OPEN JOURNAL SYSTEMS
ISSN:2237-2202

Available on line at Directory of Open Access Journals
Journal of Hyperspectral Remote Sensing v.11, n.5 (2021) 254-261

www.periodicos.ufpe.br/revistas/jhrs

Journal of Hyperspectral Remote Sensing
www.ufpe.br/jhrs

Water availability and climate classification in the state of Piauí

Laila L. S. e Silva[*], Raiany de O. Silva[*], Gabriel S. T. Fernandes[**], Arão de Moura Neto[*], Ana Caroline G. Miranda[*], Edivania de A. Lima[***]

[*]Graduanda em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, PI, Brasil. E-mail: laila.lucia@ufpi.edu.br
[*]Graduando(a) em Engenharia Florestal, Bom Jesus, PI, Brasil. E-mail: raianyoliveira95@gmail.com, araoneto@ufpi.edu.br, carolmiranda@ufpi.edu.br,
[**]Doutorando em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil. E-mail: agrogabrielt@gmail.com
[***]Professora Doutora Associada I, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, PI, Brasil. E-mail: edivania@ufpi.edu.br

Received 25 October 2021; accepted 23 December 2021

Abstract

The different forms of climatic classification allow describing the characteristics of the atmosphere throughout the planet, based on meteorological and climatic variables. With the current climate change situations, climatological monitoring is essential to understand the water-vegetation-atmosphere relationships. Therefore, this work aimed to quantify water availability through the Climatological Water Balance and perform the climatic classification according to Thornthwaite in the State of Piauí. The study was carried out in the State of Piauí, in Northeastern Brazil, with data obtained from the platform of the National Institute of Meteorology, composed of the 1981-2010 climatological normal, being executed the Climatological Water Balance, with the aid of the Excel software, determining the Humidity index and performing the climatic classification, with the methodology of Thornthwaite (1948). Data interpolation was done by the IDW method with QGIS software. It was possible to observe that the state of Piauí has restricted water availability in most of the territory, with high water deficit and excess water in a small portion of the state. In addition to being characterized by two climatic types, semi-arid (D) and dry sub-humid (C1).
Keywords: Aridization, Spatial distribution, Water supply.

Disponibilidade hídrica e classificação climática no estado do Piauí

Resumo

As diferentes formas de classificação climáticas permitem descrever as características da atmosfera ao longo do planeta, a partir de variáveis meteorológicas e climáticas. Com as atuais situações de mudanças climáticas é fundamental o monitoramento climatológico para compreender as relações água-vegetação-atmosfera. Diante disso, este trabalho teve como objetivo quantificar a disponibilidade hídrica através do Balanço Hídrico Climatológico e realizar a classificação climática de acordo com Thornthwaite no Estado do Piauí. O estudo foi realizado no Estado do Piauí, no Nordeste brasileiro, com os dados obtidos a partir da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia, compostos pela normal climatológica de 1981-2010, sendo executado o Balanço Hídrico Climatológico, com auxílio do software Excel, determinando o índice de Umidade e realizando a classificação climática, com a metodologia de Thornthwaite (1948). A interpolação dos dados foi feita pelo método de IDW com o software QGIS. Foi possível observar que o Estado do Piauí apresenta disponibilidade hídrica restrita na maior parte do território, com alta deficiência hídrica e excesso hídrico em uma pequena porção do Estado. Além de ser caracterizado por dois tipos climáticos, Semiárido (D) e Subúmido seco (C1).
Palavras-chave: Aridização, Distribuição espacial, Oferta hídrica.

1. Introdução

O desenvolvimento de diversas formas de classificação climática, surgiu com o propósito de descrever as diferentes características da atmosfera nos diferentes locais do planeta. As classificações são complementares e procuram incluir o maior número de variáveis meteorológicas e climáticas para assim distribuir os climas em grupos distintos onde são considerados aspectos como a escala, objetivos e os dados disponíveis. Ou seja, para uma boa classificação climática seu embasamento deve ser feito em uma série extensa de estatística de dados meteorológicos, de diferentes localidades (Santos et al, 2018; Mendoça e Danni-Oliveira, 2007).

Devido a atual situação em que fenômenos que caracteriza as mudanças climáticas são observados, a realização de monitoramento

climatológico se torna essencial para a compreender o funcionamento da relação entre a vegetação, a água e a atmosfera (Oliveira e Oliveira, 2018).

