ATIVIDADES A CÉU ABERTO COM EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Occupational heat exposure in outdoor civil construction activities: a bibliometric analysis

Emanuelly Reis Santana
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, Alagoas | emanuelly.santana@ctec.ufal.br

Luiz Philippsen Jr.
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, Alagoas | luiz.philippsen@fau.ufal.br

RESUMO

A construção civil – CC no Brasil é estratégica para geração de empregos e, portanto, a gestão em segurança e saúde do trabalho – SST é fundamental na garantia da higidez dos ambientes laborais, produção e produtividade das obras. Apesar dos avanços, a exposição ao calor na CC ainda requer maior investigação, especialmente no contexto climático do país. A pesquisa apresenta uma análise bibliométrica de 61 artigos (n = 61) extraídos por meio do Protocolo PRISMA e conduzido na plataforma Web of Science – WoS. Por meio da elaboração de *strings* de busca que interconectadas formam uma rede de pesquisas sobre o tema. Os anos de 2024, 2022 e 2019 foram os de maior quantidade de publicações, indicando a relevância atual do tema para a CC. A publicação em revistas científicas é predominante em comparação com anais de congressos, representando 82% das publicações indexadas na WoS. Observa-se uma distribuição das pesquisas em diversas revistas, com destaque para a *Annals of Work Exposures and Health*. Os Estados Unidos e a China são os países com a maior quantidade de pesquisas, totalizando 35 artigos. Dentre os pesquisadores de maior produção destacam-se Chan (gestão em SST), Wegman (saúde ocupacional) e Yi (ergonomia e estresse térmico), apontando para a multidisciplinaridade do tema.

Palavras-chave: Construção civil; Segurança e saúde no trabalho; Exposição ao calor; Mapeamento sistemático de literatura; Protocolo PRISMA.

ABSTRACT

The civil construction - CC in Brazil plays a strategic role in job creation, therefore, occupational safety and health - OSH management is essential to ensuring safe work environments, as well as productivity and performance on construction sites. Despite recent advances, heat exposure in the CC still requires further investigation, especially within the country's climatic context. This study presents a bibliometric analysis of 61 articles (n = 61) selected using the PRISMA Protocol and retrieved from the Web of Science - WoS platform. A string research was developed to interconnect the selected publications into a coherent research network on the topic. The years of 2024, 2022, and 2019 had the highest number of publications, highlighting the growing relevance of the subject within the CC. Publications on journals predominated over conference proceedings, accounting for 82% of the indexed researches in WoS platform. The studies were published across a range of journals, highlighting the Annals of Work Exposures and Health. The United States and China were the leading countries in terms of research output, contributing a combined total of 35 articles. Among the researchers with great production authors as Chan (OSH management), Wegman (occupational health), and Yi (ergonomics and heat stress) states the multidisciplinary nature of the topic.

Keywords: Civil construction; Occupational safety and health; Exposure to heat; Systematic literature review; PRISMA Protocol.

1 INTRODUÇÃO

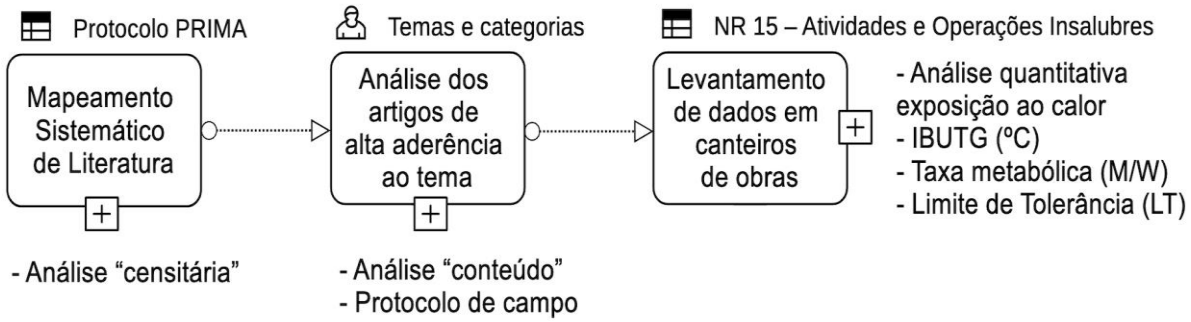
As mudanças climáticas, ao intensificarem a frequência, duração e severidade das ondas de calor no Brasil impõem novos desafios para a gestão da segurança e saúde ocupacional em trabalhos realizados a céu aberto (Wanner *et al*., 2025). Temos um arcabouço legal voltado para a proteção de trabalhadores em atividades a céu aberto sem uma definição precisa sobre o que é, seja na Consolidação das Leis do Trabalho – CLT, nas Normas Regulamentadoras – NR ou documentos infralegais, como a Norma de Higiene Ocupacional – NHO 06 da Fundacentro. Nesta pesquisa, consideramos o trabalho a céu aberto como aquele sujeito a intempéries, como sol, chuva, vento, umidade, etc., com atividades que acarretam aumento do calor metabólico do trabalhador durante jornada (Bitencourt *et al.*, 2023).

