



ConBREpro

XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

03 a 05 de dezembro de 2025

As Engenharias na Transformação Digital das PMEs

Mudanças Climáticas e Saúde do Trabalhador: Uma Revisão Integrativa dos Riscos e Implicações para a Segurança Ocupacional

Luis Miguel Trigos Sanchez

Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção - Universidade Estadual de Maringá

Gislaine Camila Lapasini Leal

Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção - Universidade Estadual de Maringá

Paulo César Ossani

Departamento de Estatística – Universidade Estadual de Maringá

Resumo: O avanço das mudanças climáticas representa uma ameaça crescente para a saúde e segurança dos trabalhadores, especialmente na agricultura, construção civil e atividades ao ar livre. O aumento de episódios de calor extremo, poluição e outros fatores ambientais intensifica a vulnerabilidade dos trabalhadores, particularmente daqueles em contextos informais e na economia verde. Diante desse cenário, ainda há lacunas significativas no conhecimento sobre os múltiplos riscos emergentes no ambiente laboral, agravados por desigualdades sociais e falta de políticas adaptativas eficazes. Este artigo tem como objetivo sintetizar os achados de 17 estudos recentes que investigam os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional, por meio de uma análise crítica e integrativa da literatura recente. Os resultados apontam que o estresse térmico, acidentes e doenças relacionadas ao trabalho têm aumentado, assim como as desigualdades na proteção dos trabalhadores mais vulneráveis. Além disso, avanços metodológicos, o uso de técnicas computacionais e abordagens interdisciplinares são destacados como fundamentais para a gestão eficiente dos riscos ocupacionais no cenário das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, Saúde ocupacional, Estresse térmico.

Climate Change and Worker Health: An Integrative Review of Risks and Implications for Occupational Safety

Abstract: The advance of climate change poses a growing threat to workers' health and safety, especially in agriculture, construction, and outdoor activities. The increase in episodes of extreme heat, pollution, and other environmental factors intensifies the vulnerability of workers, particularly those in informal contexts and in the green economy. Given this scenario, significant gaps remain in knowledge about the multiple emerging risks in the work environment, which are exacerbated by social inequalities and the lack of effective adaptive policies. This article aims to synthesize the findings of 17 recent studies that investigate the impacts of climate change on occupational health and safety through a critical and integrative analysis of the recent literature. The results indicate that heat stress, accidents, and work-related illnesses have increased, as have inequalities in the protection of the most vulnerable workers. In addition, methodological advances, the use of computational techniques, and interdisciplinary approaches are highlighted as fundamental for the efficient management of occupational risks in the context of climate change.

Keywords: Climate change, Occupational health, Heat stress.

1. Introdução

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios globais do século XXI, impactando diretamente a Saúde e Segurança Ocupacional (SSO) em diversos setores produtivos. O aumento das temperaturas, a intensificação de ondas de calor e outros eventos climáticos extremos elevam os riscos de acidentes, doenças e perdas de produtividade, especialmente entre trabalhadores em atividades externas como agricultura, construção civil e mineração, além dos setores emergentes da economia verde (GOHAR *et al.*, 2025; ROSSI *et al.*, 2025; MARINACCIO *et al.*, 2025; TURNER *et al.*, 2025).

Além do estresse térmico, estes trabalhadores enfrentam riscos acrescidos associados à exposição a poluentes atmosféricos, agentes biológicos e químicos, cujos impactos são amplificados pelas mudanças ambientais e alterações nos padrões epidemiológicos, incluindo a propagação de doenças transmitidas por vetores (RAMADAN e MOURAD, 2022; HOLT, 2025). A interseção entre condições climáticas adversas e vulnerabilidades socioeconômicas, particularmente em trabalhadores informais e populações marginalizadas, aumenta a suscetibilidade a agravos à saúde no ambiente laboral, ressaltando a necessidade de abordagens integradas que priorizem a equidade e inclusão (DODMAN *et al.*, 2023; HABIBI *et al.*, 2024).

Diante disso, é fundamental a criação e implementação de políticas públicas para promover uma força de trabalho mais saudável, produtiva e satisfeita, refletindo positivamente no desenvolvimento socioeconômico dos países. Esse entendimento, fortalecido ao longo do último século, decorre da constatação de que os avanços nos campos científico, tecnológico e industrial dependem de recursos humanos em boas condições de saúde, bem-estar e satisfação com suas tarefas. Esse reconhecimento impulsionou, por sua vez, a necessidade de desenvolver e implementar práticas voltadas para a segurança e saúde no trabalho (SANTOS JÚNIOR; ALMEIDA; FISCHER, 2025).

