



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA E DE CENÁRIOS FUTUROS NO RIACHO CAVOUÇO NA BACIA DO RIO CAPIBARIBE

Lucas Amorim Amaral Menezes¹; Camila Oliveira de Britto Salgueiro²; Juliana Farias Santos de Moraes³; Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral⁴; Leidjane Maria Maciel de Oliveira⁵ & Sylvana Melo dos Santos⁶.

Palavras-chave: Precipitação; Temperatura do ar; Projeções climáticas; HadGEM3-GC31-LL; Cenários SSP.

INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil tem vivenciado uma intensificação na duração e na frequência de extremos climáticos, bem como no aumento da variabilidade climática. Dessa forma, a realização de diagnósticos espaço-temporais da variabilidade climática e das mudanças ambientais torna-se fundamental para mitigar pressões e reduzir impactos sobre os ecossistemas naturais. Para isso, a compreensão da variabilidade da precipitação é fundamental não apenas para a previsão de eventos extremos, como secas e cheias, mas também para a gestão eficiente dos recursos hídricos (Abbas *et al.*, 2022).

As emissões antropogênicas de gases de efeito estufa configuram-se como os principais motores das mudanças climáticas, intensificando a ocorrência de eventos extremos, conforme 6º Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC, 2024). Nesse relatório, foram considerados os cenários baseados nos *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs), que integram trajetórias socioeconômicas e níveis de forçante radiativa, possibilitando uma análise mais abrangente dos riscos climáticos e das estratégias de adaptação.

Considerando as incertezas associadas às mudanças climáticas e seus impactos diretos sobre variáveis como temperatura e precipitação (Silva, 2004; Souza e Azevedo, 2012; Lacerda, 2015), este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes cenários climáticos e seus efeitos sobre a variabilidade climática na sub-bacia do riacho Cavouço, afluente do rio Capibaribe. Para isso, será utilizado o modelo climático HadGEM3-GC31-LL, considerando os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área de estudo corresponde à sub-bacia do riacho do Cavouço que é um afluente da margem direita do rio Capibaribe, tem 95,7% de seu território ocupado pela urbanização e é localizada inteiramente na cidade do Recife (Carvalho Filho *et al.*, 2024).

¹) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGE, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária. 50.740-530. Recife/PE – Brasil. Fone: +55 81 2126.8223. E-mail: lucas.laam@ufpe.br.

²) Doutoranda - PPGE, UFPE, Recife-PE, e-mail: camila.salgueiro@ufpe.br.

³) Doutoranda - PPGE, UFPE, Recife-PE, e-mail: juliana.fmoraes@ufpe.br.

⁴) Professor da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco - POLI-UPE, docente permanente - PPGE, UFPE, Recife-PE. E-mail: jaime.cabral@ufpe.br.

⁵) Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental - DECIV, docente permanente - PPGE, UFPE, Recife-PE. E-mail: leidjane.oliveira@ufpe.br.

⁶) Professora Titular - DECIV, docente permanente - PPGE, UFPE, Recife-PE. E-mail: sylvana.santos@ufpe.br.

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe é localizada no estado de Pernambuco, na região Nordeste do Brasil. A bacia situa-se na porção norte-oriental do estado, compreendida entre as coordenadas 07°41'20" e 08°19'30" de latitude sul e 34°51'00" e 36°41'58" de longitude oeste. De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERH/PE), a bacia do rio Capibaribe integra a Unidade de Planejamento UP03 e possui uma área total de aproximadamente 7.440 km² (SEINFRA-PE, 2022).

Dados pluviométricos e de temperatura

Foram utilizados dados de precipitação diária provenientes da estação automática Curado (código 834007), localizada no município do Recife, disponibilizados pela plataforma HidroWeb (ANA, 2019), para o período de 01/01/1961 a 30/06/2019. Já os dados de temperatura do ar foram obtidos a partir do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando a normal climatológica referente ao período de 1981 a 2010 para a mesma estação.

As séries históricas mensais de precipitação e temperatura do ar simuladas pelo modelo climático HadGEM3-GC31-LL, com resolução espacial aproximada de 250 km, foram extraídas para o período de 1950 a 2014. A extração foi realizada por meio de scripts desenvolvidos em linguagem de programação R, utilizando as coordenadas geográficas da estação Curado. Para a avaliação do desempenho do modelo, foi construída uma normal climatológica referente ao período de 1981 a 2010, permitindo a comparação entre os dados simulados e os dados observados.

