

Balço hídrico sequencial para Lagoa Seca – Paraíba – Brasil

Sequential water balance for Lagoa Seca - Paraíba – Brazil

Balance secuencial de agua para Lagoa Seca - Paraíba - Brasil

Recebido: 19/05/2020 | Revisado: 21/05/2020 | Aceito: 22/05/2020 | Publicado: 30/05/2020

Raimundo Mainar de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-9876>

Meteorologista, Pós-Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

Romildo Morant de Holanda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>

Prof. Dr. Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: romildomorant@gmail.com

Resumo

As principais atividades socioeconômicas no município de lagoa seca estão relacionadas a agricultura familiar e ao setor hortigranjeiro, que é beneficiada pelas características do solo e clima da região. Desta forma, o estudo teve como objetivo a realização do cálculo do balanço hídrico sequencial, visando constatar as oscilações dos elementos climáticas e determinando e disponibilizando contribuições para elaborações de planejamento rural, urbano e agropecuário. Os dados pluviais médios mensais foram caracterizados como um período de normal climatológica, onde, empregou-se do *software* em planilhas eletrônicas, para extrair os valores das médias mensais e anuais da precipitação do período de 1981 a 2019. Os dados de temperatura média foram estimadas pelo *software* Estima. Visto que o referido município não tem equipamentos para se realizar tal observação. A metodologia aplicada foi a de Thornthwaite & Mather para o computo do balanço hídrico sequencial. O BHS proveem conhecimentos detalhados dos elementos climáticos do período estudado gerando informações extraordinárias aos tomadores de decisões governamentais e aos elaboradores de projetos pecuários, agrícolas, agronegócios, aos hortifrutigranjeiros entre visando um desenvolvimento sustentável das produções na área estudada. O balanço hídrico sequencial muniu contribuições para a análise de valores extremos dos elementos estudadas para o

período de 1981 a 2019. Os valores da evapotranspiração mensais para o município em estudo apresentam vinculação das coordenadas geográfica, principalmente, da orografia. A compactação de solo (urbano e rural), o crescimento vertical e a falta de arborização próxima aos lençóis d'água vêm aumentando o poder evapotranspirativo.

Palavras-chave: Flutuações térmicas; Irrigação; Evapotranspiração; Deficiência hídrica.

Abstract

The main socioeconomic activities in the municipality of Lagoa seca are related to family farming and the horticultural sector, which benefits from the characteristics of the region's soil and climate. Thus, the study aimed to carry out the calculation of the sequential water balance, aiming at verifying the oscillations of the climatic elements and determining and making available contributions for elaborations of rural, urban and agricultural planning. The monthly average rainfall data was characterized as a period of normal climatological, where, the software was used in electronic spreadsheets, to extract the values of the monthly and annual averages of the precipitation of the period from 1981 to 2019. The data of average temperature were estimated by the software Estima. Since the aforementioned municipality has no equipment to carry out such observation. The applied methodology was that of Thornthwaite & Mather for the computation of the sequential water balance. The BHS provides detailed knowledge of the climatic elements of the studied period, generating extraordinary information for government decision makers and for the elaborators of livestock, agricultural, agribusiness projects, for horticultural products, aiming at a sustainable development of the products in the studied area. The sequential water balance provided contributions to the analysis of the extreme values of the elements studied for the period from 1981 to 2019. The monthly evapotranspiration values for the municipality under study are linked to the geographic coordinates, mainly the orography. Soil compaction (urban and rural), vertical growth and the lack of afforestation close to the water table are increasing the evapotranspirative power.

Keywords: Thermal fluctuations; Irrigation; Evapotranspiration; Water deficiency.

Resumen

Las principales actividades socioeconómicas en el municipio de Lagoa seca están relacionadas con la agricultura familiar y el sector hortícola, que se beneficia de las características del suelo y el clima de la región. Por lo tanto, el estudio tuvo como objetivo llevar a cabo el cálculo del balance hídrico secuencial, con el objetivo de verificar las

oscilaciones de los elementos climáticos y determinar y hacer contribuciones disponibles para las elaboraciones de la planificación rural, urbana y agrícola. normal climatológico, donde, el software se utilizó en hojas de cálculo electrónicas, para extraer los valores de los promedios mensuales y anuales de la precipitación del período de 1981 a 2019. El software Estima estimó los datos de temperatura promedio. Dado que el municipio mencionado no cuenta con equipos para llevar a cabo dicha observación. La metodología aplicada fue la de Thornthwaite & Mather para el cálculo del balance hídrico secuencial. El BHS proporciona un conocimiento detallado de los elementos climáticos del período estudiado, generando información extraordinaria para los tomadores de decisiones gubernamentales y para los elaboradores de proyectos ganaderos, agrícolas, agroindustriales, para productos hortícolas, con el objetivo de un desarrollo sostenible de los productos en el área estudiada. El balance hídrico secuencial proporcionó contribuciones para el análisis de valores extremos de los elementos estudiados para el período de 1981 a 2019. Los valores de evapotranspiración mensuales para el municipio en estudio están vinculados a las coordenadas geográficas, principalmente, la orografía. La compactación del suelo (urbano y rural), el crecimiento vertical y la falta de forestación cerca de la capa freática están aumentando el poder evapotranspirante.

Palabras clave: Fluctuaciones térmicas; Irrigación; Evapotranspiración; Deficiencia de agua.

1. Introdução

Segundo os autores Souza, Santos, Ventura, Bispo & Basso (2017) relataram que o balanço hídrico sequencial (BHS) é um indicador climatológico de melhor confiabilidade quando comparado ao balanço hídrico normal (BHN), pois pode determinar períodos acentuados de deficiência hídrica. Para amenizar os efeitos do déficit de água no solo, Souza, Correia, Fileti & Vale (2014) relatam que existe a necessidade de um planejamento integrado dos recursos hídricos, visando implantar sistemas de irrigação dimensionados conforme a maior demanda ou déficit hídrico da região.

Assis, Souza & Sobral (2015) afirmaram que as mudanças do clima vêm intensificando cada vez mais a problemática da escassez hídrica, sobretudo em áreas áridas e semiáridas do planeta, destacando o semiárido do Nordeste do Brasil, por apresenta grande tendência à aridização, acompanhada de redução da oferta hídrica em função da alteração nos padrões pluviométricos, com redução da frequência e intensidade das chuvas. Segundo ainda os autores a região também é caracterizada com alto potencial para evaporação da água, em

função da grande disponibilidade de energia solar, das temperaturas elevadas e da baixa umidade do ar. Leivas, Berlato & Fontana (2006) mostraram que para o planejamento agrícola, o conhecimento dos riscos é mais importante do que os valores normais dos elementos meteorológicos.

As atividades antrópicas sem controles associadas às distribuições e as variabilidades pluviais vem trazendo consequências negativas a socioeconômicas e a sobrevivência humana. A crescente intervenção humana ao meio físico vem aumentando substancialmente o grau de risco dos locais em relação a episódios que podem se tornar desastres (Nunes, 2009).

Varias pesquisas como as dos autores Marcuzzo, Goularte & Melo (2012); Eli, Pitz, Neves, Haveroth & Oliveira (2013); Ávila, Souza, Pinheiro & Figueira (2014), Silveira, Souza, Martins, Oliveira, Costa, Nobrega, Souza & Silva (2016), identificaram flutuações de variabilidade na precipitação devido às mudanças climáticas.