O objetivo deste estudo é apresentar uma revisão integrativa sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional, com o intuito de sintetizar os avanços metodológicos, lacunas de conhecimento, recomendações e políticas apresentadas nos estudos selecionados que investigam os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança dos trabalhadores. Por meio da análise crítica e integrativa dessas pesquisas, pretende-se subsidiar práticas de prevenção, orientações para políticas públicas e delinear oportunidades para futuras investigações, contribuindo para a construção de ambientes laborais mais resilientes e saudáveis frente ao desafio climático.

A questão de pesquisa que norteou o desenvolvimento deste estudo é: Como os estudos recentes têm abordado os riscos, impactos, avanços metodológicos, lacunas de conhecimento e recomendações relacionadas às mudanças climáticas na saúde e segurança dos trabalhadores?

2. Segurança e Saúde no Trabalho (SST) e Desafios Climáticos

A Segurança e Saúde no Trabalho (SST) constitui uma área essencial para a proteção física, mental e social dos trabalhadores, sendo responsável pela identificação, avaliação e mitigação de riscos ocupacionais que podem comprometer a integridade humana e a produtividade organizacional. Nesse sentido, práticas eficazes de gestão da SST contribuem não apenas para a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, mas também para a sustentabilidade das empresas e para a promoção de ambientes laborais mais seguros e saudáveis (TAN *et al.*, 2023).

Além disso, a SST abrange um conjunto integrado de ações preventivas que visam não apenas a minimização dos riscos imediatos no ambiente de trabalho, mas também a

promoção do bem-estar contínuo dos trabalhadores. Essa abordagem sistêmica envolve a participação ativa dos empregadores, empregados e órgãos reguladores, assim como a incorporação de tecnologias e processos inovadores para aprimorar a identificação, monitoramento e controle dos agentes nocivos. Conforme destacado por Tan *et al.* (2023), a gestão efetiva da SST é fundamental para garantir condições que favoreçam a saúde ocupacional e a produtividade sustentável, criando ambientes laborais resilientes diante das mudanças organizacionais e tecnológicas.

Contudo, a intensificação das mudanças climáticas coloca em evidência novos desafios para a saúde e segurança dos trabalhadores. O aumento das temperaturas médias, a maior ocorrência de ondas de calor e a frequência crescente de eventos climáticos extremos ampliam a exposição a riscos físicos, químicos e biológicos. Essas alterações estão associadas a problemas como fadiga térmica, doenças cardiovasculares e respiratórias, além de agravos psicossociais que comprometem diretamente a qualidade de vida no trabalho (KJELLSTROM *et al.*, 2009; MORA *et al.*, 2017; TURNER *et al.*, 2025).

A interação entre fatores ambientais adversos e condições ocupacionais é particularmente crítica em setores que demandam atividades ao ar livre ou que concentram trabalhadores em ambientes com baixa ventilação. Além disso, desigualdades socioeconômicas acentuam a vulnerabilidade de grupos expostos, como trabalhadores informais e populações marginalizadas, que frequentemente carecem de políticas de proteção adequadas. A incorporação de estratégias integradas e multidisciplinares é, portanto, fundamental para que a SST acompanhe as transformações impostas pela crise climática, promovendo resiliência organizacional e adaptação frente a cenários de risco emergente (SCHULTE e CHUN, 2009; TURNER *et al.*, 2025).

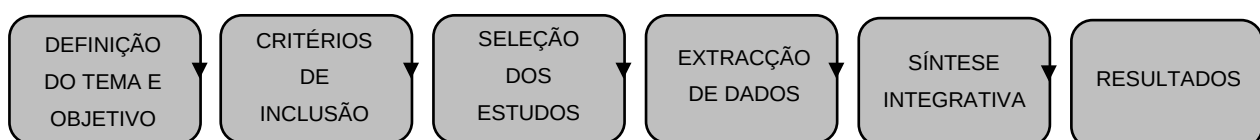
3. Método de Pesquisa

O método de pesquisa adotado neste trabalho baseou-se em uma análise integrativa de 17 estudos científicos (artigos, dissertações, teses e trabalhos de congresso), publicados entre 2021 e 2025, relacionados aos impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional. Assim como recomendado por Whittemore e Knafl (2005) para revisões integrativas, foram incluídos estudos de diferentes setores produtivos e tipos de exposição, que empregaram diversos métodos científicos, como revisões sistemáticas, análises estatísticas, abordagens qualitativas e quantitativas, além de técnicas avançadas, como aprendizado de máquina.

