

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGELA HOPPEN

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SAÚDE DO TRABALHADOR: UMA
REVISÃO SISTEMÁTICA**

CURITIBA

2025

ANGELA HOPPEN

**MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SAÚDE DO TRABALHADOR: UMA REVISÃO
SISTEMÁTICA**

Artigo apresentado à Especialização em Medicina do Trabalho, do Departamento de Saúde Coletiva, Setor Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à conclusão do Curso.

Orientador(a): Prof. Dr. Juliano de Trotta

CURITIBA

2025

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão sistemática sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional, com base em evidências científicas publicadas entre 2020 e 2025. A revisão foi conduzida nas bases de dados Web of Science, Scopus e OasisBR, utilizando descritores como "climate change", "occupational health" e "workplace accidents". Foram selecionados 21 artigos que atendiam aos critérios de inclusão, como abordagem metodológica clara e relevância para o tema. Os resultados indicam que as mudanças climáticas exacerbam riscos ocupacionais, como estresse térmico, doenças relacionadas ao calor e aumento de acidentes de trabalho, especialmente em setores como agricultura e construção civil. Além disso, destacam-se as vulnerabilidades de grupos específicos, como idosos, mulheres e trabalhadores de baixa renda. A revisão também aponta lacunas na literatura, como a escassez de estudos em países tropicais e a necessidade de abordagens metodológicas mais robustas para analisar sistemas climático-ocupacionais complexos. Por fim, são sugeridas estratégias de mitigação, como normas térmicas adaptadas, inovações organizacionais e capacitação profissional.

Palavras-Chave: *Mudanças Climáticas; Saúde Ocupacional; Segurança no Trabalho; Estresse Térmico; Adaptação.*

ABSTRACT

This study presents a systematic review of the impacts of climate change on occupational health and safety, based on scientific evidence published between 2020 and 2025. The review was conducted in the Web of Science, Scopus, and OasisBR databases, using descriptors such as "climate change", "occupational health", and "workplace accidents". Twenty-one articles meeting the inclusion criteria, such as clear methodology and relevance to the topic, were selected. The results indicate that climate change exacerbates occupational risks, including heat stress, heat-related illnesses, and increased workplace accidents, particularly in sectors like agriculture and construction. Additionally, the review highlights the vulnerabilities of specific groups, such as the elderly, women, and low-income workers. Gaps in the literature are also identified, including a lack of studies in tropical countries and the need for more robust methodological approaches to analyze complex climate-occupational systems. Finally, mitigation strategies are suggested, such as adapted thermal standards, organizational innovations, and professional training.

Key-Words: *Climate Change; Occupational Health; Workplace Safety; Heat Stress; Adaptation.*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	5
2.	MÉTODOS	7
3.	REVISÃO DA LITERATURA.....	10
4.	CONCLUSÃO.....	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam um dos desafios mais urgentes e complexos do século XXI, com implicações que se estendem além dos ecossistemas naturais e biodiversidade, mas para diversos setores da sociedade humana (Pecl *et al.*, 2017), incluindo a saúde e a segurança ocupacional de trabalhadores em diversos contextos ao redor do planeta (Levi; Kjellstrom; Baldasseroni, 2018). A exposição dos trabalhadores a condições climáticas adversas tem sido associada a um aumento no risco de doenças, acidentes e até mesmo chance de mortalidade, especialmente em ocupações que exigem atividades ao ar livre (Ferrari *et al.*, 2023). Este fenômeno global exige uma compreensão detalhada dos impactos específicos sobre a força de trabalho, bem como das metodologias utilizadas para investigar esses efeitos. Neste contexto, este estudo busca revisar sistematicamente as abordagens metodológicas empregadas na literatura para analisar os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional, destacando lacunas do conhecimento, tendências no campo de trabalho, desafios e dificuldades relacionados aos impactos da mudança brusca do clima na saúde do trabalhador.

A literatura científica tem demonstrado que as mudanças climáticas afetam diretamente a saúde humana, com consequências que vão desde o aumento de doenças transmitidas por vetores (Rocklöv; Dubrow, 2020) até problemas respiratórios (Lewy *et al.*, 2024) e doenças relacionadas ao calor (Ferrari *et al.*, 2023). Grupos demográficos vulneráveis, como idosos, crianças e trabalhadores, são particularmente afetados (Benevolenza; DeRigne, 2019). No caso dos trabalhadores, a exposição a condições climáticas extremas é exacerbada em ocupações que exigem atividades físicas intensas ou que são realizadas em ambientes externos, como agricultura, construção e transporte. Esses profissionais enfrentam riscos significativos, incluindo estresse térmico, doenças relacionadas ao calor e aumento da probabilidade de acidentes de trabalho (Levi; Kjellstrom; Baldasseroni, 2018).

A revisão sistemática conduzida por Ferrari *et al.* (2023) identificou que a variação da temperatura é o impacto mais estudado das mudanças climáticas, com 86% dos artigos analisados abordando questões relacionadas ao calor. Além disso, outros efeitos adversos, como radiação solar, doenças transmitidas por vetores e eventos climáticos extremos, também foram destacados como fatores que contribuem

para o aumento dos riscos ocupacionais. Esses achados reforçam a necessidade de uma abordagem metodológica robusta para avaliar e sugerir estratégias de mitigação dos impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança dos trabalhadores.