França, Ferraz, Medeiros, Holanda & Rolim Neto (2019) realizaram a análise do balanço hídrico climatológico utilizado pela metodologia de Thornthwaite & Mather (1948, 1955) entre 2000-2016 e seu comparativo com 2016 visando averiguar a déficit hídrico e o armazenamento d'água em município de Serra Talhada – PE. Os dados meteorológicos mostram que mudanças bruscas ocorreram e que os habitantes deverão mudar de táticas no futuro em relação aos plantios, armazenamento d'água e condições de sobrevivência. Estudos futuros devem ser levados em consideração para melhor entendimento de como os sistemas transientes atmosféricos e os efeitos locais irá afetar a variabilidade pluvial, evapotranspiração e evaporação. Segundo ainda os autores, tendência de acréscimo na temperatura e nos índices evaporativos poderão ocasionar eventos extremos de precipitações em curto intervalo de tempo e com alta magnitude.

Medeiros (2016a) elaborou o balanço hídrico mensal para o município de Matinhas (PB), visando o planejamento a citricultura. Resultou em oito meses (agosto a março) de deficiência hídrica com total acumulado de 354,5 mm, ocorrendo excedente hídrico nos meses de junho e julho, evapotranspirando 32% acima dos índices pluviométricos ocorridos, a evaporação real anual é na ordem de 906,7 mm. É de fundamental interesse a discussão de planos alternativos, e principalmente eficazes, de redução do consumo e desperdício d'água em tempos de escassez (Augusto, Gurgel, Neto, Melo & Costa, 2012).

Matos, Medeiros, Silva & Saboya, (2015) utilizaram dados de temperatura do ar mensais para o município de Barbalha – Ceará demonstraram que a elevação e a latitude são as variáveis fisiográficas que explicam melhor a variação da temperatura do ar anual e que as

variabilidades da temperatura média decorrem dos sistemas sinóticos atuantes na época do período chuvoso ou seco tal como dos impactos no meio ambiente.

Cavalcanti, Nunes, Marengo, Gomes, Silveira & Castellano, (2017) mostraram que esses aumentos de temperaturas vêm a resultar em eventos extremos e em alterações dos regimes pluviais, com maior ocorrência de secas e enchentes. Essa sequência de desequilíbrio natural do ecossistema pode originar o fenômeno da desertificação a partir do empobrecimento e degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas (MMA, 2010; Almeida, Aguiar, Silva & Damaseceno 2014).

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2013) destaca que nas últimas décadas observa-se um aumento da temperatura, isso pode causar mudanças no regime hídrico, por meio de alterações dos padrões de precipitação, o que pode impactar diretamente na umidade do solo, na reserva subterrânea e na geração do escoamento superficial.

Matos, Silva & Medeiros (2014) constataram em estudo sobre aptidão climática, através do balanço hídrico, conforme Thornthwaite & Mather (1948, 1955), que a evaporação se comportou de forma semelhante a precipitação pluvial, os mesmos salientam que quando houve um maior índice pluviométrico também se observou aumento da evaporação. A influência da precipitação gera como consequências menores índices de evaporação, menor umidade relativa do ar e conseqüentemente um clima mais seco.

O objetivo deste estudo foi à realização do cálculo do balanço hídrico sequencial visando de constatar as oscilações dos elementos climáticos determinando e disponibilizando contribuições para elaborações de planejamento rural e urbano, agropecuário, e gerando informações a agriculta familiar e aos hortifrutigranjeiros do município de Lagoa Seca – PB compreendido entre o período de 1981-2019.

2. Metodologia

O município posiciona-se na Microrregião de Lagoa seca e Mesorregião do Agreste Paraibano. Limita-se com: Campina Grande, Massaranduba, Matinhas, São Sebastião de Lagoa de Roça, Montadas, Puxinanã e Esperança. A sede municipal localiza-se na Latitude de 07°10'15''S; Longitude de 35°51'13''W e altitude de 634 metros. (Figura 1).

Figura 1 - Área do município de Lagoa Seca dentro do estado da Paraíba.



Fonte: Medeiros (2020).

Segundo Köppen & Geiger (1928; 1931) o clima é do tipo “As” (quente e úmido Tropical chuvoso). Estudos como o de Alvares, Stape, Sentelhas, Gonçalves & Spandrock. (2014) corroboraram com o tipo de clima estudado. A classificação climática de Thornthwaite & Mather (1948; 1955) é do tipo (C₁ADa’) seco subúmido, megatérmico, com pequena ou nenhum excesso d’água e evapotranspiração com 29,66% da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano (novembro, dezembro e janeiro). As amplitudes térmicas têm as suas variações de acordo com a latitude, altitude e com o grau de continentalidade (efeitos de montanhas, orografia; vales, morros, etc.).

O regime pluvial insere-se na faixa das isoietas (linha que une o mesmo valor de precipitação) de 1.100 mm/ano a 1.200 mm/ano. (Medeiros, 2016). As chuvas têm início por volta da segunda quinzena de março, aumentando o volume nos primeiros dias de abril e se prolonga até agosto, sendo o trimestre mais chuvoso os meses de maio a julho. No município estudado especificamente, as chuvas são fundamentais para o bom desenvolvimento do regime dos rios perenes, córregos, riachos, níveis dos lagos e lagoas, bem como para a ocupação do solo, sendo imprescindível ao planejamento de qualquer atividade o conhecimento da sua dinâmica. As complementações dos fatores provocadores de chuva no município são formações de linhas de instabilidade na costa e transportada para o interior pelos ventos alísios de nordeste, desenvolvimento de aglomerados convectivos, proveniente do calor armazenado na superfície e transferido para atmosfera, orografia, contribuições de formação de vórtices ciclônicos, e tendo como principal sistema o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical. Normalmente as chuvas têm intensidade moderada seguidas de irregularidade devidas às falhas dos sistemas meteorológicos atuantes. Salienta-se que a ocorrência de períodos de veranicos (ocorrências de vários dias consecutivos sem chuva

durante o período chuvoso) no quadrimestre chuvoso (abril a julho) é possível e variante de ano para ano. Sua magnitude é variada dependendo da época e dos fatores meteorológicos atuantes. Tem-se registrado ocorrências com períodos de veranicos superiores há 17 dias mensais no intervalo de tempo ocorrido dentro do quadrimestre. (Medeiros, 2016).

Os dados pluviiais médios mensais em estudos foram caracterizando como um período de normal climatológica, onde, empregou-se do software em planilhas eletrônicas, para extrair os valores das médias mensais e anuais da precipitação do período de 1981 a 2019. Os referidos dados foram fornecidos pela Agência executiva d'água e clima do Estado da Paraíba (AESAs, 2020).

Os dados da temperatura média do ar para a área estudada foram estimados pelo software Estima_T (Cavalcanti, Silva & Sousa. 2006; Cavalcanti & Silva, 1994). Visto que o referido município não tem equipamentos para se realizar tal observação. O Estima_T é um software para fazer estimativas de temperaturas do ar na Região do Nordeste do Brasil (NEB).

Determinaram-se os coeficientes da função quadrática para as temperaturas médias mensais em função das coordenadas locais: latitude, longitude e altitude (Cavalcanti, Silva & Sousa 2006) dada por:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varnothing + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\varnothing^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\varnothing + C_8\lambda h + C_9\varnothing h$$

Em que:

C_0, C_1, \dots, C_9 são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude;

$\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude; $h, h^2, \lambda h,$

$\varnothing h$ altura.

