

Climatological Analysis of Precipitation in the Municipality of Parnamirim, Pernambuco, Brazil

Gabriel Antonio Silva Soares*, Nara Tôrres Silveira**, Camila Gardenea de Almeida Bandim***, Juliana Patrícia Fernandes Guedes Barros****, Gilson José da Silva Gomes Vieira****, Carlos José dos Santos Freitas****, Joélia Natália Bezerra da Silva****, Valéria Sandra de Oliveira Costa****, Josicléda Domiciano Galvínio*****

*Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (gabriel.antonios@ufpe.br; autor correspondente), **Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (nara.torres@ufpe.br), ***Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (camila.bandim@ufpe.br; juliana.guedesbarros@ufpe.br), ****Graduando no curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (gilson.vieira@ufpe.br), *****Graduado em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (carlos.santosfreitas@ufpe.br), *****Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (joelia.silva@ufpe.br), *****Professora do Programa de Pós Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil (valeria.ocosta@ufpe.br), *****Professora Titular do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil (josicleda.galvinctio@ufpe.br).

Received 10 November; accepted 19 December

Abstract

In the semiarid region of the state of Pernambuco, characterized by an intense rainy season followed by a dry season, precipitation plays a crucial role, representing the main water input into the water balance, which is essential for water resource availability in the area. In this context, this study aimed to analyze precipitation patterns and the water balance of the Abóboras reservoir, located in the municipality of Parnamirim, with the goal of understanding climatic variability and its impacts on water resource management. The climatological analysis revealed a notable variability in precipitation patterns over the years, with years of heavy rainfall followed by periods of severe drought, which is characteristic of the semi-arid climate in the Northeast region of Brazil. The climatic seasonality, with a concentrated rainy season from January to March followed by a dry season from May to October, is significant in the region and directly influences the lives of local communities. Regarding the water balance of the Abóboras reservoir, the results indicated a critical situation of water scarcity, with low surface water retention and a high evapotranspiration rate. The availability of surface water is threatened, compromising the water security of the local population. In the face of these challenges, this study highlights the importance of continuous climate monitoring and the implementation of adaptation measures, including investments in water infrastructure, to address climatic variability in the semi-arid region of Pernambuco. These actions are essential to ensure the resilience of communities and the sustainability of water resource utilization, considering the unpredictable climate fluctuations that significantly affect water availability and the quality of life of people in the area.

Keywords: Hydrological modeling, Seasonality, Resilience, Climate variability.

Análise climatológica da precipitação no município de Parnamirim, Pernambuco, Brasil

Resumo

Na região semiárida do estado de Pernambuco, caracterizada por uma estação chuvosa intensa seguida por uma estação seca, a precipitação desempenha um papel crucial, representando a principal entrada de água no balanço hídrico, que é essencial para a disponibilidade de recursos hídricos na área. Diante desse contexto, este estudo buscou analisar os padrões de precipitação e o balanço hídrico do açude Abóboras, localizado no município de Parnamirim, com o objetivo de

compreender a variabilidade climática e seus impactos na gestão dos recursos hídricos. A análise climatológica revelou uma notável variabilidade nos padrões de precipitação ao longo dos anos, com anos de chuvas intensas seguidos por períodos de secas severas, o que é característico do clima semiárido nordestino. A sazonalidade climática, com uma estação chuvosa concentrada entre janeiro e março, seguida por uma estação seca de maio a outubro, é marcante na região e influencia diretamente a vida das comunidades locais. No que diz respeito ao balanço hídrico do açude Abóbora, os resultados indicaram uma situação crítica de escassez hídrica, com baixa retenção de água na superfície e alta taxa de evapotranspiração. A disponibilidade de água superficial é ameaçada, comprometendo a segurança hídrica da população local. Diante desses desafios, este estudo destaca a importância do monitoramento climático contínuo e da implementação de medidas de adaptação, incluindo investimentos em infraestrutura hídrica, para enfrentar a variabilidade climática na região semiárida de Pernambuco. Essas ações são essenciais para garantir a resiliência das comunidades e a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos, considerando as flutuações climáticas imprevisíveis que afetam significativamente a disponibilidade de água e a qualidade de vida das pessoas na área.

Palavras-chave: Modelagem hidrológica, Sazonalidade, Resiliência, Variabilidade climática.

1. Introdução

O semiárido nordestino se apresenta como uma região de precipitação irregular e altas temperaturas, que depende significativamente das variáveis climáticas para a disponibilidade de recursos hídricos e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de atividades socioeconômicas e ambientais (Gondim *et al.*, 2017). Os padrões de chuva intermitentes em escala espaço-temporal e a predominância de períodos prolongados de seca nas regiões semiáridas, intensificam os desafios competentes à gestão e ao acesso à água, e ameaçam a qualidade de vida da população (Rosaneli *et al.*, 2021; Soares; Galvêncio, 2020), tendo em vista que estão relacionados com o acesso contínuo e sustentável à água de qualidade, compreendendo o conceito de segurança hídrica (ONU-Água, 2013).

A precipitação se apresenta como o componente primordial do ciclo hidrológico, e principal fonte de entrada de água para o balanço hídrico, desempenhando um papel fundamental na dinâmica dos recursos hídricos em uma determinada área (Jardim *et al.*, 2019; Sobral *et al.*, 2018). A análise da precipitação por meio de séries históricas e registros meteorológicos, possibilita a identificação da sazonalidade na pluviosidade, a predição da probabilidade de ocorrência de eventos climáticos extremos, e a compreensão da variabilidade nos padrões climáticos em escala espaço-temporal (Oliveira *et al.* 2010). Essa abordagem oferece uma base científica sólida para a avaliação e o gerenciamento dos recursos hídricos, contribuindo para uma análise climatológica mais precisa e embasada.