Para a extração de dados, os conteúdos foram organizados em categorias como estresse térmico, acidentes relacionados ao calor, exposição a poluentes, vulnerabilidades específicas e estratégias preventivas. A síntese integrativa combinou análises qualitativas e quantitativas, possibilitando a identificação de convergências, divergências e lacunas entre os trabalhos.

Adicionalmente, foi realizado um mapeamento das metodologias, softwares e técnicas utilizadas, o que permitiu a elaboração de recomendações técnicas e pesquisas futuras. Esse processo assegurou uma visão abrangente e atualizada do tema, oferecendo um panorama para apoiar a prevenção e a gestão dos riscos ocupacionais associados às mudanças climáticas.

Figura 1 – Fluxo da metodologia adotada



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4. Resultados e Discussão

Esta seção apresenta a síntese integrativa dos principais achados dos estudos selecionados que investigam os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança ocupacional. Os artigos abrangem estudos nacionais e internacionais, distintos setores produtivos e múltiplos enfoques metodológicos. A Tabela 1 apresenta o título, ano de publicação e citação que demonstra um crescimento recente no número de publicações, especialmente entre 2021 e 2025, o que evidencia o aumento do interesse científico e a relevância da discussão sobre os impactos das mudanças climáticas na saúde e segurança do trabalho. Essa tendência demonstra não apenas a atualidade do tema, mas também a necessidade de aprofundar investigações que integrem riscos ambientais e ocupacionais.

Tabela 1 – Estudos Selecionados

ID	Título	Ano	Citação
C01	The assessment of change in human heat stress risk in Brazil projected by the CMIP6 models.	2025	Gohar <i>et al.</i>
C02	Climate Change and Occupational Risks in Outdoor Workers: A Systematic Review of the Health Effects of Extreme Temperatures.	2025	Rossi <i>et al.</i>
C03	Impact of rising temperatures on Occupational accidents in Brazil in the period 2006 to 2019: A multiple correspondence analysis.	2023	Ferrari <i>et al.</i>
C04	Investigation of the usage of machine learning to explore the impacts of climate change on occupational health: a systematic review and research agenda.	2025	Ferrari <i>et al.</i>
C05	Analysis of the Climate Impact on Occupational Health and Safety Using Heat Stress Indexes.	2025	Ferrari <i>et al.</i>
C06	Mudanças climáticas e suas implicações para a saúde de trabalhadores e trabalhadoras, produção agrícola e ambiente.	2025	Moreira <i>et al.</i>
C07	Global Warming, Climate change, heat waves and their impacts on workers lives from the perspective of prevention.	2024	Bentes
C08	Impact of Climate Change on Occupational Health and its Possible Preventive Strategies (Review Article).	2022	Ramadan e Mourd
C09	Climate change and heat stress resiliente outdoor workers: findings from systematic literature review.	2024	Habibi <i>et al.</i>
C10	Climate change and informal workers: Towards an agenda for research and practice.	2023	Dodman <i>et al.</i>
C11	The impacts of climate change on occupational heat strain in outdoor workers: A systematic review.	2021	Habibi <i>et al.</i>
C12	Occupational Health in the Age of Climate Change: A Review of Emerging Challenges and Strategic Interventions.	2025	Holt
C13	Análise da Relação entre Acidentes de Trabalho Fatais e o Estresse Térmico.	2025	Silva <i>et al.</i>
C14	Aprendizagem de máquina na investigação dos impactos do estresse térmico na ocorrência de acidentes de trabalho no Brasil.	2024	Ferrari, G. N.
C15	Acidentes de trabalho e estresse térmico na agricultura: uma abordagem de clusterização de dados.	2025	Silva
C16	Climate change and occupational health and safety. Risk of injuries, productivity loss and the co-benefits perspective.	2025	Marinaccio <i>et Aa.</i>
C17	Occupational health in the era of climate change and the green transition: a call for research.	2025	Turner <i>et al.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A Tabela 2 reúne os estudos analisados, classificados segundo o tipo de abordagem metodológica, setores industriais, incidentes e impactos investigados, além dos softwares utilizados. Os trabalhos englobam quatro enfoques principais: análise observacional, que analisa situações reais de trabalho; análise estatística, que aplica métodos quantitativos para identificar padrões e relações; análise exploratória, voltada à investigação inicial de

fenômenos pouco estudados; e revisões, que sistematizam o conhecimento existente e destacam evidências já consolidadas na literatura.