Também estimaram a série temporal de temperatura, adicionando a esta à anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical (Silva Sousa, Cavalcanti, Souza & Silva 2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \quad i= 1,2,3,\dots,12 \quad j= 1950, 1951, 1952,\dots,2015$$

Em que: $i= 1,2,3,\dots,12;$

$j= 1950, 1951, 1952, 1953,\dots,2015.$

Utilizaram-se do método de Thornthwaite & Mather para o cálculo do balanço hídrico sequencial (BHS) em escala mensal para a área estudada, ou seja, o BHS, elaborado a partir das normais climatológicas de temperatura e precipitação média. Essa técnica é utilizada para trabalhar com dados de balanço global d'água do ponto de vista climatológico. Através da contabilização do suprimento natural d'água ao solo, por meio da pluviosidade (P), e da demanda atmosférica, pela evapotranspiração potencial (ETP), considerando um nível máximo possível de armazenamento (CAD). O BHS fornece estimativa da evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF), excedente hídrico (EXC) e armazenamento efetivo d'água no solo (ARM), podendo ser elaborado desde a escala diária até mensal (Camargo, 1971).

Nos cálculos para a obtenção do BHS utilizou-se do valor de CAD representativos dos solos encontrados na região estudada - CAD = 100 mm para um solo com alta capacidade de armazenamento. Esta CAD pode atender a um maior número de culturas perenes na área estudada (Santos, Hernandez & Rossetti 2010); Abreu & Tonello, 2015). O cálculo do BHS foi computado através de planilha eletrônica elaboradas por Rolim et al. (1998) e adapta por Medeiros (2019).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1989) sugerem que em estudos comparativos de clima, deve-se serem utilizadas das séries médias para períodos com mais de 30 anos de observações, para tanto os dados precisam ter consistência e homogeneidade na sua comparação entre seus valores analisados. Segundo ainda a OMM (Organização Meteorológica Mundial, 2019) estabeleceu que em estudos de clima, sejam utilizadas médias de pelos menos trinta anos de dados observados. Para períodos curtos, dez anos, denominada normal provisória pode ser utilizado para avaliar o comportamento do clima desde que se trabalha com anos sucessivos.

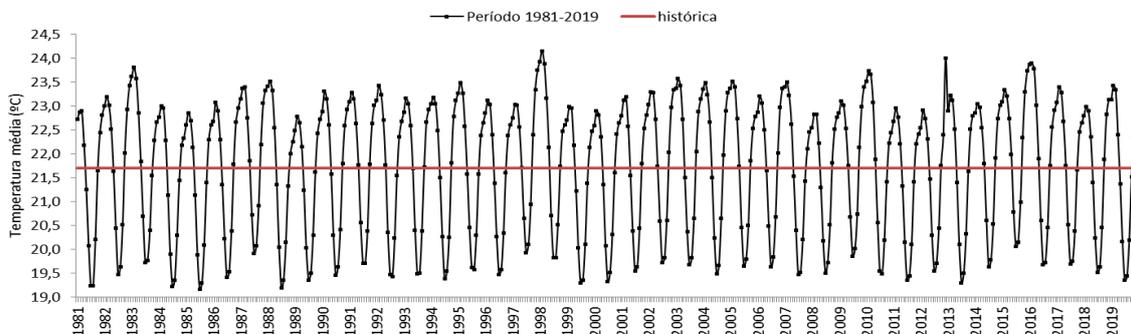
3. Resultados e Discussão

A Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2019) estabeleceu que em estudos de clima, sejam utilizadas médias de pelos menos trinta anos de dados observados. Para períodos curtos, dez anos, denominada normal provisória pode ser utilizado para avaliar o comportamento do clima desde que se trabalha com anos sucessivos.

A área municipal de Lagoa Seca tem temperatura média histórica de 21,7 °C para o período de 1981-2019 e com flutuabilidade oscilando de 19,1 °C no mês de junho para os anos de 1985 e 1988. No mês de fevereiro de 1998 com 24,3 °C e em janeiro de 2013 com

24,1 °C. O ano de 1989 e 2019 registrou-se temperatura média igual e inferior a 22,9 °C. Os anos de 1997 e 2015 em meses isolados registraram temperatura média igual a 20,0 °C. (Figura 2).

Figura 2 – Temperatura média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.



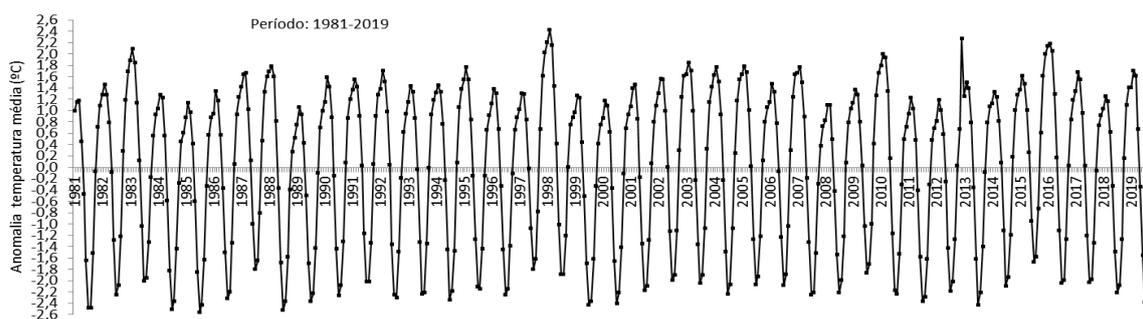
Fonte: Medeiros (2020).

As alterações de aumento nas temperaturas globais, regionais e locais constatados nos estudos dos autores Nangombe, Zhou, Zhang, Wu, Hu, Zou e Li (2018); Manssignam, Pandolfo, Santi, Caramori e Vicari; Lopes & Leal (2015) o que corrobora com as discussões aqui apresentadas.

Dai, Trenberth & Karl (1999) advertem que existe tendência de aquecimento global acentuado para os períodos noturnos e redução nas amplitudes térmicas, estando pautadas aos acréscimos das coberturas de nuvens baixas. Já os autores Salviano, Groppo & Pellegrino (2016) e Silva & Dereczynski (2014) demonstraram que para a região Sudeste do Brasil registraram-se incrementos na temperatura mínima de $0,4\text{ °C ano}^{-1}$ e de $0,04\text{ °C ano}^{-1}$ para a região metropolitana do Rio de Janeiro. Consequentemente alterando os padrões da temperatura média, corroboram com as discussões apresentadas.

Resultados semelhantes são encontrados em diversos estudos, os quais indicam que nas duas últimas décadas ocorreram os anos mais quentes já registrados e também aumento na ocorrência de eventos extremos. Na Fig.3 têm-se as flutuações das anomalias das temperaturas médias do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.

Figura 3 - Anomalia da temperatura média do período de 1981-2019. Lagoa Seca.



Fonte: Medeiros (2020).

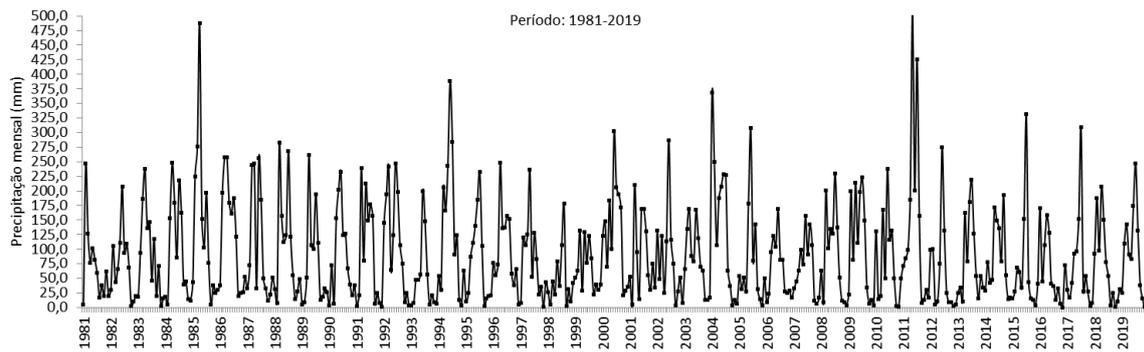
Com oscilações fluindo entre $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Destaca-se o ano de 1983 compreendido entre os meses de janeiro a março com anomalia positiva oscilando entre $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os anos de 1988; 1995; 2003; 2004; 2005; 2007 nos meses de janeiro e fevereiro com anomalia de temperatura igual a $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. No ano de 1998 para os meses de dezembro a março as anomalias fluíram entre $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

O ano de 2010 as anomalias positivas oscilaram entre $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos meses fevereiro e março. Em janeiro de 2013 registrou anomalia máxima de $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nos meses de dezembro a março de 2016 as oscilações das anomalias positivas fluíram entre $2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Destacam-se os anos de 1989; 2008 e 2019 como os de menores anomalias positivas.