O estado de Pernambuco enfrenta consideráveis desafios relacionados à ocorrência de eventos climáticos extremos, uma vez que abarca uma extensa área suscetível à desertificação. Silveira *et al.* (2022) indicam que Pernambuco apresenta o mais alto grau de escassez

hídrica entre os estados brasileiros, revelando uma disponibilidade de água equivalente a apenas 3,5% da média nacional. Este cenário ressalta a urgência de abordar questões relacionadas à gestão e à conservação dos recursos hídricos na área, dada sua vulnerabilidade às condições climáticas extremas, sobretudo diante das previsões de cenários climáticos, que apontam mudanças alarmantes para o semiárido nordestino (Tibúrcio *et al.*, 2023).

Uma série de dados completa viabiliza uma análise mais fidedigna da precipitação, uma vez que fornece informações sobre as características climáticas que só podem ser definidas através de um estudo de longo prazo. Enquanto o tempo representa as condições atmosféricas momentâneas e em constante mudança em um local específico, o clima emerge como uma síntese dos padrões meteorológicos em um determinado local ao longo de um período mínimo de 30 anos, proporcionando uma visão mais estável e previsível das características climáticas de uma região (Assad; Monteiro; Pugliero, 2021).

Luz e Galvêncio (2022) enfatizam que em áreas com poucas informações sobre o comportamento da água, os modelos hidrológicos podem ser adotados para quantificar e compreender a dinâmica das bacias hidrográficas, destacando o balanço hídrico superficial como uma ferramenta de gestão que viabiliza investigações sobre a água, com foco na Precipitação (P), na Evapotranspiração (ET) e no Escoamento (SURQ). O balanço hídrico é uma ferramenta essencial para a gestão de bacias hidrográficas, possibilitando a compreensão dos processos na região e estimando a disponibilidade de água através da análise das entradas e saídas de água no sistema (Tomasella; Rossato, 2005).

Os modelos hidrológicos, como o *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT), são ferramentas computacionais que se baseiam em equações matemáticas para compreender o balanço hídrico

em bacias hidrográficas, simulando os efeitos dos agentes socioambientais nos recursos hídricos (Martins *et al.*, 2020; Sartori, 2019). Dentre os modelos, o SWAT destaca-se por analisar os impactos do uso do solo nos padrões hídricos, incluindo quantidade e qualidade da água, escoamento superficial e subterrâneo, tornando-se aplicável em bacias de diferentes escalas com resultados satisfatórios (Reungsang *et al.*, 2005).

O Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPer) é um sistema que dispõe de projetos calibrados do modelo SWAT para as grandes bacias hidrográficas do estado, oferecendo uma plataforma online que amplifica o acesso a modelagem, possibilitando aos usuários obter resultados que simulam os impactos de diferentes manejos em culturas, solos, cobertura vegetal, usos e cenários de mudanças climáticas na qualidade e quantidade de água (Viana *et al.*, 2020; Galvêncio, 2021). O SUPer tem sido utilizado em diversas pesquisas para o estudo das bacias hidrográficas do Estado, como em Freire-Silva *et al.* (2022), que analisaram dados de evapotranspiração em corpos hídricos de Serra Talhada. Já Silveira *et al.* (2022; 2023) aplicaram o SUPer para avaliação da qualidade da água de reservatórios e bacias hidrográficas no semiárido pernambucano. Entretanto, poucos são os estudos encontrados sobre a análise do balanço hídrico em reservatórios do estado, com destaque para os trabalhos de Luz e Galvêncio (2022; 2023) e Tibúrcio *et al.* (2023).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar e analisar as os padrões e extremos de precipitação no município de Parnamirim, localizado na região semiárida do

estado de Pernambuco, utilizando dados históricos de precipitação; e posteriormente avaliar o balanço hídrico do açude Abóboras, situado na cidade de Parnamirim, por meio do SUPer.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

Parnamirim é um município localizado no sertão de Pernambuco, Brasil. Com uma economia influenciada pela agropecuária, destaca-se na produção de caprinos e ovinos, além da agricultura de subsistência. A região possui solos rasos e pouco férteis, exigindo práticas de conservação. O município possui uma população de 18.612 habitantes em 2022, Parnamirim enfrenta um clima semiárido com baixo índice de pluviosidade. O relevo é predominantemente plano. A vegetação é caracterizada pela caatinga, com árvores de pequeno porte e cactáceos predominantes. Duas bacias hidrográficas, a do Rio Terra Nova e a do Rio Brígida, banham o município, fornecendo os recursos hídricos (Prefeitura de Parnamirim, 2019).

O Açude Abóboras está localizado no município de Parnamirim, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Terra Nova, sendo banhado pelo Rio São Domingos (figura 1). Construído em 1954 pelo DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, o açude foi projetado com o objetivo principal de armazenar água para irrigação, servindo também como fonte de água para outros fins como o abastecimento humano e atividades industriais, contribuindo significativamente para a segurança hídrica da região (APAC, 2014).