A disponibilidade hídrica é a água disponível numa bacia hidrográfica de forma que a sociedade possa utilizar conscientemente e sem danos ao meio ambiente. Em situações em que há ausência de sistemas de bacias, como no caso da região Nordeste do Brasil, a disponibilidade hídrica é dependente apenas da pluviometria e das águas subterrâneas. Esta, por sua vez, sofre influência de fatores extrínsecos, que irão ser necessários restrições para atender aos diversos usos ao longo do tempo e espaço, e para manter a qualidade ambiental (Cruz e Tucci, 2007; Nobre et al., 2011).

O monitoramento da disponibilidade hídrica é essencial para a determinação das perdas e dos ganhos de água no solo, assim permitindo uma avaliação precisa da dinâmica da água nos sistemas de solo-vegetação, principalmente, nas condições do semiárido brasileiro (Souza et al., 2015). Segundo Schmidt et al. (2018) as condições hídricas de uma região semiárida, tem apresentado altas taxas de evapotranspiração e de diminuição de água no solo, porém sem que haja reposição de hídrica significativas.

Devido a isso, o uso de ferramentas para prever as anomalias pluviométricas e termométricas sazonais são essenciais para contribuir com ações preventivas e no planejamento de diferentes setores da sociedade, como o setor agrícola, os sistemas de abastecimento de água, entre outros (Nobre et al., 2011; Souza et al., 2015).

O balaço hídrico climatológico, desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), determina a variação do armazenamento de água no solo, sem a necessidade de realizações de medições diretas. A partir dele pode ser realizado a quantificação da disponibilidade hídrica regional, a caracterização das secas, a realização do zoneamento agroclimático no planejamento de implantação de culturas (Francisco et al., 2015).

Diante disto objetivou-se com a execução do presente estudo quantificar a disponibilidade hídrica através do Balanço Hídrico Climatológico e realizar a classificação climática de acordo com Thornthwaite no Estado do Piauí.

2. Material e métodos

O estudo foi realizado no Estado do Piauí, que se localiza no Nordeste brasileiro, apresentando as latitudes 2º 44’ e 10º 52’S e longitudes 40º 25’ e 45º 59’W. O Estado é dividido em quatro mesorregiões (Figura 1). Possui uma área territorial de 251.755,485 km2, com uma população estimada no ano de 2021 de 3.289.290 pessoas com um PIB de 6,4% (IBGE, 2021). O platô da Serra das Mangabeiras é onde se localiza as maiores altitudes do Piauí, com 880 metros acima do nível do mar. Além disso, possui variações altimétricas distintas com as altas chapadas e se estende do Sul ao Sudoeste do Estado, com algo em torno de 600 metros e decresce à medida que se aproxima do Norte. As maiores elevações são registradas no litoral (Silva et al., 2013). A agricultura e a pecuária são classificadas como uma das principais atividades realizadas no território (Figura 2).

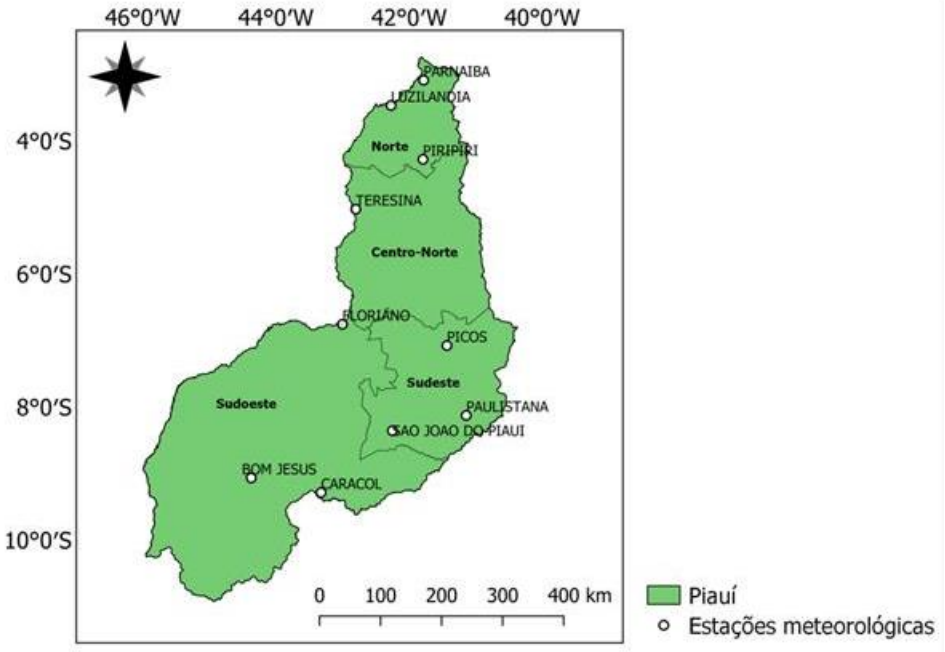

Figura 1 - Mesorregiões e distribuição de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia no Estado do Piauí.

