta-se que para as mesmas localidades e utilizando os mesmos métodos estes

autores deveriam ter encontrado valores semelhantes.

De acordo com os resultados do balanço hídrico, o índice hídrico, aridez e umidade foi de 11,9; 47,5 e - 16,6 respectivamente, o clima foi classificado como C1dB'4b'1 (Seco subúmido, com pequeno ou nenhum excesso de água do tipo climático mesotérmico e subtipo mesotérmico).

Confrontando com os resultados de Chaves et al., (2012) verifica-se uma mudança das chaves, entretanto estas são bem próximas, merecendo destaque a chave B'4b'1 que indica que há uma redução na precipitação e um aumento na evapotranspiração potencial, associado principalmente às maiores temperaturas no período estudado. Fica evidente que em decorrência da série histórica utilizando para o mesmo método há divergência nos resultados, entretanto, as classificações tendem a ser próximas.

Conclusões

Segundo o balanço hídrico, classificação climática para a estação INMET 82784 a região apresenta uma precipitação média anual de 1037 mm e uma temperatura média de 26,7 °C. O clima é classificado como C1dB'4b'1. O BHC demonstra que as chuvas se concentram de janeiro a abril, havendo excesso de 75,9; 99,5 e 26,7 mm nos meses de fevereiro, março e abril respectivamente e déficits hídricos nos demais meses do ano.

Os dados de precipitação acumulada mês não sugerem uma distribuição normal ao longo da

série temporal, com altos coeficientes de variação. Associação temperatura média e evapotranspiração permite estimar valores futuros para esta estação. Os resultados obtidos contribuirão para o gerenciamento e planejamento de diversas atividades que tenham as características edafoclimáticas como condicionantes. As funções obtidas podem auxiliar em aplicações como sensoriamento remoto como a espacialização da evapotranspiração.

A dificuldade de obter um intervalo de tempo maior ou conjunto de dados completos reduziu naturalmente a capacidade de aprendizado dos modelos matemáticos desenvolvidos, sendo uma das principais limitações. Para trabalhos futuros sugere-se realizar estudos baseados em distribuições que permitem modelar assimetria a direita, como a distribuição log-normal ajustada às frequências.

Referências

- Almeida, H. A. de. 2016. Climatologia Aplicada à Geografia. Campina Grande: Eduerp, p. 331. Disponível: <https://www.uepb.edu.br/download/ebooks/Climatologia-Aplicada-aCC80-Geografia.pdf> Acesso em: 23 maio 2021.
- Aquino, C. M. S. de; OLIVEIRA, J. G. B. de. 2013. Employment of the method of Thornthwaite & Mather (1955) for calculating of Climatological Hydric Balance for the Degradation Nucleus of São Raimundo Nonato – Piauí. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, n. 1, p.79-90. DOI: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v06.1.p079-090>
- Araújo, S. R. D.; Dantas Neto, J.; Silva, P. F. da; Araújo, B. A. de; Saboya, L. M. F.; MATOS, R. M. de. 2018. Balanço hídrico e classificação climática para as mesorregiões da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 6, p. 1985-1997. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.6.p1985-1997>
- Arraes, F. D. D.; Lopes, F. B.; Souza, F. de; Oliveira, J. B. de. 2009. Estimativa do balanço hídrico para as condições climáticas de Barbalha, Ceará, usando modelo estocástico. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 3, n. 2, p. 78-87. DOI: <http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v3n200020>
- Cassettari, G. A.; Queiroz, T. M. de. Balanço hídrico e classificação climática na bacia do rio Jauquara, região de transição entre a Amazônia e o cerrado brasileiro. 2020. Revista brasileira de climatologia. v.26, n.1, p.70-88. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.59513>
- Cantelle, T. D.; Lima, E. de. C.; Borges, L. A. C. 2018. Panorama dos recursos hídricos no mundo e no Brasil. Revista em agronegócio e meio ambiente, v.14, n.4, p.1259-1282. DOI:10.17765/2176-9168.2018v11n4p1259-1282.
- Chaves, L. C. G.; Santos, F. S. S. dos; Silva, A. P. da; Silva, F. G. da; Coelho, E. L. 2012. Balanço hídrico climatológico com simulações de cenários climáticos e classificação climática de

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável da Universidade Federal do Cariri – PRODER/UFCA, pelo apoio institucional e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro junto ao mestrado.

