ANÁLISE DOS IMPACTOS DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA EM BACIA HIDROGRÁFICA DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Luiz Eduardo Cavalcante Martins [1] ; Carolyne Wanessa Lins de Andrade Farias [2] & Alexandro Medeiros Silva [3]

RESUMO – A gestão dos recursos hídricos em regiões semiáridas é fortemente influenciada pelo uso e cobertura da terra, que condicionam a geração de escoamento e a disponibilidade de água em bacias intermitentes. Este estudo aplicou o modelo hidrológico *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) na bacia do rio Taperoá, semiárido paraibano, para avaliar os efeitos de mudanças de uso e cobertura da terra sobre o balanço hídrico em ambiente de Caatinga. Foram construídos dois cenários de uso do solo, com base na Coleção 8 do MapBiomas Brasil: 1985, com maior presença de vegetação nativa, e 2023, marcado pela expansão de áreas agrícolas. Mantendo-se o mesmo regime de precipitação entre 1997 e 2024, compararam-se as séries simuladas de escoamento superficial, vazão e evapotranspiração real. Os resultados indicaram escoamento superficial mensal muito baixo na maior parte do período, porém com picos ligeiramente mais elevados no cenário de 2023, em resposta à menor presença de Caatinga. A vazão manteve padrão típico de bacias intermitentes, com diferenças discretas entre os cenários e picos ligeiramente maiores também em 2023. A evapotranspiração apresentou comportamento sazonal bem definido e valores muito semelhantes entre 1985 e 2023, com leve predominância do cenário de 1985 em parte da série. Conclui-se que a conversão de Caatinga em agricultura torna a resposta hidrológica da bacia mais sensível a chuvas intensas, sem alterar substancialmente o balanço hídrico médio, evidenciando a importância de considerar o uso da terra no planejamento hídrico regional.
Palavras-Chave – SWAT; uso e cobertura do solo; semiárido.

ABSTRACT – Water resources management in semi-arid regions is strongly influenced by land use and land cover, which control runoff generation and water availability in intermittent basins. This study applied the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to the Taperoá River basin, in the semi-arid region of Paraíba, Brazil, to evaluate the effects of land-use and land-cover changes on the water balance under Caatinga conditions. Two land-use scenarios were built from MapBiomas Brazil Collection 8: 1985, with a larger extent of native vegetation, and 2023, characterized by the expansion of agricultural areas. Using the same precipitation regime for 1997–2024, we compared simulated series of surface runoff, streamflow and actual evapotranspiration. Results showed very low monthly surface runoff for most of the period, but slightly higher peaks under the 2023 scenario, in response to the reduced presence of Caatinga. Streamflow exhibited the typical behaviour of intermittent semi-arid basins, with small differences between scenarios and somewhat higher peak discharges also in 2023. Actual evapotranspiration displayed a clear seasonal pattern and very similar magnitudes in

[1]) Bacharelando em Geografia - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), CCEN, Departamento de Geociências, Campus I - João Pessoa (PB). luiz.cavalcante@academico.ufpb.br
[2]) Professora Adjunta - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), CCEN, Departamento de Geociências, Campus I - João Pessoa (PB). carolyne.andrade@academico.ufpb.br
[3]) Professor Adjunto - Universidade Federal da Paraíba (UFPB), CCEN, Departamento de Geociências, Campus I - João Pessoa (PB). alexandro.medeiros@academico.ufpb.br

both scenarios, with a slight predominance of the 1985 configuration in part of the series. Overall, the conversion of Caatinga to agriculture makes the hydrological response more sensitive to intense rainfall events, without substantially changing the mean water balance, highlighting the importance of land-use control in regional water-resources planning.
Keywords – SWAT; land use and land cover; semi-arid.

INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos em regiões semiáridas constitui um dos principais desafios ambientais e socioeconômicos do Brasil, devido à elevada variabilidade climática, à irregularidade das chuvas e à recorrência de eventos de escassez hídrica (SILVA et al., 2020; SOARES et al., 2024). Nessas áreas, a disponibilidade de água superficial é determinante para o planejamento territorial, a produção agrícola, o abastecimento da população e a segurança hídrica (BALLARIN et al., 2023b). Além das condições climáticas, mudanças no uso e na cobertura da terra constituem um dos principais fatores de alteração do regime hidrológico em bacias hidrográficas, por modificarem o escoamento superficial, a infiltração e o armazenamento de água no solo, especialmente em ambientes semiáridos (MONTENEGRO; RAGAB, 2010).