Os trabalhadores da construção civil – CC estão entre os mais expostos a intempéries, em especial aos efeitos adversos do calor extremo, em decorrência da natureza das atividades predominantemente realizadas a céu aberto, sob intenso esforço físico e capacidade limitada para mitigação térmica (Acharya *et al.*, 2018). Inclusive, encontra-se em revisão a NR 21 - Trabalho a Céu Aberto, com a possível introdução de exigência de atendimento de medidas de proteção contra intempéries, como por exemplo a exposição ao calor e à radiação solar.

A exposição prolongada ao calor pode resultar em danos e agravos à saúde de trabalhadores. Além dos efeitos fisiológicos, o estresse térmico compromete a produtividade, aumenta o risco de acidentes e acentua desigualdades no ambiente de trabalho, especialmente em regiões mais quentes e com condições socioeconômicas mais vulneráveis (Karthick *et al*., 2023; Oohialdin *et al*., 2020; Phanprasit *et al*., 2021). Estes são os desafios principais na gestão de segurança e saúde do trabalho – SST.

O presente artigo refere-se à primeira etapa de uma pesquisa com duração de um ano, iniciada em setembro de 2024, e dividida em três grandes etapas, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Detalhamento das fases da pesquisa



Fonte: Autores

A primeira etapa contempla a condução de um mapeamento sistemático de literatura – MSL, fundamentado no Protocolo PRISMA, com foco na exposição ocupacional ao calor de trabalhadores da CC. Este artigo apresenta a análise bibliométrica, ou seja, "censitária" dos artigos extraídos, respondendo as seguintes perguntas principais.

- Quais períodos de maior concentração de publicações?
- Quais países e instituições destacam-se em publicações?
- Quais são os principais autores da área?
- Quais categorias temáticas concentram essas pesquisas?

A análise apresentada neste artigo se baseia em dados extraídos da plataforma *Web of Science* – WoS, apresentando uma visão geral da produção científica sobre o tema e lacunas que possam orientar futuras investigações. Ao mapear a evolução das publicações, pretende-se contribuir para o fortalecimento das práticas de gestão em SST frente aos desafios impostos pelo aquecimento global e suas implicações na CC.