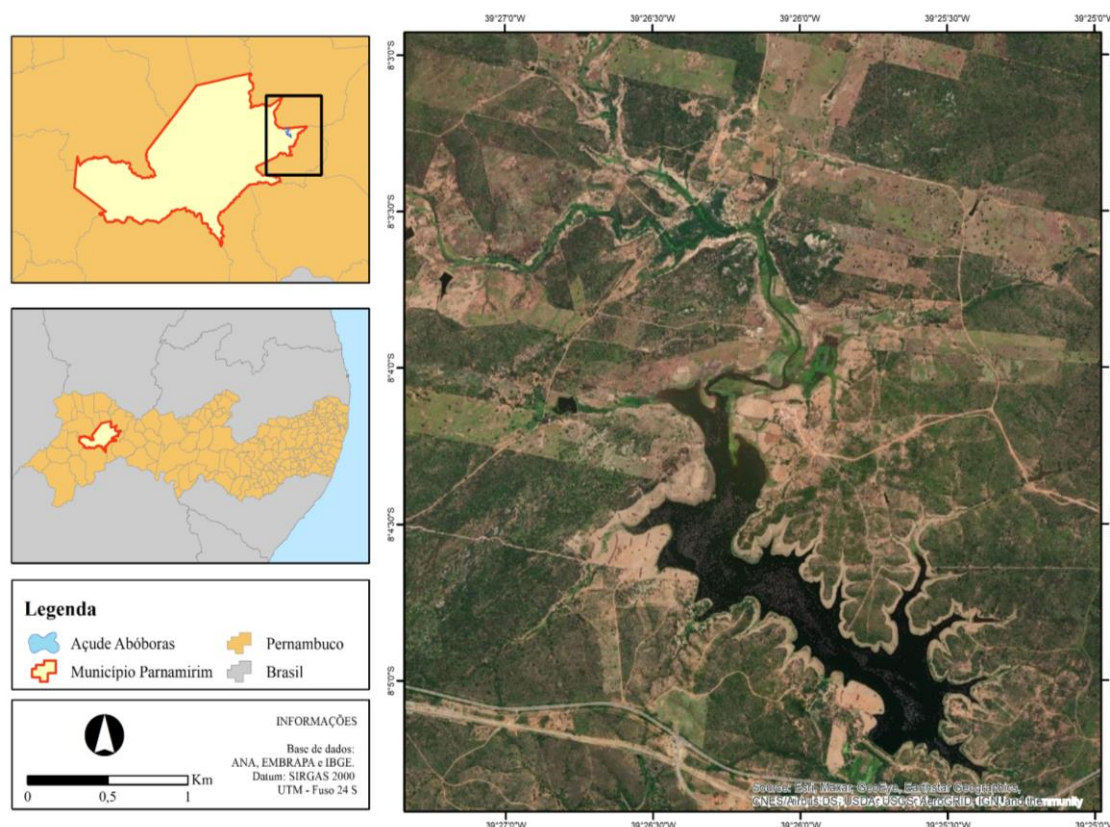


Figura 1 - Mapa de localização da cidade de Parnamirim e do Açude Abóboras

2.2 Análise climatológica da precipitação

As considerações e análises aqui apresentadas estão embasadas em dados obtidos através da plataforma online da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), que monitora os elementos hidroclimáticos e disponibiliza informações indispensáveis para uma compreensão mais minuciosa do clima e de suas implicações na disponibilidade de água no âmbito estadual. Para a análise, foram coletados dados meteorológicos de uma série histórica de 61 anos, entre o período de 1961 a 2022, para o posto de monitoramento Parnamirim (código 172). A seleção da estação se deu pela maior disponibilidade de dados na série histórica, que apresentou informações para uma escala temporal muito superior às outras estações presentes na cidade que, em sua maioria, já foram desativadas.

Os dados selecionados foram exportados, organizados e por fim foram utilizados para o cálculo das seguintes razões: o acumulado anual de precipitação, a média anual, as médias climatológicas mensais e anual, e o desvio médio absoluto. A partir dos dados selecionados, foram gerados gráficos para análise.

2.3 Balanço hídrico superficial

Para a obtenção do balanço hídrico superficial mensal da bacia do Açude Abóboras, sub-bacia 07 da bacia do rio Terra Nova no SUPER, foi utilizada uma série histórica de 60 anos de dados (de 1961 a 2021), definindo 5 anos para o aquecimento do modelo. Para acessar a modelagem SWAT e obter o balanço hídrico superficial para a bacia do Açude Abóboras, foi utilizado o SUPER, disponível em: <https://super.hawqs.tamu.edu/>. Conforme Neitsch *et al.* (2011) descrevem, o modelo SWAT realiza a simulação do ciclo hidrológico utilizando a equação do balanço hídrico (equação 1), que representa os processos concorrentes em uma bacia hidrográfica. Abaixo, é apresentada a equação do balanço hídrico:

$$SW_t = SW_0 + \sum(R - Q - ET - P - QR) \quad (1)$$

Em que: SW_t (mm) representa o conteúdo de água no tempo t ; SW_0 (mm) representa o conteúdo de água inicial no solo; R , Q , ET , P e QR (mm) representam respectivamente os parâmetros precipitação, escoamento, evapotranspiração, percolação e fluxo de retorno (Viana *et al.*, 2020).

3. Resultados e discussão

3.1 Análise climatológica do município de Parnamirim, Pernambuco

A média climatológica obtida para a área foi no valor de 457,30 mm, que se apresenta como um dado de referência de papel fundamental na compreensão do clima de uma região ao longo do tempo, uma vez que a precipitação desempenha um papel crucial na disponibilidade hídrica e nas atividades econômicas, impactando diretamente no balanço hídrico (Gebert; Kist, 2023; Lima *et al.*, 2023). Para obter esta média é necessária uma série histórica de dados que contenha informações de precipitação de mais de 30 anos, no caso dessa série temporal, a média climatológica serve como um padrão, representando o valor médio esperado da precipitação nessa área ao longo de um longo período, conhecida como normal climatológica (Cunha Ferreira; Kemenes, 2023). Níveis de precipitação próximos à média indicam um comportamento climático relativamente estável e previsível, considerando as normais

climatológicas, enquanto desvios significativos em relação a esse valor podem sugerir eventos extremos e anomalias climáticas (Reboita; Krusche, 2018).