No que diz respeito às metodologias de pesquisa, o estudo de Ferrari *et al.* (2023) categorizou os artigos em quatro abordagens principais: observacional, experimental, discussão e síntese. As metodologias observacionais, que dependem de dados secundários provenientes de bancos de dados de saúde e segurança ocupacional, foram as mais prevalentes, representando 65 dos 170 artigos analisados. Esses estudos frequentemente combinam dados de reclamações de compensação com informações meteorológicas para avaliar a relação entre condições climáticas e riscos ocupacionais. Por outro lado, as abordagens experimentais, que envolvem coleta primária de dados por meio de questionários, medições fisiológicas e observações diretas no local de trabalho, foram aplicadas em 61 artigos.

Apesar dos avanços na compreensão dos impactos das mudanças climáticas na saúde ocupacional, a revisão sistemática identificou lacunas significativas na literatura. Por exemplo, poucos estudos exploraram os efeitos de mudanças climáticas além do aumento da temperatura, como a poluição do ar e os eventos climáticos extremos (Amoadu *et al.*, 2023). Além disso, há uma carência de pesquisas teóricas e revisões sistemáticas que possam fornecer uma visão mais abrangente do problema e orientar futuras investigações (Ferrari *et al.*, 2023). Essas lacunas destacam a necessidade de uma abordagem diversificada e integrada para o estudo dos impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo revisar as abordagens metodológicas utilizadas na literatura para investigar os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional, com foco nas tendências, lacunas e oportunidades para pesquisas futuras. Ao sintetizar os achados da revisão sistemática de Ferrari *et al.* (2023), espera-se contribuir para o desenvolvimento e proposição de estratégias eficazes de mitigação e adaptação, visando proteger a saúde, além do bem-estar e resiliência dos trabalhadores em um contexto de mudanças climáticas globais.

2. MÉTODOS

Este estudo seguiu as diretrizes do método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) para garantir transparência e reprodutibilidade na revisão sistemática da literatura. A revisão foi conduzida em duas etapas principais: **(i)** uma busca estruturada em bases de dados científicas e **(ii)** uma abordagem complementar utilizando um artigo-chave e a ferramenta *LitMaps* (disponível em <<https://app.litmaps.com/>> para identificar referências relevantes à revisão proposta.

A primeira etapa consistiu em uma busca sistemática em três bases de dados científicas: **(i)** *Web of Science* (<https://clarivate.com/academia-government/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-referencing/web-of-science/>); **(ii)** *Scopus* (<https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic>); e **(iii)** o Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto, ligado ao Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – *OasisBR* (disponível em <<https://oasisbr.ibict.br/vufind/>>). As estratégias de busca foram elaboradas com base em palavras-chave relacionadas ao tema central do estudo, utilizando operadores booleanos para refinar os resultados.

A busca foi limitada a artigos publicados entre 2020 e 2025, nos idiomas inglês e português.

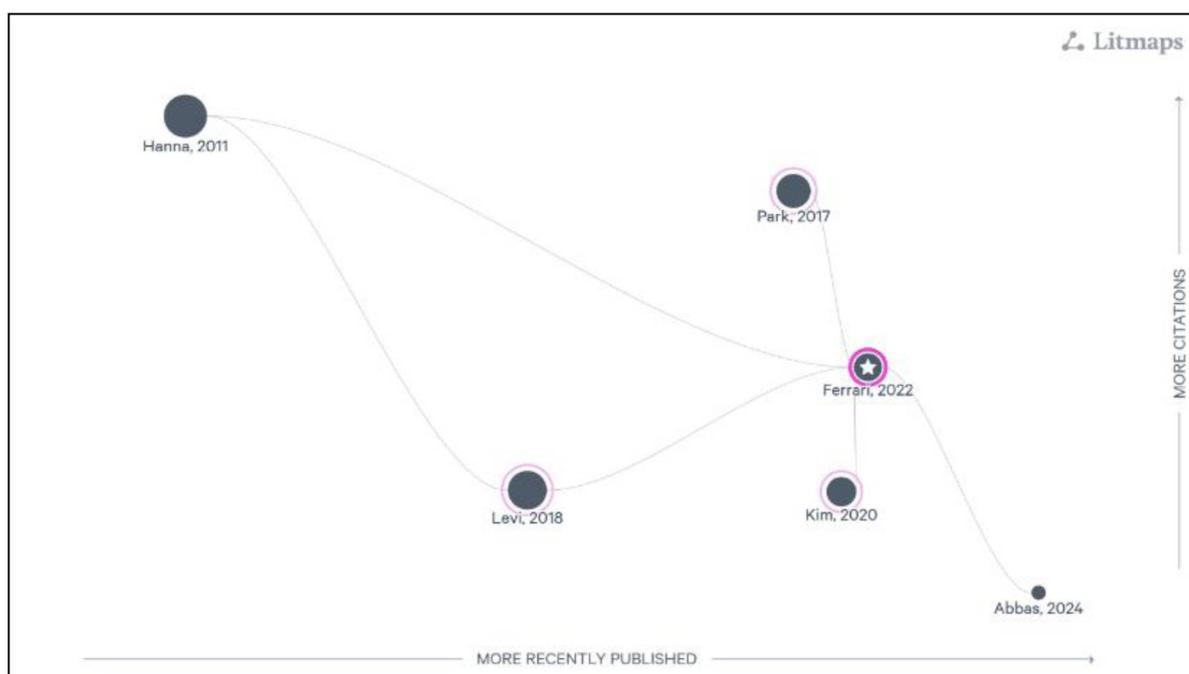
- Para a base *Web of Science* a busca foi realizada utilizando a seguinte descrição: *string: TS=("climate change" AND ("occupational health" OR ergonomics) AND accident) AND PY=(2020-2025) AND DT=(Article) AND LA=(Portuguese OR English)*;
- Para a base *Scopus*, a busca foi realizada com os seguintes descritores: *string: TITLE-ABS-KEY("climate change" AND ("occupational health" OR ergonomics) AND accident) AND PUBYEAR > 2020 AND PUBYEAR < 2025 AND DOCTYPE (ar) AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "Portuguese") OR LIMIT-TO(LANGUAGE, "English"))*;
- Por fim, na base de dados *OasisBR*, o descritor/string foi *("climate change" AND "occupational health") AND year. [2020 TO 2025] AND type:"Artigo" AND (language:"Portuguese" OR language:"English")*.