A Região Semiárida Brasileira (BSAR) é uma das áreas secas mais densamente povoadas do mundo e apresenta forte dependência de reservatórios superficiais, ao mesmo tempo em que vem sofrendo intensificação de usos antrópicos, como expansão agropecuária, desmatamento e ocupação urbana sobre áreas de Caatinga (PILZ et al., 2019; SILVA et al., 2022; SANTOS et al., 2023). No estado da Paraíba, cerca de 85% do território apresenta condições semiáridas, com histórico de secas severas e limitações na oferta de água, o que torna essencial compreender a dinâmica hidrológica das bacias e os efeitos de diferentes configurações de uso e cobertura do solo sobre o balanço hídrico (SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2021a; MARENGO et al., 2018). Nesse contexto, estudos baseados em modelos hidrológicos de base física, aliados a séries históricas de precipitação e vazão, são fundamentais para subsidiar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em médio e longo prazos (ARAÚJO et al., 2021; TARKEGN et al., 2026).

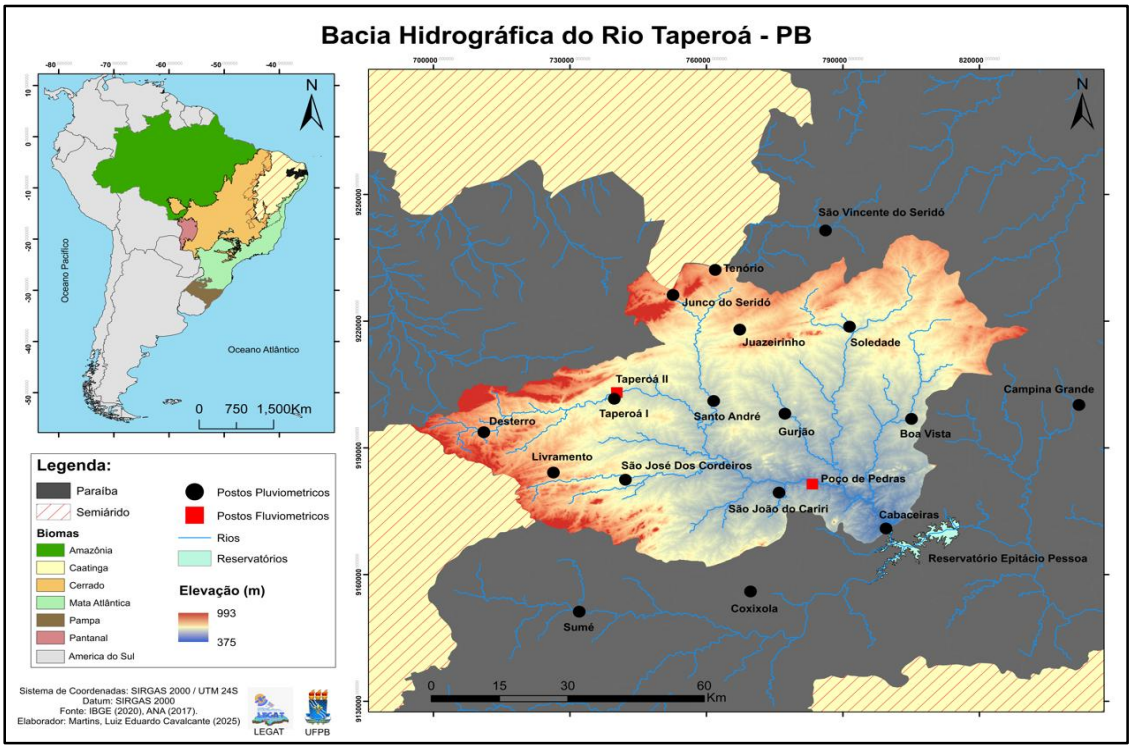
A bacia hidrográfica do rio Taperoá, localizada no semiárido paraibano e inserida no domínio da Caatinga, desempenha papel estratégico para o abastecimento humano, a irrigação e a pecuária, além de contribuir de forma relevante para o sistema de reservatórios da região (SILVA, 2015). Alterações no uso e cobertura do solo, como a substituição da Caatinga por pastagens e agricultura ou, inversamente, processos de regeneração da vegetação nativa, modificam o escoamento superficial, a infiltração e a produção de sedimentos em bacias semiáridas, afetando diretamente a disponibilidade e a qualidade da água (MEDEIROS e SILVA, 2014; MEDEIROS et al., 2019). Modelos hidrológicos como o *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) permitem representar, de forma espacialmente distribuída, o clima, os solos, a topografia e o uso da terra, possibilitando avaliar o balanço hídrico e a resposta da bacia a diferentes cenários de uso e cobertura do solo (ARNOLD et al., 1998; GASSMAN et al., 2007; BRESSIANI et al., 2015).