Tabela 2 – Resumo dos métodos, setores, tipos de acidentes e softwares usados

ID	Tipo de estudo	Setores Industriais	Enfoque	Software
C01	Análise estatística	Agricultura e atividades rurais	Estresse térmico	CMIP6, RStudio, GIS
C02	Revisão	Construção civil, agricultura	Saúde ocupacional, impactos por calor, poluição	Não especificado
C03	Análise observacional, Análise estatística	Construção civil, indústria, comércio, agropecuária	Segurança no trabalho, acidentes	RStudio
C04	Revisão	Construção, agricultura, serviços, manufatura	Métodos Computacionais aplicados à saúde ocupacional	Rstudio, Pythom
C05	Análise observacional, Análise estatística	Construção, agricultura, indústria	Saúde ocupacional, análise estatística	RStudio
C06	Revisão	Energia renovável, manufatura, reciclagem, saúde, transporte, economia circular	Saúde ocupacional, política pública	Não especificado
C07	Revisão	Agricultura, construção civil, mineração, indústrias metalúrgicas/petroquímicas	Doenças por calor, acidentes típicos	Não especificado
C08	Revisão	Agricultura, construção, mineração, indústrias, pesca, serviços de emergência	Doenças por calor, intoxicação química, ferimentos	Não especificado
C09	Revisão	Construção civil, agricultura, mineração, manufatura	Impactos fisiológicos do calor, acidentes	Não especificado
C10	Revisão	Vendedores ambulantes, catadores, trabalhadores domésticos informais, agricultura urbana	Vulnerabilidade social ambiental	Não especificado
C11	Revisão	Construção, agricultura, mineração, serviços urbanos, manufatura	Doenças relacionadas ao estresse térmico	Não especificado
C12	Revisão	Agricultura, construção civil, serviços de emergência, setor informal, áreas urbanas	Análise de riscos químicos, físicos e biológicos	Não especificado
C13	Análise exploratória	Trabalhadores ao ar livre, construção, agricultura, mineração, indústrias	Acidentes fatais relacionados a estresse térmico	Rstudio, Excel, GIS
C14	Revisão	Agricultura, construção, indústria, serviços	Acidentes de trabalho e riscos térmicos	Rstudio, WEKA, GIS
C15	Análise exploratória	Agricultura	Acidentes típicos por calor e outros agentes	Pythom, Excel, Scipy/scikit-learn
C16	Análise observacional	Agricultura, construção civil, indústria, serviços, comércio, saúde, administração pública	Lesões associadas ao calor, perda de produtividade	Rstudio, Stata, GLM, DLMN, Geoestatística
C17	Revisão	Energia renovável, reciclagem, emergência,	Exposição ao calor, poluentes, riscos	Não especificado

A análise dos estudos selecionados evidencia a multiplicidade de abordagens, setores produtivos e tipos de riscos ocupacionais associados às mudanças climáticas na literatura recente. Entre os artigos baseados em análise estatística, destaca-se o trabalho de GOHAR *et al.* (2025), que utilizou modelos climáticos (CMIP6) e ferramentas como RStudio e GIS para projetar o avanço do estresse térmico em trabalhadores do setor agrícola e atividades rurais, apontando a necessidade de políticas adaptativas regionais (C01). Em complemento, pesquisas observacionais como a de Ferrari *et al.* (2023) reforçaram o vínculo direto entre o aumento das temperaturas e a ocorrência de acidentes em setores como construção civil, indústria e comércio, valendo-se de análises multivariadas no RStudio para identificar padrões e riscos (C03).

Estudos de revisão, como o de Rossi *et al.* (2025), abordam amplamente os impactos do calor, exposição a poluentes e problemas de saúde ocupacional entre trabalhadores na construção civil e agricultura, sinalizando lacunas relevantes em países emergentes (C02). Outros trabalhos de revisão, a exemplo de Ferrari *et al.* (2025) e Moreira *et al.* (2025), ressaltam o papel de métodos computacionais e integrações de dados no monitoramento de riscos e no desenvolvimento de políticas públicas para setores como energia renovável e economia circular (C04, C06).