Projeções

As projeções futuras de precipitação e temperatura do ar foram obtidas para o período de 2050 a 2100, considerando os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5, por meio da plataforma da Earth System Grid Federation (ESGF). Com base nessas séries, foram construídas normais climatológicas para o período de 2071 a 2100 e calculadas anomalias de precipitação (Equação 1) e temperatura (Equação 2) em relação ao período histórico de referência do modelo.

$$P (\%) = 100 * \frac{\overline{P_{cen}} - \overline{P_{base}}}{\overline{P_{base}}} \quad (1)$$

$$T (^\circ\text{C}) = \overline{T_{cen}} - \overline{T_{base}} \quad (2)$$

RESULTADOS

O modelo climático HadGEM3-GC31-LL (P_{base}) demonstrou consistência na estimativa da magnitude da precipitação, embora apresente um deslocamento temporal, antecipando a estação chuvosa. Enquanto os dados observados registram o pico pluviométrico em junho, o modelo projeta o mesmo pico para abril. Apesar disso, os volumes máximos permanecem equivalentes, com totais em torno de 400 mm (Figura 1-a). Em relação aos dados de temperatura (Figura 1-b), nota-se que o modelo climático (T_{base}) subestima a temperatura observada em todo o período, mas é assertivo temporalmente nas variações.

As Figuras 2-a e 2-b mostram a análise comparativa entre os dados de precipitação do modelo HadGEM3-GC31-LL (P_{base}) e as projeções ($P_{cenário}$) SSP2-4.5 e SSP5-8.5, respectivamente. Para ambos os cenários, nota-se um comportamento similar em relação à série histórica. As projeções dos cenários indicam aumento dos valores de precipitação nos meses chuvosos e diminuição nos meses mais secos, ou seja, cenários mais críticos.

Figura 1 – Análise comparativa de (a) Precipitação e (b) Temperatura – Modelo HadGEM3-GC31-LL (P_{base}) x Dados observados ($P_{observado}$).

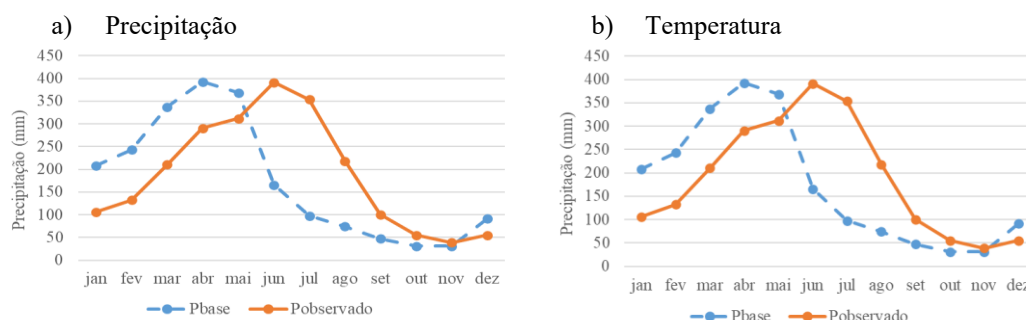
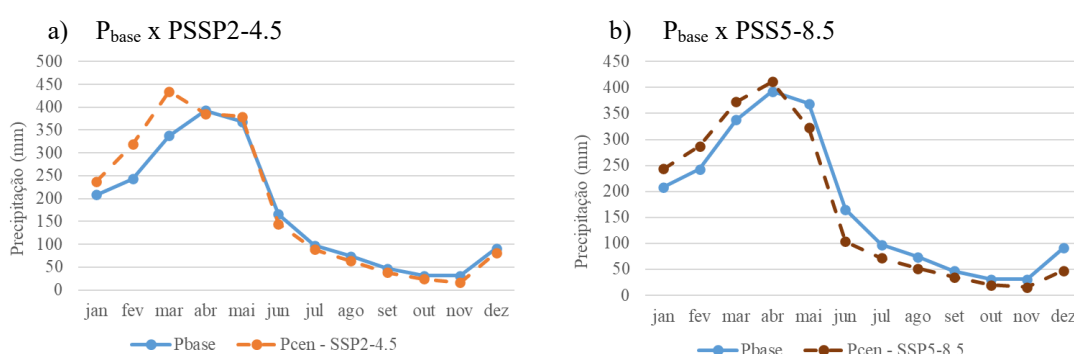
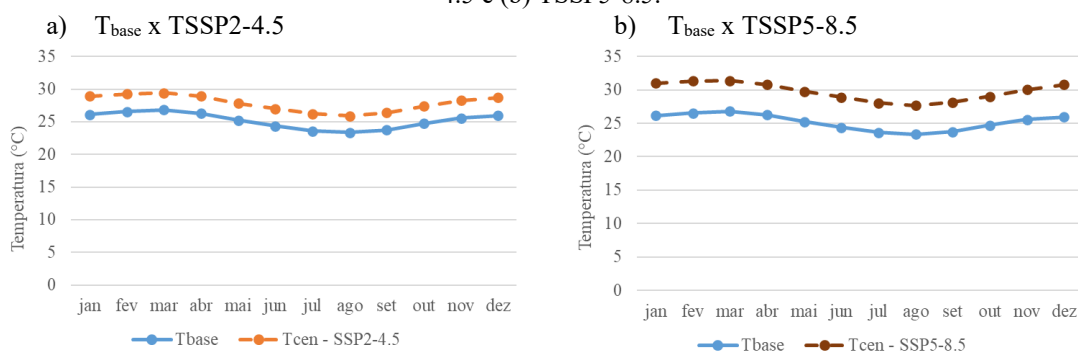