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo aplicar o modelo SWAT para analisar a dinâmica hidrológica da bacia hidrográfica do rio Taperoá sob dois cenários de uso e cobertura da terra (Cenário A: reflorestamento – 1985; Cenário B: agricultura – 2023), no período de 1994 a 2024, avaliando os efeitos sobre variáveis hidrológicas como escoamento superficial, vazão e evapotranspiração, de modo a fornecer subsídios para o manejo dos recursos hídricos e o planejamento territorial na região.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Taperoá (Figura 1), com área de aproximadamente 5.668 km², localizada na porção central do estado da Paraíba, inserida na Região Semiárida Brasileira (BSAR), entre as latitudes 6º51′31″ S e 7º34′21″ S e as longitudes 36º0′55″ W e 37º13′09″ W, abrangendo total ou parcialmente 27 municípios, entre eles Campina Grande, Pocinhos, Sumé e Juazeirinho (IBGE, 2022). A bacia está inserida no domínio da Caatinga e apresenta relevo ondulado a fortemente ondulado, com cotas que podem atingir cerca de 600 m nas escarpas orientais do Planalto da Borborema. Geologicamente, predomina o embasamento cristalino, com solos rasos e pedregosos, destacando-se Luvisolos, Neossolos Litólicos e Regolíticos, Planossolos e Cambissolos, típicos de ambientes semiáridos.

Figura 1: Bacia hidrográfica do Rio Taperoá – PB



Fonte: Autores, 2025.

O clima da região é classificado como semiárido quente (BSh, segundo Köppen), com elevada variabilidade espaço-temporal da precipitação e predominância de déficit hídrico ao longo do ano (SILVA et al., 2020; FRANCISCO et al., 2021). A precipitação média anual situa-se em torno de 550–600 mm, com cerca de 65–75% do total concentrado entre fevereiro e maio, enquanto a estação seca pode se estender por oito a dez meses (AESA, 2004; NASCIMENTO et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2022). A temperatura média mínima é da ordem de 22 ºC e a média máxima em torno de 29 ºC, com valores ligeiramente menores nas áreas mais elevadas, refletindo a influência do relevo nas condições térmicas locais (SILVA et al., 2019; VAZ et al., 2025). A evapotranspiração de referência anual (ET_0) varia aproximadamente entre 2.500 e 3.000 mm, e a umidade relativa média anual é em torno de 65%, com máximos em junho e mínimos em novembro (MEDEIROS et al., 2019). Essas características são consistentes com o comportamento hidrológico observado em outras bacias do semiárido paraibano, onde a maior parte da precipitação é convertida em evapotranspiração, restando uma fração reduzida para escoamento e armazenamento em reservatórios.

De acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) indicam que o conjunto dos 136 reservatórios monitorados no estado apresenta volume armazenado em torno de 31% da capacidade total e que, dentre os 13 reservatórios localizados na bacia do Taperoá, nove se encontram em situação crítica (≤ 10% da capacidade), evidenciando a condição de estresse hídrico regional (AESA, 2026). Nessa bacia, os principais usos múltiplos da água são a irrigação e outras atividades agrícolas (cactos, agave, algodão, milho e feijão), que respondem por cerca de 77% da demanda, seguidos pelo abastecimento humano (aprox. 18%), dessedentação animal, aquicultura e usos industriais (TAVARES et al., 2026).

O uso e a cobertura da terra na bacia do rio Taperoá são dominados por formações de Caatinga em diferentes estágios de conservação (desde fisionomias mais densas até áreas mais abertas e arbustivas), intercaladas com extensas áreas de pastagens e agricultura de sequeiro, além de manchas urbanas e superfícies hídricas associadas aos reservatórios. De modo geral, a Caatinga predomina nas porções de relevo mais acidentado e sobre solos rasos, enquanto as áreas de declividade suave e os vales próximos aos cursos d'água concentram cultivos anuais, plantios forrageiros e mosaicos agropecuários. Informações provenientes da Coleção 8 do MapBiomas indicam ainda a presença de fragmentos de formações florestais decíduas e semidecíduas, além de áreas em processo de regeneração, compondo um mosaico espacialmente heterogêneo de uso e cobertura da terra que influencia diretamente a resposta hidrológica da bacia.

METODOLOGIA

A metodologia adotada baseou-se na aplicação do modelo hidrológico *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) na bacia do rio Taperoá, integrando dados climáticos, fisiográficos e de uso e cobertura da terra compatíveis com a realidade do semiárido paraibano. O SWAT é um modelo de base física, contínuo no tempo e semidistribuído, amplamente empregado em estudos de escoamento, balanço hídrico e processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas (ARNOLD et al., 1998; NEITSCH et al., 2011; BRESSIANI et al., 2015). A delimitação da bacia e a extração automática da rede de drenagem foram realizadas a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 90 m, disponibilizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), enquanto as informações de solos foram obtidas em bases pedológicas da EMBRAPA e no levantamento exploratório–reconhecimento de solos do estado da Paraíba, interpretadas segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), permitindo identificar as principais classes presentes na bacia (BRASIL, 1972; EMBRAPA, 2006). O uso e cobertura da terra foi representado com dados da Coleção 8 do MapBiomas Brasil, recortados para o limite da bacia e reclassificados em classes compatíveis com a biblioteca de usos do solo do SWAT, adotando-se o ano de 2023 como referência para a configuração atual da bacia.