Os descritores booleanos (e.g., *and*, *or*, *TITLE-ABS-KEY*, *DOCTYPE*, *TS* entre outros) são obrigatoriamente em inglês e são abreviações e/ou comandos que permitem a padronização de procura. Além disto, eles são específicos para cada plataforma (*Web of Science*, *Scopus* ou *OasisBR*). Contudo, uma vez corretamente descritos, permite a replicabilidade da busca para encontro exato dos documentos selecionados para a revisão sistemática.

A busca inicial resultou em 8 artigos selecionados na *Web of Science*, 3 na *Scopus* e outros 21 artigos na *OasisBR*. Do total de artigos selecionados na *OasisBR*, 6 foram considerados relevantes após análise dos títulos e resumos. Destes, apenas 2 eram artigos revisados por pares.

A segunda abordagem para a complementaridade de artigos científicos que embasaram essa revisão bibliográfica sistemática se deu por intermédio do uso do LitMaps (<https://app.litmaps.com/>). Foi selecionado um estudo seminal para basear a busca (Ferrari *et al.*, 2022) e este trabalho foi colocado no aplicativo para busca de artigos que fundamentaram a revisão bibliográfica. Desta estratégia, outros 5 artigos revisados por pares e indexados foram incorporados à revisão sistemática deste estudo (Figura 01).

Figura 1. – A partir do estudo seminal selecionado (Ferrari *et al.*, 2022) para inclusão no *Litmaps*, o programa automaticamente identifica os principais estudos que apoiaram a revisão bibliográfica, que neste caso foram 5 artigos (Abbass *et al.*, 2022; Hanna *et al.*, 2011; Kim; Lee, 2020; Levi; Kjellstrom; Baldasseroni, 2018; Park; Kim; Oh, 2017). O eixo x da figura aponta a ordem cronológica crescente das publicações (*More Recently Published*), enquanto o eixo y aponta a quantidade de citações (*More Citations*).



Fonte: A Autora, 2025.

Os artigos identificados nas duas etapas foram consolidados em uma planilha única, totalizando 21 trabalhos selecionados (Quadro 1). Destes, 4 artigos da base OasisBR foram posteriormente descartados por não atenderem aos critérios de qualidade ou relevância (não-indexado e revisado por pares). A seleção final incluiu artigos que: **(i)** abordam os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança/saúde ocupacional; **(ii)** utilizam metodologias claras e robustas para análise dos dados; **(iii)** foram publicados em revistas revisadas por pares; **(iv)** publicados entre 2020 e 2025, em inglês ou português. Também foram excluídos artigos que não estavam diretamente relacionados ao tema (ex.: estudos focados apenas em mudanças climáticas sem relação com saúde ocupacional) ou revisões narrativas ou editoriais sem metodologia definida, DOI (*Digital Object Identifier*) e indexação em base de dados.

Os dados dos artigos selecionados foram extraídos e organizados em uma planilha, incluindo informações como título, autores, ano de publicação, DOI, metodologia utilizada e principais resultados. A síntese dos dados foi realizada com foco nas tendências metodológicas e nos impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional.

3. REVISÃO DA LITERATURA

Os resultados desta revisão sistemática (Quadro 01) evidenciam que as mudanças climáticas já exercem impactos multifacetados na saúde ocupacional, com efeitos documentados em diversos contextos geográficos e setores laborais. A síntese dos estudos revela padrões preocupantes, mas também oportunidades para intervenções baseadas em evidências. Dados de países como Suíça (Drescher; Janzen, 2025), Itália (Filomena; Picchio, 2024) e Brasil (Ferrari *et al.*, 2023) demonstram que temperaturas altas e baixas aumentam significativamente a incidência de acidentes ocupacionais. Na Suíça, estima-se que 2.600 acidentes adicionais/ano estão vinculados a extremos térmicos, causando privação de sono e redução do estado de alerta dos trabalhadores (Drescher; Janzen, 2025). Já na Itália, trabalhadores homens e do setor industrial são mais vulneráveis ao calor, enquanto o frio intenso eleva acidentes durante deslocamentos (Filomena; Picchio, 2024). No Brasil, a análise de correspondência múltipla vinculou estresse térmico a setores como construção civil e agricultura (Ferrari *et al.*, 2023). Contudo, a adaptação limitada dos trabalhadores a essas condições (ex.: inflexibilidade de horários) agrava os riscos (Drescher; Janzen, 2025), sugerindo falhas nas políticas de gestão ocupacional.

