III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS DE ONDAS DE CALOR NAS CAPITAIS DO LESTE NORDESTINO

Charla Campos Pereira (1); Eos Ananke Henrique da Silva Santos (2); Mellissa Gabriella da Silva Santos (3); Alex Tavares Diniz (4); Dayane Alexandre Correia (5); Heliofábio Barros Gomes (6); Fabrício Daniel dos Santos Silva (7); Glauber Lopes Mariano (8)

(1) Mestranda em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, charla.pereira@icat.ufal.br
(2) Graduanda em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, eos.santos@icat.ufal.br
(3) Graduanda em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, mellissa.santos@icat.ufal.br
(4) Mestrando em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas, alex.diniz@icat.ufal.br
(5) Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, dayane.correia@fau.ufal.br
(6) Prof. Dr., Universidade Federal de Alagoas, heliofabio@icat.ufal.br
(7) Prof. Dr., Universidade Federal de Alagoas, fabricio.santos@icat.ufal.br
(8) Prof. Dr., Universidade Federal de Alagoas, glauber.mariano@icat.ufal.br

RESUMO

O estudo e a caracterização das ondas de calor são um tópico cada vez mais discutido pela literatura científica e pelo poder público, dado seu potencial impacto na saúde pública nas mais diversas doenças e índices de mortalidade e morbidade (ZHAO et al. 2019). Nesse contexto, o presente trabalho analisa a distribuição e a frequência dos eventos de ondas de calor nas seis capitais do leste da Região Nordeste do Brasil (Aracaju, João Pessoa, Maceió, Natal, Recife e Salvador), visando quantificar e caracterizar essas cidades quanto à persistência, distribuição e evolução temporal desses extremos climáticos. A metodologia utiliza o índice CTX90pct para identificar as ondas de calor, período em que a temperatura máxima diária ultrapassa o percentil 90 por três ou mais dias consecutivos, adotando a climatologia de 1991 a 2020 para cálculo dos limiares e uma média móvel de 15 dias. A série analisada corresponde aos anos de 1991 a 2023. Posteriormente, analisou-se a prevalência dos eventos nos percentis extremos 95 e 99. Os dados de temperatura máxima, com resolução 0,1° × 0,1°, foram processados no Google Earth Engine a partir da base de dados BR-DWGD. Para mitigar vieses, utilizou-se a malha de setores censitários do IBGE para delimitação espacial, excluindo grandes corpos hídricos. Os resultados indicam que o volume total de ondas de calor varia conforme o limiar de severidade. No percentil 90, João Pessoa lidera em números absolutos com 200 eventos, seguida por Recife (178) e Aracaju (146), enquanto Natal apresenta o menor total (127). No percentil 95, João Pessoa (116) e Recife (105) mantêm os maiores números, mas Maceió assume o menor (58). No extremo do percentil 99, Recife registra a maior frequência (45) e Maceió a menor (6). A análise temporal revela uma concentração expressiva das ondas de calor a partir de 2010 em quase todas as capitais, exceto em Salvador e Maceió, que exibem maior homogeneidade histórica. A análise da persistência destaca capitais como Aracaju, João Pessoa e Recife com picos históricos de duração em setembro de 2023. Ademais, Natal observou um evento de grandes proporções em 2021.

Palavras-chave: meteorologia, mudanças climáticas, ondas de calor, biometeorologia.

1. INTRODUÇÃO

As ondas de calor constituem um dos principais eventos extremos associados aos impactos das mudanças climáticas sobre a sociedade. A literatura recente sugere o aumento da frequência, duração e intensidade desses eventos em diversas regiões do planeta, com potenciais efeitos sobre a saúde pública, sistemas de infraestrutura e as atividades econômicas. Entre os impactos mais documentados na literatura destacam-se o aumento das taxas de morbidade e mortalidade associadas à exposição prolongada a temperaturas elevadas e às ondas de calor, especialmente entre grupos mais vulneráveis (ZHAO et al., 2019).