Os dados hidrometeorológicos utilizados consistem em séries diárias de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima do ar (ºC), umidade relativa (%), radiação solar (MJ/m²) e velocidade média do vento (m/s), além de informações de área e volume de reservatórios situados no interior da bacia. As séries pluviométricas de 17 estações na área de estudo foram obtidas junto à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); os dados climáticos da estação meteorológica de Campina Grande–PB foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); e as informações de área e volume de 12 reservatórios foram fornecidas pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESA). Todas essas bases foram pré-processadas em ambiente de Sistema de Informação

Geográfica (QGIS 3.40), incluindo reprojeção cartográfica, recorte dos planos de informação para o limite da bacia e organização das séries climáticas no formato exigido pelo modelo. A partir do MDE, o SWAT foi utilizado para delimitar a bacia, definir a rede de drenagem e subdividir a área em sub-bacias; em seguida, foram definidas as Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs – *Hydrological Response Units*), a partir de combinações únicas entre uso e cobertura da terra, tipo de solo e classes de declividade, de modo a representar a heterogeneidade espacial dos processos hidrológicos (ARNOLD et al., 1998; BRESSIANI et al., 2015).

Após a definição da estrutura espacial, inseriram-se as séries climáticas diárias no modelo, procederam-se à edição dos arquivos de entrada (incluindo parâmetros de reservatórios e trechos de rio) e ajustaram se 12 parâmetros hidrológicos com base em procedimentos de calibração e validação realizados anteriormente pela equipe do Laboratório de Estudos em Gestão de Água e Território (LEGAT) da UFPB, utilizando-se séries observadas de vazão. Nessa etapa foram empregados ajustes manuais apoiados em ferramentas auxiliares, como o *Manual Calibration Helper*. A simulação hidrológica foi conduzida para o período de 1994 a 2024, em passo de tempo diário, sendo o intervalo de 1994 a 1996 utilizado como período de aquecimento, a fim de ajustar as condições iniciais de armazenamento de água no solo, crescimento da vegetação e balanço hídrico da bacia (NEITSCH et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2018). Ao final desse processo, obteve-se a configuração calibrada e validada do modelo para o uso e cobertura da terra correspondente ao ano de 2023, que foi adotada como cenário B (agricultura – 2023) e serviu de base para as análises.

A partir do cenário B, foi construído um segundo cenário de uso e cobertura da terra, denominado cenário A (reflorestamento – 1985), utilizando a rotina *Land Use Update* do SWAT. Nesse cenário, as áreas classificadas como agricultura no mapa de 2023 foram convertidas para Caatinga/vegetação nativa com base no mapeamento de 1985 da Coleção 8 do MapBiomas, que indica maior extensão de cobertura nativa na bacia do rio Taperoá. Em ambos os cenários manteve-se o mesmo período de simulação e o mesmo regime de precipitação (1997–2024), de forma a isolar, na medida do possível, o efeito das mudanças de uso da terra sobre a resposta hidrológica. Para detalhar essa resposta, selecionou-se a sub-bacia 194, escolhida por apresentar área relativamente maior em relação às sub-bacias vizinhas e por concentrar as alterações mais expressivas entre Caatinga e agricultura ao longo da série histórica de uso e cobertura. Para cada cenário (1985 e 2023), foram extraídas, na saída da sub-bacia 194, as séries simuladas de escoamento superficial, vazão e evapotranspiração real; essas séries foram agregadas à escala mensal e analisadas em conjunto com a precipitação, permitindo comparar diretamente a resposta hidrológica da sub-bacia sob duas configurações contrastantes de uso e cobertura da terra. Assim, a metodologia adotada pode ser sintetizada em três passos principais do uso do SWAT: (i) preparação e calibração do modelo para representar as condições atuais de uso do solo (2023); (ii) atualização do uso e cobertura da terra para o cenário de 1985 por meio da conversão de agricultura em Caatinga; e (iii) análise comparativa das séries simuladas de escoamento superficial, vazão e evapotranspiração na sub-bacia 194, sob o mesmo regime climático, para quantificar o efeito do uso da terra sobre os componentes do balanço hídrico local.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise foi realizada na sub-bacia 194, selecionada dentro da bacia hidrográfica do rio Taperoá por apresentar área relativamente maior em relação às sub-bacias vizinhas e, principalmente,

por concentrar as mudanças de uso e cobertura do solo mais significativas entre os cenários estudados. Assim, os resultados discutidos a seguir representam a resposta hidrológica simulada para essa sub-bacia específica, e não para o exutório de toda a bacia, permitindo uma avaliação mais focada do efeito local da conversão de Caatinga em áreas agrícolas, procedimento comum em estudos com o SWAT voltados a cenários de uso do solo.