As menores anomalias negativas foram registradas nos meses maio e junho de 1995 com $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. As maiores anomalias negativa ocorreram nos meses de julho e agosto de 2014 com $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na série estudada as anomalias negativas fluíram de $-2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Lopes, Souza & Ferreira. (2013) mostraram que as ações de atuações dos diferentes sistemas meteorológicos vêm a proceder com variabilidades pluviais elevadas e irregulares conforme Figura 4 da precipitação média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.

Figura 4 – Precipitação média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.



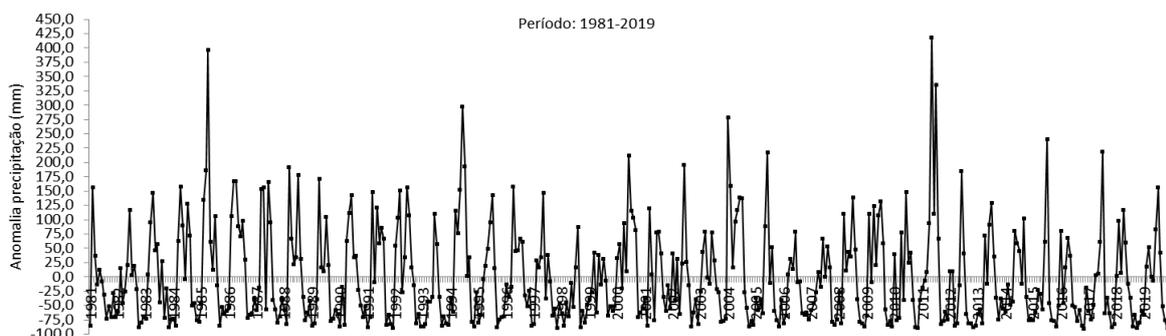
Fonte: Medeiros (2020).

Com precipitação média de 90,3 mm para o período de 1981-2019 e com suas oscilações mensais fluindo de 0,0 mm a 500 mm. Os maiores índices pluviométricos registraram-se nos anos de 1985; 1994; 2004; 2005; 2011; 2015; 2017 e 2019. Para os demais anos observa-se grandes irregularidades mensais e interanuais onde estas irregularidades foram ocasionadas pelos sistemas sinóticos transientes atuantes sobre a quadra chuvosa de acordo com os estudos IPCC (2014) ; Eli, Pitz, Neves, Haveroth & Oliveira (2013).

Ye, Fetzer, Behrangi, Wong, Lambrigtsen, Wang, Cohen e Gamelin (2016) mostram que a intensificação de fenômenos locais característicos dos grandes centros urbanos, potencializa o aumento da temperatura do ar e precipitação. Diferentes pesquisas identificaram mudanças no campo da precipitação devido as mudanças climáticas (Marcuzzo, Goularte & Melo (2012), Eli, Pitz, Neves, Haveroth & Oliveira (2013), Ávila, Souza, Pinheiro & Figueira (2014).

Na Figura 5 observam-se as oscilações das anomalias da precipitação média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.

Figura 5 – Anomalia da precipitação média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.



Fonte: Medeiros (2020).

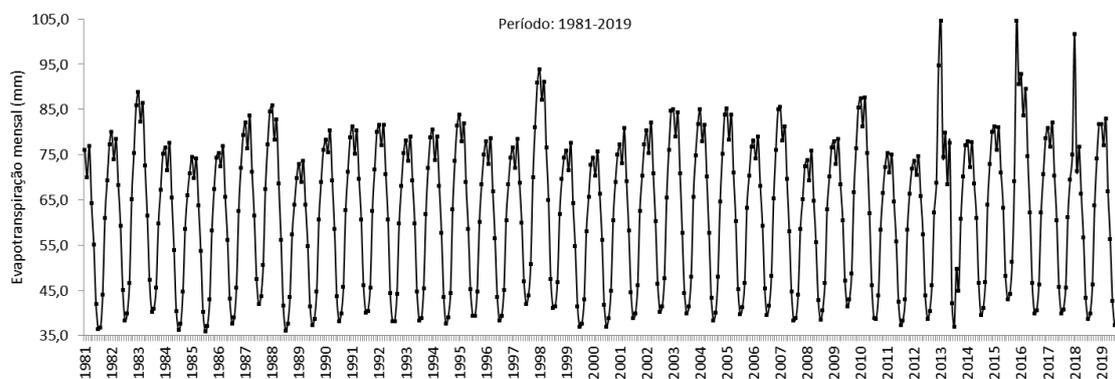
As flutuações das anomalias oscilaram entre -90,3 mm a 418,9 mm. As maiores anomalias positivas foram registradas no mês de fevereiro de 1981 (156,2 mm); abril de 1983 (147,4 mm); abril de 1985 (397,2 mm); março de 1986 (258,0 mm); junho de 1987 (256,5 mm); março de 1988 (282,5mm); abril de 1989 (261,5 mm); junho de 1990 (233,0 mm); março de 1991 (239,0 mm); junho de 1992 (247,0 mm); junho de 1993 (200,0 mm); junho de 1994 (388,5 mm); julho de 1995 (232,8 mm); abril de 1996 (247,9 mm); junho de 1997 (236,7 mm); agosto de 1998 (177,6 mm); março de 1999 (132,3 mm); junho de 2000 (303,0 mm); março de 2001 (210,0 mm); junho de 2002 (286,0 mm); março de 2003 (268,8 mm); janeiro de 2004 (368,3 mm); junho de 2005 (307,2 mm); junho de 2006 (169,0 mm); junho de 2007 (156,6 mm); março de 2008 (200,6 mm); julho de 2009 (222,7 mm); junho de 2010 (238,3 mm); maio de 2011 (509,2 mm); junho de 2012 (274,8 mm); julho de 2013 (219,6 mm); junho de 2014 (149,4 mm); julho de 2015 (331,4 mm); janeiro de 2016 (170,8 mm); julho de 2017 (309,0 mm); abril de 2018 (207,6 mm) e julho de 2019 (246,5 mm).