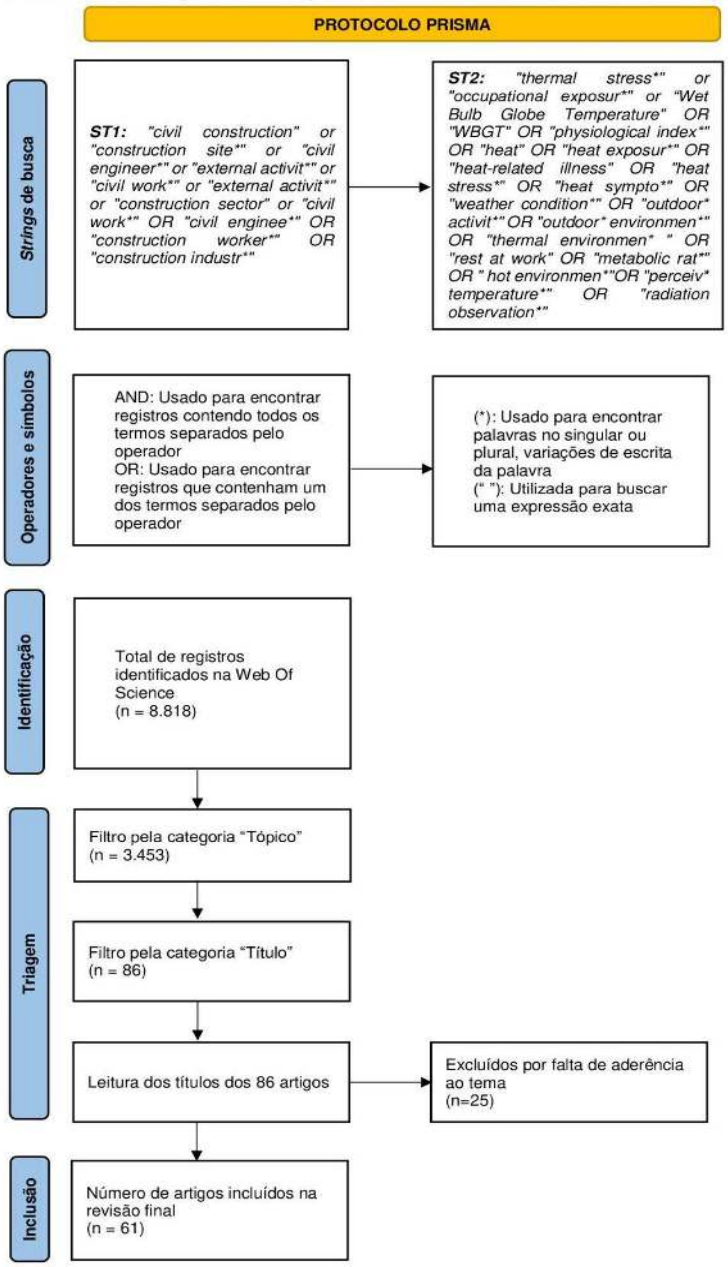
2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de busca foi elaborada para capturar pesquisas sobre o tema gestão em SST com foco na exposição ocupacional ao calor. A busca e seleção foi realizada pela WoS. A escolha da WoS se deu pela disponibilidade de acesso no âmbito da universidade de vínculo dos pesquisadores, a facilidade de extração e tratamento dos dados em *softwares* específicos e por tratar-se de uma base tradicional de indexação dos principais periódicos das áreas de gestão, gerenciamento e construção civil.

Foi desenvolvido um algoritmo, ou *string* de busca – ST, sendo a primeira ST (ST1) com recorte temático da CC e a segunda ST (ST2) com recorte temático sobre a exposição do trabalhador ao calor. As ST de busca combinam palavras-chave com operadores booleanos (AND e OR), além de símbolos como o asterisco (*) e aspas (“ ”). Essa combinação visou otimizar a busca, maximizando a recuperação dos artigos mais relevantes.

A busca e seleção dos artigos foi orientada pelo Protocolo PRISMA, acrônimo de *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses,* apresentado na Figura 2.

Figura 2: Processo de busca e seleção de artigos fundamentado no Protocolo PRISMA



Fonte: Autores

Conforme diretrizes do Protocolo PRISMA apresentadas em Page *et al.* (2021), foi definida, inicialmente, a estratégia de busca, que determinou a quantidade de artigos identificados e, em seguida, aplicaram-se as etapas de filtragem e a análise dos resultados, culminando na definição final da amostra de artigos incluídos para análise.