O escoamento superficial mensal na sub-bacia 194 é, em geral, muito baixo ao longo da série de 1997 a 2024, com resposta concentrada em poucos eventos de maior precipitação (Figura 2). No cenário de 1985, mais conservador em termos de cobertura vegetal (Cenário A), o modelo indica escoamento praticamente nulo na maior parte dos meses, com picos pontuais associados a anos mais chuvosos, com valor médio de 0,053 mm. No cenário de 2023 (Cenário B), que reflete a expansão de áreas agrícolas em substituição à Caatinga, esses mesmos eventos geram picos de escoamento ligeiramente mais elevados, sugerindo um aumento da produção de escoamento superficial quando a sub-bacia se encontra sob condições de expansão agrícola, apresentando um valor médio de 0,057 mm, indicando um incremento de 6,69%. Comportamento semelhante foi observado por Júnior et al. (2019) em bacia representativa do semiárido de Pernambuco, onde cenários de recomposição da Caatinga reduziram o escoamento superficial e aumentaram a infiltração e o armazenamento de água no solo, evidenciando o papel da vegetação nativa na regulação do escoamento em ambientes semiáridos.

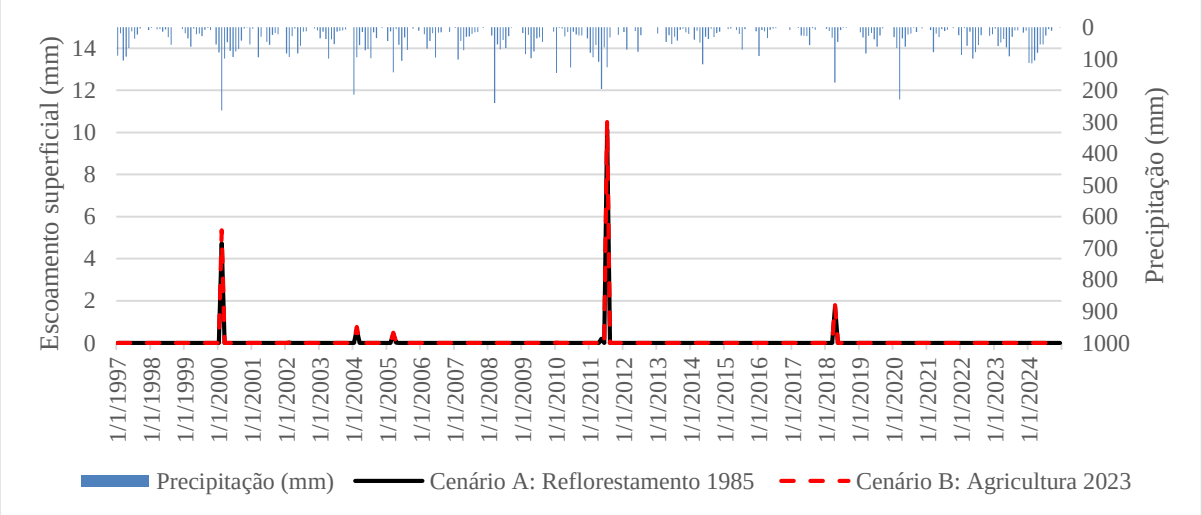


Figura 2: Série temporal da precipitação (mm) e do escoamento superficial (mm) sob dois cenários de uso e cobertura da terra (Cenário A: reflorestamento – 1985 e Cenário B: agricultura – 2023) simulados pelo modelo SWAT. Fonte: Autores, 2026.

Essa diferença entre as séries, embora não seja grande em magnitude absoluta, indica que a mudança de uso do solo deixou a resposta hidrológica da sub-bacia mais rápida em episódios de chuva mais expressivos, enquanto a configuração de 1985 se comporta de maneira mais amena, com menor geração de escoamento superficial.

A vazão simulada na seção de saída da sub-bacia 194 (Figura 3) acompanha a variabilidade temporal da precipitação, com picos concentrados em anos úmidos e longos períodos com vazões reduzidas ou próximas de zero, coerentes com o comportamento hidrológico intermitente típico de áreas semiáridas. A comparação entre os cenários mostra que os picos de vazão de 2023 tendem a ser

iguais ou ligeiramente superiores aos de 1985, como por exemplo o pico do dia 01/07/2011, com valor de 0.3387 m³/s no Cenário A e 0.3493 m³/s no Cenário B, mantendo-se, contudo, na mesma ordem de grandeza ao longo de toda a série.