Os menores valores das anomalias da precipitação média negativa do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB foram registradas em: janeiro de 1981 (-85,2 mm); outubro de 1982 (-87,3 mm); novembro de 1983 (-87,3 mm); fevereiro de 1984 (-84,8 mm); setembro de 1985 (-85,3 mm); outubro de 1986 (-66,0 mm); outubro de 1987 (-79,3 mm); fevereiro de 1988 (-82,8 mm); janeiro de 1989 (-85,3 mm); março de 1990 (-89,8 mm); janeiro de 1991 (-87,3 mm); dezembro de 1992 (-87,0); janeiro de 1993 (-86,3 mm); novembro de 1994 (-86,3 mm); setembro de 1995 (-87,3 mm); dezembro de 1996 (-85,1 mm); janeiro de 1997 (-82,9 mm); fevereiro de 1998 (-84,9 mm); março de 1999 (-62,1 mm); outubro de 2000 (-69,6 mm); março de 2001 (-75,6 mm); setembro de 2002 (-86,4 mm); outubro de 2003 (-77,1 mm); outubro de 2004 (-86,5 mm); janeiro de 2005 (-84,3 mm); janeiro de 2006 (-80,8 mm); novembro de 2007 (-84,0 mm); dezembro de 2008 (-86,4 mm); dezembro de 2009 (-87,1 mm); novembro de 2010 (-88,8 mm); outubro de 2011 (-83,1 mm); dezembro de 2012 (-88,2 mm); março de 2013 (-80,5 mm); novembro de 2014 (-75,7 mm); outubro de 2015 (-74,7 mm); dezembro de 2016 (-90,3 mm); novembro de 2017 (-88,7 mm); outubro de 2018 (-89,3 mm) e novembro de 2019 (-89,3 mm).

Os índices pluviométricos registrados entre os meses de maio a novembro fluem abaixo da evapotranspiração real, não sendo satisfatório para atender a pendência evaporativa do período, tornando-se inviável a produção agrícola de sequeiro, para tanto o cultivo será através da irrigação para suprir as necessidades hídricas das cultivares nesta região (Medeiros, Matos, Silva P.F. & Silva J.A.S., 2015).

Na Figura 6 registram-se as oscilações da evapotranspiração (ETP) média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.

Figura 6 – Evapotranspiração média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.



Fonte: Medeiros (2020).

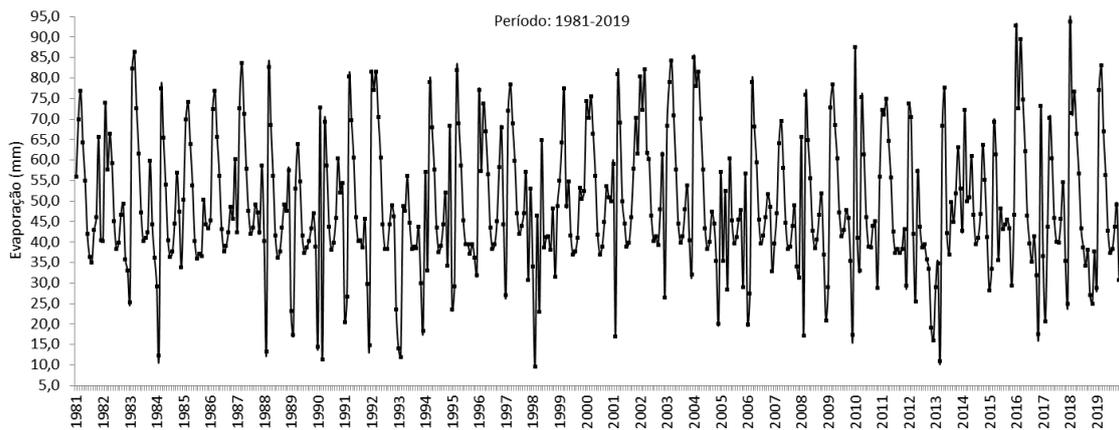
A ETP fluiu entre 35,9 mm a 104,6 mm. Alguns anos onde os índices evaporativos foram maiores dezembro de 1982 (85,9 mm); janeiro de 1983 (88,8 mm); março de 1987 (83,7 mm); janeiro de 1988 (85,9 mm); março de 1990 (80,3 mm); janeiro de 1995 (83,8 mm); março de 1998 (91,0 mm); março de 2002 (85,2 mm); março de 2004 e 2010 com 81,6 mm e 87,7 mm respectivamente.

Os menores índices evapotranspirativos registrado no período do estudo foram para agosto de 1981 (36,7 mm); julho de 1985 (35,9 mm); julho de 1988 (36,1 mm); agosto de 1990 (39,9 mm); julho/agosto de 1992 (38,2 mm); julho 199 (36,9 mm); agosto de 2000 (38,9 mm); julho de 2006 (39,6 mm); agosto de 2007 e 2010 com 38,9 mm e 38,7 mm e junho de 2011 com 37,4 mm.

Os resultados apresentados dos índices da evapotranspiração concordam com vários estudos realizados para a região semiárida do Nordeste brasileiro. Os autores França, Ferraz, Medeiros, Holanda & Rolim Neto. (2019); Medeiros, Gomes Filho & Costa Neto (2014); Matos, Silva & Medeiros (2014). Os autores encontraram similaridade com as discussões e com os índices evapotranspirativos apresentadas neste artigo. Na ocasião em que o solo não alcançar a suplementação da precipitação no acolhimento da evapotranspiração, acontecerá à deficiência hídrica (Borsato, 2012).

Na Figura 7 têm-se as oscilações da evaporação média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.

Figura 7 – Evaporação média do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.



Fonte: Medeiros (2020).

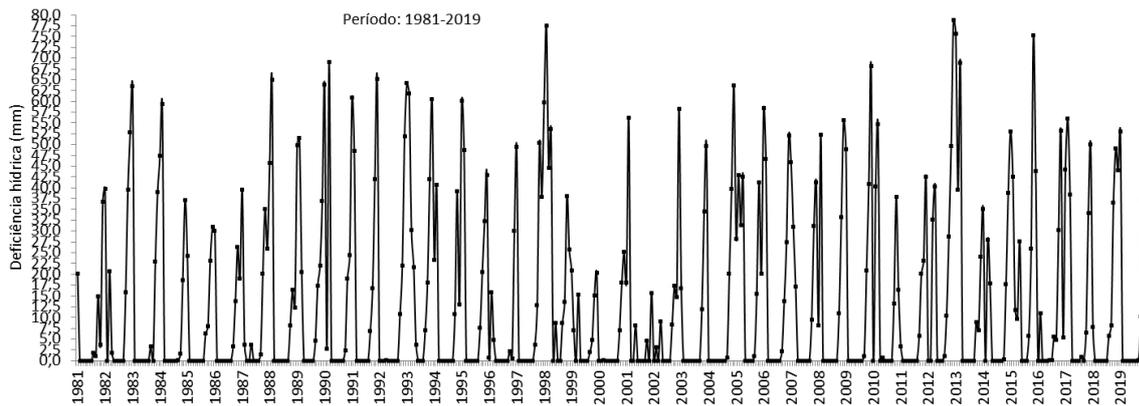
As oscilações da evaporação fluíram de 9,7 mm no ano de 1998 a 93,8 mm em 2018. Os anos de maiores poderes evaporativos foram 2017; 2016; 2010; 2004 e 1983. Os anos de menores poderes evaporativos foram 1984; 1988; 1990; 1998 e 2013.

Matos, Silva, Barros, Dantas, Medeiros, Saboya & Santos (2019) descreveram que as menores taxas evapotranspirativas foram observadas nos meses mais frios e as maiores nos meses mais quente do ano. Os resultados encontrados pelos autores têm similaridades com os do presente estudo.

Camargo (1971) mostrou que para avaliar se uma região tem deficiência ou excesso de água durante o ano devem-se considerar dois elementos, a precipitação, responsável pelo aumento da umidade do solo, e a evapotranspiração, responsável pela sua retirada de umidade no solo. França et al. (2019); Medeiros, Gomes Filho & Costa Neto (2014), Matos, Silva & Medeiros (2014) e Borsato, (2012). Dourado Neto, Lier, Metslaar, Reichardt & Nielsen (2010) constataram nos seus estudos que o resultado do balanço hídrico pelo método de Thornthwaite & Mather (1955) são empregados para a realização da classificação climática, caracterização hidrológica, estudos ambientais e planejamento agropecuários. Apresentam similaridade com as análises e discussões apresentados.