- Thornthwaite para o Município de Iguatu – CE, Brasil. In: VII CONNEPI, Palmas. CONGRESSO. Palmas: Connepi, 2012. Disponível em: <https://propi.iftto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3608/1996> Acesso em: 10 mai. 2021.
- Fiorin, T. T.; Ross, M. D. 2015. Climatologia Agrícola: meridiana dal ross. Santa Maria: rede E-Tec Brasil, p. 82.
- Francisco, P. R. M.; Medeiros, R. M. de; SANTOS, D. 2015. Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Estado da Paraíba para o Planejamento Agrícola. In: II Workshop Internacional Água no Semiárido, Campina Grande: Editora Realize. Disponível: https://www.researchgate.net/publication/304013858_CALCULO_DO_BALANCO_HIDRICO_O_CLIMATOLOGICO_DO_ESTADO_DA_PARAIBA_PARA_O_PLANEJAMENTO_AGRICOLA Acesso em: 10 mai. 2021.
- França, M. V. de.; Medeiros, R. M. de.; Holanda, R. M. de.; saboya, L. M. F.; Neto, F. C. R.; Pereira, M. L. F.; Araújo, W. R. de. 2021. Balança hídrica atual e futuro para a cultura do algodão em São Francisco, SE. Revista científica multidisciplinar, v.2, n.5, p.25311. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i5.311>
- França, M. V. de.; Medeiros, R. M. de.; Holanda, R. M. de.; Silva, V. de P.; Ferraz, J. X. V.; Sobral, D. de M. S. (2018). Aptidão climática para o cultivo da banana em Caruaru, PE. Journal of environmental and analyses progress, v.3, n.3. 265-274. DOI: <https://doi.org/10.24221/jeap.3.3.2018.1841.265-274>
- Gheyi, H. R.; PAZ, V. P. S.; Medeiros, S. S.; Galvão, C. O. 2012. Recursos hídricos em regiões semiáridas. Cruz das Almas: INSA.
- Horikoshi, A. S.; Fisch, G. 2007. Balanço hídrico atual e simulações para cenários climáticos futuros no município de Taubaté, SP, Brasil. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 2, n. 2, p. 32-46. DOI: 10.4136/ambi-agua.25