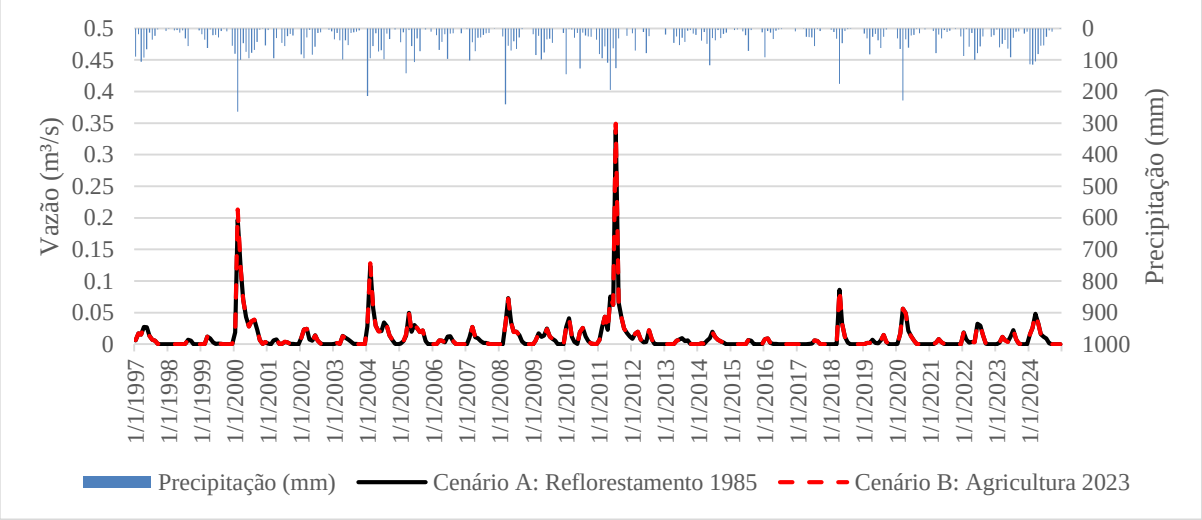


Figura 3: Série temporal da precipitação (mm) e da vazão (m³/s) sob dois cenários de uso e cobertura da terra (Cenário A: reflorestamento – 1985 e Cenário B: agricultura – 2023) simulados pelo modelo SWAT. Fonte: Autores, 2026.

Esse resultado indica que, na escala da sub-bacia, as alterações de uso e cobertura do solo entre 1985 e 2023 não modificam de forma brusca o regime de vazão, mas contribuem para intensificações em alguns eventos de maior chuva. Assim, dentro das condições simuladas, o efeito das mudanças de uso está mais associado à concentração de vazões de curta duração do que a alterações significativas nas vazões médias mensais.

A evapotranspiração apresenta um padrão sazonal bem definido, com valores mais elevados no período chuvoso e diminuição nos meses secos, tanto no Cenário A em 1985 quanto no Cenário B em 2023 (Figura 4). As duas séries são muito semelhantes ao longo do período analisado, com diferenças mensais relativamente pequenas entre os cenários (30,651mm no Cenário A e 30,652 mm no cenário B). Em alguns trechos, o cenário de 1985 apresenta valores ligeiramente superiores, indicando que a maior presença de vegetação Caatinga contribui para o aumento da evapotranspiração.

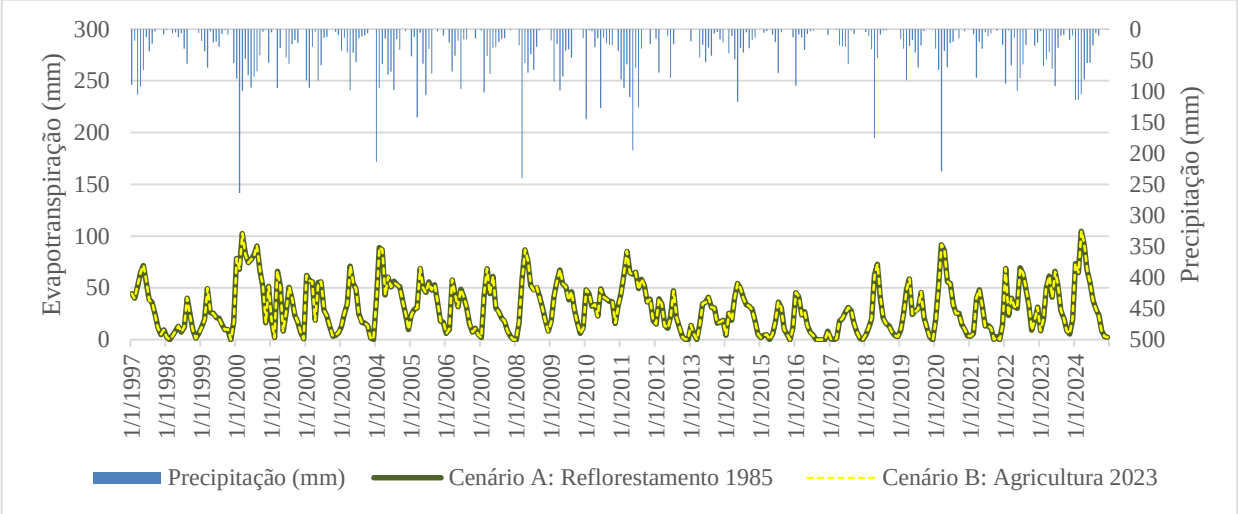


Figura 4: Série temporal da precipitação (mm) e da evapotranspiração (mm) sob dois cenários de uso e cobertura da terra (Cenário A: reflorestamento – 1985 e Cenário B: agricultura – 2023) simulados pelo modelo SWAT. Fonte: Autores, 2026.