Populações específicas enfrentam riscos desproporcionais: mulheres, idosos e trabalhadores de baixa renda são mais afetados por ondas de calor (Habibi *et al.*, 2021; Ireland; Johnston; Knott, 2023). Na Austrália, um aumento de 1,5°C nas temperaturas custa AU\$ 54,8 milhões/ano em compensações por lesões, com maior impacto em trabalhadores manuais ao ar livre (Ireland; Johnston; Knott, 2023). Além disso, a polarização de percepções entre profissionais florestais europeus (Blennow *et al.*, 2020) revela que a incerteza climática pode exacerbar estresse psicológico, reduzindo a capacidade de adaptação de trabalhadores. Esses achados destacam a necessidade de políticas segmentadas que considerem gênero, idade e condições

socioeconômicas. Ademais, reforça que estratégias de mitigação junto a adaptação são necessárias para que a resiliência de trabalhadores seja garantida

Além de acidentes, as mudanças climáticas elevam riscos de doenças crônicas. Trabalhadores expostos a frio extremo têm 1,2 vezes mais chance de sofrer Acidente Vascular Encefálico (AVE) hemorrágico (Yang *et al.*, 2023), enquanto o calor intenso está associado a insolação, desidratação e redução da função cognitiva (Habibi *et al.*, 2021). Na Califórnia, a exposição à fumaça de incêndios florestais causou mais de 52.000 mortes prematuras (2008–2018), com trabalhadores rurais e de emergência sob alto risco (Jerrett *et al.*, 2024). Paralelamente, a ansiedade climática e o "comportamento de ponto de inflexão" (expectativas extremas sobre impactos) entre profissionais florestais (Blennow *et al.*, 2020) sugerem que os efeitos psicossociais merecem igual atenção.

Estudos criticam a inadequação de modelos tradicionais e sociotécnicos sobre análise sistêmica de acidentes (como Accimap e STAMP) para lidar com sistemas complexos e dinâmicos (Thatcher; Nayak; Waterson, 2020). A abordagem mesoergonômica proposta por esses autores pode melhorar o mapeamento de causalidades em cenários climáticos, integrando níveis organizacionais e ambientais. No setor agrícola, a falta de padrões para avaliação de riscos químicos sob mudanças climáticas (Viegas *et al.*, 2023) expõe outra lacuna crítica, especialmente para trabalhadores expostos a pesticidas e toxinas.

Embora medidas como ajuste de horários, hidratação e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adaptativos sejam eficazes (Habibi *et al.*, 2021; Tomaskova; Krajňák, 2023), sua implementação é irregular. Na Coreia do Sul, projeta-se que ocupações de alta intensidade física percam 30–50% de produtividade até 2050 devido ao calor (Kim; Lee, 2020). Já o *Quintuple Bottom Line* (QBL) (Abbass *et al.*, 2022) surge como modelo promissor, integrando saúde física, psicológica e sustentabilidade empresarial. Contudo, a escassez de pesquisas em países tropicais (Viegas *et al.*, 2023) e a baixa adoção de tecnologias de segurança inovadoras (Abbas *et al.*, 2024) indicam que a tradução do conhecimento em prática ainda é incipiente.

Quadro 1. Descrição do resultado da Revisão Bibliográfica Sistemática. Foram selecionados 21 trabalhos acadêmicos, sendo 20 artigos científicos e 1 capítulo de livro a partir de 3 bases de dados (*Scopus*, *Web of Science* e *Oasisbr*) e por meio do aplicativo *Litmaps*. Deste total, outros 3 estudos selecionados não apontavam diretamente qualquer relação com mudanças climáticas e saúde ocupacional, contudo, foram mantidos nesta tabela.

(continua)

Autoria	Título	Periódico	Resultados
Drescher; Janzen (2025)	<i>When weather wounds workers: The impact of temperature on workplace accidents</i>	<i>Journal of Public Economics</i> ISSN: 1879-2316	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto quantificado: Temperaturas extremas causam ~2.600 acidentes de trabalho adicionais/ano, com custos econômicos significativos. • Mecanismos: Sono insuficiente e redução do estado de alerta são fatores-chave. • Adaptação limitada: Trabalhadores não ajustam horários/tarefas em resposta a temperaturas extremas.
Filomena; Picchio (2024)	<i>Unsafe temperatures, unsafe jobs: The impact of weather conditions on work-related injuries</i>	<i>Journal of Economic Behavior and Organization</i> ISSN: 0167-2581	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciais regionais: Efeitos heterogêneos na Itália, com frio aumentando acidentes de deslocamento (especialmente com chuva). • Grupos vulneráveis: Homens e setores industriais são mais afetados por calor; idosos e serviços, menos. • Abordagem inovadora: Combina dados climáticos diários com registros administrativos de acidentes.