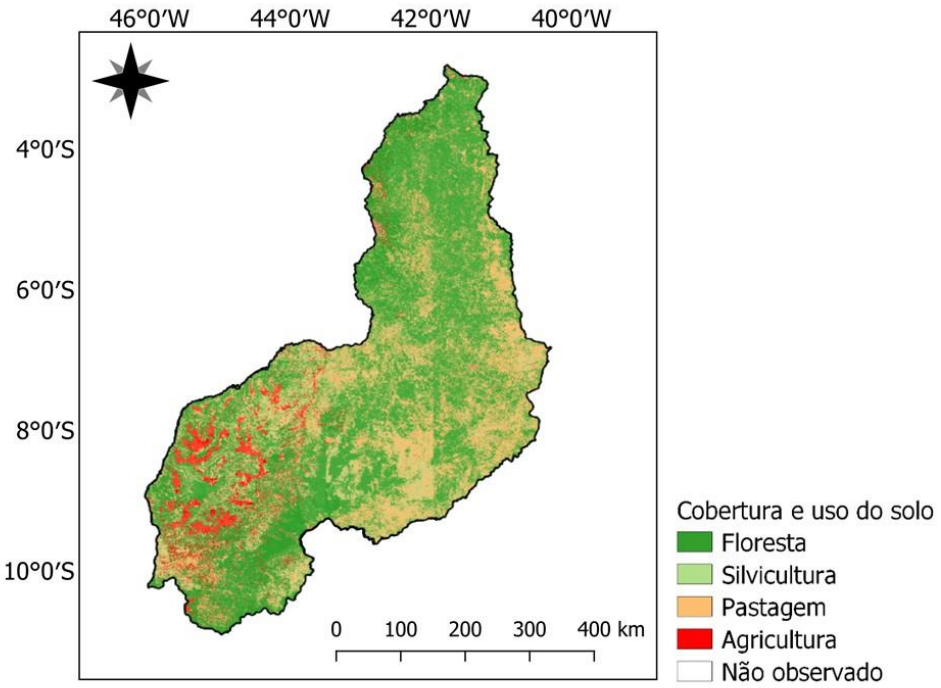

Figura 2 - Mapa da ocupação e uso do solo no Estado do Piauí. Fonte: MapBiomas (2016).

Como observado por Lima et al., (2020) em razão da posição geográfica, o Estado do Piauí pode ser considerado como uma típica zona de transição climática entre a Amazônia úmida e o Nordeste semiárido. Os mecanismos climáticos que produzem as precipitações no estado do Piauí são excessivamente complexos e estão ligados às influências e à conjugação de vários sistemas de circulação atmosférica, agindo separadamente nas diferentes regiões do estado (Medeiros, 2016).

A aquisição dos dados das cidades analisadas foi obtida pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) onde foi utilizado um conjunto de dados, composto pela normal climatológica de 1981-2010. Com esses dados o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi executado e calculado por uma planilha do software Microsoft Excel desenvolvida por Rolim et al. (1988), baseado no método proposto por Thornthwaite e Mather (1955).

Com a extração dos dados do balanço hídrico, determinou-se o Índice de Umidade, a partir da equação 1:

$$Iu = \frac{(100 * \sum EXC - 60 * \sum DEF)}{\sum ETP} \qquad (1)$$

Onde: EXC = Excesso hídrico; DEF = Deficiência hídrica; ETP = Evapotranspiração potencial.

A partir da determinação do índice de umidade, realizou-se a classificação climática de acordo com a metodologia de Thornthwaite (1948) (Tabela 1). Os dados relativos aos elementos climáticos foram interpolados utilizando o método do inverso da potência da distância através do software QGIS 3.8.3 (QGIS Development Team, 2019).

Tabela 1 - Tipos climáticos baseados no Índice de Umidade (Iu). Fonte: Thornthwaite (1948).

