XVIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
XVIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM MODELO PCSWMM DE REDE URBANA EM RECIFE-PE

Breno Thierry Caldas Bezerra [1] ; Arivânia Bandeira Rodrigues [2]; Diego Cezar dos Santos Araujo [3]; Vanine Elane Menezes De Farias [4];Alfredo Ribeiro Neto [5]; José Roberto Gonçalves de Azevedo [6] & Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral [7]

RESUMO – O efeito das mudanças climáticas na intensificação de eventos hidrológicos extremos impõe desafios e incertezas associadas que podem comprometer a eficiência das abordagens convencionais de gestão de recursos hídricos. Nesse contexto, este estudo avaliou cenários de projeção de chuva em uma microbacia urbana localizada em Recife-PE, por meio da modelagem integrada 1D-2D no software PCSWMM. Foram utilizadas equações IDF propostas para Recife-PE e aplicados os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 a partir do modelo climático MIROC6 em diferentes horizontes temporais. Os resultados evidenciaram aumento expressivo dos indicadores hidráulicos em todos os cenários futuros. No SSP2-4.5, a área inundada apresentou incremento entre 30% e 35%, enquanto o volume inundado variou entre 64% e 77%. Já no SSP5-8.5, os aumentos foram de 29% a 34% na área inundada e de 61% a 74% no volume de alagamento. Também foram observados incrementos na velocidade máxima do escoamento e na lâmina de alagamento, indicando maior suscetibilidade da microbacia a alagamentos. Os resultados reforçam a necessidade de adaptação dos sistemas de drenagem urbana frente aos impactos das mudanças climáticas.

ABSTRACT– The effect of climate change on the intensification of extreme hydrological events imposes challenges and associated uncertainties that may compromise the efficiency of conventional water resources management approaches. In this context, this study evaluated rainfall projection scenarios in an urban micro-watershed located in Recife-PE, using integrated 1D-2D modeling in the PCSWMM software. IDF equations proposed for Recife-PE were used, and the SSP2-4.5 and SSP5-8.5 scenarios were applied using the MIROC6 climate model across different time horizons. The results showed a significant increase in hydraulic indicators for all future scenarios. In SSP2-4.5, the flooded area increased by 30% to 35%, while the flooded volume ranged from 64% to 77%. In SSP5-8.5, the increases ranged from 29% to 34% in flooded area and from 61% to 74% in flood volume. Increases were also observed in maximum flow velocity and flood depth, indicating a greater susceptibility of the micro-watershed to inundation. The results reinforce the need to adapt urban drainage systems to the impacts of climate change.

Palavras-Chave – CMIP6, Nordeste Brasileiro, Projeções Climáticas

[1]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)/TPF Engenharia, Recife, Pernambuco, 50740-550, 81 8998-0335, breno.thierry@ufpe.br;

[2]) Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (HU-Brasil), Lagarto, Sergipe, arivania_@hotmail.com;

[3]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, diego.caraujo@ufpe.br;

[4]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Sertânia, Pernambuco, vanine.menezes@ufpe.br;

[5]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, alfredo.ribeiro@ufpe.br;

[6]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, jose.azevedo@ufpe.br;

[7]) Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)/Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Pernambuco, jaime.cabral@ufpe.br;

1 INTRODUÇÃO

Com as mudanças climáticas e o aumento da temperatura global observadas nos últimos anos, os eventos de inundação têm se intensificado devido às alterações nos regimes de precipitação (em intensidade, duração e frequência), resultando em desastres mais frequentes e severos, com perdas humanas e materiais (IPCC, 2021). Além disso, atualmente, observa-se que a expansão da malha urbana no Brasil ocorre muitas vezes em detrimento dos corpos hídricos, com o aterramento e a canalização de rios e riachos para implantação de áreas impermeáveis. Esse processo reduz a infiltração da água da chuva e a capacidade natural dos cursos d'água de acomodar cheias, favorecendo a ocorrência de inundações (Lima et al., 2022).

Diante desse cenário, a cidade do Recife-PE posiciona-se entre os municípios brasileiros mais vulneráveis às mudanças climáticas, em decorrência da elevação do nível do mar e de suas características geográficas e topográficas. Conforme o documento Análise de riscos e vulnerabilidades climáticas e estratégia de adaptação do município do Recife, projeta-se um aumento de 68,44% no risco de inundações até 2040 (RECIFE, 2019).

