

CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR E DE FRIO REGISTRADAS NO BRASIL

Tiago Bentes Mandú^{1*}, Mary Toshie Kayano¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, *Cachoeira Paulista/SP, Brasil*

*tiago.mandu@inpe.br

RESUMO

Eventos extremos de temperatura causam efeitos adversos em inúmeros segmentos da sociedade, como por exemplo na saúde e bem estar do ser humano, agricultura, pecuária, demanda hídrica e de energia elétrica. Eventos de ondas de calor (frio) (OC; OF) são definidos como períodos de dias consecutivos de calor (frio) exacerbado. No presente estudo, a ocorrência destes eventos no Brasil foram estudadas utilizando-se dados diários de temperatura máxima e mínima do ar de 546 estações meteorológicas convencionais para o período de 1961 a 2019. Os episódios de OC (OF) foram analisados em 4 regiões homogêneas no Brasil na temperatura compensada do ar. Foi analisado a ocorrência anual destes episódios, que expressa o número de eventos registros por ano para cada uma das regiões. Os resultados mostraram que se teve o registro de 1.114 eventos de ondas de calor, com o maior registro no grupo 3 (297 eventos) que cobre parte das regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste do país, enquanto que o menor número de eventos (255 eventos) foi registrado no grupo 1 que compreende majoritariamente a região Norte, foi notada expressiva variabilidade interanual com aumeno significativo no número de eventos nos grupos 1 e 3. Referente as ondas de frio, foram observados 1.163 episódios, com o máximo de 266 eventos também notado no grupo 2, e o mínimo de 195 episódios no grupo, com os grupos 1 e 3 apresentando um número maior de eventos nas primeiras décadas analisadas, com baixa variabilidade notada no grupo 4. Espera-se que os resultados do presente estudo possam colaborar no entendimento de episódios extremos de temperatura no Brasil, temática que ainda é escassa no país, e como foi mostrado neste trabalho, se tem alta ocorrência de ambos os extremos que pode ser notado em todo o território brasileiro.

Palavras-Chave: Climatologia; Extremos de temperatura; Variabilidade climática.

1. INTRODUÇÃO

Eventos extremos são condições incomuns de tempo que causam impactos negativos em diversos segmentos da sociedade e em ecossistemas terrestres e marinhos, caracterizados pela probabilidade de ocorrência, intensidade, duração e extensão espacial (STEPHENSON et al., 2008). Dentre tais eventos, destacam-se os extremos de temperatura, pois tanto as condições de frio extremo como de calor excessivo podem prejudicar ou beneficiar diversas atividades humanas, como a agricultura, pecuária, demanda de energia elétrica, conforto térmico humano e economia (RUSTICUCCI; VARGAS, 2002).

Conforme D'Ippoliti et al. (2010), ondas de calor (OC) são definidas como um prolongado período de calor excessivo, e são relacionadas com mecanismos físicos não lineares. As Ondas de Frio (OF) são caracterizadas por uma sequência de dias consecutivos de baixas temperaturas que impactam negativamente segmentos da sociedade como a agricultura e a saúde humana (REBOITA et al., 2015).

O reduzido número de estudos sobre o tema são insuficientes para o entendimento destes episódios no Brasil. Bitencourt et al. (2016), analisando as características das OC em 3 regiões no Brasil no período de 1961 a 2014, notaram que tais eventos ocorrem preferencialmente entre setembro e fevereiro, e sugeriram que podem estar associados a dois modos de variabilidade: a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e El Niño/Oscilação Sul (ENOS). Capucin et al. (2019), em um estudo de caso de um evento intenso que atingiu a cidade de Bauru em junho de 2015, notaram sua relação com a incursão de ar frio de origem polar, que permaneceu na região por cerca de 10 dias consecutivos devido a presença de um sistema de alta pressão pós frontal.