Cabe destacar que a escolha da categoria de busca influencia diretamente a localização das palavras-chave nos artigos. A categoria “Todos os campos” abrange todas as seções em que as palavras podem aparecer, proporcionando uma busca ampla. A categoria “Tópico” limita a busca a títulos, resumos e palavras-chave dos autores, permitindo um foco mais dirigido em elementos relevantes. Já a categoria “Título” restringe a busca apenas aos títulos das publicações, resultando uma seleção mais específica. Nesta revisão, a análise foi realizada exclusivamente a partir dos seus títulos, permitindo a seleção de estudos cuja relevância para a pesquisa fosse evidente, minimizando a inclusão de artigos tangenciais ao tema principal.

Após a seleção final dos artigos, que resultou em um total de 61 estudos (n = 61), procedeu-se à análise dos seguintes dados:

- Distribuição dos artigos por ano de publicação;
- Tipo de publicação (revista ou congresso);
- Periódicos de publicação;
- Distribuição geográfica dos estudos (por país);
- Categorias temáticas atribuídas;
- Palavras-chave mais frequentes; e
- Identificação de autores que contribuíram para o tema.

Esses dados foram analisados para fornecer uma visão geral sobre o panorama bibliométrico das pesquisas sobre exposição ocupacional ao calor no contexto da CC.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da análise dos 61 artigos selecionados. Os dados são organizados e ilustrados por meio de gráficos e tabelas que permitem a visualização das principais tendências e padrões emergentes nos títulos analisados. A estrutura adotada visa facilitar a compreensão da distribuição das publicações, das fontes e periódicos de divulgação, da abrangência geográfica dos estudos, bem como as categorias temáticas e palavras-chave mais recorrentes.

3.1 DISTRIBUIÇÃO DOS ARTIGOS POR ANO DE PUBLICAÇÃO

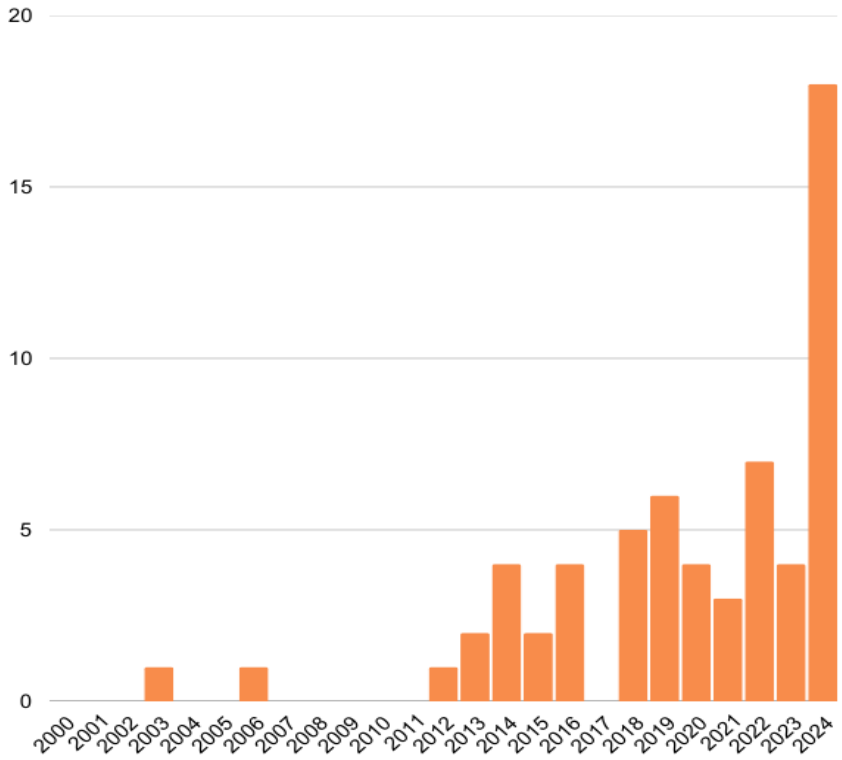
A partir de 2015, houve um aumento gradual da quantidade de publicações, inferindo um fortalecimento do interesse acadêmico e institucional pelo tema. Em particular, o pico de 18 publicações em 2024 indica que o tema ganhou expressividade, possivelmente impulsionado por fatores como as mudanças climáticas globais e seus impactos nas condições de trabalho, além de uma maior conscientização sobre a saúde ocupacional. Esse crescimento sugere que pesquisadores e instituições estão cada vez mais comprometidos em abordar os desafios relacionados ao ambiente de trabalho, em especial o estresse térmico.