A adaptação aos impactos de eventos hidrológicos extremos representa um desafio para a gestão da drenagem urbana, uma vez que as incertezas quanto à sua ocorrência e magnitude podem tornar insuficientes os métodos convencionais de projeto, demandando a avaliação de cenários futuros baseada em projeções de Modelos Climáticos Globais (MCG), que indicam alterações nos regimes de precipitação associadas às mudanças climáticas (Paiva *et al*., 2025). A modelagem hidrológico-hidráulica, por meio de modelos hidrodinâmicos integrados, permite simular a interação entre redes de drenagem e o escoamento superficial, subsidiando a avaliação de cenários e o planejamento de sistemas de drenagem urbana de forma eficiente (Farina *et al*., 2023; Wang *et al*., 2025).

O presente estudo avaliou cenários de projeção de chuva aplicados à modelagem integrada 1D-2D de uma microbacia urbana, utilizando equações IDF propostas por Rodrigues (2025) para Recife-PE, em diferentes horizontes temporais. Para as simulações, foi empregado o software *Personal Computer Storm Water Management Model* (PCSWMM), desenvolvido pela *Chiwater Computational Hydraulics International* (CHI), ferramenta de modelagem voltada à gestão de águas pluviais e escoamento urbano.

2 METODOLOGIA

De modo geral, a metodologia adotada neste estudo compreende as seguintes etapas principais: (1) identificação de uma microbacia urbana densamente urbanizada; (2) desenvolvimento de um modelo hidrodinâmico 1D-2D calibrado no PCSWMM; (3) estimativa das precipitações nos

cenários atual e futuro com base nas projeções de um modelo de clima; (4) discretização temporal da chuva pelo método de Huff (1990); e (5) simulação dos eventos e análise dos resultados.

2.1 Área de estudo

A microbacia da Avenida 30 de Outubro, localizada na cidade do Recife-PE, integra a bacia do rio Jiquiá, afluente do rio Tejipió, conforme ilustrado na Figura 1. A área de drenagem é de aproximadamente 0,164 km², declividade média de 9,34% e é composta por uma rede de drenagem com extensão total aproximada de 1,751 km, 83 dispositivos de microdrenagem, 60 condutos que representam canais e bueiros, além de um exutório responsável pela descarga do riacho "30 de Outubro", seu talvegue principal, no Canal Guarulhos, afluente do Rio Jiquiá (Bezerra *et al*., 2025).

O riacho 30 de Outubro apresenta 0,662 km de comprimento, originalmente constituído por um leito natural e margens vegetadas, teve suas características alteradas pelo processo de urbanização do bairro Jardim São Paulo, resultando na antropização de suas margens e implantação de infraestrutura de drenagem (Bezerra *et al*., 2025).