O semiárido brasileiro é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas: a estação chuvosa e a estação seca. Durante a estação chuvosa, que se estende de janeiro a março, ocorre o período de maior precipitação, com médias mensais (figura 2) de 75,19 mm, 94,78 mm e 110,80 mm, respectivamente, sendo estes meses de pluviosidade intensa, o período de atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que leva à concentração das precipitações mais intensas nessa época do ano (França, 2017). A estação seca se inicia com uma queda brusca de precipitação, abrangendo os meses de maio a outubro, com médias mensais mais baixas, variando de 7,42 mm a 30,10 mm. Os cenários demonstram a sazonalidade na área de estudo, que corrobora com os padrões climáticos da região em que está inserida. Esta dinâmica influencia diretamente no estilo de vida das comunidades residentes no semiárido, que precisam lidar com resiliência diante desta variabilidade.

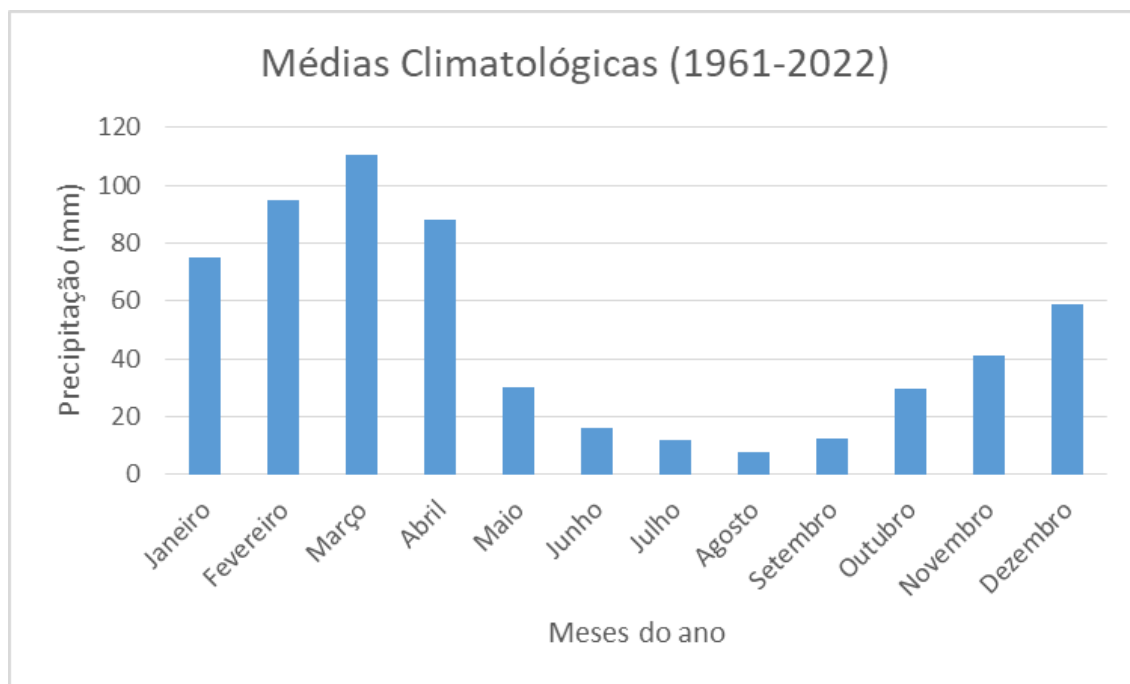


Figura 2 - Médias climatológicas mensais para a estação Parnamirim.

O maior acumulado de precipitação anual (figura 3) ocorreu em 1985, que pode ser caracterizado como um ano extremamente chuvoso, onde foram mensurados 1253,9 mm, uma quantidade significativamente acima da média climatológica; este ano foi marcado pela ocorrência de eventos de *La Niña*, classificados

como fraco para o período de 1984-1985 por Duarte, Nóbrega e Coutinho (2015) e por Rodrigues *et al.* (2017). Já o menor acumulado de precipitação foi registrado em 1986, ano para o qual foram identificados apenas 7,5 mm, e que se apresentou como um ano extremamente seco, com precipitação muito abaixo da média climatológica,

coincidindo com a ocorrência do *El Niño*, de intensidade moderada (Duarte; Nóbrega; Coutinho, 2015). Outros exemplos são 1998, que também foi notavelmente seco, com apenas 129,7

mm de precipitação; e o ano de 1997 que teve um acumulado superior a 600 mm, representando um ano chuvoso.