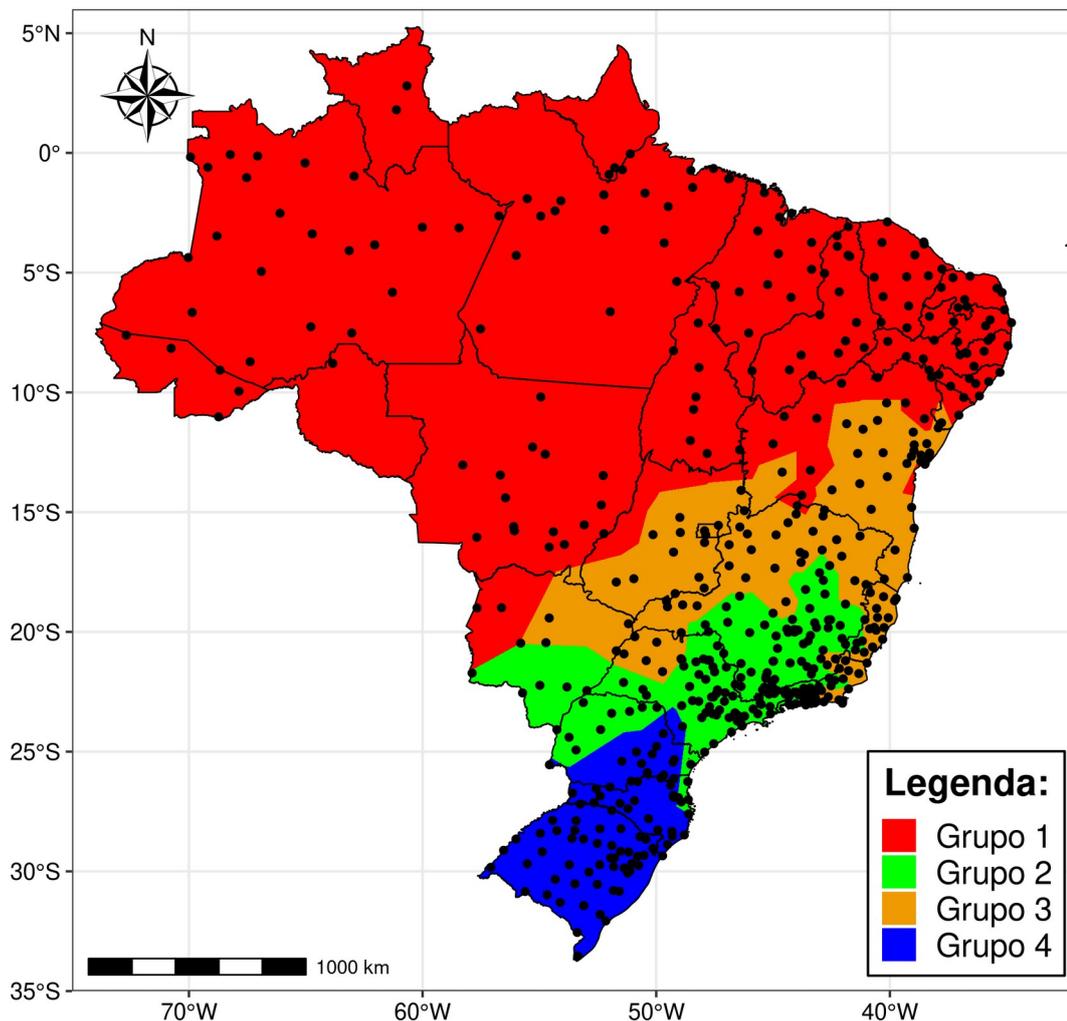
Diante do reduzido número de estudos sobre as OC e OF no Brasil e que para o melhor entendimento desses eventos, é necessário conhecer suas características espaço-temporais, este estudo propõe avaliar a ocorrência destes eventos analisando regiões definidas a partir de análise de agrupamento. Com isso é esperado avaliar o número de eventos que ocorreram no Brasil durante o período de 1961-2019.

2. METODOLOGIA

Em um estudo anterior realizado por Mandú (2022), a área do Brasil foi setorizada em quatro áreas homogêneas de temperatura compensada do ar. A presente análise é realizada para estas quatro áreas, que são apresentadas na Figura 1. O grupo 1 compreende a região Norte, grande

parte do Centro-Oeste, Nordeste e uma pequena parte do estado de Minas Gerais; o grupo 2 cobre o restante do Centro-Oeste e Nordeste, e áreas no Sudeste; o grupo 3 aborda a maior parte do Sudeste e setores nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e Santa Catarina; enquanto que o último grupo compreende os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Figura 1. Distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas para quatro regiões homogêneas de temperatura compensada do ar para o Brasil.