As deficiências hídricas (DEF) do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB. (Figura 8).

Figura 8 – Deficiência hídrica do período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.

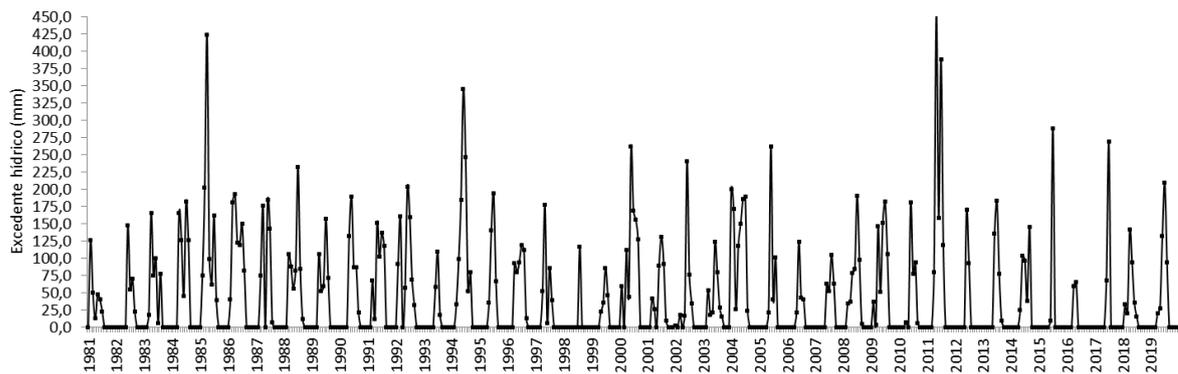


Fonte: Medeiros (2020).

As DEF foram examinadas conforme suas variações de meses para o período em estudo. Nos meses de julho a janeiro de 1981; 2016 e 2018. As oscilações da DEF entre os meses de setembro a abril registraram-se nos anos de 1982; 1999 e 2005. A DEF entre os meses de setembro a fevereiro deu-se nos anos de 1983; 1985; 1988; 1991; 2001 e 2008. As DEF ocorridas entre os meses de setembro a janeiro registrou-se nos anos de 1986; 1997; 2003; 2009; 2011 e 2019. Entre os meses de setembro a março registraram-se para os anos de 1989; 1990; 1995; 1996; 2006; 2010 e 2014. A DEF de 1984 e 1987 ocorreu entre os meses de agosto a fevereiro. Nos meses de outubro registraram-se as DEF para os anos de 1992 e 2000. Com oscilações entre os meses de fevereiro, março e abril para os anos de 1994; 2007 e 2014. Nos anos de 1993; 2012; 2015 e 2017 registrou-se DEF nos meses de agosto a maio. No ano de 1998 a DEF fluiu entre os meses de setembro a junho e nos anos de 2002 e 2004 as DEF foram entre os meses de setembro a dezembro.

Estudo como o de Carvalho et al. (2011) onde mostraram que o computo do balanço hídrico é uma dos instrumentos empregados na contabilização dos excedentes e déficits hídricos, consentindo avaliar se a quantidade d'água presente no solo é suficiente para suprir a necessidade hídrica da planta, Estes resultados estão de acordo com os alcançados neste estudo. As flutuações dos excedentes hídricos (EXC) para o período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB (Figura 9) foram analisadas conforme suas variações de meses para o período em estudo.

Figura 9 – Excedente hídrico período de 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB.



Fonte: Medeiros (2020).

No mês de janeiro a julho registrou-se excedente no ano de 1981, julho a agosto em 1982, entre os meses de abril a agosto registrou-se EXC nos seguintes anos 1983; 1984; 1985; 1989; 1990; 1996; 2001 e 2008. Nos meses de fevereiro a agosto teve-se os anos de 1986 e 2009. Entre março a julho ocorreu EXC no ano de 1987. Março a agosto os anos de 1988 e 1991. Fevereiro a setembro o ano de 1992. Junho e julho os anos de 1993, 1999 e 2012. Março a setembro 1994. O EXC entre os meses de junho a agosto foi registrado nos anos de 1995, 2002, 2003, 2005, 2006, 2010, 2013 e 2019. Nos meses de maio a agosto ocorreu nos anos de 1997 e 2011. No mês de agosto 1998. Entre os meses de abril a setembro ocorreu no ano de 2000. Entre janeiro e setembro no ano de 2004. De janeiro a setembro em 2014. EXC no mês de julho registrou-se nos anos de 2015 e 2017. Maio em 2016 e entre abril a junho no ano de 2018.

Inseriram-se alguns parâmetros decadais para melhor visualizarmos as suas oscilações e verificar suas flutuações crescentes ou decrescentes para os elementos meteorológicos estudados. Na tabela 1 observa-se que as temperaturas médias fluíram entre 21,6 °C a 21,7 °C; nas décadas de 80 e 2011 foi de 21,6 °C e nas décadas de 90 e 2000 a média foi de 21,7 °C.

Tabela 1 - Médias decadais da temperatura (°C), chuva, evapotranspiração, evaporação, deficiência e excedente hídrico (mm) para o município de Lagoa Seca – PB e seu comparativo com a média compreendida entre 1981-2019.

Décadas	Temperatura média	Chuva média	Evapotranspiração média	Evaporação média	Deficiência hídrica média	Excedente hídrico média
Década:1981-1990	21,6	97,3	60,9	49,3	11,6	48,6
Década:1991-2000	21,7	90,8	42,6	48,2	13,7	42,6
Década:2001-2010	21,7	94,2	61,7	48,9	12,8	45,6
Década:2011-2019	21,6	135,1	60,9	52,6	8,3	78,1
Média	21,7	90,3	62,2	48,9	13,3	41,6

Fonte: Medeiros (2020).

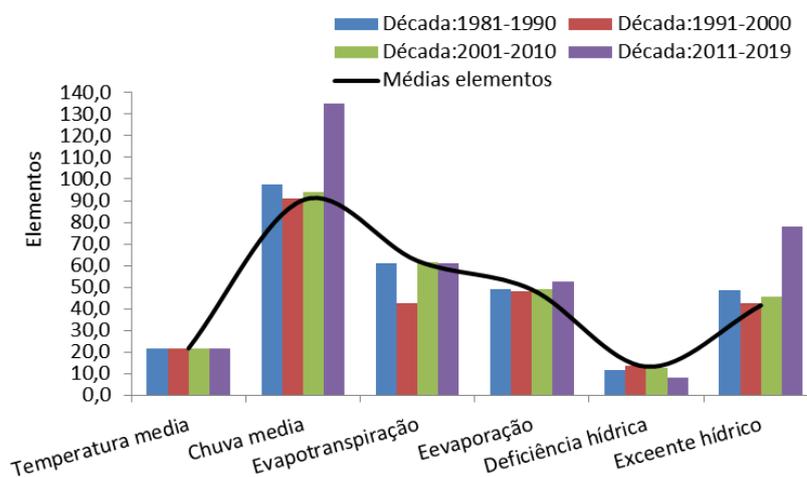
Nas análises das décadas de chuvas observam-se que todas apresentaram índices pluviométricos acima da média de 7,7%; 0,5%; 4,3% e 49,6% estas incidências pluviométricas estão de acordo com os estudos de Nobre (2011); IPCC (2014).

As relações percentuais entre precipitação e evapotranspiração 37,4%; 50,1% -34,5% e -54,9% e entre a evapotranspiração e evaporação a relação percentual foram de 80,9%; 13,1%; -20,7% e -13,6% respectivamente. Evaporou -49,3%; -46,9%; -48,1% e 61,1% do valor pluviométrico.