- Jorge, R. L. O. Lucena, D. B. 2018. Eventos extremos anuais de precipitação em Mauriti – CE. *Revista Ciência Natura*, v. 40, ed. 65. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X34045>
- Lemos, J. de J. S.; Santiago, D. F. (2020). Instabilidade da agricultura familiar no semiárido. *Revista política agrícola*, v.29, n.31, p.1-12. Disponível: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1478/pdf>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- Lima, M. T. V.; Meireles, A. C. M.; Oliveira, C. W. de. 2017. Köppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, Ceará. *Revista Geama*, v.3, n.3, p.136-143. Disponível: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/1500/1319>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- Lima, M. T. V.; Oliveira, C. W.; Bezerra, A. E. 2020. Estimativa da temperatura média do ar no estado do Ceará por meio do sensoriamento remoto. *Revista Equador*, v.9, n.2, p.1-18. Disponível: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/download/9621/6127#:~:text=As%20menores%20e%20maiores%20temperaturas,de%2025%2C78%20%C2%B0C>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- Lopes Sobrinho, O. P.; Santos, L. N. S. das.; Santos, G. W.; Cunha, F. N.; Soares, F. A. L.; Teixeira, M. B. 2020. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de rio verde Goiás. *Revista Brasileira de climatologia*, v.27, n.1, p.19-33. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/68692/41100>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- Martins, P. A. da S.; Querino, C. A. S.; Moura, M. A. L.; Querino, J. K. A. da S.; Bentolila, L. B. V.; Silva, P. C. dos S. 2020. Climatic Water Balance and Thornthwaite and Mather (1955) Climate Classification For Manicoré Municipality In Amazonas South Mesoregion. *Irriga*, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 641-655. *Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA*. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2020v25n3p641-655>
- Matos, R. M. de.; Silva, P. F. da.; Barros, A. S.; Neto, J. D.; Medeiros, R. M. de.; Saboya, L. M. F.; Santos, B. D.B dos. 2019. Aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca no município de Barbalha-CE. *Revista brasileira de geografia e física*. v.12, n.5, p.1815-1822. Disponível: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/240838/34038>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- Matos, R. M. de; Silva, P. F. da; Medeiros, R. M. de; Santos, B. D. B. dos; Barros, A. S.; Dantas Neto, J.; Saboya, L. M. F. 2020. Balanço hídrico climatológico normal e sequencial para o município de Barbalha - CE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 973-982. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p973-982>
- Matos, R. M. de; Silva, P. F. da.; Borges, V. E.; Sobrinho, T. G.; Saboya, L. M. F.; Neto, J. D. (2018). Uso de sistemas de classificação climática para barbalha-CE. *Revista brasileira de geografia e física*, v.11, n.3, p.877-885. Disponível: <https://pdfs.semanticscholar.org/69cc/b37349369ac9b4bb8be883705c63b20a2a97.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- MEDEIROS, R. M.; AZEVEDO, P. V.; SABOYA, L. M. F.; FRANCISCO, P. R. M. 2013a. Classificação Climática e Zoneamento Agroclimático para o Município de Amarante - PI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.7, n.2, p.170-180. DOI: 10.7127/rbai.v7n200011
- Medeiros, R. M.; Matos, R. M.; Silva, P. F.; Saboya, L. M. F.; Francisco, P.R. M. 2015. Classificação Climática e Zoneamento Agroclimático de Culturas Para São João do Cariri - PB. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.11, n.21, p.2984-2996. Disponível: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2016>
- Medeiros, R. M. de.; Holanda, R. M. de. 2019. Classificação Climática e Balanço Hídrico pelo Método de Köppen e Thornthwaite do Município de Barbalha, Ceará, Brasil. *Revista Equador (UFPI)*, v. 8, n. 3, p.19 - 43.
- Medeiros, R. M. de; Holanda, R. M. de. Balança hídrica sequencial para lagoa seca, Paraíba, Brasil. 2020. *Revista research, society, and development*, v.9, n.7, p.e643974691. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4691>.
- Medeiros, R.M.; Silva, J. A. S.; Silva, A. O.; Matos, R. M.; Balbino, D, P. 2013b. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora de banana no município de Barbalha, CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.7, n.4, p.258-268. DOI: 10.7127/rbai.v7n400018
- Neves, E. das.; Gutierrez, M. I. de. A.; Silva, P. F. da.; Santos, T. M. Determinação da demanda hídrica através do uso de tanques evaporímetros. *Revista research, society and*