Tipos climáticos	Índices de umidade (I_u)
A – Superúmido	Iu ≥ 100
B_4 - Úmido	80 ≤ Iu < 100
B_3 – Úmido	60 ≤ Iu < 80
B_2 - Úmido	40 ≤ Iu < 60
B_1- Úmido	20 ≤ Iu < 40
C_2 - Subúmido	0 ≤ Iu < 20
C_1 – Subúmido seco	-20 ≤ Iu < 0
D - Semiárido	-40 ≤ Iu < -20
E - Árido	-60 ≤ Iu < -40

3. Resultados e discussão

Nas mesorregiões Norte e Centro-Norte foram observados os maiores totais pluviométricos em relação às demais mesorregiões (Figura 3). Os maiores totais pluviométricos são localizados na faixa litorânea, segundo Medeiros (2016) isso se dá pela influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que é o principal sistema de produção de chuvas no setor norte do Estado.

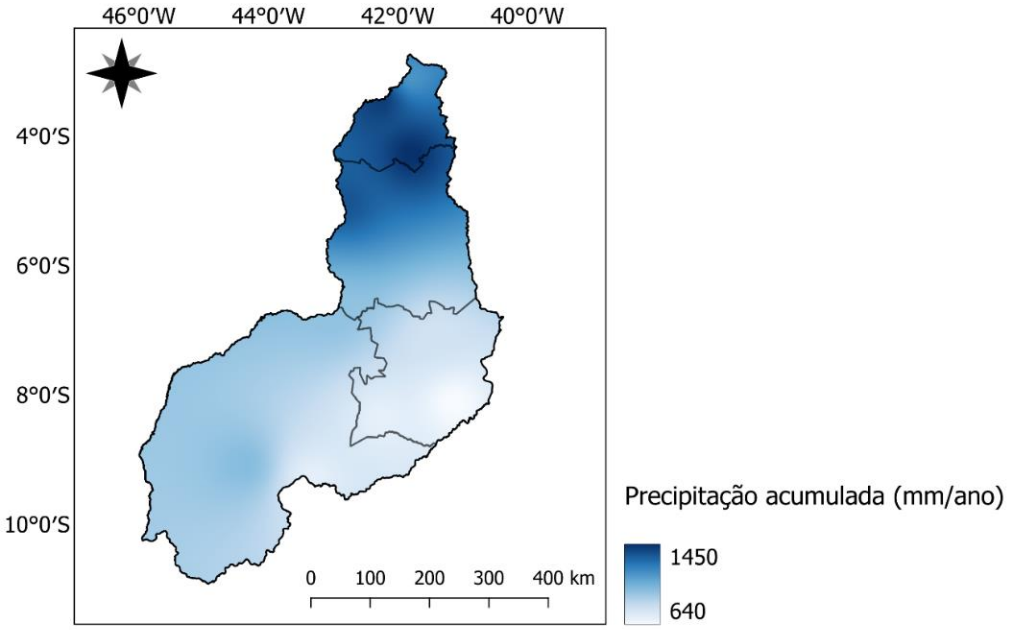

Figura 3 - Distribuição anual de precipitação no Estado do Piauí.

Menores precipitações podem ser observadas no Sudeste e Sudoeste piauiense (Figura 3), variando de 640 a 1000 mm de chuva acumulados anualmente. Vale ressaltar que a mesorregião Sudeste apresenta os menores totais pluviométricos do Piauí. Fernandes et al. (2020) corroboram com os dados expostos no presente estudo, os autores evidenciam o mesmo conforme pode ser observado na Figura 4, há valores elevados de evapotranspiração (próximos a 2000 mm ano-1) em todo o território, com exceção de uma padrão de distribuição espacial da precipitação, por trimestre, para as mesmas mesorregiões.

A evapotranspiração potencial é entendida como uma forma de transferência de uma superfície qualquer para a atmosfera onde envolve a evaporação da água do solo e a transpiração máxima das plantas. Com relação a este elemento meteorológico, porção do Sudoeste, onde observa-se valores situados entre 1300 e 1500 mm ano-1, que são relativamente menores aos observados nas demais regiões.