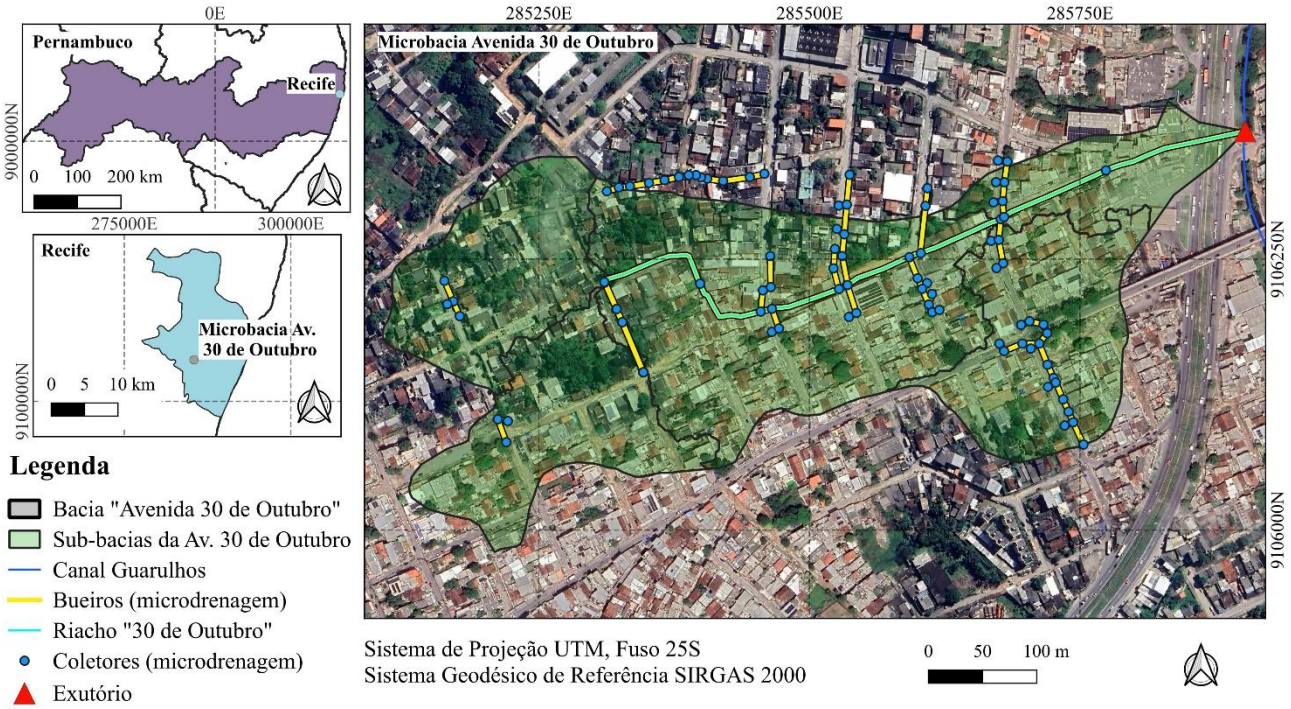


Figura 1: Localização da área de estudo microbacia Avenida 30 de Outubro.
Fonte: Os autores (2026).

2.2 Modelagem integrada 1D-2D no PCSWMM

O PCSWMM é um software que usa como algoritmo de base o SWMM, consistindo na integração entre o Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o SWMM (Rossman *et al*., 2022).

Além disso, é possível simular de forma integrada a rede de drenagem subterrânea e o escoamento superficial, permitindo visualizar a captação e o direcionamento das vazões pelos

dispositivos de microdrenagem até a macrodrenagem. Nos casos em que a capacidade da rede é insuficiente, também é possível avaliar a forma como o escoamento excedente se propaga sobre a superfície, em função da topografia local. O PCSWMM, no modelo da onda dinâmica, utiliza-se da equação da continuidade (Equação (1) e equação da conservação do movimento (Equação (2)) para descrever o escoamento em canais (Rossman *et al*., 2022).

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (Q/A)}{\partial x} + gA\frac{\partial H}{\partial x} gAS_f + gAh_L = 0 \quad (2)$$

Sendo: A a área da seção transversal dos condutos da malha (m²); t o tempo (s); Q a vazão do conduto da malha (m³/s); x o comprimento do conduto da malha (m); H a altura hidráulica da água no conduto da malha (m); S_f a inclinação de fricção (m/m); h_L a perda de energia local por unidade de comprimento do conduíte (m/m); g a aceleração da gravidade (m/s²).

O PCSWMM representa o domínio 2D por uma malha de células gerada a partir de nós que seguem a topografia do terreno. Na modelagem integrada 1D-2D, é acoplada a profundidade 1D às equações de conservação do movimento, utilizando uma rede de condutos e poços de visita para representar a hidrografia e a topografia da área (James *et al*., 2013).

2.3 Projeções climáticas

Previamente à aplicação dos cenários no PCSWMM, realizou-se a calibração dos parâmetros de rugosidade de Manning e do Curve Number (CN) com base em um evento pluviométrico observado. O cenário atual foi representado pelo período de referência de 1961 a 2014, utilizando dados do Modelo Climático Global (MCG) MIROC6, integrante do Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6). As séries de precipitação diária foram obtidas por meio da plataforma Projeções de Dados Climáticos para o Nordeste (PROJENE), desenvolvida por pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Essa base de dados disponibiliza projeções climáticas de alta resolução espacial (0,25° × 0,25°) para a região Nordeste do Brasil, cujos dados foram submetidos à correção sistemática de viés pelos desenvolvedores da plataforma, por meio do algoritmo *Quantile Delta Mapping* (QDM).

De acordo o relatório do IPCC (AR6), publicado em 2021, foram propostos 8 cenários climáticos que combinam diferentes trajetórias de desenvolvimento socioeconômico (*Shared Socioeconomic Pathways* – SSPs) com seus respectivos níveis de forçantes radiativas (O'Neill *et al*.,

2017). No presente estudo, foram considerados os cenários climáticos SSP2-4.5, que representa uma trajetória intermediária associada à manutenção das tendências atuais de desenvolvimento, e SSP5-8.5, que corresponde a um cenário de altas emissões, caracterizado pelo crescimento econômico sustentado pelo uso intensivo de combustíveis fósseis (Paiva *et al*., 2025).