- development, v.11, n.1, p.e4611124578. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24578>
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. 2002. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 478 p.
- Pereira, A. R.; Angelocci, Luiz. R.; Sentelhas, P. C. 2007. Meteorologia Agrícola. 1.ed. Piracicaba: UNESP, 202 p. Disponível: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf Acesso em: 18 mai. 2021.
- R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Org. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. Disponível: <https://www.R-project.org/> Acesso em: 18 mai. 2021.
- Rabelo, D. C.; ELoi, W. M.; Alexandre, D. M. B. Costa, R. B. da. 2021. Usos múltiplos da água em cenário de escassez hídrica - análise da gestão de recursos hídricos no Ceará durante a seca 2011-2016. Brazilian journal of development, v.7, n.2, p.15918-15940. DOI:10.34117/bjdv7n2-288
- Ribeiro, W. G.; Santos, C. L. S. dos.; Silva, L. P. B. da. 2019. Conflito pela água, entre escassez e a abundância: marcos teóricos. Revista geografia e ecologia política, v.1, n.2, p.11-37. DOI: <https://doi.org/10.48075/amb.v1i2.23619>
- ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. 2007. Climatic classification of Köppen and Thornthwaite systems and their applicability in the determination of agroclimatic zoning for the state of São Paulo, Brazil. Bragantia, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>
- Rodrigues, G. R.; Barreira Junior, J. V.; GOMES, A. C. P. 2018. Balanço hídrico e classificação climática segundo o método de thornthwaite e mather para Sousa-PB. Sessão de poster apresentada V WINOTEC o semiárido Brasileiro, Sobral, CE. Disponível: <http://www.besthub.com.br/anais/TC0430017.pdf>. Acesso em: 23. fev. 2022.
- Rodrigues, G. R.; Meireles, A. C.; Oliveira, C. W. 2021. Análise da frequência e probabilidade das precipitações em Barbalha, CE. Poster apresentado no Inovagri Virtual Meeting / XXX CONIRD, Fortaleza, CE. Disponível: <https://icolibri.com.br/meeting2021/public/anais/TC0170006.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- Rodrigues, G. R.; Silva, R. P. da.; Meireles, A. C. M.; Oliveira, C. W.; Souza, F. L. M. 2021. Desenvolvimento de software para manejo da irrigação utilizando a evapotranspiração da cultura. Revista recodaf, v.7, n.1, p.1-25. Disponível: <https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/132/304>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- Santos, D. N. dos; Silva, V. de P. R. da; Sousa, F. de A. S.; Silva, R. A. E. 2010. Study of some climate scenarios for the northeastern region of Brazil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, [S.L.], v. 14, n. 5, p. 492-500. FapUNIFESP (SciELO). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662010000500006>
- Silva, J. A. S.; Alencar, N. R. O.; Souza, S. R.; Brito, J. H. do N. 2015. Balanço Hídrico Climatológico aplicada a Cultura do Milho para o Município de Barbalha – Ce. II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande – PB. Disponível: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2015/TRABALHO_EV044_MD4_SA2_ID955_29102015212155.pdf Acesso em: 18 mai. 2021.
- Silva, P. E.; Silva, C. M. S.; SPYRIDES, M. H. C.; ANDRADE, L. M. B. 2019. Analysis of Climate Extreme Indices in Northeast Brazil and the Brazilian Amazon in the Period from 1980 to 2013. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 137-148. Instituto de Geociências - UFRJ. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_2_137_148
- Soares, O. da S.; Lima, L. J. de. 2020. Captação da água da chuva em residências multifamiliares no município de Iúna, ES. Repositório de trabalhos de conclusão. Disponível: <http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/repositoriottcc/article/view/3103>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geography Review, New York, v.38, n.1, p.55-94.
- Thornthwaite, C.W.; MATHER, J.R. 1955. The Water Balance - Publications in Climatology. N. Jersey: Centerton, v. VIII, n. 1.
- Troleis, A. L.; SANTOS, A. C. V. dos. 2011. Estudos do Semiárido. 2. ed. Natal: UFRN, 197 p. Disponível: http://bibliotecadigital.sedis.ufrn.br/pdf/geografia/Est_Sem_Livro_WEB.pdf Acesso em: 01 mai. 2021.
- Werlang, M. K.; WERLANG, E. P. 2021. Balanço hídrico e classificação climática de Thornthwaite do bairro Camobi, Santa Maria, RS. Geografia Ensino e Pesquisa, v. 25, e. 7, p. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236499440437>

ANEXOS

Tabela 2. Chaves de classificação climática inicial.

Clima úmido		
Denominação	Símbolo	Índice de Umidade (Iu)
Super úmido	A	100 e acima
Úmido	B4	80 a 100
Úmido	B3	60 a 80
Úmido	B2	40 a 60
Úmido	B1	20 a 40
Úmido subúmido	C2	0 a 20
Clima Seco		
Seco subúmido	C1	0 a -33,3
Semiárido	D	-33,3 a -66,6
Árido	E	-66,6 a -100

Fonte: adaptado de Thornthwaite & Mather (1948).

Tabela 3. Segunda chave de classificação climática.

Climas úmidos (A, B4, B3, B2, B1 e C2)	(Ia)	Climas secos (C1, D e E)	(Iu)
r- Pequena ou nenhuma deficiência hídrica	0-16,7	d - pequeno ou nenhum excesso hídrico	0-10
s- Moderada deficiência no verão	16,7-33,3	s - moderado excesso no inverno	10-20
w- Moderada deficiência no inverno	16,7-33,3	w - moderado excesso no verão	10-20
s2- Grande deficiência no verão	>33,3	s2- grande excesso no inverno	20
w2- Grande deficiência no inverno	>33,3	w2- grande excesso no verão	20

Fonte: adaptado de Thornthwaite & Mather (1948).

Tabela 4. Terceira chave de classificação climática.

Tipos climáticos	Precipitação total anual
A – megatérmico	≥1140
B'4 – mesotérmico	997-1140
B'3 – mesotérmico	855-997
B'2 – mesotérmico	712-855
B'1 – mesotérmico	570-712

C'2 – microtérnico	427-570
C'1 – microtérnico	285-427
D' – tundra	142-285
E – gelo perpétuo	<142

Fonte: adaptado de Thornthwaite & Mather (1948).

Tabela 5. Quarta chave de classificação climática.

Subtipo climático	ETPverão (%)
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: adaptado de Thornthwaite & Mather (1948).