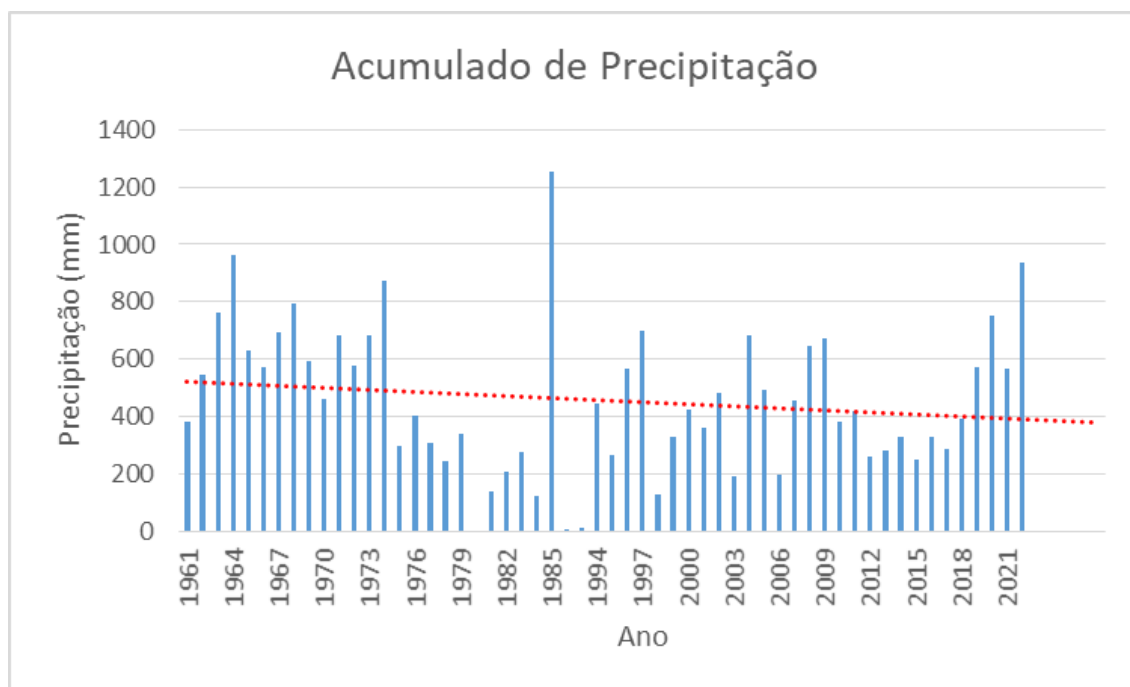


Figura 3 - Acumulado de precipitação anual para a estação Parnamirim (1961-2022)

Um outro ano extremamente chuvoso foi 2022, para o qual foi registrado um dos maiores acumulados de precipitação anual para a área, atingindo impressionantes 934,1 mm. Enquanto o ano de 2012, apontado por Marengo *et al.* (2016) como o início da seca mais grave da história do Nordeste brasileiro, apresentou baixa pluviosidade, cenário que se manteve até 2017, apontando a influência de eventos de *El Niño* nos baixos índices pluviométricos. Durante esse período, os registros de precipitação estavam consideravelmente abaixo da média climatológica, o que evidencia um cenário de escassez hídrica e seca prolongada, afetando as atividades das comunidades locais. A linha de tendência no gráfico indica uma redução constante e linear na precipitação acumulada ao longo dos anos.

Para compreender de forma significativa as flutuações nos índices pluviométricos ao longo da série de dados, em relação à referência climática, foi calculado o desvio médio absoluto

(DMA), que subsidia a compreensão da variabilidade na precipitação ao longo do tempo. Para a estação de Parnamirim, foi obtido um DMA de 200,12 que indica que os acumulados anuais de chuva variam consideravelmente em relação à média climatológica, que é de 457,30 milímetros, o que confere ao microclima uma sazonalidade marcante. A figura 4, que compara os dados acumulados anuais e a média climatológica ao longo do período estudado, reflete esta dinâmica. É possível notar no gráfico que existem anos em que o acumulado anual de chuvas supera significativamente a média, indicando anos particularmente chuvosos; enquanto, em contrapartida, há anos em que o acumulado se apresenta abaixo da média, representando períodos de seca significativa. Esse contraste evidencia a imprevisibilidade do clima local, com oscilações bruscas na quantidade de chuva de um ano para outro.

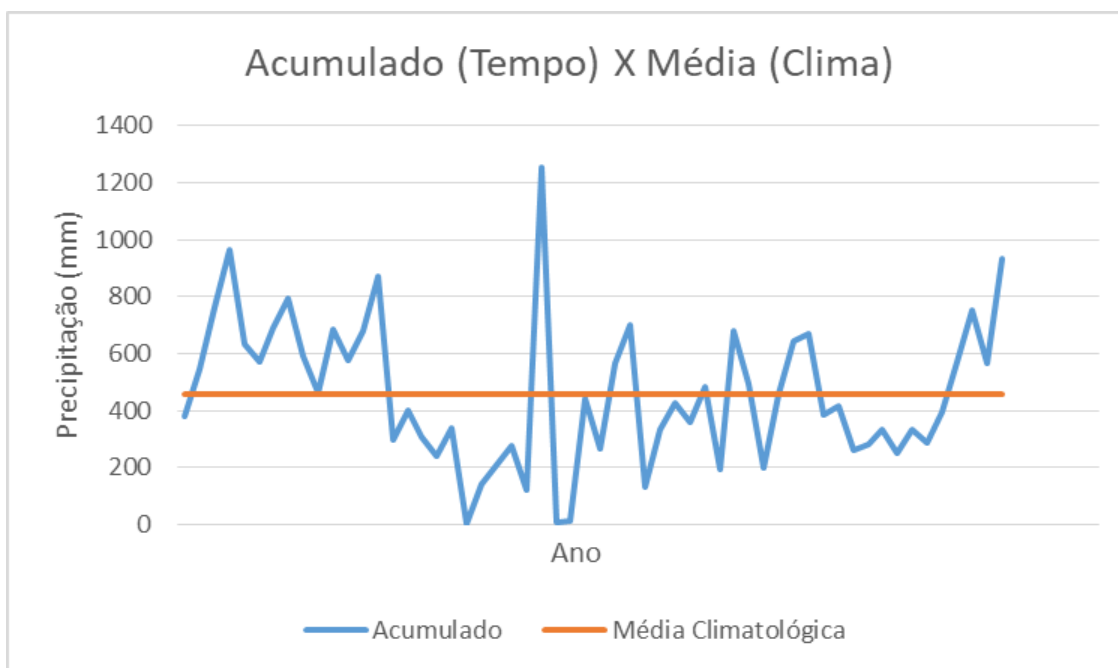


Figura 4 - Comparação entre o acumulado de precipitação anual e a média climatológica.