Ressalta-se que as projeções climáticas apresentam incertezas associadas aos modelos, aos cenários de emissão e à variabilidade climática (Donat *et al*., 2023). Considerando a elevada variabilidade entre as projeções dos modelos na abordagem *Multi-model Ensemble*, mesmo após a correção de viés (Wu *et al*, 2022), optou-se pela utilização de um único modelo, visando maior praticidade na definição de um cenário de referência para planejamento e à gestão de projetos de drenagem urbana. Nesse contexto, Rodrigues (2025) identificou o MIROC6 como o modelo CMIP6 com melhor capacidade de representar a climatologia da Região Metropolitana do Recife (RMR).

Para os cenários futuros, foram adotadas as curvas IDF propostas por Rodrigues (2025) para Recife-PE, desenvolvidas a partir do modelo MIROC6. Foram disponibilizadas equações IDF para os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 para os horizontes de curto (2015–2044), médio (2045–2074) e longo prazo (2075–2100), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Curvas IDF para Recife-PE para o cenário futuro.

Período	SSP2-4.5	SSP5-8.5
Curto prazo (2015-2044)	$i = \frac{1077{,}714 \cdot T_r^{\,0{,}138}}{(t+9{,}227)^{0{,}707}}$	$i = \frac{822{,}564 \cdot T_r^{\,0{,}213}}{(t+9{,}207)^{0{,}706}}$
Médio prazo (2045-2074)	$i = \frac{957{,}158 \cdot T_r^{\,0{,}198}}{(t+9{,}251)^{0{,}707}}$	$i = \frac{925{,}033 \cdot T_r^{\,0{,}182}}{(t+9{,}223)^{0{,}707}}$
Longo prazo (2075-2100)	$i = \frac{1047{,}709 \cdot T_r^{\,0{,}162}}{(t+9{,}216)^{0{,}706}}$	$i = \frac{1138{,}842 \cdot T_r^{\,0{,}139}}{(t+9{,}226)^{0{,}707}}$

Fonte: Rodrigues (2025).

2.4 Discretização da chuva e cenários de simulação

No PCSWMM, a precipitação é inserida na forma de hietograma, constituindo o dado de entrada para a transformação chuva-vazão. Para as simulações, adotaram-se chuvas com duração de 24h (1.440 min) e tempo de retorno (TR) de 25 anos, critérios considerados adequados para a avaliação de sistemas de drenagem urbana (Lee et al., 2025).

Posteriormente, foram obtidos os acumulados de chuva para cada um dos cenários detalhados na Tabela 2, sendo a precipitação então discretizada pelo método de Huff (1990). Esse método classifica os eventos de chuva em quatro quartis, definidos em função de sua duração, e distribui a precipitação ao longo do tempo por meio de curvas adimensionais associadas à probabilidade desta de exceder a curva de distribuição temporal do quartil. Os quartis são definidos para eventos com duração de até 6 horas (1º quartil), entre 6,1 e 12 horas (2º quartil), entre 12,1 e 24 horas (3º quartil)

e superiores a 24 horas (4º quartil). Como a duração crítica adotada neste estudo foi de 24 horas, utilizou-se a distribuição correspondente ao 3º quartil.

Tabela 2: Cenários futuro e atual simulados.

Cenário	Descrição	Cenário	SSP5-8.5
1	Referência (1961-2014) TR25	5	SSP5-8.5 Curto prazo (2015-2044)
2	SSP2-4.5 Curto prazo (2015-2044)	6	SSP5-8.5 Médio prazo (2045-2074)
3	SSP2-4.5 Médio prazo (2045-2074)	7	SSP5-8.5 Longo prazo (2075-2100)
4	SSP2-4.5 Longo prazo (2075-2100)	-	-

Fonte: Os autores (2026).

3 RESULTADOS

Os modelos fornecem informações relevantes para a gestão dos recursos hídricos, permitindo compreender o comportamento hidrológico da bacia e hidráulico da drenagem (Farina *et al.*, 2023). A Figura 2 evidencia o aumento das precipitações simuladas nos cenários futuros (SSP2-4.5 e SSP5-8.5) em comparação à série histórica (1961–2014), com maior intensidade concentrada no início do evento.