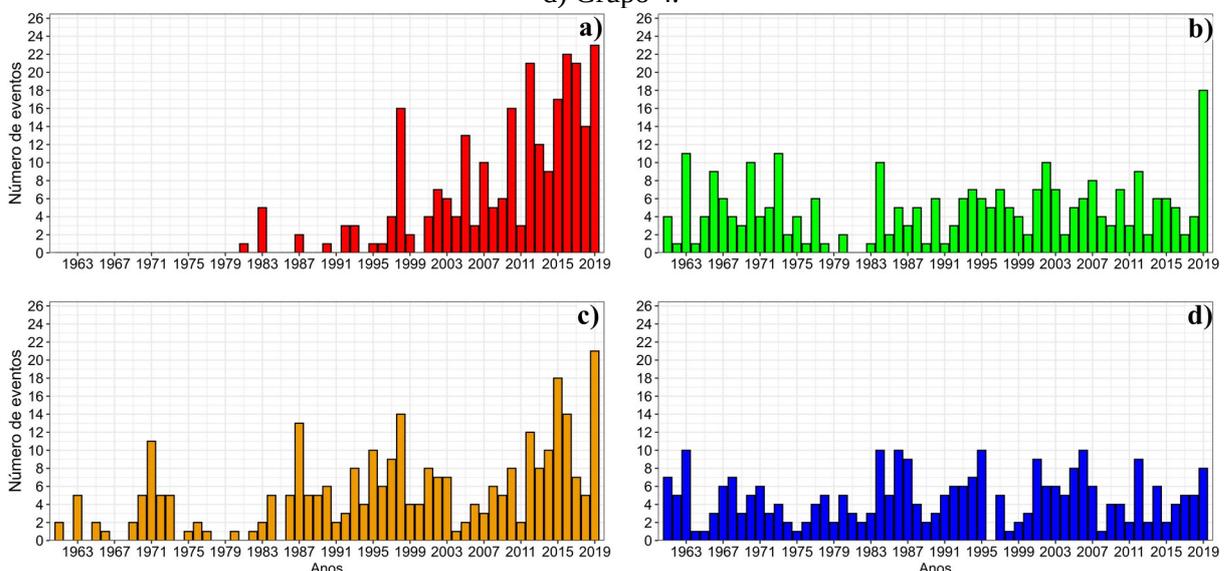
Foram utilizados dados diários de temperatura máxima e mínima do ar provenientes de 546 estações meteorológicas convencionais do período de 1961-2019. Os eventos de OC foram identificados a partir das séries temporais de temperatura máxima do ar utilizando o índice CTX90pct e critério propostos por Perkins e Alexander (2013), anteriormente empregado no Brasil por Geirinhas et al. (2018). Para aplicar este critério, um valor de temperatura máxima

é calculado para cada dia do ano considerando uma janela móvel de 15 dias, depois adota-se período de referência para o cálculo do percentil 90. A identificação das OF foi realizada de forma semelhante. Segundo Smid et al. (2019), um evento de OF é identificado quando ocorrem 3 dias consecutivos ou mais em que a temperatura mínima do ar é inferior ao percentil 10 de temperatura mínima. Também neste caso, um valor de percentil por dia do ano é calculado considerando uma janela móvel de 15 dias para um período de referência. Na presente análise, o período de referência adotado para os cálculos dos percentis foi 1961-2019.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