Figura 2 – Normais climatológicas de precipitação base (P_{base}) e precipitação de cenário futuro (a) PSSP2-4.5 e (b) PSSP5-8.5.



No entanto, essas variações não são elevadas, fator que foi comprovado na determinação das anomalias, que indicaram aumento de 6,04% entre o P_{base} e o PSSP2-4.5 e uma diminuição de 5,02% entre o P_{base} e o PSSP5-8.5. Similarmente, as Figuras 3-a e 3-b indicam a comparação entre os dados de temperatura do modelo (T_{base}) e as projeções ($T_{cenário}$) SSP2-4.5 e SSP5-8.5, respectivamente.

Figura 3 – Normais climatológicas de temperatura base (T_{base}) e temperatura de cenário futuro (a) TSSP2-4.5 e (b) TSSP5-8.5.



Em relação à temperatura, o comportamento dos cenários de projeções futuras é similar quando comparado ao período histórico de base do modelo. A Figura 3 mostra um aumento na temperatura média para todos os meses do ano, sendo o cenário SSP5-8.5 visualmente mais crítico que SSP2-4.5. O cálculo das anomalias confirma essa tendência, indicando um aumento de 2,7°C na temperatura média para o cenário SSP2-4.5 e um aumento de 4,6°C para o cenário SSP5-8.5.

CONCLUSÕES

O modelo climático HadGEM3-GC31-LL apresentou desempenho satisfatório na representação da magnitude da precipitação e da variabilidade térmica na sub-bacia do riacho Cavouco, afluente do rio Capibaribe, embora tenha antecipado o pico da estação chuvosa em relação aos dados observados. As projeções futuras indicam um aumento da variabilidade da precipitação, caracterizado pela intensificação das chuvas nos meses chuvosos e pela redução dos volumes precipitados durante os períodos secos. As anomalias de precipitação apontaram variações moderadas nos totais médios, com aumento de 6,04% no cenário SSP2-4.5 e redução de 5,02% no cenário SSP5-8.5.

Em relação à temperatura do ar, ambos os cenários projetaram aumento ao longo de todos os meses do ano, sendo mais expressivo no cenário SSP5-8.5, que apresentou elevação média de 4,6 °C, enquanto o cenário SSP2-4.5 indicou aumento de 2,7 °C. Esses resultados evidenciam a elevada vulnerabilidade da área de estudo às mudanças climáticas, reforçando a necessidade de adoção de estratégias de adaptação e de planejamento dos recursos hídricos que considerem cenários futuros de maior variabilidade climática e aquecimento.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento à pesquisa e apoio financeiro por meio da concessão de bolsas de doutorado. A CAPES pela concessão ao primeiro autor (Processo nº 88887.134143/2025-00), à segunda autora (Processo nº 88887.134583/2025-00) e à terceira autora (Processo nº 88887.151009/2025-00).

REFERÊNCIAS

- ABBAS, S. A.; XUAN, Y.; AL-RAMMAHI, A. H.; ADDAB, H. F. A. Comparison Study of Observed and the CMIP5 Modelled Precipitation over Iraq 1941–2005. **Atmosphere**, 13 (11), 1869, 2022. <https://doi.org/10.3390/atmos13111869>.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Séries históricas das estações. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 18/12/2025.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **About the IPCC**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/about/>. Acesso: 18/12/2025.
- CARVALHO FILHO, J. A. A.; PAIVA, A. L. R.; NASCIMENTO, R. F.; CABRAL, J. J. S. P. Efeito da urbanização e do revestimento da zona hiporreica na qualidade da água de riachos urbanos: estudo de caso no município do Recife-pe. **Geoconexões**, 2 (19), 455-481, 2024.
- SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, 58 (4), 575-596, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2003.12.002>
- SOUZA, W. M; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 5 (1), 143-159, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232793/26793>. Acesso em: 18/12/2025.
- LACERDA, F. F. **Tendências de temperatura e precipitação e cenários de mudanças climáticas de longo prazo no Nordeste do Brasil e em ilhas oceânicas**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 110 pp., 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17405>. Acesso em: 18/12/2025.
- SEINFRA-PE - Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos de Pernambuco. **Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-PE**, 2022.