No Brasil, estudos têm identificado um aumento da ocorrência de extremos térmicos nas últimas décadas, com ampliação da frequência e da duração das ondas de calor em diferentes regiões do país

(GEIRINHAS et al., 2018). Apesar de avanços recentes, estudos voltados para a caracterização regional, em especial no Nordeste Brasileiro, são limitados. Nesse contexto, a identificação dos padrões temporais das ondas de calor constitui uma ferramenta relevante para subsidiar estratégias de adaptação e planejamento voltadas para a saúde pública.

2. OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo analisar a distribuição e frequência dos eventos de ondas de calor nas capitais dos estados do leste nordestino, quantificando e caracterizando estas cidades em termos de frequência e disposição destas ondas.

3. MÉTODO

3.1 Municípios-alvo e Delimitação Temporal:

A delimitação espacial se dá nas seis capitais dos estados do leste nordestino: Aracaju (SE), João Pessoa (PB), Maceió (AL), Natal (RN), Recife (PE) e Salvador (BA). O período analisado corresponde aos anos de 1991 a 2023.

3.2 Definição de Onda de Calor:

A definição de onda de calor seguiu o índice CTX90pct, onde um evento de onda de calor é aquele em que a temperatura máxima diária ultrapassa por três ou mais dias consecutivos o percentil 90. Os limiares foram calculados com base no período climatológico 1991-2020, utilizando uma média móvel de 15 dias centrada no dia do ano, baseada na aplicação de Geirinhas et al. (2018). Posteriormente, foi realizada a análise da prevalência destes eventos nos percentis mais extremos, 95 e 99. Ondas de calor foram agregadas como eventos anuais.

3.3 Dados Meteorológicos:

Os dados de temperatura máxima diária foram extraídos do conjunto de dados meteorológicos BR-DWGD, interpolados com estações meteorológicas, de resolução 0,1° × 0,1°, desenvolvido por Xavier et al. (2022), e processados no Google Earth Engine (GEE). A temperatura máxima dos municípios foi calculada como a média dos dados nos pixels válidos na geometria de cada cidade. Objetivando compreender o efeito real sentido pela população, este trabalho optou por utilizar a malha de setores censitários do IBGE como referência para delimitação espacial, excluindo áreas de grandes corpos hídricos que poderiam enviesar a média da temperatura máxima para cada cidade. Para garantir a continuidade da climatologia diária e evitar descontinuidades associadas aos anos bissextos, foi adotado um calendário climatológico fixo durante o processamento, mas preservando as reais datas de ocorrência dos eventos de temperatura, evitando assim a exclusão do dia 29 de fevereiro, que poderia fragmentar a lógica de identificação de ondas. Testes de sensibilidade, utilizando metodologias alternativas, produziram resultados consistentes, corroborando com a robustez do método empregado na extração dos dados e identificação dos eventos.

4. RESULTADOS

A quantidade total de eventos de onda de calor variou significativamente conforme o limiar de extremidade analisado. No percentil 90 (P90), todas as cidades registram um número igual ou superior a 127 eventos ao longo da série histórica. João Pessoa apresentou o maior número absoluto de 200 eventos, seguida por Recife (178) e Aracaju (146), enquanto Natal registrou o menor total com 127 eventos.

No percentil 95 (P95), o padrão de distribuição manteve-se semelhante, com João Pessoa (116), Recife (105) e Aracaju (79), permanecendo como as cidades que lideram em números absolutos. Contudo, Maceió assume como o município de menor número absoluto de eventos (58). Ao analisar o limiar mais restrito de temperatura, o percentil 99, Recife destaca-se com o maior número de ocorrências (45), seguida por João

Pessoa (30) e Natal (21), enquanto Maceió consolida-se como a capital menos exposta a extremos persistentes, registrando apenas seis eventos ao longo da série histórica.

A distribuição temporal revela padrões distintos entre as capitais analisadas. Na figura 1, é possível notar um aumento da quantidade de ondas em níveis variáveis em grande parte das capitais nos anos mais recentes, sobretudo a partir de 2010. Entretanto, Salvador, e principalmente Maceió, se destacam por uma distribuição mais igualitária ao longo da série temporal, apesar de picos em anos recentes, revelando características de relativa estabilidade, quando comparada a cidades como Aracaju, que concentra quase a totalidade de suas ondas a partir de 2008. Este comportamento persiste nos percentis 95 e 99, figuras 2 e 3, onde é possível destacar, além da estabilidade de Maceió, a intensificação destes eventos especialmente em Recife, mesmo nos percentis mais extremos.