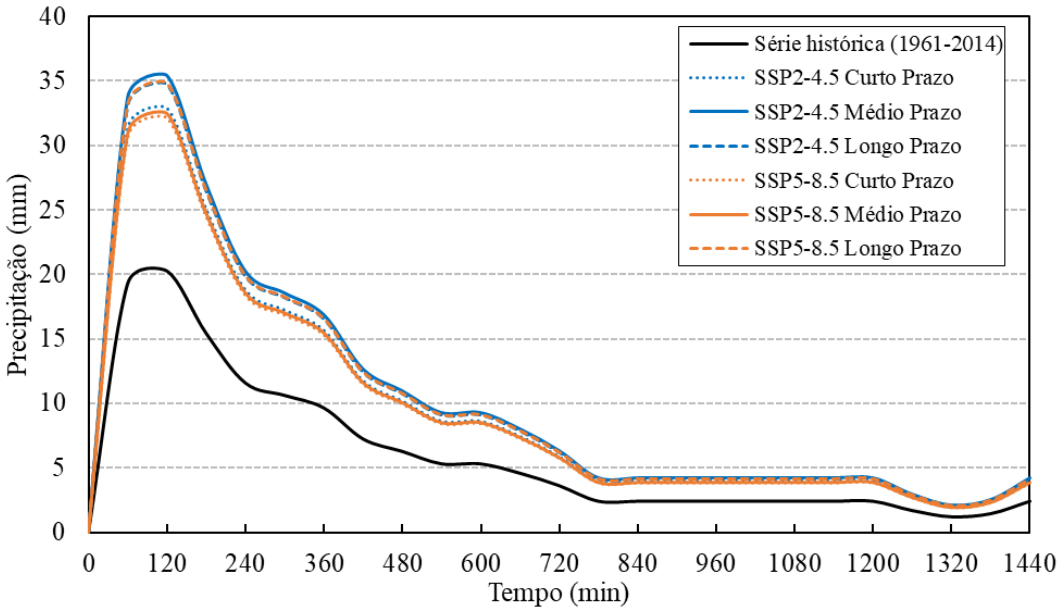


Figura 2: Distribuição das chuvas simuladas pelo método de Huff 3° quartil – TR25.
Fonte: Os autores (2026).

A Figura 3 evidencia aumento das vazões simuladas na microbacia da Avenida 30 de Outubro sob cenários climáticos futuros em relação à série histórica (1961–2014). Os cenários apresentaram comportamento semelhante entre si, com maiores vazões nos horizontes de médio e longo prazo, indicando intensificação dos impactos hidrológicos, conforme também observado por Rodrigues (2025). Além do aumento das vazões de pico, os cenários futuros apresentaram maior permanência de vazões elevadas ao longo do evento, condição que pode prolongar alagamentos e comprometer a eficiência da drenagem urbana.