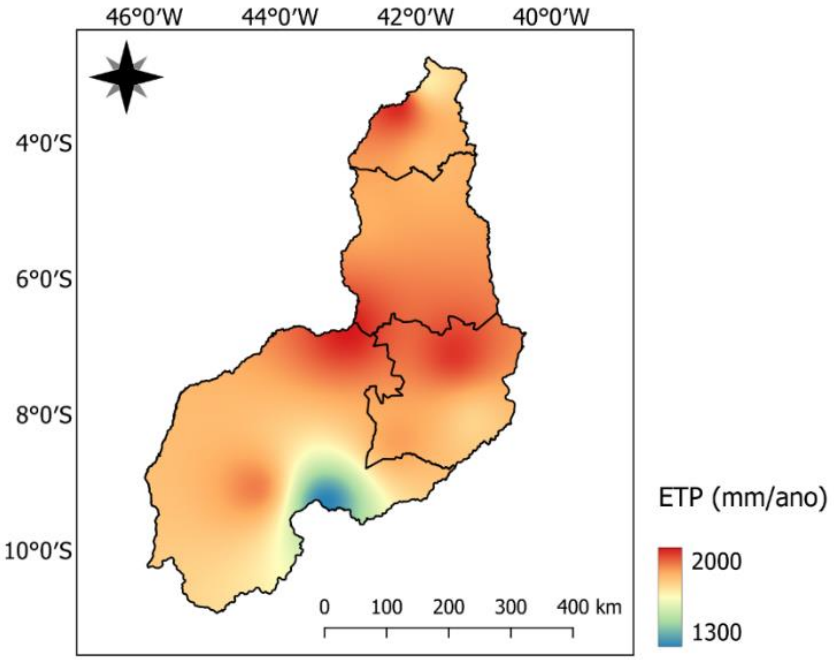

Figura 4 - Distribuição anual de evapotranspiração no Estado do Piauí.

Ao observar o extrato referente ao que entra no sistema (precipitação) e o que sai (evapotranspiração), temos a variável denominada P-ETP (Figura 5). Como pode-se observar, todo o

Estado está sujeito à deficiência hídrica, pois a quantidade de água perdida através da evapotranspiração é sempre superior ao que é reposto através da precipitação.

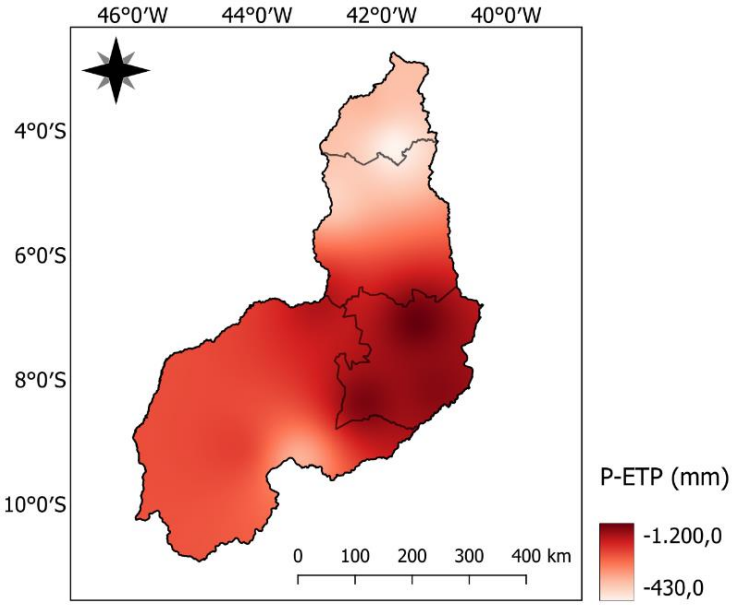

Figura 5 - Extrato anual resultante entre precipitação (P) e a evapotranspiração (ETP) no Estado do Piauí.

As mesorregiões Sudoeste e Sudeste apresentam um menor extrato anual, como expostas na Figura 5 indicando que essas porções do Estado estão sujeitas a uma disponibilidade hídrica ainda menor. Quando consideramos o armazenamento de água no solo, ao realizar o BHC, observamos que essas mesorregiões apresentam comportamentos semelhantes como pode ser observado na Figura 6, onde é constatado uma maior deficiência hídrica nas mesorregiões Sudoeste e Sudeste, com variação de 650 a 1200 mm ano-1 em todo o Estado.

Duarte e Medeiros (2020) observaram que no município de Bom Jesus, localizado na mesorregião Sudoeste, ocorre deficiência hídrica de forma irregular entre os meses de abril a dezembro.

Associadamente, as mesorregiões que apresentaram maiores deficiências (Sudeste e Sudoeste), obtiverem menores excessos hídricos (Figura 7).