As deficiências hídricas foram abaixo da média do período exceto para a década de 1991-2000 com média de 13,7 mm e a década de 2011-2019 com 8,3 mm. Todas as médias dos excedentes hídricos superaram as médias do período.

Na Figura 10 têm-se as representações gráficas das médias dos elementos meteorológicos decadais e do período 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB. As médias dos períodos superaram as médias decadais da temperatura. Nos índices pluviométricos as décadas de 1981-1990 e 2011-2019 superaram a média do período e foram iguais nas décadas 1990 e 2000. No poder evapotranspirativo a década de 90 ficou abaixo da média do período e nas demais décadas ocorreu um equilíbrio.

Figura 10 – Gráfico das representações das médias dos elementos meteorológicos decadais e do período 1981-2019 no município de Lagoa Seca – PB



Fonte: Medeiros (2020).

Na evaporação as três primeiras décadas foram inferiores ao do período e superior na última década. As deficiências hídricas foram distribuídas com a primeira e última década abaixo da média do período e segunda e terceira década igual à média do período. Nos excedentes hídricos a segunda e terceira década igualou-se a média do período, na primeira e última década superou a climatologia.

Os resultados semelhantes foram obtidos para a região do semiárido brasileiro, segundo os autores (Silva & Dereczynski, 2014; Jesus, 2015; Francisco, Medeiros, Matos, Santos & Saboya 2017; Santos et al., 2018).

4. Considerações Finais

As oscilações de redução e acréscimo na temperatura média verificadas neste estudo podem estar associadas ao crescimento urbano, desmatamento das áreas verdes, impermeabilização do solo, queimadas, focos de incêndios e o crescimento vertical da área urbana e rural. Estes elementos fazem com que uma maior parcela da sociedade viva nas cidades, fundindo aspectos de vida econômica, política, social e cultural, e como tal enfrentem um maior risco de danos climáticos.

A temperatura do ar apresenta aumento em todos os meses do ano, destacando-se a temperatura máxima, pelo aumento anômalo nos meses que compõem as estações de outono e

primavera. Já para a temperatura mínima, o maior aumento é observado entre a primavera, verão e outono.

O BHS proveem conhecimentos detalhados dos elementos climáticos do período estudado gerando informações extraordinárias aos tomadores de decisões governamentais e aos elaboradores de projetos pecuários, agrícolas, agronegócios, aos hortifrutigranjeiros entre visando um desenvolvimento sustentável das produções na área estudada.

O balanço hídrico sequencial munuiu contribuições para a análise de valores extremos dos elementos estudadas para o período de 1981 a 2019.

Os valores da evapotranspiração mensais para o município em estudo apresentam vinculação das coordenadas geográfica, principalmente, da orografia.

A compactação de solo (urbano e rural), o crescimento vertical e a falta de arborização próxima aos lençóis d'água vêm aumentando o poder evapotranspirativo.

Os elementos meteorológicos: radiação, cobertura de nuvens, temperatura, velocidade do vento e pressão de saturação do vapor durante os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro aumenta o poder evaporativo os quais atingem valores extremos.

Tendo em vista a potencialidade agrícola da região e a relação climática com os diversos eixos da agricultura, hortifrutigranjeiro recomenda-se o monitoramento dos fenômenos atmosféricos atuantes na microrregião, bem como a utilização dos dados do balanço hídrico como subsídio para o planejamento do manejo de irrigação e a implantação de culturas no período que propicie seu melhor desenvolvimento.

Referências

Abreu, M.C. & Tonello, K.C. (2014). Estimativa do balanço hídrico climatológico da bacia hidrográfica do rio Sorocaba - São Paulo. *Ambiência* [online] 11. Disponível: 10.5935/ambiencia.2015.03.01. Acesso: 2020.

AESA. (2020). Agência executiva de água e clima do Estado da Paraíba. [www, aesa.gov.br](http://www.aesa.gov.br)

Almeida, H.A.; Aguiar, D.B.; Silva, J.N. (2015). Damaseceno, J. Indicadores hídricos do núcleo de desertificação da Microrregião do Seridó Ocidental da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 5, p. 1-10.

Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* v.22, p.711–728.

Assis, J.M.O.; Souza, W.M. & Sobral, M.C.M. (2015). Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the São Francisco river basin based on the rain anomaly index. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 2, p. 188- 202.

Augusto, L.S.S.; Gurgel, I.G.D.; Neto, H.F.C.; Melo, C.H. & Costa, A.M. (2012). O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, v.17, n.6, p.1511-1522, <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600015>.

Ávila, P.L.R.; Souza, E.B.; Pinheiro, A.N. & Figueira, W.S. (2014). Análise da precipitação sazonal simulada utilizando o regcm4 sobre o estado do Pará em anos de extremos climáticos. *Revista Brasileira de Climatologia*, 14, 50–75. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v14i1.36127>.

Borsato, V.A. (2012). O balanço hídrico em Campo Mourão e os sistemas atmosféricos. *Geografia, Rio Claro, SP*, v. 37, n. 2, p. 255-270, maio./ago..

Camargo, A.P. (1971). Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 28p. (Boletim Técnico, 116).

Carvalho, H. P. et al. (2011). Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo de água no solo e transpiração na cultura de café. *Biosci. J.* v.27 n.2, p.221-229.

Cavalcanti, E.P. & Silva, E.D.V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais..., Belo Horizonte: SBMET, v.1, p.154-157.

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

Cavalcanti, I.F.A.; Nunes, L.H.; Marengo, J.A.; gomes, J.L.; Silveira, V.P. & Castellano, M.S. (2017). Projections of Precipitation Changes in Two Vulnerable Regions of São Paulo State, Brazil. *American Journal of Climate Change*, v. 06, p. 268-293.

Dai, A.; Trenberth, K.E. & Karl, T.R. (1999). Effects of clouds, soil moisture, precipitation, and water vapor on diurnal temperature range. *Journal of Climate* [online] 12. Disponível em: <[https://doi.org/10.1175/15200442\(1999\)012<2451:EOCSMP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/15200442(1999)012<2451:EOCSMP>2.0.CO;2)>. Acesso: 2020.

Dourado Neto, D.; Lier, Q.J.V.; Metselaar, K.; Reichardt, K. & Nielsen, D.R. (2010). General procedure to initialize the cyclic soil water balance by the Thornthwaite and Mather method. *Revista Scientia Agricola* [online] 67. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000100013>. Acesso: 2020.

Eli, K.; Pitz, J.W.; Neves, L.O.; Haveroth, R. & Oliveira, E. C. (2013). Análise da distribuição da frequência de precipitação em diferentes intervalos de classes para Rio do Sul/SC. *Enciclopédia Biosfera*, 9, 106–113.

França, M.V.; Ferraz, J.X.V.; Medeiros, R.M.; Holanda, R.M. & Rolim Neto, F. C. (2019) Balanço hídrico entre 2000-2016 e seu comparativo com o ano de 2016 e sua influência do armazenamento de água no solo no município de Serra Talhada – PE. *Tecnologias no contexto das vulnerabilidades ambientais*. 1 ed. : Editora Itacaiúnas, v.1, p. 357-365. 2019.

Francisco, P.R.M.; Medeiros, R.M.; Matos, R.M.; Santos, D. & Saboya, L.M.F. (2020). Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Climatologia* [online] 20. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v20i0.41569>. Acesso: 2020.

IPCC. *Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5)*(Cambridge Univ Press, New York), p. 1535. IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers)*. Cambridge. 2007. Disponível: GS.

IPCC. (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível: 2014.

Jesus, J.B. (2015). Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE. Scientia Plena 11, 057302.