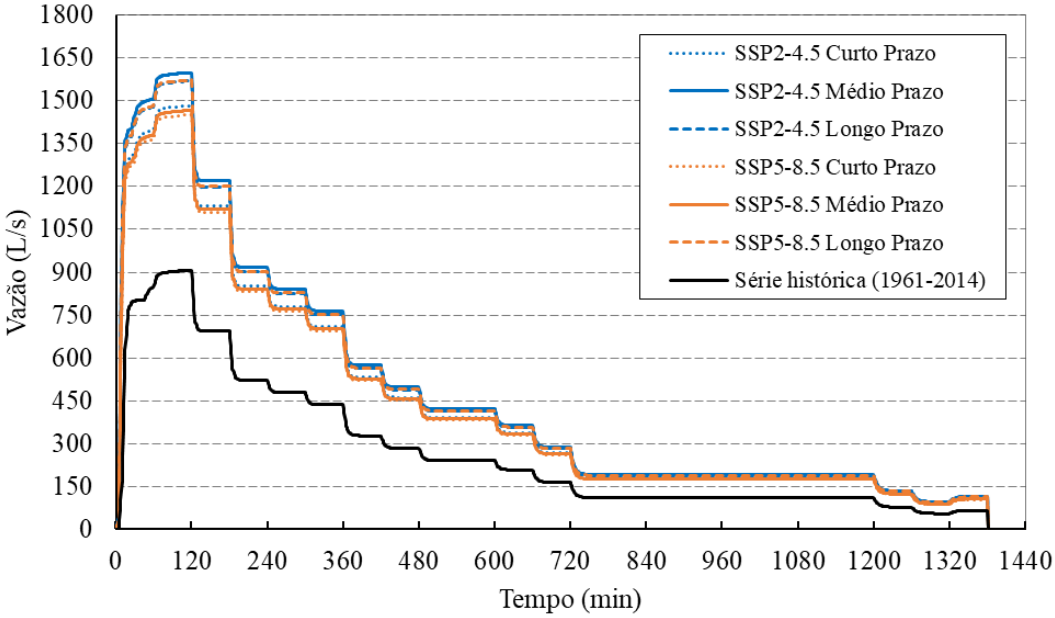


Figura 3: Hidrogramas simulados para a microbacia Avenida 30 de Outubro – TR25.
Fonte: Os autores (2026).

A Figura 4 apresenta a taxa de infiltração simulada para a microbacia da Avenida 30 de Outubro sob cenários futuros e atual. Observa-se que as primeiras duas horas de simulação apresenta elevadas taxas de infiltração, decrescendo gradualmente com o início da terceira hora de simulação, aproximando-se do zero, indicando redução da capacidade de absorção do solo. Essa redução acentuada da infiltração é característica de bacias densamente urbanizadas, caracterizadas por elevadas taxas de impermeabilização. A partir da saturação do solo, os armazenamentos em depressão passam a ser o principal mecanismo de reservação superficial da bacia.

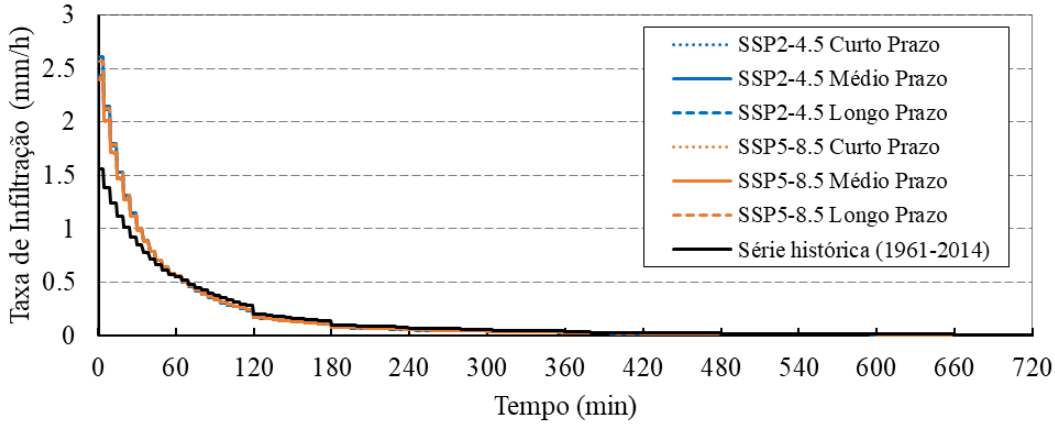


Figura 4: Infiltração simulada para a microbacia Avenida 30 de Outubro – TR25.
Fonte: Os autores (2026).

A Tabela 3 e Tabela 4 apresentam a avaliação hidráulica da rede da microbacia Avenida 30 de Outubro obtida pelo modelo integrado no PCSWMM. No cenário SSP2-4.5 (Tabela 3), a área inundada aumentou entre 30% e 35%, enquanto o volume de alagamentos registrou os maiores incrementos, entre 64% e 77%. A velocidade máxima do escoamento variou entre 10% e 12%, e a lâmina máxima entre 21% e 23%, indicando intensificação dos alagamentos.

No cenário SSP5-8.5 (Tabela 4), observou-se comportamento semelhante, com aumento da área inundada entre 29% e 34% e do volume de alagamento entre 61% e 74%. A velocidade máxima apresentou incrementos entre 10% e 12%, enquanto a lâmina máxima variou de 19% a 23%. Os resultados evidenciam maior suscetibilidade da microbacia a inundações urbanas sob cenários climáticos futuros.

Tabela 3: Parâmetros hidráulicos do modelo PCSWMM para o cenário atual e futuro SSP2-4.5 – TR25.

