



ASSOCIAÇÃO ENTRE A MUDANÇA CLIMÁTICA E A OCORRÊNCIA DE EVENTOS CARDÍACOS ADVERSOS E DE ACIDENTES VASCULARES ENCEFÁLICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

GUSTAVO MIRANDA DE AZEVEDO FERREIRA; NICOLE DA FONSECA JULIO DE MACEDO; ELIZABETH HELENA DE CARVALHO E SOUSA; ANA BEATRIZ HENNEMANN KOURY

RESUMO

Introdução: Os impactos da ação antrópica sobre o clima são discutidos há décadas, tornando-se evidentes com o aumento da temperatura média global. Sob essa óptica, torna-se necessário analisar os impactos das temperaturas extremas na saúde humana. **Objetivo:** Descrever a relação entre a mudança climática e a ocorrência de eventos cardíacos adversos e de acidentes vasculares encefálicos. **Métodos:** Trata-se de uma revisão sistemática da literatura. Incluíram-se estudos epidemiológicos observacionais originais, disponibilizados nos idiomas português, inglês e espanhol. Somente artigos publicados de janeiro de 2019 a dezembro de 2023 foram considerados. As bases de dados eletrônicas LILACS e MEDLINE foram consultadas. As expressões de busca foram elaboradas por meio de duas combinações entre descritores DeCS/MeSH e operadores booleanos “AND” e “OR”: (“Cardiovascular Diseases”) AND (“Climate Change” OR “Global Warming”) e (“Cerebrovascular Disorders” OR “Stroke”) AND (“Climate Change” OR “Global Warming”). Dois autores independentes leram os títulos e os resumos para avaliar os estudos. A seleção dos artigos científicos foi realizada por meio da obediência rigorosa dos critérios de inclusão e de exclusão estabelecidos. As divergências foram solucionadas por um terceiro examinador. Estudos duplicados foram removidos. Os artigos potencialmente elegíveis passaram por uma leitura completa para o aperfeiçoamento da seleção. Um total de 10 estudos foram incorporados a esta revisão. **Resultados:** As extremas temperaturas estão associadas a uma quantidade maior de internações hospitalares e de óbitos por doenças do aparelho circulatório, sendo os idosos os mais susceptíveis. As mulheres são mais vulneráveis nas zonas rurais, enquanto os homens são mais nas áreas urbanas. **Conclusão:** A identificação dos grupos de risco permite intervenções mais eficazes para a proteção da saúde da população frente aos eventos climáticos extremos. Uma das principais limitações deste trabalho é a falta de dados sobre os diferentes grupos étnico-raciais e sobre o contexto brasileiro.

Palavras-chave: Temperatura Extrema; Doenças Cardiovasculares; Transtornos Cerebrovasculares.

1 INTRODUÇÃO

Apesar dos efeitos da ação antrópica sobre o clima global terem ganhado notoriedade apenas na década de 1980, essa temática já era abordada há décadas. Nesse contexto, o cientista sueco Svante Arrhenius, ainda no século XIX, foi um dos pioneiros no assunto. Ele foi o autor de uma das primeiras pesquisas relacionando o aumento da emissão do dióxido de carbono ao aumento da temperatura pela intensificação do efeito estufa (Fleury; Miguel; Taddei, 2019).

Um marco importante no debate sobre as questões climáticas foi promovido, em junho de 1992, pela Organização das Nações Unidas (ONU), que realizou a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD). Tal encontro, sediado no