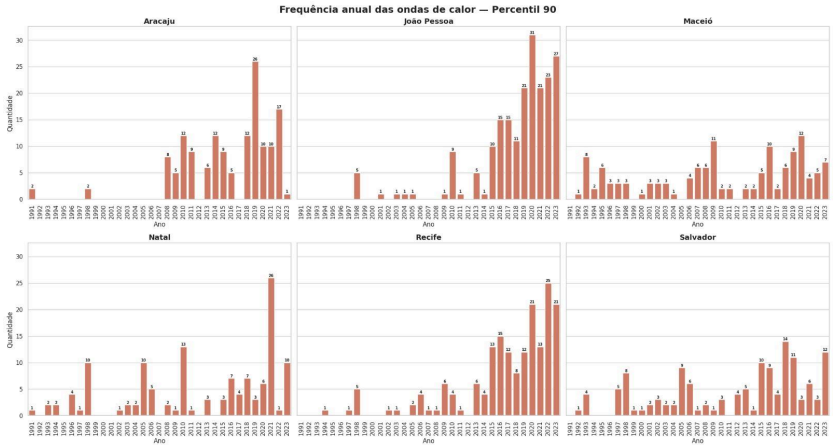

Figura 1 - Série temporal percentil 90.

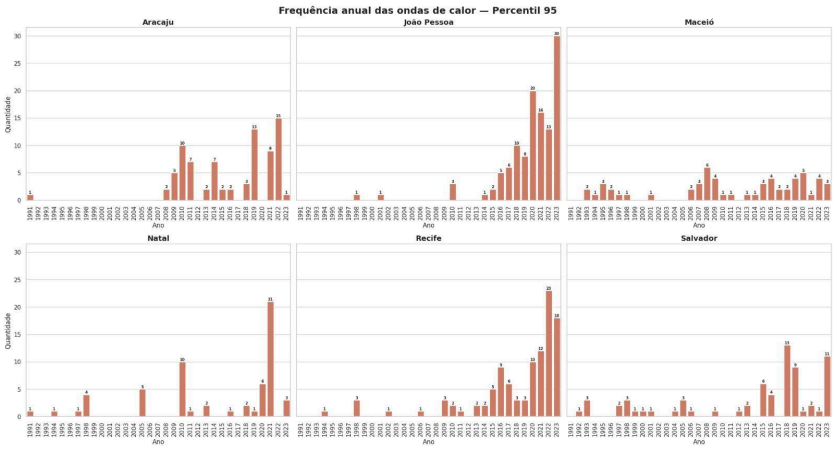

Figura 2 - Série temporal percentil 95.

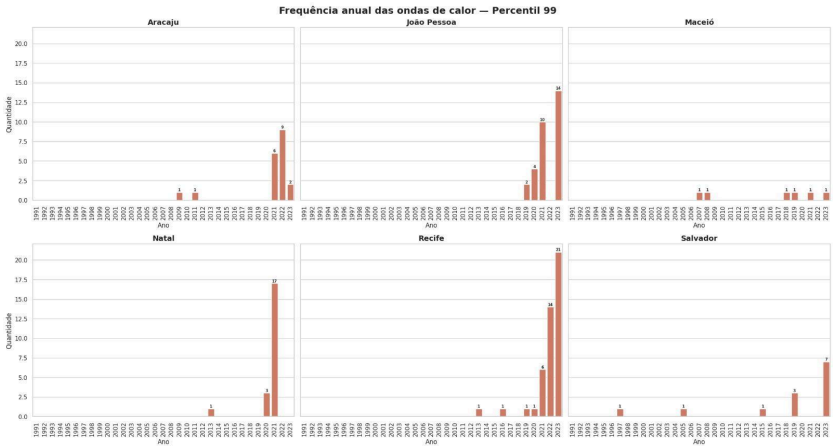

Figura 3 - Série temporal percentil 99.