3.2 Balanço hídrico superficial da bacia hidrográfica do Açude Abóboras, Parnamirim

A bacia hidrográfica do Açude Abóboras possui 306.84 km² de área, para a qual foram delimitadas 8 Unidades de Resposta Hidrológica (URHs), que representam uma subdivisão da bacia hidrográfica de área homogênea em termos de uso do solo, solo e características climáticas. As principais classes de uso do solo identificadas foram CRWO (correspondente à Agricultura e Caatinga) com 54.3% da área, e SPAS (associada à Pastagem) com 45.6% da bacia (Viana *et al.*, 2020).

Os valores encontrados para o balanço hídrico superficial mensal da bacia do Açude

Abóboras indicam um cenário de déficit hídrico, com baixa retenção de água na superfície e elevados índices de evapotranspiração. A precipitação foi de 456.500mm, o escoamento superficial de 15.980mm, a evapotranspiração real de 259mm e a evapotranspiração potencial de 2.684,5mm (figura 5). Em comparação, os resultados obtidos para o Riacho Milagres apresentam níveis mais altos de água no sistema, com maiores índices de precipitação e evapotranspiração semelhantes à área de estudo. Já na bacia do Riacho Amolar, uma sub-bacia do Rio Terra Nova, o cenário de escassez hídrica é menos intenso em relação à bacia do Açude Abóboras, considerando a maior intensidade na precipitação e os menores índices de evapotranspiração (Luz; Galvêncio, 2022; Tiburcio *et al.*, 2023).

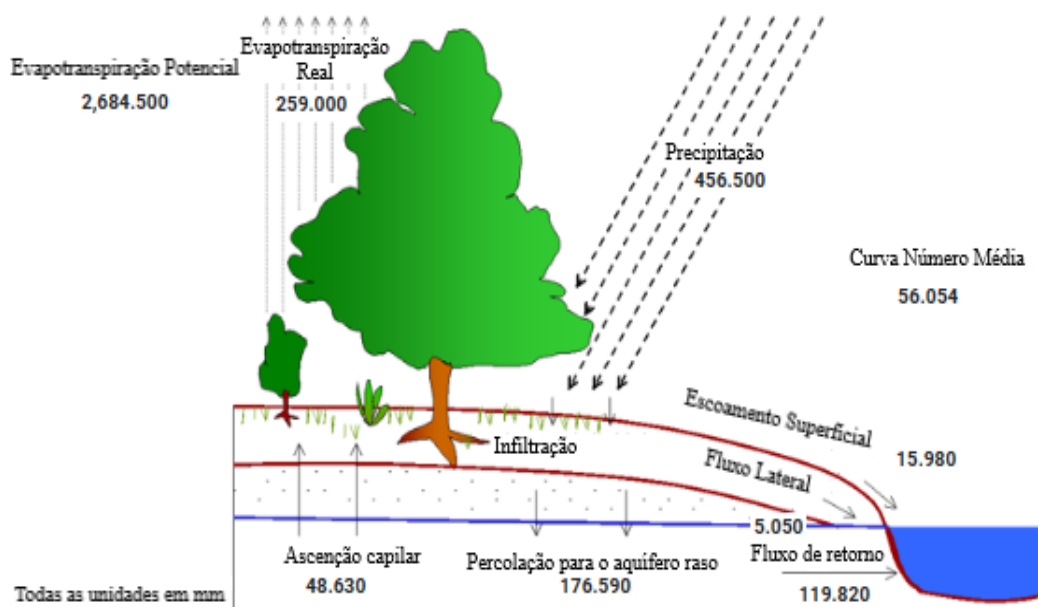


Figura 5 - Representação gráfica do balanço hídrico da bacia do Açude Abóboras.

O balanço hídrico superficial médio anual da bacia revelou que 56.7% da precipitação é devolvida à atmosfera em forma de evapotranspiração, e apenas 3.5% correspondem a fluxos superficiais, indicando um cenário de grande déficit de água e baixa disponibilidade de água superficial. Os valores encontrados por Luz e Galvínio (2022) evidenciam que 41% da precipitação é perdida por evapotranspiração, e que apenas 3% do fluxo total da bacia é superficial; já no estudo de Tiburcio *et al.* (2023) 34% da precipitação é evapotranspirada e pouco mais de 2% equivalem ao escoamento superficial.

4. Conclusões

A compreensão das características e dos padrões climáticos, é indispensável para o enfrentamento aos desastres socioambientais relacionados ao clima, uma vez que a identificação da variabilidade nos comportamentos habituais do clima pode ser identificada por meio de dados meteorológicos, bem como a detecção e a predição de impactos e cenários de mudanças climáticas. Estas informações são cruciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos na região semiárida, que precisa assumir uma postura combativa e resiliente diante dos desafios climáticos contemporâneos para reduzir as vulnerabilidades aos eventos extremos. Identificar o comportamento do clima por meio da série histórica, pode potencialmente fornecer conhecimentos valiosos para a tomada de decisões relacionadas à agropecuária, ao abastecimento

humano e para as políticas de adaptação às mudanças climáticas.