No campo dos métodos quantitativos, Ferrari *et al.* (2025) realizaram análises comparativas entre diferentes índices térmicos usando softwares como RStudio, mostrando que diversas estratégias podem ser equivalentes para avaliação de exposições no setor industrial, agrícola e de construção (C05). Artigos aplicando análise exploratória, como Silva *et al.* (2025), identificaram padrões de acidentes típicos por calor e outros agentes na agricultura, incorporando abordagens de clusterização com Python, Excel e Scipy/scikit-learn para captar as múltiplas dimensões do problema (C15).

Com relação aos incidentes e impactos, nota-se predominância de doenças por calor, lesões relacionadas ao estresse térmico, acidentes de trabalho e riscos agravados por exposição a agentes químicos e biológicos, como evidenciado por Bentes (2024) e Ramadan e Mourad (2022) em setores como agricultura, construção, mineração e indústria (C07, C08). Estudos focando os trabalhadores informais, como Dodman *et al.* (2023), destacam a vulnerabilidade social e ambiental em cenários urbanos, muitas vezes ausentes de políticas específicas de proteção (C10).

Além disso, as pesquisas de Habibi *et al.* (2021, 2024) sublinham os impactos fisiológicos do calor, diminuição da produtividade e adoecimento em setores ao ar livre, reforçando a necessidade de monitoramento ambiental contínuo e estratégias preventivas interdisciplinares (C09, C11). Holt (2025) amplia a discussão ao tratar dos desafios emergentes na saúde ocupacional frente à transição energética e às novas cadeias produtivas, evidenciando demandas regulatórias e tecnológicas para setores industriais diversos (C12).

Por fim, Marinaccio *et al.* (2025) analisam o risco de lesões por calor e a perda de produtividade na indústria e em serviços, implementando análises estatísticas avançadas (GLM, DLMN, geoestatística) com RStudio e Stata (C16). Já o estudo de TURNER *et al.* (2025) destaca a diversidade de exposições e os riscos psicossociais e ambientais nos setores emergentes da economia verde, sublinhando lacunas em monitoramento e ações integradas (C17).

Os artigos analisados indicam forte concentração de pesquisas em setores como agricultura, construção civil, indústria, energia renovável, reciclagem e economia circular. A

maior parte dos estudos emprega métodos quantitativos robustos, análises exploratórias e sistemas computacionais para análise e modelagem dos dados, além de destacar frequentemente limitações na disponibilidade e integração de informações sobre exposições e acidentes (GOHAR *et al.*, 2025; ROSSI *et al.*, 2025; FERRARI *et al.*, 2023; FERRARI *et al.*, 2025; MOREIRA *et al.*, 2025; BENTES, 2024; RAMADAN e MOURAD, 2022; DODMAN *et al.*, 2023; HABIBI *et al.*, 2021; HABIBI *et al.*, 2024; HOLT, 2025; SILVA *et al.*, 2025; MARINACCIO *et al.*, 2025; TURNER *et al.*, 2025).

Tabela 3 – Síntese das contribuições, limitações e direções futuras

ID	Limitações	Contribuições	Direções Futuras
C01	Resolução espacial dos modelos; limitações do índice WBGT e subestimação em condições extremas	Demonstra a extensão e gravidade futura do estresse térmico; base para políticas públicas	Desenvolvimento de políticas públicas de adaptação; definição de limites regionais
C02	Predominância de estudos em países desenvolvidos; lacunas em riscos não térmicos	Confirma alto índice de sintomas e doenças por calor; destaca necessidade de políticas preventivas	Avançar pesquisas sobre riscos além do calor, observando segmentos vulneráveis
C03	Subnotificação e limitações da análise espacial para probabilidade individual	Relaciona calor com acidentes; subsidia políticas de prevenção	Uso de modelos preditivos para planejamento preventivo em mais setores e regiões
C04	Dados limitados; predominância de dados biométricos; necessidade de integração com dados populacionais	Consolida utilidade do aprendizado de máquina para monitoramento e previsão	Ampliação para vários setores, inclusão de dados regionais-vulneráveis
C05	Uso de médias ambientais ao invés de medidas pessoais; ausência de dados sobre radiação solar	Facilita estudos futuros com índices térmicos variados; detalhamento regional e setorial	Estudo dos efeitos com maior detalhamento regional e setorial, inclusão de dados fisiológicos individuais
C06	Escassez de dados globais; pouca integração entre estudos ambientais, sociais e ocupacionais	Sistematiza principais riscos ocupacionais; indica necessidade de múltiplas abordagens preventivas	Fortalecer monitoração e rede mundial de vigilância; ampliar pesquisa focada em grupos vulneráveis; desenvolver políticas integradas; investigar riscos novos da economia verde
C07	Ausência de dados empíricos próprios; dependência de fontes secundárias	Consolida compreensão do nexos eventos climáticos e agravos ao trabalhador	Pesquisa detalhada em microescala e estratégias preventivas ampliadas
C08	Revisão teórica sem dados originais; sem análise quantitativa regional	Sistematiza principais riscos ocupacionais; indica necessidade de múltiplas abordagens preventivas	Desenvolver vigilância epidemiológica e políticas adaptativas
C09	Pouca pesquisa original em países vulneráveis; escassez de dados longitudinais	Consolida conhecimento sobre resiliência térmica; destaca lacunas práticas e políticas	Desenvolvimento de programas integrados e avaliação de eficácia
C10	Dados limitados a poucos locais; dificuldade de generalização	Evidencia riscos elevados para trabalhadores informais; destaca lacunas em políticas	Ampliação de monitoramento e integração de políticas urbanas e sociais