De forma geral, os resultados indicam que as mudanças de uso e cobertura do solo entre 1985 e 2023 têm impacto mais perceptível sobre o escoamento superficial e, em menor grau, sobre os picos de vazão, enquanto que a evapotranspiração se mantém relativamente próxima entre os cenários. Esses resultados reforçam que, nas condições analisadas, a conversão de Caatinga para agricultura tende a tornar a resposta hidrológica local mais sensível a eventos de chuva mais intensos, sem alterar de maneira marcante o balanço hídrico médio da bacia no período estudado.

CONCLUSÃO

A conversão de áreas de Caatinga em agricultura entre 1985 e 2023 está associada a um aumento discreto do escoamento superficial e a picos de vazão ligeiramente mais elevados, sob o mesmo regime de precipitação. Por outro lado, a evapotranspiração real manteve-se muito semelhante entre os cenários, com diferenças mensais pouco expressivas ao longo da série analisada.

Em conjunto, esses resultados indicam que o uso atual do solo torna a resposta hidrológica da sub-bacia mais sensível a eventos de chuva mais intensos, elevando discretamente o escoamento superficial e os picos de vazão, mas sem modificar de forma expressiva os padrões médios de vazão e evapotranspiração. O estudo evidencia o potencial do modelo SWAT como ferramenta de apoio ao planejamento do uso da terra e à gestão dos recursos hídricos em regiões semiáridas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por possibilitar a realização de atividades de Iniciação Científica de parte dos autores; ao Laboratório de Estudos em Gestão de Água e Território (LEGAT), pelo apoio técnico e científico; bem como às instituições responsáveis pela produção e disponibilização dos dados utilizados neste estudo, em especial à ANA, à AESA, ao INMET, à EMBRAPA e ao MapBiomas pela disponibilização dos dados de uso e cobertura da terra. Registra-se ainda agradecimento aos desenvolvedores e à comunidade científica vinculada ao SWAT, cuja ferramenta tornou possível a realização da análise aqui apresentada. Este estudo foi apoiado pela

Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Brasil.

REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2017. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. João Pessoa: AESA. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/perh/. Accessed on: 17 January 2026.

AESA. Executive Agency for Water Management of Paraíba. Available on: https://seira.aesa.pb.gov.br/dados-hidrologicos/monitoramento/volume-reservatorios. Accessed: Jan 12, 2026.

ANA – Agência Nacional de Águas. 2026. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/. Accessed on: 5 January 2026.

Araújo, D.C.S.; Montenegro, S.M.G.L.; Corbari, C.; Viana, J.F.S. 2021. Calibration of FEST-EWB hydrological model using remote sensing data in a climate transition region in Brazil. Hydrological Sciences Journal, 66(3): 513–524.

Arnold, J.G.; Srinivasan, R.; Muttiah, R.S.; Williams, J.R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development. Journal of the American Water Resources Association, 34: 73–89.

Ballarin, A.S.; Uchôa, J.G.S.M.; Santos, M.S.; Almagro, A.; Miranda, I.P.; Silva, P.G.C.; Silva, G.J.; Gomes Júnior, M.N.; Wendland, E.; Oliveira, P.T.S. 2023b. Brazilian water security threatened by climate change and human behavior. Water Resources Research, 59: e2023WR034914.

De Medeiros, I.C.; Silva, J.F.C.B.C.; Silva, R.M.; Santos, C.A.G. 2014. Análise da erosão hídrica na região semiárida da Paraíba usando o modelo SWAT acoplado a um SIG. Geociências, 33(3): 457–471.

De Medeiros, I.C.; Silva, J.F.C.B.C.; Silva, R.M.; Santos, C.A.G. 2019. Run-off-erosion modelling and water balance in the Epitácio Pessoa Dam river basin, Paraíba State in Brazil. International Journal of Environmental Science and Technology, 16: 3035–3048.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. IBGE Cidades. Available on: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama. Accessed: Oct 27, 2025.

INMET – National Institute of Meteorology. 2026. Meteorological Database. Available from: https://bdmep.inmet.gov.br. Accessed in: 21 Jan 2026.

Júnior, Robertson & Montenegro, Abelardo. (2019). IMPACT OF LAND USE CHANGE ON THE WATER BALANCE IN A REPRESENTATIVE WATERSHED IN THE SEMIARID OF THE STATE OF PERNAMBUCO USING THE SWAT MODEL. Engenharia Agrícola. 39. 110-117. 10.1590/1809-4430-eng.agric.v39n1p110-117/2019.