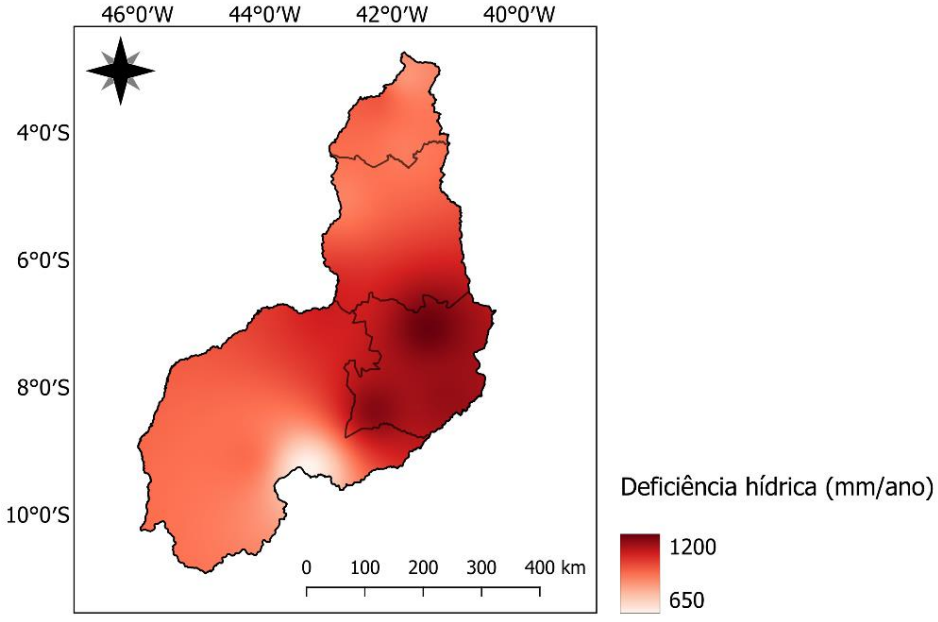

Figura 6 - Distribuição da deficiência hídrica no Estado do Piauí.

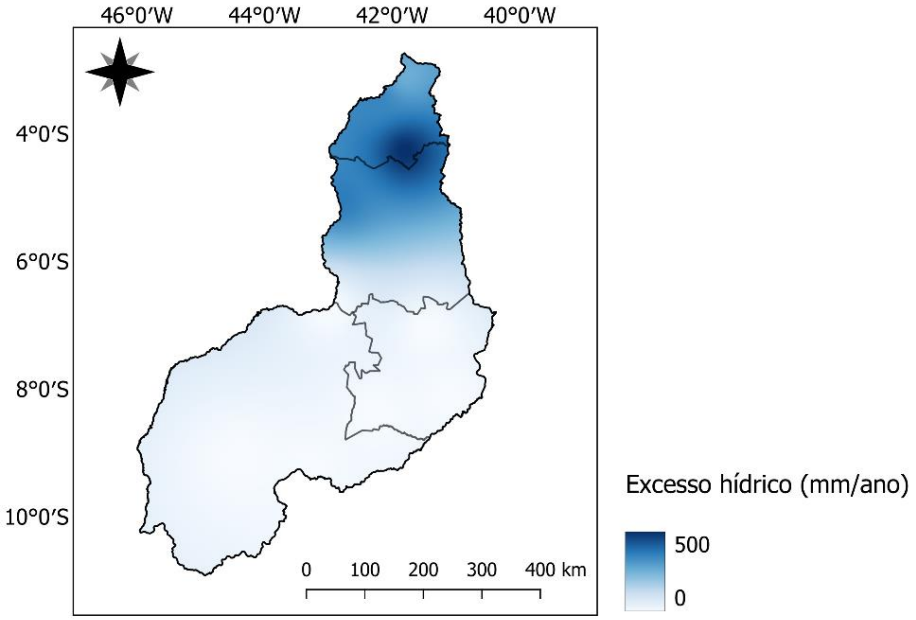

Figura 7 - Distribuição do excesso hídrico no Estado do Piauí.

O Sudeste e Sudoeste piauiense não apresentam excesso hídrico no decorrer do ano, sendo este fenômeno restrito apenas às mesorregiões Norte e Centro-Norte (Figura 7). Comportamento parecido foi observado por Medeiros et al., (2015) onde foi verificado que a região de São João do Cariri na Paraíba possui baixo índice de precipitação e elevado volume de água perdida por evapotranspiração, isso gera um grande saldo de déficit hídrico resultando em um armazenamento que permanece nulo durante o ano.

A disponibilidade hídrica reduzida no Piauí se configura em favor das elevadas temperaturas, intensa radiação solar incidente e reduzidos totais pluviométricos da região, os quais originam uma elevada evapotranspiração (Francisco e Medeiros, 2016). Ainda em estudos realizados por Francisco e Medeiros (2016) realizados na bacia hidrográfica de Uruçuí-Preto que compreende o oeste do Estado do Piauí revelaram tendências de reduções nos totais pluviométricos.