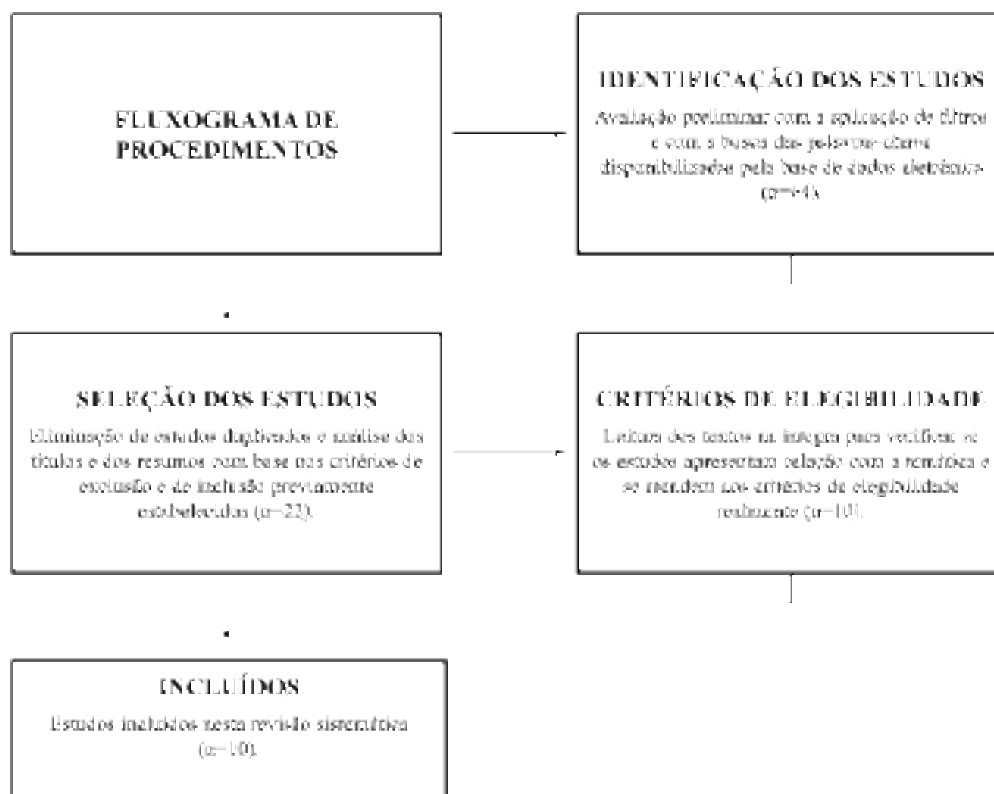
Rio de Janeiro, ficou conhecido como Rio 92 e contou com a participação de 179 países. O evento teve diversos objetivos, dentre os quais se pode destacar: discutir a legislação ambiental e desenvolver estratégias de ações nacionais e internacionais para a proteção de recursos naturais por intermédio de políticas sustentáveis (Graciolli, 2015).

Nas décadas seguintes, as discussões sobre o impacto das atividades humanas sobre o clima e sobre o meio ambiente foram aumentando em decorrência da evidente emergência climática. O Brasil, por exemplo, sofreu com várias mudanças principalmente no que diz respeito ao aumento da temperatura. Foi observado um aumento em média de 1,52 °C no Brasil, considerando a temperatura anual de 24,47 °C em 1900 e 25,99 °C em 2017. Alguns estados sofreram aumentos ainda mais expressivos, especialmente na região nordeste – Piauí (2,27 °C), Maranhão (2,22 °C) e Bahia (2,14 °C).

Logo, é imprescindível analisar os impactos da mudança climática na saúde humana, bem como elencar os principais fatores de risco para agravos relacionados a eventos climáticos extremos (como o perfil sociodemográfico da população e o nível de desenvolvimento sustentável das cidades). Dessa maneira, será possível proteger o bem-estar das pessoas, considerando especialmente as mais vulneráveis às inegáveis alterações da temperatura média global. (Yap et al., 2019).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este é um estudo de revisão sistemática da literatura que visa responder ao seguinte questionamento: “A mudança climática está associada à maior morbimortalidade por doenças cardiovasculares e por transtornos cerebrovasculares?”.



As bases de dados eletrônicas LILACS e MEDLINE foram consultadas. As expressões de busca foram elaboradas por meio de duas combinações entre descritores DeCS/MeSH e operadores booleanos “AND” e “OR”: (“Cardiovascular Diseases”) AND (“Climate Change” OR “Global Warming”) e (“Cerebrovascular Disorders” OR “Stroke”) AND (“Climate Change” OR “Global Warming”).

Incluíram-se estudos epidemiológicos observacionais originais, disponibilizados nos idiomas português, inglês e espanhol. Apenas artigos publicados no intervalo entre janeiro de 2019 e dezembro de 2023 foram considerados. Excluíram-se estudos ecológicos, literatura cinzenta, estudos de revisão, relatos de caso, relatos de série, metanálises e trabalhos científicos sem conteúdo completo disponível.

A aplicação da estratégia de busca no período entre 18/06/2024 e 27/06/2024 foi a etapa inicial. Dois autores independentes leram os títulos e os resumos para avaliar os estudos. A seleção dos artigos científicos foi realizada por meio da obediência rigorosa dos critérios de inclusão e de exclusão estabelecidos. As divergências foram solucionadas por um terceiro examinador. Estudos duplicados foram removidos. Os artigos potencialmente elegíveis passaram por uma leitura completa para o aperfeiçoamento da seleção. Um total de 10 estudos foram incorporados a esta revisão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois da etapa de seleção, os artigos científicos foram reorganizados para facilitar a análise das suas características gerais (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise das características gerais dos artigos científicos selecionados, contemplando autoria, título, ano de publicação, país e periódico (n=10).