C11	Heterogeneidade e limitação dos dados; poucos dados econômicos sobre impacto	Confirma relação negativa entre calor extremo e saúde/trabalho	Avançar pesquisas longitudinais e sistemas de alerta precoce
C12	Escassez de dados locais; enfoque predominantemente teórico e revisional; estudos longitudinais	Evidencia desigualdades e vulnerabilidades; destaca o papel da colaboração multissetorial	Fortalecer cooperação internacional e pesquisa interdisciplinar
C13	Ausência de dados sobre carga metabólica e vestimenta; impossibilidade de causalidade	Alta proporção de acidentes fatais sob risco térmico; uso de bases nacionais consolidadas	Estratificar dados por ocupação, gênero e faixa etária; aprimorar monitoramento
C14	Subnotificação; ausência de dados fisiológicos; limitações para análise de doenças	Inédita integração nacional de bases de acidentes e clima; propostas para políticas futuras	Utilizar novas técnicas de imputação; aprimorar uso de aprendizado de máquina
C15	Ausência de dados em municípios e para trabalhadores informais	Identificação de grupos de maior risco no setor agrícola; subsidia aprimoramento da SST	Inclusão de variáveis psicossociais/socioeconômicas; uso de deep learning
C16	Exclusão de setores informais; uso de valores ambientais médios; ausência de medição pessoal	Primeira avaliação integrada dos custos econômicos e perdas de produtividade devido ao calor	Desenvolver sistemas nacionais de alerta e vigilância; integrar variáveis fisiológicas
C17	Falta de indicadores sistematizados; subnotificação; dificuldades em setores informais	Análise atualizada e multidisciplinar; enfoque em setores verdes emergentes; proposta de agenda integrada	Fortalecer monitoramento global; incorporar equidade, gênero e interseccionalidade

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Os estudos analisados revelam diferentes limitações metodológicas e de cobertura, como a resolução espacial insuficiente dos modelos de risco térmico (Gohar *et al.*, 2025) e a predominância de pesquisas situadas em países desenvolvidos, com lacunas importantes sobre riscos não térmicos (Rossi *et al.*, 2025). Além disso, muitos trabalhos apontam desafios decorrentes da subnotificação de dados e da limitação das análises em escala individual (Ferrari, 2023), bem como da dependência de dados ambientais médios em vez de medições fisiológicas e pessoais (Ferrari *et al.*, 2025; Silva, 2025). Também há carência de dados longitudinais, sobretudo em países e regiões vulneráveis (HABIBI *et al.*, 2024; DODMAN *et al.*, 2023; HOLT, 2025).

Apesar dessas limitações, as pesquisas trazem contribuições relevantes ao evidenciar a gravidade do estresse térmico futuro no Brasil, fornecendo base para políticas públicas específicas (Gohar *et al.*, 2025), e ao confirmar a alta incidência de sintomas e doenças por calor entre trabalhadores, destacando a necessidade de estratégias preventivas (Rossi *et al.*, 2025). Estudos como os de Ferrari *et al.* (2023; 2025) elucidam o vínculo entre calor extremo e acidentes ocupacionais, subsidiando políticas de redução de riscos e pavimentando o caminho para o uso inovador de aprendizado de máquina na previsão de incidentes (Ferrari, 2024). Outros trabalhos destacam a identificação de grupos de maior risco, inclusive na agricultura, e a análise integrada dos custos econômicos e da produtividade afetada pelo calor (SILVA, 2025; MARINACCIO *et al.*, 2025).