(continuação)

Thatcher; Nayak; Waterson (2020)	<i>Human factors and ergonomics systems-based tools for understanding and addressing global problems of the twenty-first century</i>	<i>Ergonomics</i> ISSN: 1366-5847	<ul style="list-style-type: none">• Ferramentas insuficientes: Accimap, STAMP e CWA não capturam complexidade de sistemas climático-ocupacionais• Limitações: Falta de representação de dinâmica e adaptabilidade em sistemas complexos.• Recomendação: Adoção de perspectiva mesoergonômica para mapear causalidades.
Ferrari <i>et al.</i> (2023)	<i>Impact of rising temperatures on occupational accidents in Brazil in the period 2006 to 2019: A multiple correspondence analysis</i>	<i>Safety Science</i> ISSN: 0925-7535	<ul style="list-style-type: none">• Dados integrados: Nova base une registros de acidentes e meteorologia no Brasil (2006–2019).• Riscos térmicos: Associação positiva entre estresse térmico e acidentes, especialmente no Nordeste.• Custos: Altos gastos com benefícios e perda de produtividade.

(continuação)

Neis <i>et al.</i> (2023)	<i>Mass mortality events in marine salmon aquaculture and their influence on occupational health and safety hazards and risk of injury</i>	<i>Aquaculture</i> ISSN: 0044-8486	<ul style="list-style-type: none">• Adaptação setorial: Cada indústria (aquicultura, bombeiros, agricultura) requer abordagens únicas para riscos climáticos, com foco em EPIs, treinamento e planejamento contingencial.• Dados integrados: Estudos como Neis <i>et al.</i> (2023) e Ferrari <i>et al.</i> (2023) reforçam a necessidade de unir dados climáticos, ocupacionais e econômicos para políticas baseadas em evidências.• Ação prioritária: Desenvolver protocolos de SSO para eventos extremos (EMMs, incêndios, ondas de calor), especialmente em setores negligenciados como aquicultura e trabalhadores informais.
Tomaskova; Krajňák (2023)	<i>Features and Sustainable Design of Firefighting Safety Footwear for Fire Extinguishing and Rescue Operations</i>	<i>Sustainability</i> ISSN 2071-1050	<ul style="list-style-type: none">• EPIs para bombeiros: Aborda brevemente como o aumento de incêndios por mudanças climáticas exige equipamentos mais sustentáveis e eficientes.• Inovação tecnológica: Ênfase na qualidade de materiais e design ergonômico para proteção térmica.• Limitação: Estudo focado em equipamentos, sem análise aprofundada dos impactos climáticos na saúde ocupacional.

(continuação)

Hayashi et al., (2023)	<i>Risk factors for fracture by same-level falls among workers across sectors: a cross-sectional study of national open database of the occupational injuries in Japan</i>	<i>Public Health</i> ISSN: 1476-5616	<ul style="list-style-type: none">• O estudo não está relacionado ao impacto das mudanças climáticas e segurança do trabalho.
Ireland; Johnston; Knott (2023)	<i>Heat and worker health</i>	<i>Journal of Health Economics</i> ISSN 0167-6296	<ul style="list-style-type: none">• Custos do calor: +1,5°C custa AU\$ 54,8 milhões/ano em compensações trabalhistas.• Vulnerabilidades: Mulheres, idosos e trabalhadores manuais são os mais afetados.• Falta de adaptação: Impactos do calor persistem mesmo em anos recentes.

(continuação)

Jerrett <i>et al.</i> (2024)	<i>Climate change and public health in California: A structured review of exposures, vulnerable populations, and adaptation measures</i>	<i>Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)</i> ISSN 1091-6490	<ul style="list-style-type: none">• Exposições críticas: Fumaça de incêndios (PM2.5) ligada a 52.000 mortes prematuras na Califórnia (2008–2018).• Desigualdade: Populações de baixa renda e minorias sofrem desproporcionalmente.• Padronização urgente: Necessidade de métodos consistentes para avaliar carga de saúde.
Yang <i>et al.</i> (2023)	<i>Occupational risk factors for Stroke: A comprehensive review</i>	<i>Journal of Stroke</i> ISSN: 2287-6405	<ul style="list-style-type: none">• Risco de AVE: Temperaturas extremas (frio <7,3°C) aumentam mortalidade por doenças cerebrovasculares.• Gênero: Homens têm maior risco de AVE hemorrágico em frio extremo (-20°C).• Inconsistências: Dados variáveis sobre impacto do frio em trabalhadores.

(continuação)

Viegas (2020)	<i>Climate Change influence in occupational exposure to chemical substances</i>	International Symposium on Occupational Safety and Hygiene: Proceedings Book of the SHO2020 (Technical Record) ISBN: 978-989-54863-0-4	<ul style="list-style-type: none">• Lacuna de pesquisa: Poucos estudos sobre exposição a químicos e mudanças climáticas.• Riscos indiretos: Alterações na matéria-prima e temperaturas aumentam exposição ocupacional.• Substâncias críticas: Pesticidas, micotoxinas e hidrocarbonetos são os mais preocupantes.
Viegas et al. (2023)	<i>Training on the Impact of Climate Change on Public Health: Reflections And Lessons Learnt</i>	Portuguese Journal of Public Health ISSN: 2504-3145	<ul style="list-style-type: none">• Capacitação profissional: Treinamentos multidisciplinares são essenciais para identificar riscos climáticos e implementar ações de mitigação.• Desafios globais: Pandemia de COVID-19 e conflitos geopolíticos dificultam a adaptação climática.• Modelo institucional: A ENSP-NOVA promove a tradução do conhecimento em práticas, com foco em sistemas alimentares e zoonoses.