Os eventos de maior duração das cidades, apesar de relativa variabilidade, sugerem a atuação de condições atmosféricas de impacto regional. Aracaju, João Pessoa e Recife registraram ondas de 52, 32 e 63 dias, respectivamente, no percentil 90, todas com início em setembro de 2023, sugerindo a influência de condições atmosféricas favoráveis à persistência de temperaturas elevadas nas três capitais. Ao analisar o P95 e P99, o evento de 2023 manteve-se altamente elevado em Aracaju, com 52 e 44 dias de duração, respectivamente. Em João Pessoa, o evento de 2023 não aparece como o mais extremo no P95 e P99, a cidade observa no percentil 95, um evento de 22 dias em 2021 como o evento de maior duração. No percentil 99, os eventos de maior duração limitam-se a 6 dias, dois eventos em 2021 e um em 2023. Em Recife, embora o evento de 2023 tenha sido extremo no P95 (60 dias), no P99 este diminui para 22 dias, e o recorde de persistência neste percentil se observa no ano de 2022, com 24 dias contínuos entre setembro e outubro.

Natal apresenta um evento de elevada duração de 43 dias no início de 2021 (P90), ao ignorar a delimitação anual, sua persistência é ainda mais elevada. Os dados sugerem a atuação de condições que culminaram na continuidade do calor entre os meses finais de 2020 e o início de 2021. No percentil 99, a duração deste evento contínuo em 2021 diminui para 26 dias.

Salvador tem como onda de maior duração no percentil 90 um evento de 22 dias de duração entre fevereiro e março de 2019, mas ao analisar os percentis 95 e 99, é possível destacar, em 2023, um evento de 13 dias no P95 e dois eventos de 5 dias no P99 como os de maior duração. Em Maceió, seu recorde no percentil 90 é um evento de 12 dias de duração entre abril e maio de 2015, decaindo para 9 dias no P95. No percentil 99, limita-se a um evento de 5 dias de duração em 2021. As diferenças quanto à concentração de intensidade e persistência destes eventos confirmam o padrão de distribuição temporal mais igualitário de Salvador e Maceió, já observado nas figuras 1, 2 e 3 deste trabalho.

Apesar destes episódios de durações prolongadas, as ondas curtas, em especial as de três e quatro dias de duração, predominam em todos os percentis e cidades.

5. CONCLUSÕES

Em síntese, a análise de distribuição temporal e da duração dos eventos de onda de calor evidencia o aumento da ocorrência de ondas de calor nas capitais do leste nordestino durante as décadas mais recentes, especialmente após 2010. Além disso, observa-se a formação de dois padrões regionais distintos. Aracaju, Recife, Natal e João Pessoa apresentam maior concentração temporal dos eventos e registram as maiores durações observadas na série histórica. Em contraste, Salvador e Maceió exibem distribuição temporal mais homogênea e eventos substancialmente menos persistentes. Esses resultados reforçam a importância de análises regionais para compreender a dinâmica de ondas de calor e subsidiar estratégias de adaptação frente ao aumento da ocorrência de extremos térmicos, dado seu impacto na saúde pública, bem referenciado na literatura (ZHAO et al., 2019), e a necessidade de monitoramento contínuo por órgãos públicos para apoiar sistemas de alerta e ações preventivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GEIRINHAS, João L. et al. Climatic and synoptic characterization of heat waves in Brazil. International Journal of Climatology, v. 38, n. 4, p. 1760-1773, mar. 2018. Disponível em: https://ppegeo.igc.usp.br/portal/wp-content/uploads/tainacan-items/1974/64698/13066-17317-1-SM.pdf. Acesso em: 24 maio 2026.

XAVIER, A. C. et al. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). International Journal of Climatology, v. 42, n. 16, p. 8390–8404, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1002/joc.7731. Acesso em: 24 maio 2026.

ZHAO, Qi et al. The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: a nationwide time series study between 2000 and 2015. PLoS Medicine, v. 16, n. 2, e1002753, fev. 2019. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6386221/. Acesso em: 24 maio 2026.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro aos autores, a Xavier et al. pela disponibilização gratuita da base de dados BR-DWGD.