No campo das direções futuras, há ênfase no aprimoramento dos modelos preditivos e na definição de limites regionais de exposição (Gohar *et al.*, 2025; Ferrari *et al.*, 2023), bem como em pesquisas de maior abrangência sobre outros riscos além do calor, contemplando grupos vulneráveis (Rossi *et al.*, 2025; Dodman *et al.*, 2023). São recomendados a ampliação da integração entre áreas ambientais, sociais e ocupacionais (Moreira *et al.*, 2025), o fortalecimento do monitoramento global e de políticas públicas de adaptação e mitigação em setores críticos, inclusive os emergentes da chamada economia verde (HABIBI *et al.*, 2024; TURNER *et al.*, 2025).

A literatura sugere a necessidade de desenvolvimento de sistemas nacionais de alerta e monitoramento, integração de variáveis fisiológicas e sociais e o uso de novas técnicas computacionais como aprendizagem de máquina e deep learning para análise preditiva (Ferrari, 2024; Silva, 2025). Além disso, reforça-se a urgência de abordagens interdisciplinares e da cooperação internacional, especialmente para proteção de trabalhadores informais e para suprir regiões e setores não cobertos adequadamente em pesquisas anteriores (HOLT, 2025; MARINACCIO *et al.*, 2025).

Em suma, os estudos mostram avanços nas metodologias, especialmente com a utilização de bases nacionais integradas, análises estatísticas robustas e abordagens multidisciplinares, mas ressaltam a necessidade de superar limitações estruturais e informacionais para construir ambientes laborais mais resilientes diante das mudanças climáticas (TURNER *et al.*, 2025; MOREIRA *et al.*, 2025; BENTES, 2024; RAMADAN e MOURAD, 2022).

4. Conclusões

Este artigo abrange de forma integrativa os principais desafios, avanços e perspectivas relacionados aos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde e segurança ocupacional em diversos setores produtivos, com ênfase em trabalhadores expostos ao estresse térmico, poluentes e riscos ampliados por fatores socioambientais e econômicos. O objetivo central foi reunir, analisar criticamente e comparar evidências de diferentes estudos publicados entre 2021 e 2025, com o intuito de subsidiar práticas e políticas mais eficazes para prevenção de agravos e promoção de ambientes laborais resilientes frente ao contexto climático emergente.

A metodologia consistiu em uma revisão integrativa envolvendo 17 artigos científicos, abrangendo desde análises estatísticas e modelagens numéricas até revisões sistemáticas e estudos exploratórios. O processo englobou síntese qualitativa e quantitativa das principais abordagens, limitações, contribuições e recomendações dos autores para diferentes setores econômicos e regiões.

Os resultados indicaram que há consenso na literatura em relação ao aumento do risco de acidentes e doenças ocupacionais associadas às mudanças climáticas, especialmente pelo calor intenso, exposição a poluentes, agentes biológicos e químicos. Estudos como os de Gohar *et al.* (2025), Rossi *et al.* (2025) e Marinaccio *et al.* (2025) confirmam a necessidade urgente de adaptação de políticas públicas, monitoramento contínuo e integração de abordagens preventivas multidisciplinares. Há destaque também para a aplicação de ferramentas computacionais avançadas, incluindo aprendizado de máquina, para aprimorar o monitoramento e a previsão dos riscos de saúde no trabalho (FERRARI, 2024; SILVA, 2025).

O trabalho contribui para sistematizar evidências, esclarecer lacunas metodológicas e operacionais na área e oferecer recomendações alinhadas às necessidades de trabalhadores expostos tanto em setores tradicionais quanto nos novos segmentos da economia verde. O artigo ainda reforça a importância de estratégias de vigilância, proteção

social e políticas inclusivas para trabalhadores vulneráveis, especialmente informais e regionalmente marginalizados (DODMAN *et al.*, 2023; HABIBI *et al.*, 2024).

Entre as limitações deste artigo, destacam-se a dependência de estudos existentes (com lacunas regionais e setoriais persistentes), restrições de qualidade e padronização dos dados analisados e a predominância de abordagens teóricas ou modeladas sem validação empírica extensiva. Tais fatores podem limitar a generalização dos resultados para realidades locais específicas, sobretudo em contextos pouco estudados no sul global. Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de estudos regionais aprofundados com dados primários, o uso ampliado de ferramentas digitais e modelagem integrada de exposição, investigações sobre impactos em setores verdes e informais, assim como colaborações internacionais para a construção de políticas públicas robustas e equitativas frente às mudanças climáticas e à transição produtiva.