Cenários	Histórico	SSP2-4.5 TR25					
		Curto Prazo	Δ (%)	Médio Prazo	Δ (%)	Longo Prazo	Δ (%)
Área de alagamento (m²)	1.799,16	2.331,60	30%	2.436,00	35%	2.404,68	34%
Volume de alagamento (m³)	150,39	246,69	64%	266,81	77%	261,20	74%
Velocidade máxima (m/s)	3,82	4,21	10%	4,27	12%	4,25	11%
Lâmina máxima (m)	0,47	0,57	21%	0,58	23%	0,58	23%

Fonte: Os autores (2026).

Tabela 4: Parâmetros hidráulicos do modelo PCSWMM para o cenário atual e futuro SSP5-8.5 – TR25.

Cenários	Histórico	SSP5-8.5 TR25					
		Curto Prazo	Δ (%)	Médio Prazo	Δ (%)	Longo Prazo	Δ (%)
Área de alagamento (m²)	1.799,16	2.314,20	29%	2.324,64	29%	2.408,16	34%
Volume de alagamento (m³)	150,39	241,54	61%	244,01	62%	261,83	74%
Velocidade máxima (m/s)	3,82	4,20	10%	4,21	10%	4,26	12%
Lâmina máxima (m)	0,47	0,56	19%	0,56	19%	0,58	23%

Fonte: Os autores (2026).

Estudos recentes têm empregado a modelagem hidrodinâmica integrada 1D-2D no PCSWMM para avaliar cenários hidrológicos e a eficácia de medidas de mitigação. Nesse contexto, Wang *et al*. (2025) aplicaram essa abordagem para investigar os impactos da obstrução do sistema de drenagem sobre as inundações urbanas no distrito de Qingshan, em Wuhan, China, demonstrando que a redução da capacidade hidráulica da rede resulta em aumentos significativos na extensão e na profundidade dos alagamentos. Ali et al. (2026) avaliaram a eficácia de diferentes técnicas de infraestrutura verde para mitigação de inundações urbanas em Peshawar, Paquistão, considerando os impactos das mudanças climáticas. Sidek *et al*. (2021) empregaram modelagem 1D-2D na bacia de Damansara, na Malásia, verificando que a ampliação da profundidade do sistema de drenagem urbana pode reduzir a extensão das inundações em até 78%.

4 CONCLUSÃO

Este estudo avaliou os impactos das mudanças climáticas no comportamento hidrológico e hidráulico da microbacia da Avenida 30 de Outubro, em Recife-PE, por meio da modelagem integrada 1D-2D no PCSWMM aplicada aos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5, a partir de dados do

modelo MIROC6. Ressalta-se que a adoção de um único modelo climático, ainda que aderente a região, traz limitações quanto a estimativa da incerteza associada (Donat *et al*., 2023).

Os resultados indicaram aumento das vazões, da área e volume de alagamento, bem como da lâmina máxima dos alagamentos, evidenciando maior suscetibilidade da microbacia a eventos de alagamento urbana sob cenários futuros. Diante disso, destaca-se a necessidade de readequação dos sistemas de drenagem urbana, como o aumento do Tempo de Recorrência (TR) ou ajuste do parâmetro de intensidade no dimensionamento das infraestruturas de drenagem, sejam elas cinzas ou verdes, incorporando estratégias de adaptação climática e soluções sustentáveis capazes de reduzir os impactos associados à intensificação dos eventos extremos previstos para as próximas décadas.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem à CAPES, à FACEPE e ao CNPq (INCT-ONSEAdapta, 406919/2022-4) pelo apoio à pesquisa e às bolsas concedidas. Agradecem também ao Núcleo de Estudos de Recursos Hídricos do Semiárido (NERHIS) e à comunidade do Jardim São Paulo pela colaboração e participação nas atividades de campo, essenciais para este estudo.

5 REFERÊNCIAS

ALI, S. S.; SHAH, S. A. A.; AHMED, F.; LOC, H. H. (2026). "*Evaluating green infrastructure for climate-driven urban flood resilience: Insights from Peshawar City, Pakistan*". Journal of Water Management Modeling, Guelph, v. 34, art. C581. DOI: 10.14796/JWMM.C581.

BEZERRA, B. T. C. et al (2025). "*Diagnóstico integrado de sistema de drenagem urbana com apoio de sensoriamento remoto em Recife-PE*". In Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória, ES, Nov. 2025.

COMPUTATIONAL HYDRAULICS INTERNATIONAL (CHI) (2023). PCSWMM. Version 7.6.3695. Guelph: CHI. Disponível em: https://www.chiwater.com/Home. Acesso em: 11 jun. 2026.