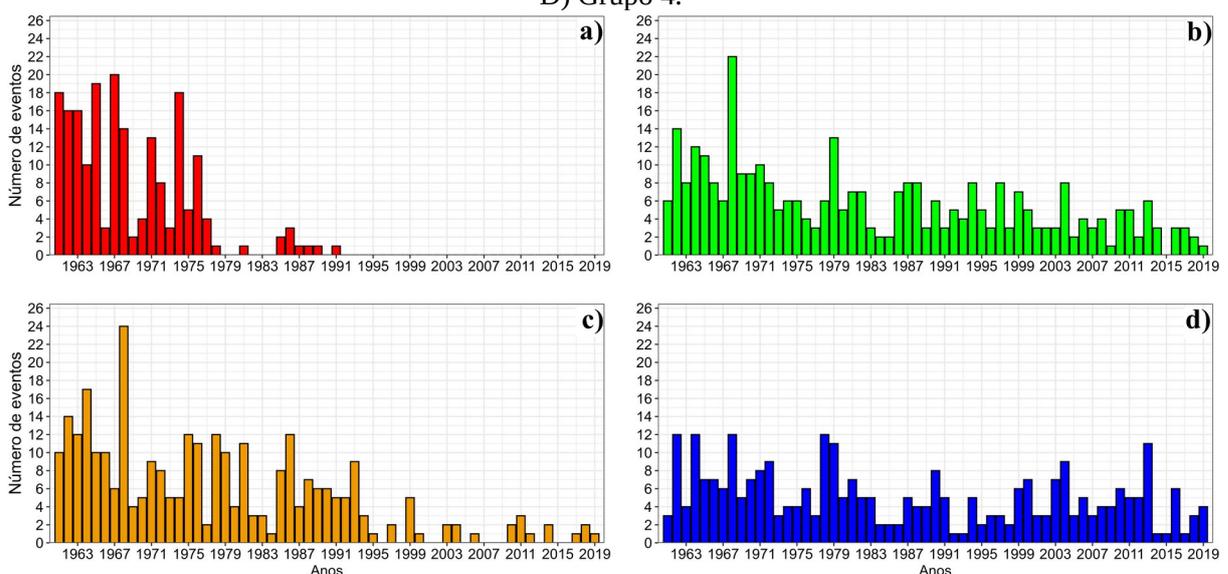
A Figura 2 apresenta a distribuição anual dos episódios de OC em cada grupo, onde foram registrados 1.114 eventos, 255 no grupo 1, 282 no grupo 2, 297 no grupo 3 e no grupo 4 foram registrados 280 episódios. No grupo 1 é notado um aumento gradual do número de eventos entre 2001 e 2019, destacando também neste período ocorrências de OC em todos os anos, característica notada anteriormente por Mandú et al. (2020) na cidade de Manaus. Nos grupos 2 e 4, localizados mais a Sul do país, notou-se uma distribuição mais uniformidade no número de episódios no período 1961-2019, que pode ter sido relacionado com a maior ocorrência de sistemas meteorológicos que favorecem a gênese das OC. De acordo com Cerne e Vera (2011) estes são os sistemas transientes quase-estacionários. Vale destacar as altas ocorrências de OC, principalmente nos grupos 1 e 3, nos anos de 1983, 1987, 1998 e 2015 que coincidiram com a atuação da fase quente ENOS.

Figura 2. Ocorrência anual dos eventos de OC. a) Grupo 1; b) Grupo 2; c) Grupo 3; d) Grupo 4.



A Figura 3 mostra a distribuição anual da ocorrência de OF por grupos, foram registrados 1.163 episódios, destes 195 no grupo 1, 366 no grupo 2, 299 no grupo 3 no grupo 4 foram 303 registros. Anos com mais de 10 eventos ocorreram até 1975, a partir de quando se reduziram e não foram mais vistos a partir de 1992. Consistentemente, Smid et al. (2019) sugeriam que com as mudanças climáticas, espera-se uma redução no número de OF que pode ser expressiva ao ponto de extinguir os episódios de algumas regiões do planeta. No grupo 2, o comportamento temporal é diferente do notado no grupo anterior, destacando-se 2015 com ausência de OF, o que pode ter sido devido as altas temperaturas neste ano na região (NOBRE et al., 2016). Referente ao grupo 3, o máximo foi em 1967, bem como nos grupos 2 e 4, indicando para esse ano ocorrências de sistemas meteorológicos abrangentes que favoreceram OF nessas regiões. Um comportamento diferente, o grupo 4 caracterizou-se com mais de 8 episódios anuais depois dos anos 2000, chamando atenção também os picos em 2013 e 2016.

Figura 3. Ocorrência anual dos eventos de OF. A) Grupo 1; B) Grupo 2; C) Grupo 3; D) Grupo 4.