Köppen, W. (1931). Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

Köppen, W. & Geiger, R. (1928). Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

Leivas, J.F.; Berlatto, M.A. & Fontana, D.C. (2006). Risco de deficiência hídrica decenal na metade sul do estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 10, n. 2, p. 397-407.

Lopes, I. & Leal, B.G. (2015). Índice de aridez e tendência a desertificação para estações meteorológicas nos estados da Bahia e Pernambuco. Revista Brasileira de Climatologia, v. 17, p. 155-172.

Lopes, M.N.G.; Souza, E.B. & Ferreira, D.B.S. (2013). Climatologia regional da precipitação no Estado do Pará. Revista Brasileira de Climatologia, 18, 307–326. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v12i1.31402>.

Manssignam, A.M.; Pandolfo, C.; SantI, A.; Caramori, P.H. & Vicari, M.B. (2017). Impact of climate change on climatic zoning of common bean in the South of Brazil. Agrometeoros, v. 25, p. 313-321.

Marcuzzo, F.F.N.; Goularte, E.R.P. & Melo, D.C.R. (2012). Mapeamento Espacial, Temporal e Sazonal das Chuvas no Bioma Amazônico do Estado do Tocantins. Anais. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10.

Marcuzzo, F.F.N.; Oliveira, N.L.; Filho, R.F.P. & Faria, T.G. (2012). Chuvas na região Centro-Oeste e no Estado do Tocantins: análise histórica e tendência futura. *Boletim de Geografia*, 30, 19–30.

Matos, R.M.; Silva, J.A.S. & Medeiros, R.M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.8, n.6, p.422-431, 2014.

Matos, R.M.; Medeiros, R.M.; Silva, P.F. & Saboya, L.M.F. (2015). Flutuabilidade da temperatura média do ar anual, máximos e mínimos absolutos no município de Barbalha – CE, Brasil. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, 2015 Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza - CE 15 a 18 de setembro de 2015.

Matos, R.M.; Silva, P.F.; Barros, A.S.; Dantas Neto, J.; Medeiros, R.M.; Saboya, L.M.S. & Santos, B.D.B, (2019). Aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca no município de Barbalha - CE. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 12. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.5.p%25p>. Acesso: 26 mar. 2020.

Medeiros, R. M. (2016b). Estudo agroclimatológicos do Estado da Paraíba. p. 137.

Medeiros, R.M. (2016a). Estudo climatológico do município de Matinhas – PB. Editora da Universidade Federal de Campina Grande – EDUFPG. 1.a Edição. Campina Grande – PB.

Medeiros, R.M. (2019). Adaptação da planilha desenvolvida por Rolim et al. no ambiente EXCEL para o cálculos de balanço hídricos sequencial.

Medeiros, R.M.; Matos, R.M.; Silva, P.F.; Silva, J.A.S. (2015). Caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha - CE. *Revista Enciclopédia Biosfera* 11, 461-476.

Medeiros, R.M; Gomes Filho, M.F. & Costa Neto, F.A. (2014). Estudo da evapotranspiração de referencia mensal e anual sobre a bacia hidrografica do rio Uruçuí Preto – Piauí, Brasil In: 9º Congresso de Educação Agrícola Superior Areia-PB -, 2014, Areia - PB. v.1. p.106 – 112.

Ministério do Meio Ambiente. (2010). Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil. Secretaria de Recursos Hídricos, Brasília: MMA.

Nangombe, S.; Zhou T.; Zhang, W.; Wu, B.; Hu, S.; Zou, L. & Li, D. (2018). Record-breaking climate extremes in Africa under stabilized 1.5 °C and 2 °C global warming scenarios. *Nature Climate Change*, v. 8, n. 4, p. 1-8.

Nobre, P. (2016). Mudanças Climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. In: *Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro*. Editores: LIMA, Ricardo da Cunha Correia; Barreto, Arnóbio de Mendonça; Marin Cavalcante Aldrin Martin Perez . Instituto Nacional do Semiárido - INSA, pp 25-35, ISBN: 978-85-64265-02-8, 2011.

Nunes, L.H. (2009). Compreensões e ações frente aos padrões espaciais e temporais de riscos e desastres. *Territorium*, n. 16, p. 179-189.

Oliveira Neto, S.N.; Reis, R.G.; Reis, M.G.F. & Leite, H. G. (2000). Estimativa de temperaturas para o território brasileiro localizado entre 16 e 24° latitude Sul e 48° e 60° longitude Oeste. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 11, 2000, Rio de Janeiro-RJ, p. 926-931.

Organização Meteorológica Mundial - OMM. (2019). Calculation of monthly and annual 30 - year standard normals. Geneva: WMO.

Rolim, G.S.; Sentelhas, P.C. & Barbieri, V. (1998). Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n.1,p133-37.

Salviano, M.F.; Groppo, J.D. & Pellegrino, G.Q. (2016). Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia [online]* 31. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620150003>>. Acesso: 2020.

Santos, G.O.; Hernandez, F.B.T. & Rossetti, J.C. (2010). Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo.

Revista Brasileira de Agricultura Irrigada [online] 4. 142-149. Disponível: 10.7127/RBAI.V4N300010. Acesso: 2020.

Santos, R.A.; Martins, D.L. & Santos, R.L. (2018). Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). Geo UERJ [online] 33. Disponível: 10.12957/geouerj.2018.34159. Acesso: 2020.

Silva, A.; Moura, G.B.A. & Klar, A.E. (2014). climatic classification of Thornthwaite and its agro-climatic feasibility in different precipitation regimes in Pernambuco. Irriga [online] 19. Disponível: <https://doi.org/10.15809/irriga.2014v19n1p46>. Acesso: 2020.

Silva, V.P.R.; Sousa, F.A.S.; Cavalcanti, E.P.; Souza, E.P. & Silva, B.B. (2006). Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, v. 68, n. 1, p.781-92,

Silva, W.L. & Dereczynski, C.P. (2014). Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro. Anuário do Instituto de Geociências [online] 37. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11137/2014_2_123_138>. Acesso: 2020.

Silveira, C.S.; Souza Filho, F.A.; Martins, E.S.P.R.; Oliveira, J.L.; Costa, A. C.; Nobrega, M.T.; Souza, S.A. & Silva, R.F.V. (2016). Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 21, 416–428. Disponível: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n2.p416-428>.

Souza, M.H.C.; Santos, R.D.S.; Ventura, K.M.; Bispo, R.C. & Bassoi, L.H. (2017). Balanço hídrico normal e sequencial para o município de Petrolina. IV INOVAGRI International Meeting, Anais... Fortaleza - CE, Brasil.

Souza, S.O.; Correia, W.S.C.; Fileti, R.B. & Vale, C.C. (2014) Balanço hídrico da bacia hidrográfica do Rio Caravelas (BA) como subsídio ao planejamento agrícola. Revista Brasileira de Geografia Física [online] 7, 83-92. 2014.

Thornthwaite, C.W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. Geogr. Ver. 38, 55-94.

Thornthwaite, C.W. & Mather, J.R. (1955). The Water Balance. New Jersey: Drexel Institute Of Technology. Publications In Climatology, 104p.

Ye, H.; Fetzer, E. J.; Behrangi, A.; Wong, S.; Lambrigtsen, B. H.; Wang, C. Y.; Cohen, J. & Gamelin, B. L. (2016). Increasing daily precipitation intensity associated with warmer air temperatures over Northern Eurasia. American Meteorological Society [online] 29. Disponível em: <<https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JCLI-D-14-00771.1>>. Acesso: 2020.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Raimundo Mainar de Medeiros – 50%

Romildo Morant de Holanda – 50%