Marengo, J.A.; Alves, L.M.; Alvalá, R.C.S.; Cunha, A.P.; Brito, S.; Moraes, O.L.L. 2018. Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semi-arid Northeast Brazil region. Annals of the Brazilian Academy of Sciences, 90(2): 1973–1985.

MONTENEGRO, A. A. A.; RAGAB, R. Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study. Hydrological Processes, v. 24, p. 2705-2723, 2010.

Nascimento, J.M.; Frade, T.G.; Silva, R.M. 2018. Modelagem da resposta do escoamento em uma bacia do semiárido da Paraíba utilizando o modelo SWAT. Revista Brasileira de Geografia Física, 11(3): 1137–1150.

Oliveira, N.M.; Silva, R.M.; Brasil Neto, R.M.; Santos, C.A.G.; Vianna, P.C.G. 2022. Spatiotemporal patterns of agricultural and meteorological droughts using SPI and MODIS-based estimates over a Brazilian semi-arid region: study case of Upper Paraíba River basin. Geocarto International, 37(26): 11590–11613.

Pilz, T.; Delgado, J.M.; Voss, S.; Vormoor, K.; Francke, T.; Costa, A.C.; Martins, E.; Bronstert, A. 2019. Seasonal drought prediction for semi-arid northeast Brazil: about the added value of a process-based hydrological model. Hydrology and Earth System Sciences, 23: 1951–1971.

Santos, D.C.; Santos, C.A.G.; Brasil Neto, R.M.; Silva, R.M.; Santos, C.A.C. 2023. Precipitation variability using GPCC data and its relationship with atmospheric teleconnections in Northeast Brazil. Climate Dynamics, 61: 5035–5048.

Silva, M.A. 2015. Modelagem hidrológica e das perdas do solo e suas relações com as formas de relevo e uso do solo na bacia do rio Taperoá–PB. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

Silva, A.M.; Silva, R.M.; Santos, C.A.G. 2019. Automated surface energy balance algorithm for land (ASEBAL) based on automating endmember pixel selection for evapotranspiration calculation in MODIS orbital images. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 79: 1–11.

Silva, A.M.; Silva, R.M.; Santos, C.A.G.; Linhares, F.M.; Xavier, A.P.C. 2022. Modeling the effects of future climate and landuse changes on streamflow in a headwater basin in the Brazilian Caatinga biome. Geocarto International, 37(26): 12436–12465.

Silva, G.J.F.; Silva, R.M.; Brasil Neto, R.M.; Silva, J.F.C.B.C.; Dantas, A.P.C.; Santos, C.A.G. 2024. Multi-datasets to monitor and assess meteorological and hydrological droughts in a typical basin of the Brazilian semi-arid region. Environmental Monitoring and Assessment, 196: 285.

Silva, L.P.; Xavier, A.P.C.; Silva, R.M.; Santos, C.A.G. 2020. Modeling land cover change based on an artificial neural network for a semi-arid river basin in northeastern Brazil. Global Ecology and Conservation, 21: e00811.

Silva, J.F.C.B.C.; Silva, R.M.; Santos, C.A.G.; Silva, A.M.; Vianna, P.C.G. 2021a. Analysis of the response of the Epitácio Pessoa reservoir (Brazilian semi-arid region) to potential future drought, water transfer and LULC scenarios. Natural Hazards, 108: 1347–1371.

Silva, R.M.; Santos, C.A.G.; Silva, J.F.C.B.C.; Silva, A.M.; Brasil Neto, R.M. 2020. Spatial distribution and estimation of rainfall trends and erosivity in the Epitácio Pessoa reservoir catchment, Paraíba, Brazil. Natural Hazards, 102: 829–849.

Tavares, B.; Farias, C.W.L.A.; Montenegro, A.A.A.; Chagas, A.M.S.; Silva, R.M.; Ferreira, T.K.O. 2026. Morphometric, land use and water balance analysis of a basin in the semiarid region of Northeast Brazil: The case of the Taperoá River basin (PB). Revista Brasileira de Geografia Física, 19: 232–253.

Tarkegn, T.G.; van Oel, P.R.; Chukalla, A.D.; Ray, R.L.; Worku Tefera, G.; Worqlul, A.W.; Dile, Y.T.; Haileslassie, A.; Adgo, E.; Bantider, A.; Taye, M.T. 2026. Modeling impacts of climate change on blue and green water, and crop yield using SWAT+ in Lake Tana sub-basin (Ethiopia). Modeling Earth Systems and Environment, 12(7).

Vaz, L.A.V.; Filgueira, H.J.A.; Rosendo, E.E.Q.; Silva, R.M.; Santos, C.A.G. 2025. A novel integration of analytic hierarchy process and fuzzy logic to evaluate drought vulnerability in a semiarid region. Socio-Economic Planning Sciences, 99: 102221.