Essa mudança climática poderá afetar uma das principais atividades do estado que é a agricultura não irrigada, tal mudança também foi observada nas áreas do sertão de Pernambuco por Silva et al. (2014) onde a observação das altas temperaturas em determinadas mesorregiões do estado podem provocar problemas para culturas perenes e anuais irrigadas, levando prejuízos econômicos a produtores rurais.

A intensificação das tendências climáticas observadas terá impactos desastrosos no território piauiense, como por exemplo na agricultura familiar, onde muitas famílias dependem da renda retirada do campo para sobrevivência. No Piauí é identificada uma grande diversidade de produção regional, sendo cultivado milho, feijão, mandioca e a cajucultura (SEMCASPI, 2018). No entanto, nos últimos 5 anos, os produtores rurais têm enfrentado alguns desafios em decorrência das secas registradas em algumas áreas do estado (MDA, 2016). Os potenciais impactos das mudanças climáticas podem causar riscos à segurança alimentar além de danos incalculáveis a biodiversidade.

Com a caracterização do BHC do Piauí, realizou-se a classificação climática do Estado (Figura 8). Nota-se a configuração de apenas dois tipos climáticos, Subúmido seco e Semiárido.

É possível perceber na Figura 8 que a maior parte do estado do Piauí é predominado pelo clima Semiárido (D), encontrando-se nas mesorregiões Sudoeste Sudeste e parte do Centro-Norte, essa classificação climática se caracteriza por altas temperaturas, e com deficiência hídrica a maior parte do ano. O tipo Subúmido seco é encontrado no Norte e em uma porção do Centro-Norte, clima que possui água relativamente superior ao Semiárido.

De acordo com Marcos Junior et al. (2018), as projeções para os cenários climáticos futuros apontam uma diminuição de clima Subúmido (C2) até o final do século sobre o Nordeste brasileiro, podendo alcançar um decréscimo de até 25%. Em contrapartida, os climas Semiárido (D) e Árido (E) tendem a avançar sobre a região, com esse avanço haverá a redução de disponibilidade de água e possivelmente tornará o cultivo de algumas culturas agrícolas de difícil realização, favorecendo conflitos hídricos, perdas da biodiversidade e desequilíbrio nos ecossistemas (IPCC, 2014).

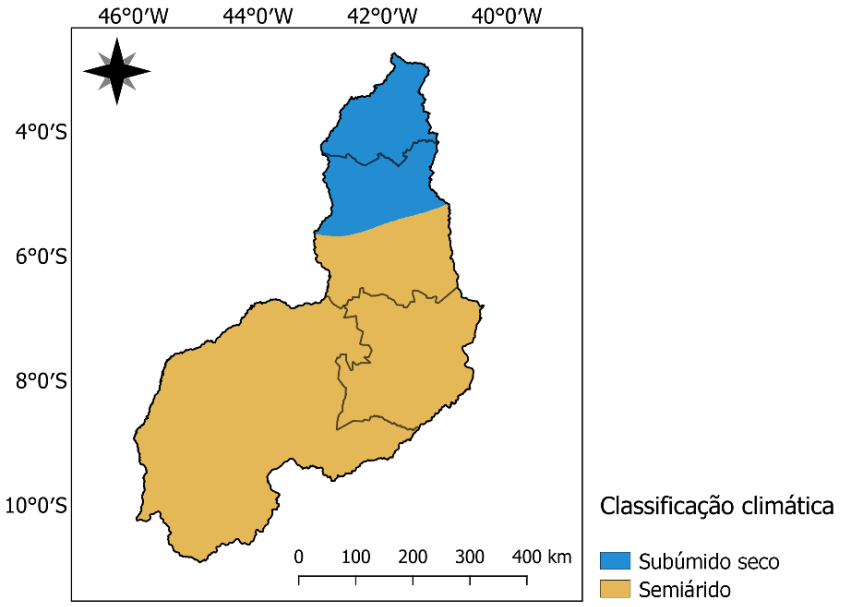

Figura 8 - Classificação climática de Thornthwaite para o estado do Piauí.

4. Conclusão

De acordo com o balanço hídrico climatológico, o estado do Piauí possui reduzida disponibilidade hídrica, apresentando maior deficiência e menor excesso hídrico acumulado no ano na maior parte da região (Sudeste e Sudoeste). O excesso hídrico, caracterizado quando a precipitação é maior que a evapotranspiração, é restringido às porções mais chuvosas do estado (Centro-Norte e Norte).

O Piauí é caracterizado por dois tipos climáticos Semiário (D) e Subúmido seco (C1), sendo o tipo Semiárido predominante correspondendo às mesorregiões Sudoeste Sudeste e parte do Centro-Norte, indicando que o Estado possui reduzida oferta hídrica, situação que deve ser manejada com cautela para que haja uma melhoria na qualidade agrícola, além uma gestão integrada dos recursos hídricos para que não seja colocado em risco a saúde da população e seja garantida sua segurança alimentar.