(continuação)

Ramalho; Ferreira; Jóia Santos (2022)	<i>Climate Change Adaptation Strategies at a Local Scale: The Portuguese Case Study</i>	International Journal of Environmental Research and Public Health ISSN: 1660-4601	<ul style="list-style-type: none">• Foco geográfico: Áreas costeiras (como Portugal, onde 75% da população vive no litoral) são críticas para adaptação climática.• Abordagem local: Soluções municipais personalizadas são mais eficazes que políticas nacionais genéricas.• Limitação: Não aborda saúde ocupacional, mas ressalta a urgência de estratégias para 2 bilhões de pessoas em zonas costeiras.
Blennow et al. (2020)	<i>The role of beliefs, expectations and values in decision- making favoring climate change adaptation— implications for communications with European forest professionals</i>	<i>Environmental Research – Letters</i> ISSN: 1748-9326	<ul style="list-style-type: none">• Polarização: Profissionais florestais têm expectativas opostas sobre impactos climáticos.• "Ponto de inflexão": Expectativas extremas inibem ações de adaptação.• Saúde mental: Incerteza climática gera estresse e <i>burnout</i>.

(continuação)

Salvalaio <i>et al.</i> (2023)	Mudanças climáticas e envelhecimento populacional: uma necessária revisão sistemática de literatura	PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção ISSN: 1980-6809	<ul style="list-style-type: none">• Lacuna identificada: Falta de compreensão sobre como eventos climáticos afetam idosos em áreas urbanas, com necessidade de maior enfoque no papel das cidades.• Metodologia: Uso de técnicas bibliométricas revelou padrões na produção científica sobre clima e envelhecimento.• Relevância: Destaca a vulnerabilidade de populações idosas, porém sem conexão direta com saúde ocupacional.
Tortorella <i>et al.</i> (2020)	<i>A Methodological Approach to Analyse Climate Change Effects in Agri-Food Sector: The TIMES Water-Energy-Food Module</i>	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> ISSN: 1660-4601	<ul style="list-style-type: none">• O estudo não apontou relações específicas com medicina do trabalho e impactos relacionados aos efeitos das mudanças climáticas. Ele demonstra que uma abordagem integrada (Nexus WEF) é crucial para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e garantir a sustentabilidade do setor agroalimentar.

(continuação)

Kim; Lee (2020)	<i>Spatial Changes in Work Capacity for Occupations Vulnerable to Heat Stress: Potential Regional Impacts From Global Climate Change</i>	<i>Safety and Health at Work</i> ISSN: 2093-7911	<ul style="list-style-type: none">• Perda produtiva: Até 50% em ocupações de alta intensidade (ex.: construção) até 2050 (cenário RCP 8.5).• Clusters espaciais: Sudoeste da Coreia do Sul é a região mais afetada.• Ocupações vulneráveis: Soldadores, agricultores e trabalhadores da mineração.
Habibi et al., (2021)	<i>The impacts of climate change on occupational heat strain in outdoor workers: A systematic review</i>	<i>Urban Climate</i> ISSN: 2212-0955	<ul style="list-style-type: none">• Efeitos diretos: Calor extremo causa desidratação, redução cognitiva e insolação.• Grupos de risco: Jovens, idosos, gestantes e pessoas com doenças crônicas.• Soluções: Pausas programadas, hidratação e EPIs adaptados.

(conclusão)

Abbas et al. (2024)	<i>Innovative Safety Moderation Among Workplace Environment, Workplace Health, and Employee Sustainable Performance: A Holistic Approach for SMEs</i>	<i>Journal of the Knowledge Economy</i> <i>ISSN: 1868-7873</i>	<ul style="list-style-type: none">• Modelo QBL - Quintuple Bottom Line (QBL: Incorpora saúde física/psicológica à sustentabilidade tradicional.• Mediação: Saúde no trabalho liga ambiente laboral e desempenho sustentável.• Aplicação futura: Necessidade de testar o modelo em PMEs brasileiras.
------------------------	---	---	--

A revisão sistemática realizada reforça que as mudanças climáticas representam uma ameaça multidimensional à saúde ocupacional, com impactos variando conforme setores, regiões e características demográficas. Drescher e Janzen (2025) demonstram que temperaturas extremas estão associadas a aproximadamente 2.600 acidentes de trabalho adicionais anualmente, destacando mecanismos como a privação de sono e a redução do estado de alerta. Esse estudo, focado em ambientes laborais, contrasta com abordagens mais amplas, como a de Filomena e Picchio (2024), que analisam não apenas acidentes no local de trabalho, mas também durante deslocamentos, revelando que temperaturas frias e chuva aumentam riscos de acidentes de trajeto. A heterogeneidade geográfica da Itália permitiu identificar variações regionais nos impactos, ressaltando a necessidade de políticas adaptadas a contextos locais.