No âmbito da área de estudo, a análise da climatologia evidencia um espaço sujeito a variabilidade climática extrema, caracterizada por anos de chuvas intensas, seguidos por períodos de secas severas. A sazonalidade climática é notável, com uma estação chuvosa de janeiro a março, seguida por uma estação seca que se estende de maio a outubro, conferindo à área uma imprevisibilidade, que representa desafios para a gestão de recursos hídricos e impacta na qualidade de vida das comunidades locais. Diante deste contexto, é indispensável adotar medidas proativas e desenvolver estratégias de adaptação para garantir a resiliência e a sustentabilidade na região.

Um outro ponto de destaque é a necessidade contínua de investimentos em monitoramento e infraestrutura hídrica e medidas de conservação, garantindo que a comunidade de Parnamirim possa enfrentar os desafios impostos por um clima tão variável e imprevisível. A série histórica apresenta lacunas significativas de dados, que destacam a necessidade de um monitoramento climático contínuo e preciso na região, uma vez que essas informações desempenham um papel fundamental na gestão de recursos hídricos em áreas propensas à escassez de água, como o semiárido.

Quanto ao balanço hídrico superficial da bacia do Açude Abóboras, a análise evidencia um cenário de intensa escassez hídrica, onde os baixos níveis de precipitação somam-se aos elevados índices de evapotranspiração, e influenciam diretamente na disponibilidade de água superficial,

ameaçando consequentemente a segurança hídrica da população. Os resultados similares entre os estudos da literatura e a investigação aqui apresentada se dão pela proximidade geográfica, o que confere às bacias características climáticas semelhantes; todavia, é possível destacar que na bacia do Açude Abóbora há uma menor quantidade de água no sistema, e uma perda ainda mais intensa de água pela evapotranspiração.

O SUPPer se apresentou como uma ferramenta eficaz para acessar a modelagem hidrológica e obter o balanço hídrico para a área sob análise, contudo, foi identificada uma escassez de trabalhos utilizando o sistema para o estudo das bacias hidrográficas de Pernambuco, o que evidencia a necessidade do desenvolvimento de investigações e pesquisas que adotem a metodologia, e sua ampla divulgação em meios acadêmicos e científicos.

Referências

- APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. 2014. Ficha Técnica - Açude Abóbora. Disponível em: https://www.apac.pe.gov.br/images/media/1601395200_aboborasFicha.pdf. Acesso em: 29 set. 2023.
- Assad, E. D., Monteiro, B. A., & Pugliero, V. S. 2021. Mudanças do clima e a cultura do eucalipto. Em: O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília: Embrapa. Disponível: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131565/mudancas-do-clima-e-a-cultura-do-eucalipto>. Acesso em: 28 set. 2023.
- Cunha Ferreira, L. G., & Kemenes, A. 2023. A influência dos eventos climáticos extremos na climatologia da planície litorânea piauiense. *Revista Brasileira de Climatologia*, 32(19), 634–657. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.16349.
- Duarte, C. C., Nóbrega, R. S., & Coutinho, R. Q. 2015. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município do Ipojuca, Pernambuco. *Revista de Geografia (UFPE)*, 32(2). Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/229222>. Acesso em: 25 set. 2023.
- França, L. M. de A. 2017. Impacto das ações antrópicas e do clima no uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú (Dissertação de mestrado, Universidade Federal

Agradecimentos

Os agradecimentos se direcionam à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa do Nível Superior (CAPES), pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos quatro primeiros autores. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Iniciação Tecnológica (PIBITI) ao quinto autor, e da bolsa de Extensão no País à sétima autora. À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO), por disponibilizar toda a estrutura técnica e organizacional necessária para o desenvolvimento da pesquisa.

de Pernambuco). Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/26802>. Acesso em: 20 set. 2023.

- Freire-Silva, J., Reis, J. V. dos, Santos, T. O. dos, Ferreira, H. dos S., Leitão, M. de M. V. B. R., Galvêncio, J. D., & Candeias, A. L. B. 2022. Análise dos produtos de evapotranspiração automáticos GEE-SEBAL e do Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica para Pernambuco –(SUPPer) para regiões hídricas de Serra Talhada no estado de Pernambuco. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 26, e33. DOI: 10.5902/2236499468044.
- Galvêncio, J. D. 2021. Impacto do aumento de CO₂ nas Precipitações do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(3), 1828-1839. DOI: 10.26848/rbgf.v14.3.p1828-1839.
- Gebert, D. M. P., & Kist, A. 2023. Contribuição aos estudos da influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação no estado do Paraná em escala mensal. *Revista Brasileira de Climatologia*, 33(19), 354–377. DOI: 10.55761/abclima.v33i19.16827.
- Gondim, J., Fioreze, A. P., Alves, R. F. F., & Souza, W. G. 2017. A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. *Parcerias Estratégicas*, 22(44), 277-300. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-seca-atual-no-Semi%C3%A1rido-nordestino-%E2%80%93-Impactos-os-Gondim-Fioreze/27c18e92bfab2932520f7f142bb33f33d>