Autoria	Título	Ano	País	Periódico
Bühler, J. L. et al.	The Association between Apparent Temperature and Hospital Admissions for Cardiovascular Disease in Limpopo Province, South Africa	2022	África do Sul	International Journal of Environmental Research and Public Health
Fujimoto, R. et al.	Heat Exposure Following the Rainy Season Is Associated With an Increased Risk of Cardiovascular Emergency Among the Elderly in Japan	2023	Japão	JAHA
Guo, E. et al.	Time series study on the effects of daily average temperature on the mortality from respiratory diseases and circulatory diseases: a case study in Mianyang City	2022	China	BMC Public Health
Kang, Y. et al.	Long-term temperature variability and the incidence of cardiovascular diseases: A large, representative cohort study in China	2021	China	Environmental Pollution
Kivimäki, M. et al.	Climate Change, Summer Temperature, and Heat-Related Mortality in Finland: Multicohort Study with Projections for a Sustainable vs. Fossil-Fueled Future to 2050	2023	Finlândia	Environmental Health Perspectives
Royé, D., et al.	A time series analysis of the relationship between apparent temperature, air pollutants and ischemic stroke in Madrid, Spain	2019	Espanha	Environmental Research
Salvador, C.; Gullón, P.; Franco, M.	Heat-related first cardiovascular event: incidence in the city of Madrid (Spain): Vulnerability assessment by demographic, socioeconomic, and health indicators	2023	Espanha	Environmental Research

Silveira, H., et al.	Effects of heat waves on cardiovascular and respiratory mortality in Rio de Janeiro, Brazil	2023	Brasil	PLoS ONE
Zhou, L., et al.	The burden of heat-related stroke mortality under climate change scenarios in 22 East Asian cities	2022	China	Environment International
Zhu, W., et al.	The effect and prediction of diurnal temperature range in high altitude area on outpatient and emergency room admissions for cardiovascular diseases	2021	China	International Archives of Occupational and Environmental Health

Os delineamentos e os principais resultados dos artigos também foram tabelados, com o objetivo de propiciar uma avaliação abrangente de cada um deles (Tabela 2).

Tabela 2 - Listagem dos estudos, englobando os seus delineamentos e os seus desfechos (n=10).

Autoria	Delineamento	Desfechos
Bühler, J. L. et al.	Análise de séries temporais	Na investigação de 3124 internações, houve um crescimento do número de admissões hospitalares por doenças cardiovasculares no frio e no calor. As hospitalizações por altas temperaturas ocorreram imediatamente após a exposição e duraram de 2 a 4 dias, ao passo que as por baixas temperaturas não tiveram intervalo constante.
Fujimoto, R. et al.	Estudo cross-over	O odds ratio após o aumento da temperatura de 1°C foi de 1,34 (95% intervalo de confiança, 1,29-1,49). Os idosos expostos às ondas de calor em até uma hora ou 23 horas antes da ligação de emergência estavam sob maior risco, sobretudo um mês após a época de chuvas em Okayama. As principais causas incluem doenças cerebrovasculares (51,6%), acidente vascular cerebral isquêmico (26,4%), insuficiência cardíaca (17%) e doença arterial coronariana (14,5%).
Guo, E. et al.	Análise de séries temporais	A partir da análise da temperatura média diária no período de 2013 a 2019, foi identificado um aumento da quantidade de óbitos por doenças do aparelho circulatório em extremas temperaturas (gráfico em “V”). Os mais afetados foram os idosos e as pessoas do sexo feminino.
Kang, Y. et al.	Estudo de coorte	23,751 participantes com uma idade média de 56.15 foram avaliados no período de 2017 a 2019. Houve uma tendência positiva entre a exposição a níveis elevados de temperaturas variáveis e a incidência de doenças cardiovasculares, com uma perda equivalente a 2,11 anos livres de patologias para a população de 35 a 65 anos.
Kivimäki, M. et al.	Estudo de coorte	O número de mortes por doenças cardiovasculares cresceu com a elevação da temperatura média no período de 2000 a 2018.