No Brasil, Ferrari *et al.* (2023) utilizaram Análise de Correspondência Múltipla para vincular estresse térmico a acidentes ocupacionais entre 2006 e 2019, destacando setores e regiões mais vulneráveis, como o Nordeste. Os custos econômicos associados — como perda de produtividade e gastos com benefícios — reforçam a urgência de intervenções. Já Ireland *et al.* (2023) quantificaram esses custos na Austrália, com trabalhadores manuais, mulheres e idosos sendo os mais afetados. A persistência desses efeitos ao longo do tempo, mesmo em economias desenvolvidas, sugere limitações na adaptação atual, apontando para falhas nas políticas de proteção.

Ferramentas de análise sistêmica, como Accimap e STAMP, avaliadas por Thatcher *et al.* (2020), mostram-se insuficientes para capturar a complexidade dos impactos climáticos em sistemas ocupacionais dinâmicos. A ausência de modelos que integrem adaptabilidade e auto-organização é uma lacuna crítica, especialmente para setores como agricultura e construção civil, onde Kim e Lee (2020) projetam perdas de 30–50% na capacidade laboral até 2050 sob o cenário RCP 8.5. Na Coreia do Sul, ocupações como soldadores e trabalhadores rurais enfrentarão os maiores riscos, com clusters espaciais de perda produtiva em regiões industriais.

Trabalhadores ao ar livre em países tropicais, como destacado por Habibi *et al.* (2021), sofrem com desidratação, redução cognitiva e doenças cardiovasculares. Medidas como pausas programadas e hidratação são insuficientes sem regulamentações específicas, como as propostas pelo programa Hothaps. Jerrett *et al.* (2024) ampliam essa discussão ao analisar a Califórnia, onde populações

marginalizadas sofrem desproporcionalmente com calor extremo e poluição por incêndios (52.000 mortes prematuras por PM2.5). A falta de padronização metodológica para mensurar esses impactos limita comparações globais, conforme criticado por Viegas (2020), que identifica escassez de pesquisas sobre exposição ocupacional a químicos em cenários climáticos extremos.

Yang *et al.* (2023) e Blennow *et al.* (2020) exploraram impactos indiretos, como aumento de AVEs em temperaturas extremas e ansiedade entre profissionais florestais devido à incerteza climática. A polarização de percepções sobre riscos – alguns vendo impactos positivos e outros negativos – pode exacerbar estresse ocupacional, exigindo estratégias de comunicação eficazes. Salvalaio *et al.* (2023) e Ramalho *et al.* (2022) destacam vulnerabilidades de idosos e comunidades costeiras, reforçando a necessidade de abordagens locais.

- Adaptação Limitada: A maioria dos estudos revela que trabalhadores não ajustam espontaneamente seus comportamentos a temperaturas extremas, demandando intervenções institucionais.
- Heterogeneidade de Dados: Falta de padronização metodológica (ex.: métricas de estresse térmico) impede comparações transnacionais.
- Populações Vulneráveis: Idosos, gestantes e trabalhadores informais são pouco estudados, especialmente no Sul Global.
- Ferramentas de Análise: Modelos existentes não capturam a dinâmica não linear dos sistemas climático-ocupacionais.

A síntese evidencia que as mudanças climáticas amplificam riscos ocupacionais diretos (calor, frio) e indiretos (AVEs, estresse mental), com custos humanos e econômicos substanciais. Políticas públicas devem integrar adaptação setorial, proteção a grupos vulneráveis e desenvolvimento de tecnologias de monitoramento em tempo real. Pesquisas futuras precisam priorizar abordagens transdisciplinares, unindo climatologia, ergonomia e saúde pública, além de expandir estudos em países de baixa renda, onde os impactos são e serão mais severos e os mecanismos de adaptação, mais frágeis, devido a desigualdades socioeconômicas severas, diminuindo o potencial resiliente de trabalhadores, empresas e governos.

4. CONCLUSÃO

As evidências compiladas demonstram que as mudanças climáticas já comprometem a saúde ocupacional, exigindo ações urgentes em três frentes: **(i)** Implementação de normas térmicas ocupacionais adaptadas a contextos regionais (ex.: limites de trabalho em temperaturas extremas). Por exemplo, a expansão de programas como o *Hothaps* (Habibi *et al.*, 2021) para monitoramento de riscos em tempo real; **(ii)** Inovações Organizacionais, como adoção do modelo *QBL* (Abbas *et al.*, 2024), integrando saúde do trabalhador à sustentabilidade corporativa e Investimento em EPIs inteligentes (ex.: roupas com termorregulação) e pausas térmicas programadas (Kim; Lee, 2020); **(iii)** Pesquisa e Educação, por meio de estudos longitudinais sobre saúde mental ocupacional em cenários climáticos extremos (Blennow *et al.*, 2020), além da já existente capacitação de profissionais via cursos multidisciplinares atualizados e aplicáveis ao contexto de mudanças climáticas (ex.: modelo ENSP-NOVA; Viegas *et al.*, 2023). A aplicação potencial dessas três frentes propõe uma avaliação promissora de saúde ocupacional de profissionais frente às mudanças climáticas. No entanto, a resiliência da saúde do trabalhador dependerá da capacidade de empresas e governos em antecipar crises, utilizando dados climáticos para planejamento preventivo. A médio prazo, a integração entre ergonomia adaptativa, tecnologias de monitoramento e políticas inclusivas será crucial para mitigar impactos e garantir ambientes laborais sustentáveis em um planeta em aquecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASS, Kashif *et al.* **A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures.** [S. l.]: Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2022.