4. CONCLUSÃO

Para as OC foram registrados elevados números de episódios nos grupos 3 e 2 e menor no grupo 1. Dentre os 59 anos analisados, episódios de OC nos grupos 2, 3 e 4 ocorreram em mais de 50 anos, com o grupo 4 sem ocorrência de OC apenas em 1996, enquanto que no grupo 1 episódios de OC ocorreram em apenas 30 anos com o primeiro registro em 1981. Foi notada expressiva variabilidade interanual principalmente nos grupos que cobrem a porção tropical do país enquanto a menor variabilidade foi notada no grupo 4, o que pode estar

associada com o fato que os mecanismos atmosféricos associados a gênese dos eventos nos grupos 1 e 4 são diferentes.

Referente às OF, a ocorrência foi maior nos grupos 2 e 4 com mais de 300 episódios. No grupo 1 o último evento registrado ocorreu em 1991, enquanto que nos demais grupos OF ocorreram durante todo o período analisado, destacando o grupo 4 com eventos em todos os anos analisados, com os máximos notados entre as décadas de 1960 e 1970 em todos os grupos, resultado que corrobora a literatura sobre a tendência diminuição do número de OF a partir do século XX.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de mestrado ao primeiro autor e pelo suporte parcial através do processo número 302322/2017-5.

6. REFERÊNCIAS

- BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; MAIA, P. A.; AMORIM, F. T. Frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, SciELO Brasil, v. 31, p. 506–517, 2016.
- CAPUCIN, B. C.; LLOPART, M.; REBOITA, M. S.; IWABE, C. M. N. Análise sinótica de um período frio em Bauru-SP em julho de 2015. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 42, n. 1, p. 53–65, 2019.
- CERNE, S. B.; VERA, C. S. Influence of the intraseasonal variability on heat waves in subtropical South America. *Climate Dynamics*, Springer, v. 36, n. 11, p. 2265–2277, 2011.
- D’IPPOLITI, D.; MICHELOZZI, P.; MARINO, C.; DE’DONATO, F.; MENNE, B.; KATSOUYANNI, K.; KIRCHMAYER, U.; ANALITIS, A.; MEDINA-RAMÓN, M.; PALDY, A. et al. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHeat project. *Environmental Health*, BioMed Central, v. 9, n. 1, p. 1–9, 2010.
- GEIRINHAS, J. L.; TRIGO, R. M.; LIBONATI, R.; PERES, L. de F. Caracterização climática de ondas de calor no Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, n. 3, 2018.
- MANDÚ, T. B.; GOMES, A. C. D. S.; COSTA, G. B.; NEVES, T. T. d. A. T. Avaliação de tendência nas ondas de calor registradas em Manaus/AM, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 27, 2020.
- MANDÚ, T. B. Climatologia de ondas de calor e de frio no Brasil e relações com as fases do El Niño Oscilação Sul. 2022. 111 p. (sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/04.19.12.02-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2022. Disponível em: <ibi:8JMKD3MGP3W34T/46NFL5E>.
- NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, L. A.; ALVES, L. M. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, Scientific Research Publishing, v. 8, n. 2, p. 252–262, 2016.
- PERKINS, S. E.; ALEXANDER, L. V. On the measurement of heat waves. *Journal of Climate*, v. 26, n. 13, p. 4500–4517, 2013.
- REBOITA, M. S.; ESCOBAR, G.; LOPES, V. Climatologia sinótica de eventos de ondas de frio sobre a região sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 16, 2015.
- RUSTICUCCI, M.; VARGAS, W. Cold and warm events over Argentina and their relationship with the ENSO phases: risk evaluation analysis. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, Wiley Online Library, v. 22, n. 4, p. 467–483, 2002.
- SMID, M.; RUSSO, S.; COSTA, A. C.; GRANELL, C.; PEBESMA, E. Ranking European capitals by exposure to heat waves and cold waves. *Urban Climate*, Elsevier, v. 27, p. 388–402, 2019.
- STEPHENSON, D. B.; DIAZ, H.; MURNANE, R. Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events. *Climate Extremes and Society*, Citeseer, v. 340, p. 11–23, 2008.