Referências

Cruz, J.C., Tucci, C. E. M., 2007. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 13, 111-124.

Duarte, J.F.M., Medeiros, R.M., 2020. Bom Jesus Piauí e a aplicação do balanço hídrico para diferentes regimes pluviais usando a técnica dos quantis. Equador 9, 166-188.

Fernandes, G.S.T., Lima, E.A., Moura Neto, A., Gonçalves Júnior, A.S., 2020. Variação interdecadal de elementos climáticos no Estado do Piauí. Revista Brasileira de Meio Ambiente 8, 136-146.

Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M., 2016. Estudo Climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí Preto-Piauí. EDUFCG, Campina Grande.

Francisco, P.R.M., Medeiros, R.M., Santos, D., Matos, R.M., 2015. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física 8, 1006-1016.

Holanda, R.M., Medeiros, R.M., 2019. Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. Revista Pantaneira 16, 57-68.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Piauí. Disponível: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/panorama. Acesso: 16 out. 2021.

IPCC, 2014. Cambio climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, in: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E.; Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. Organización Meteorológica Mundial, Genebra.

Lima, M.G., Moraes, A.M., Nunes, L.A.P.L., Andrade Júnior, A.S.de., 2020. Climas do estado do Piauí e suas relações com a conservação do solo, in: Lima, M.G.de (org.), Climas do Piauí: interações com o ambiente. EDUFPI, Teresina.

MapBiomas, 2016. Mapas e dados. Disponível: http://mapbiomas.org. Acesso: 12 out. 2021.

Marcos Junior, A.D., Silveira, C.S., Vasconcelos Júnior, F.C., Guimarães, S.O., Costa, J.M.F.da, 2018. Classificação Climática de Thornthwaite para o Brasil com Base em Cenários de Mudanças Climáticas do IPCC-AR5. Revista Brasileira de Meteorologia 33, 647-664. doi: http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786334007.

MDA. Ministério do Desenvolvimento agrário, 2016. Disponível: http://www.mda.gov.br. Acesso: 13 out. 2021.

Medeiros, R.M., 2016. Análise de aspectos climático, socioeconômico e ambiental e seus efeitos na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto e entorno. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

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 11, 2984-2996.

Mendonça, F., Danni-Oliveira, I.M., 2007. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. Oficina de Texto, São Paulo.

Nobre, P., Oyama, M.D., Oliveira, G.S., Tomasella, J. Medeiros, S.S., Gheyi, H.R., Galvão, C.O., Paz, V.P.S., 2011. Impactos de mudanças climáticas globais na hidrologia do semiárido do Nordeste brasileiro para o final do século XXI. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas 423-437.

Oliveira, J.A.M., Oliveira, C.M., 2018. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos - MG. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada 12, 3021–3027.

Pereira, A.R., Angeocci, L.R., Sentelhas, P.C., 2002 Agrometeorologia: fundamento e aplicações práticas. Agropecuária, Guaíba.

QGIS Development Team, 2019. Quantum GIS Software, Version 3.18.2. Disponível: https://qgis.osgeo.org/. Acesso: 12 out. 2021.

Rolim, G.S., Sentelhas, P.C., Barbieri, V., 1998. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia 6, 133-137.

Schmidt, D.M., Lima, K.C., Jesus, E.S., 2018. Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ 41, 483-491.

SEMCASPI. Secretaria Municipal da Cidadania, 2018. Assistência Social e Políticas Integradas. Disponível: https://semcaspi.teresina.pi.gov.br/lsvrdocumentcat/es tadual/. Acesso: 11 out. 2021.

Silva, A.O., Moura, G.B.A., Klar, A.E., 2014. Classificação Climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. Irriga 19, 46-60.

Silva, V.M.A., Medeiros, R.M., Santos, D.C., Filho, M.F.G., 2013. Variabilidade pluviométrica entre regimes diferenciados de precipitação no Estado do Piauí. Revista Brasileira de Geografia Física 6, 1463-1475.

Souza, R.M.S., Souza, E.S., Antonino, A.C.D., Lima, J.R.S., 2015. Balanço hídrico de pastagem no semiárido pernambucano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 19, 449-445.

Thornthwaite, C.W., Matter, J.R., 1955. The water balance. Publications in Climatology, Centerton.

Thornthwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographic Review 38, 55-93.