Royé, D., et al.	Análise de séries temporais	A partir de uma análise da temperatura média diária no período de 2001 a 2013, foi detectado um crescimento das taxas de mortalidade por acidentes vasculares cerebrais em temperaturas altas. As pessoas do sexo feminino e os idosos foram os mais afetados. Outros fatores de risco elencados incluem o sedentarismo, a obesidade e o tabagismo.
Salvador, C.; Gullón, P.; Franco, M.	Estudo cross-over e análise de séries temporais	O risco de sofrer um acidente vascular cerebral isquêmico aumentou em 15,3% (OR: 1.153 [95%CI 1.010 -- 1.317]) durante o calor extremo. Os sujeitos do sexo masculino (1.248, [1.059–1.471]) e os não nativos (1.869 [1.28–2.728]) foram os mais impactados.
Iveira, I. H., et al.	Estudo cross-over e análise de séries temporais	A exposição individual às ondas de calor elevou as taxas de mortalidade por doenças cardiovasculares no período de 2012 a 2017. 29.442 mortes por complicações cardiovasculares podem ser atribuídas ao calor extremo. Os idosos foram os mais afetados.
Zhou, L., et al.	Análise de séries temporais	Notou-se que a exposição individual a ondas de calor aumentou as taxas de mortalidade por acidentes vasculares cerebrais no período de 1972 a 2015 (gráfico de relação em “J”).
Zhu, W., et al.	Análise de séries temporais	Dados de três hospitais em Jinchang foram coletados entre 2013 e 2016. Notaram-se relações lineares positivas entre variações da temperatura diurna e casos de hipertensão arterial, de doença arterial coronariana, de acidente vascular cerebral e de admissões hospitalares por doenças cardiovasculares no geral. A elevação de 1°C na mudança de temperatura diurna correspondeu a um aumento de 1.30% (0.99-1.62%) em emergências e em pessoas em tratamento sem internação hospitalar para todas as doenças cardiovasculares. Os sujeitos do sexo masculino e os idosos foram mais susceptíveis aos impactos das alterações de temperatura.

Há um crescimento no número de hospitalizações, de emergências e de óbitos por doenças cardiovasculares e por transtornos cerebrovasculares em condições de temperatura alta. Os possíveis processos fisiopatológicos subjacentes são o aumento das demandas metabólicas do coração, em razão da elevação da frequência cardíaca compensatória às baixas pré-carga e pós-carga resultantes da vasodilatação cutânea e da desidratação por sudorese excessiva, e a hipoperfusão encefálica provocada pela redução da fração de ejeção ventricular (Blaustein et al. 2024; De Vita et al. 2024).

A temperatura baixa está associada a uma maior quantidade de internações hospitalares e de mortes por eventos cardíacos adversos e por acidentes vasculares encefálicos. Um dos mecanismos envolvidos pode ser a estimulação autonômica simpática desencadeada pelo frio extremo, uma vez que as catecolaminas levam a uma elevação tanto da pressão arterial sistêmica, quanto do consumo de oxigênio pelo miocárdio (De Vita et al. 2024).

Observa-se que as admissões hospitalares por doenças cardiovasculares e por transtornos cerebrovasculares se tornam mais frequentes com as oscilações drásticas de temperatura. Conforme Kang, Y. et al (2021), a incidência dessas enfermidades também aumenta à medida que mais acentuadas são as variações de temperatura.

Os artigos científicos selecionados divergem quanto ao sexo mais afetado pelas

repercussões da mudança climática sobre o aparelho circulatório. No entanto, os resultados são mais consistentes quando considerados os espaços geográficos: os indivíduos do sexo masculino estão mais vulneráveis nas zonas rurais, ao passo que os do sexo feminino nas áreas urbanas. Embora Yanovich et al. (2020) aponte que as mulheres tenham uma menor capacidade de sudorese termorreguladora, os homens são mais sujeitos a trabalhos braçais em ambientes abertos no campo. Esses fatores podem justificar as diferenças observadas.

De acordo com a maioria dos estudos analisados, os idosos são os mais suscetíveis aos impactos das extremas temperaturas na morbimortalidade por doenças cardiovasculares e por transtornos cerebrovasculares. Esse achado pode ser explicado pela perda progressiva dos mecanismos homeostáticos à medida que os seres humanos envelhecem (Blaustein et al. 2024). Em face da atual transição demográfica, tal constatação se torna extremamente relevante para os formuladores de políticas públicas. Apenas Lv, L. S., et al. (2022) sugere que os jovens sejam mais propensos a mortes por afecções do aparelho circulatório relacionadas às temperaturas alta e baixa.