Referências

BENTES, Flavio Maldonado. Aquecimento global, mudanças climáticas, ondas de calor e seus impactos na vida dos trabalhadores sob a ótica da prevenção. **Revista RECIMA**, v. 5, n. 2, p. 1-16, 2024.

DODDMAN, David *et al.* Climate change and informal workers: towards a research and practice agenda. **Urban Climate**, Elsevier, v. 48, 2023, p. 101401.

FERRARI, Guilherme Neto *et al.* Impact of rising temperatures on occupational accidents in Brazil from 2006 to 2019. **Safety Science**, v. 161, p. 106078, 2023.

FERRARI, G. N. **Aprendizagem de máquina na investigação dos impactos do estresse térmico na ocorrência de acidentes de trabalho**. Maringá, 97 p., 2024. Dissertação (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Maringá.

FERRARI, Guilherme Neto *et al.* Analysis of climate impact on occupational health and safety using heat stress indexes. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 22, p. 130, 2025.

FERRARI, Guilherme Neto *et al.* Investigation of the usage of machine learning to explore the impacts of climate change on occupational health: a systematic review. **Frontiers in Public Health**, v. 13, p. 1578558, 2025.

GOHAR, Laila K. *et al.* The assessment of change in human heat stress risk projected by CMIP6 models in Brazil. **Environmental Research Communications**, v. 7, p. 015039, 2025.

HABIBI, Peymaneh *et al.* The impacts of climate change on occupational heat strain in outdoor workers: a systematic review. **Urban Climate**, Elsevier, v. 36, p. 100770, 2021.

HABIBI, Peymaneh *et al.* Climate change and heat stress resilient outdoor workers: findings from systematic literature review. **BMC Public Health**, 2024, v. 24, p. 1711.

HOLT, Kimberly Long. Occupational health in the age of climate change: a review of emerging challenges and strategic interventions. **Contemporary Journal of Applied Sciences**, v. 3, n. 5, p. 265-282, 2025.

KJELLSTROM, Tord; HOLMER, Ingvar; LEMKE, Bruno. Workplace heat stress, health and productivity – an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. **Global Health Action**, v. 2, p. 2047, 2009.

MARINACCIO, Alessandro et al. Climate change and occupational health and safety. Risk assessment, productivity loss, and prevention strategies in Italy. **Occupational Medicine**, v. 74, Supplement_1, p. 0, 2025.

MORA, C. et al. Global risk of deadly heat. **Nature Climate Change**, v. 7, p. 501–506, 2017.

MOREIRA, Maria de Fátima Ramos et al. Mudanças climáticas e suas implicações para a saúde de trabalhadores, produção agrícola e ambiente. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, Rio de Janeiro, v. 50, e2025, 2025.

RAMADAN, M. A.; MOURAD, B. H. Impact of climate change on occupational health and its possible strategies. **Egyptian Journal of Occupational Medicine**, Cairo, v. 46, n. 3, p. 47-62, 2022.

ROSSI, Maria Francesca; LEONE, Raimondo; MOSCATO, Umberto. Climate change and occupational risks in outdoor workers: a systematic review. **Atmosphere**, v. 16, n. 7, p. 839, 2025.

SCHULTE, Paul A.; CHUN, HeeKyoung. Climate change and occupational safety and health: establishing a preliminary framework. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 6, n. 9, p. 542-554, 2009.

SILVA, J. et al. Análise da Relação entre Acidentes de Trabalho Fatais e o Estresse Térmico. In: XXXII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., Bauru. **Anais...** Bauru: Universidade Estadual de Maringá, 2025. p. 1-14.

SILVA, L. F. **Acidentes de trabalho e estresse térmico na agricultura: uma abordagem de clusterização de dados**. Maringá, 132 p., 2025. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá.

TAN, Zhen Chao; TAN, Chun Eng; CHOONG, Yuen Onn. Occupational Safety & Health Management and Corporate Sustainability: A Review. **Safety Science**, v. 163, p. 105375, 2023.

TURNER, Michelle C. et al. Occupational health in the era of climate change and the green transition: a call for research. **The Lancet Regional Health – Europe**, v. 54, 2025.

WHITTEMORE, Robin; KNAFL, Kathleen. The integrative review: updated methodology. **Journal of advanced nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005.