- 8aefb09?utm_source=direct_link. Acesso: 21 set. 2023.
- Jardim, A. M. da R. F., De Queiroz, M. G., Araújo Júnior, G. do N., Da Silva, M. J., & Freire Da Silva, T. G. 2019. Estudos climáticos do número de dias de precipitação pluvial para o município de Serra Talhada-PE. *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(4). DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v27i4.875>.
- Lima, A. Y. B. de, Souza, A. R. de, Statonato, G. C., Camacho, G. T. G., Cardoso, A. de O., & Valverde, M. C. 2023. Padrão e extremos de precipitação na cidade de São Paulo. *E&S Engineering and Science*, 12(1), 38–52. DOI: 10.18607/ES20231215137.
- Luz, G. G., & Galvêncio, J. D. 2021. Balanço hídrico superficial da bacia hidrográfica do riacho Milagres-PE, utilizando o SUPeR. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(2), 1094-1107. DOI: 10.26848/rbgf.v15.2.p1094-1107.
- Luz, G. G., & Galvêncio, J. D. 2023. Dinâmica do Uso do Solo, Balanço hídrico e NDVI no município de Floresta-Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16, 2898-2909. DOI: 10.26848/rbgf.v16.5.p2898-2909.
- Marengo, J. A., Cunha, A. P., & Alves, L. M. 2016. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Climanalise*, 3(1), 49-54. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/%7Erclimanl/revista/pdf/30anos/marengoetal.pdf>. Acesso em: 18 set. 2023.
- Martins, L. L., Martins, W. A., de Moraes, J. F. L., Júnior, M. J. P., & de Maria, I. C. 2020. Calibração hidrológica do modelo SWAT em bacia hidrográfica caracterizada pela expansão do cultivo da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(2), 576-594. DOI: 10.26848/rbgf.v13.2.p576-594.
- Oliveira, L. F. de, Fioreze, A. P., Medeiros, A. M., & Silva, M. A. 2010. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas de Séries Históricas de Precipitação Pluvial Anual. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 1186-1192. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/234205312_Oliveira_Luiz_F_C_de_Fioreze_Ana_P_Medeiros_Antonio_M_M_Silva_Mellissa_A_S_Comparacao_de_metodologias_de_preenchimento_de_falhas_de_series_historicas_de_precipitacao_pluvial_anual_Revista_Brasileira_d. Acesso em: 25 out. 2023.
- ONU-Água – Organização das Nações Unidas: Água. 2013. O que é Segurança Hídrica? Infográfico. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/what-water-security-infographic>. Acesso em: 27 out. 2023.
- Prefeitura Municipal de Parnamirim. (2019). Dados do Município. Disponível em: <https://parnamirim.pe.gov.br/dados-do-municipio/>. Acesso em: 27 set. 2023.
- Reboita, M. S., & Kruche, N. 2018. Normais climatológicas provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33, 165-179. DOI: 10.1590/0102-7786331010
- Reungsang, P., Kanwar, R., Jha, M., Gassman, P. W., Ahmad, K., & Saleh, A. 2005. Calibration and Validation of SWAT for the Upper Maquoketa River Watershed. Working paper 05-WP 396. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University. Disponível em: <https://www.card.iastate.edu/products/publications/synopsis/?p=762>. Acesso em: 15 out. 2023.
- Rodrigues, L. O., Souza, W. M. de, Costa, V. S. de O., & Pereira, M. L. T. 2017. Influência dos eventos de El Niño e La Niña no regime de precipitação do Agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10(6), 1995-2009.
- Rosaneli, C. F., Fischer, M. L., Sganzerla, A., & Neto, A. P. 2021. Water and global health interaction: a bioethics question. *Agua y Territorio*, (19), e5471. DOI: 10.17561/at.19.5471.
- Rartori, A. P. 2019. Aplicação do modelo SWAT na modelagem do escoamento superficial e perda de solo na Bacia do Ribeirão Candidópolis em Itabira-MG (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa). Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/27857>. Acesso em: 14 out. 2023.
- Silveira, N. T., Silveira, H. T., Tibúrcio, I. M., & Galvêncio, J. D. 2022. Avaliação da qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(6), 2866-2877. DOI: 10.26848/rbgf.v15.6.p2866-2877
- Silveira, N., Tibúrcio, I., Soares, G., Galvêncio, J., Santos, D., & Montenegro, S. (2023). Temporal Analysis of Water Quality for the Nilo Coelho Reservoir, Terra Nova, Pernambuco, Brazil.

- Water, 15(16), 2899. DOI: 10.3390/w15162899.
- Soares, G. A. S., & Galvêncio, J. D. 2020. Uso do LiDAR para avaliar os padrões hídricos de bacias em áreas urbanas: Caracterização fisiográfica da bacia do Rio Beberibe-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(7). DOI: 10.26848/rbgf.v13.07.p3659-3674.
- Sobral, M., Assis, J., Oliveira, C., Silva, G., Morais, M., & Carvalho, R. (2018). Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no Submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – Brasil. *REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA*, 12(3), 95-106. DOI: 10.22411/rede2018.1203.10.
- Tibúrcio, I. M., Silveira, N. T., Santos, T. O. dos, Queiroga Miranda, R. de, & Galvêncio, J. D. 2023. Balanço Hídrico e Mudanças Climáticas no Semiárido Pernambucano: aplicabilidade do Sistema de Unidades de Respostas Hidrológicas para Pernambuco (SUPer). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 16(3), 1657-1670. DOI: 10.26848/rbgf.v16.3.p1657-1670.
- Tomasella, J., & Rossato, L. 2005. Balanço hídrico. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Javier-Tomasella/publication/41560239_Balanco_hidrico/links/00b49519caef96e7e1000000/Balanco-hidrico.pdf. Acesso em: 27 set. 2023.
- Viana, J. F. D. S., Miranda, R. Q., Farias, C. W. L. de A., Lins, F. A. C., & Montenegro, S. M. G. L. 2020. XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Calibrações parciais do Modelo SWAT como suporte ao Sistema de Unidades de Resposta Hidrológica para Pernambuco (SUPer): Bacia do Rio Pajeú. Disponível em: anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=6842. Acesso em: 25 set. 2023.