AMOADU, Mustapha *et al.* Impact of climate change and heat stress on workers' health and productivity: A scoping review. **The Journal of Climate Change and Health**, [s. l.], v. 12, p. 100249, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667278223000494?via%3Dihub>. Acesso em: 23 abr. 2025.

BENEVOLENZA, Mia A.; DERIGNE, Lea Anne. The impact of climate change and natural disasters on vulnerable populations: A systematic review of literature. **Journal of Human Behavior in the Social Environment**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 266–281, 2019.

BLENNOW, K. *et al.* The role of beliefs, expectations and values in decision-making favoring climate change adaptation - Implications for communications with European forest professionals. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 15, n. 11, 2020.

DRESCHER, Katharina; JANZEN, Benedikt. When weather wounds workers: The impact of temperature on workplace accidents. **Journal of Public Economics**, [s. l.], v. 241, p. 105258, 2025. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0047272724001944>.

FERRARI, Guilherme Neto *et al.* **Impact of climate change on occupational health and safety: A review of methodological approaches.** [S. l.]: IOS Press BV, 2022.

FERRARI, Guilherme Neto *et al.* Impact of rising temperatures on occupational accidents in Brazil in the period 2006 to 2019: A multiple correspondence analysis. **Safety Science**, [s. l.], v. 161, p. 106078, 2023. Disponível em: Acesso em: 3 abr. 2025.

FILOMENA, Mattia; PICCHIO, Matteo. Unsafe temperatures, unsafe jobs: The impact of weather conditions on work-related injuries. **Journal of Economic Behavior and Organization**, [s. l.], v. 224, p. 851–875, 2024.

HABIBI, Peymaneh *et al.* **The impacts of climate change on occupational heat strain in outdoor workers: A systematic review.** [S. l.]: Elsevier B.V., 2021.

HANNA, Elizabeth G. *et al.* Climate change and rising heat: Population health implications for working people in Australia. **Asia-Pacific Journal of Public Health**, [s. l.], v. 23, n. 2 SUPPL., 2011.

HAYASHI, C. *et al.* Risk factors for fracture by same-level falls among workers across sectors: a cross-sectional study of national open database of the occupational injuries in Japan. **Public Health**, [s. l.], v. 217, p. 196–204, 2023. Disponível em: Acesso em: 3 abr. 2025.

IRELAND, Andrew; JOHNSTON, David; KNOTT, Rachel. Heat and worker health. **Journal of Health Economics**, [s. l.], v. 91, 2023.

JERRETT, Michael *et al.* Climate change and public health in California: A structured review of exposures, vulnerable populations, and adaptation measures. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s. l.], v. 121, n. 32, 2024.

KIM, Donghyun; LEE, Junbeom. Spatial Changes in Work Capacity for Occupations Vulnerable to Heat Stress: Potential Regional Impacts From Global Climate Change. **Safety and Health at Work**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1–9, 2020.

LEVI, Miriam; KJELLSTROM, Tord; BALDASSERONI, Alberto. Impact of climate change on occupational health and productivity: a systematic literature review focusing on workplace heat. **Med Lav**, [s. l.], v. 109, p. 163–179, 2018. Disponível em: www.lamedicinadellavoro.it. Acesso em: 3 abr. 2025.

NEIS, Barbara *et al.* Mass mortality events in marine salmon aquaculture and their influence on occupational health and safety hazards and risk of injury. **Aquaculture**, [s. l.], v. 566, p. 739225, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848622013436>.

PARK, Jungsun; KIM, Yangho; OH, Inbo. Factors affecting heat-related diseases in outdoor workers exposed to extreme heat. **Annals of Occupational and Environmental Medicine**, [s. l.], v. 29, n. 1, 2017.

PECL, Gretta T. *et al.* **Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being**. [S. l.]: American Association for the Advancement of Science, 2017.

RAMALHO, Margarida; FERREIRA, José Carlos; JÓIA SANTOS, Catarina. Climate Change Adaptation Strategies at a Local Scale: The Portuguese Case Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 19, n. 24, 2022.

ROCKLÖV, Joacim; DUBROW, Robert. **Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control**. [S. l.]: Nature Research, 2020.

THATCHER, Andrew; NAYAK, Rounaq; WATERSON, Patrick. Human factors and ergonomics systems-based tools for understanding and addressing global problems of the twenty-first century. **Ergonomics**, [s. l.], v. 63, n. 3, p. 367–387, 2020.

TOMASKOVA, Marianna; KRAJŇÁK, Jozef. Features and Sustainable Design of Firefighting Safety Footwear for Fire Extinguishing and Rescue Operations. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 15, n. 20, 2023.

VIEGAS, Susana *et al.* **Training on the Impact of Climate Change on Public Health: Reflections and Lessons Learnt**. [S. l.]: S. Karger AG, 2023.

YANG, Munyoung *et al.* Occupational Risk Factors for Stroke: A Comprehensive Review. **Journal of Stroke**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 327–337, 2023.