DONAT, M. G.; DELGADO-TORRES, C.; DE LUCA, P.; MAHMOOD, R.; ORTEGA, P.; DOBLAS-REYES, F. J. (2023). "*How credibly do CMIP6 simulations capture historical mean and extreme precipitation changes?*". Geophysical Research Letters, v. 50, e2022GL102466. DOI: 10.1029/2022GL102466.

DOS SANTOS ARAUJO, D. C.; BANDEIRA RODRIGUES, A.; MENEZES DE FARIAS, V. E.; DE ABREU CLAUDINO, C. M.; SILVA, C.; RIBEIRO NETO, G.; FERNANDA DA SILVA, S.; VASCONCELOS, R. (2026). PROJENE: High-Resolution Bias-Corrected Climate Projections Dataset (CMIP6) for Northeast Brazil. Version 1.1.0. Zenodo. Dataset. DOI: 10.5281/zenodo.20466697.

FARINA, A.; DI NARDO, A.; GARGANO, R.; VAN DER WERF, J. A.; GRECO, R. (2023). "*A simplified approach for the hydrological simulation of urban drainage systems with SWMM*". Journal of Hydrology, v. 623, art. 129757. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129757.

HUFF, F. A. (1967). "*Time distribution of rainfall in heavy storms*". Water Resources Research, v. 3, n. 4, pp. 1007-1019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2021). "*Technical summary*". In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (ed.). Climate Change 2021: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 33-144.

JAMES, R.; FINNEY, K.; PERERA, N.; JAMES, B.; PEYRON, N. (2013). "*SWMM5/PCSWMM integrated 1D-2D modeling*". In: DONIGIAN, A. S.; FIELD, R.; MICHAEL BAKER JR., INC. (ed.). Fifty years of watershed modeling: past, present and future. [S. l.]: ECI Symposium Series. Disponível em: http://dc.engconfintl.org/watershed/12. Acesso em: 11 jun. 2026.

LEE, K. T.; CHIEN, T.-C.; YU, W.-S.; CHEN, N.-K.; HUANG, P.-C.; LIN, Y.-T.; HSU, Y.-H.; LIAO, Y.-H.; CHEN, H.-Y.; HSU, C.-W.; et al. (2025). "*Evaluating design rainstorm durations for urban flood control*". Earth, Basel, v. 6, n. 2, art. 53. DOI: 10.3390/earth6020053. Disponível em: https://doi.org/10.3390/earth6020053. Acesso em: 26 jul. 2026.

LIMA, C. A. S. et al. (2022). "*Multicriteria analysis for identification of flood control mechanisms: application to extreme events in cities of different Brazilian regions*". International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 71, art. 102769. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2021.102769.

O'NEILL, B. C. et al (2017). "*The roads ahead: narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century*". Global Environmental Change, v. 42, pp. 169-180. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.

PAIVA, R. C. D.; COLLISCHONN, W.; SOUZA, S. A.; ARAUJO, A. A. (2025). Extremos hidrológicos. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). 153 p. (Impacto da mudança climática nos recursos hídricos do Brasil, v. 2).

RODRIGUES, A. B. (2025). "*Manejo sustentável das águas urbanas e resiliência em cidade litorânea sob a influência das alterações climáticas*". Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

ROSSMAN, L. A.; SIMON, M. A. (2022). Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA/600/R-22/030.

SIDEK, L. M. et al. (2021). "*Application of PCSWMM for the 1-D and 1-D–2-D modeling of urban flooding in Damansara Catchment, Malaysia*". Applied Sciences, v. 11, n. 19, art. 9300. DOI: 10.3390/app11199300.

WANG, X.; XIA, J.; FENG, J.; DONG, B. (2025). "*Numerical modelling of the impact of drainage system clogging on urban flood processes*". Journal of Environmental Management, v. 388, art. 125969. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.125969.

WAYCARBON; ICLEI; PREFEITURA DO RECIFE (2019). Análise de riscos e vulnerabilidades climáticas e estratégia de adaptação do município do Recife – PE: resumo para tomadores de decisão. Recife: WayCarbon. Relatório técnico.

WU, Y. M. C. et al. (2022). "*Quantifying the Uncertainty Sources of Future Climate Projections and Narrowing Uncertainties With Bias Correction Techniques*". Earth's Future, v. 10, e2022EF002963. DOI: 10.1029/2022EF002963.