Alguns estudos propõem diferenças nos dados dependendo dos níveis de desenvolvimento sustentável dos países ou de adaptação à mudança climática das cidades. Essa determinação social do processo saúde-doença implica a urgência dos investimentos na transição energética e na resiliência dos sistemas humanos ao calor extremo e ao frio extremo para a prevenção primária de acidentes vasculares encefálicos e de complicações cardiovasculares.

Poucos artigos científicos consideram as variáveis étnico-raciais da amostra populacional. Somente Khatana, S. A. M., et al (2022) indica que as pessoas negras não-hispânicas dos Estados Unidos são mais vulneráveis, devido a condições socioeconômicas historicamente mais desfavoráveis em relação às brancas.

Unicamente Silveira, I. H., et al (2023) analisa as especificidades da realidade brasileira no que se refere à relação entre a quantidade de óbitos por doenças do sistema circulatório e a exposição a eventos climáticos extremos, demonstrando a necessidade de expandir as pesquisas sobre o tema no país.

4 CONCLUSÃO

Portanto, as extremas temperaturas estão associadas a uma maior morbimortalidade por eventos cardíacos adversos e por acidentes vasculares encefálicos, sendo os idosos os mais suscetíveis. Ao passo que os homens são mais vulneráveis nas zonas urbanas, as mulheres são mais nas áreas rurais. Essa identificação de grupos de risco permite a formulação e a implementação de políticas públicas mais eficazes frente aos eventos climáticos extremos. Uma das principais limitações do presente trabalho é a escassez de dados sobre os diferentes grupos étnico-raciais e sobre o cenário brasileiro.

REFERÊNCIAS

BÜHLER, Jacqueline Lisa et al. The association between apparent temperature and hospital admissions for cardiovascular disease in Limpopo Province, South Africa. **International journal of environmental research and public health**, v. 20, n. 1, p. 116, 2022.

FUJIMOTO, Ryohei et al. Heat exposure following the rainy season is associated with an increased risk of cardiovascular emergency among the elderly in Japan. **Journal of the American Heart Association**, v. 12, n. 6, p. e027046, 2023.

GUO, Hongju et al. Time series study on the effects of daily average temperature on the mortality from respiratory diseases and circulatory diseases: a case study in Mianyang City.

BMC Public Health, v. 22, n. 1, p. 1001, 2022.

KANG, Yuting et al. Long-term temperature variability and the incidence of cardiovascular diseases: a large, representative cohort study in China. **Environmental Pollution**, v. 278, p. 116831, 2021.

KIVIMÄKI, Mika et al. Climate change, summer temperature, and heat-related mortality in Finland: multicohort study with projections for a sustainable vs. fossil- fueled future to 2050. **Environmental health perspectives**, v. 131, n. 12, p. 127020, 2023.

ROYÉ, Dominic et al. A time series analysis of the relationship between apparent temperature, air pollutants and ischemic stroke in Madrid, Spain. **Environmental research**, v. 173, p. 349-358, 2019.

SALVADOR, Coral et al. Heat-related first cardiovascular event incidence in the city of Madrid (Spain): Vulnerability assessment by demographic, socioeconomic, and health indicators. **Environmental research**, v. 226, p. 115698, 2023.

SILVEIRA, Ismael H. et al. Effects of heat waves on cardiovascular and respiratory mortality in Rio de Janeiro, Brazil. **Plos one**, v. 18, n. 3, p. e0283899, 2023.7

ZHOU, Lu et al. The burden of heat-related stroke mortality under climate change scenarios in 22 East Asian cities. **Environment international**, v. 170, p. 107602, 2022.

ZHU, Wenzhi et al. The effect and prediction of diurnal temperature range in high altitude area on outpatient and emergency room admissions for cardiovascular diseases. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 94, n. 8, p. 1783-1795, 2021.

YANOVICH, R.; KETKO, I.; CHARKOUDIAN, N. Sex differences in human thermoregulation: relevance for 2020 and beyond. **Physiology**, v. 35, n. 3, p. 177-184, 2020.

BLAUSTEIN, Jacob R. et al. Environmental Impacts on Cardiovascular Health and Biology: An Overview. **Circulation Research**, v. 134, n. 9, p. 1048-1060, 2024.

DE VITA, Antonio et al. The Impact of Climate Change and Extreme Weather Conditions on Cardiovascular Health and Acute Cardiovascular Diseases. **Journal of Clinical Medicine**, v. 13, n. 3, p. 759, 2024.