Srinavin e Mohamed (2003), a primeira publicação extraída via Protocolo PRISMA, sugere um enfoque mais tradicional, centrado na relação entre as condições térmicas e a produtividade dos trabalhadores. Os autores apresentam um modelo para estimativa da produtividade a partir de três diferentes tipos de atividades, ou taxas metabólicas.

Edirisinghe e Gunathilake (2024), uma das mais recentes publicações extraídas via Protocolo PRISMA, a partir de uma abordagem da gestão em SST com uso da tecnologia da informação – TI, como a *Internet of Things* – IoT, sugere uma integração de soluções digitais para monitorar e gerenciar o estresse térmico, apontando para um avanço na metodologia de pesquisa e nas práticas de gestão em ambientes de trabalho. O diferencial da pesquisa está na associação da temperatura do ambiente, por meio do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG, com a temperatura corporal do trabalhador para o processo de tomada de decisão quanto à prescrição da tarefa (taxa matabólica) e os intervalos e pausas necessárias para manutenção de índices aceitáveis de estresse térmico. Importante destacar que no âmbito nacional, a NR 15 – Atividades e Operações Insalubres estabelece como critério de análise as informações do IBUTG e da taxa metabólico da atividade, apenas.

Os dados apresentados na Figura 3 mostram a distribuição temporal dos artigos, evidenciando uma crescente atenção e interesse ao tema ao longo dos anos.

Figura 3: Distribuição anual da produção científica (n = 61)



Fonte: Autores

Essa mudança de enfoque nas pesquisas citadas, de 2003 e 2024, reflete não apenas a evolução das tecnologias disponíveis, mas também um entendimento mais profundo da necessidade de soluções inovadoras para proteger a saúde dos trabalhadores em um setor que enfrenta desafios contínuos devido às alterações climáticas.

3.2 TIPO DE PUBLICAÇÃO

Importante destacar que as revistas científicas representam o principal tipo de publicação das pesquisas científicas sobre exposição do trabalhador ao calor no contexto da CC; ou seja, é a fonte majoritária para difusão do conhecimento e discusão sobre o tema, representando 82% da amostra (n = 61). Portanto, apenas 18% dos artigos extraídos via Protocolo PRISMA foram apresentados e/ou publicados em anais de conferências, congressos ou seminários.

Esse resultado revela, primeiramente, uma capacidade dessa produção científica sobre o tema atingir um público mais amplo do que aquele restrito ao ciclo de conferências, congressos ou seminários de maior impacto, com anais indexados na plataforma WoS. Esse fenômeno sugere que a pesquisa sobre exposição ocupacional ao calor do trabalhador na CC encontra-se, de certa forma, consolidada enquanto objeto de estudo, refletindo a crescente preocupação com as condições extremas de temperatura, das condições de trabalho e a produtividade de canteiros de obras e frentes de trabalho.

A predominância de artigos em periódicos aponta também para um amadurecimento no campo de estudo, com abordagens mais consolidadas e completas, ainda que com lacunas a serem preenchidas, especialmente no uso da TI no contexto da SST (Chan *et al*., 2012; Han *et al*., 2024; Rowlinson; Jia, 2014).

3.3 PERIÓDICOS DE PUBLICAÇÃO

A Tabela 1 detalha os periódicos com maior quantidade de artigos publicados sobre o tema, a partir da amostra extraída via Protocolo PRIMSA (n = 61).

Tabela 1: Principais periódicos

Periódico	Quantidade (n)	Percentual
ANNALS OF WORK EXPOSURES AND HEALTH	4	6,6%
ENGINEERING CONSTRUCTION AND ARCHITECTURAL MANAGEMENT	3	4,9%
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	3	4,9%
AUTOMATION IN CONSTRUCTION	2	3,3%
BMC PUBLIC HEALTH	2	3,3%
BUILDING AND ENVIRONMENT	2	3,3%
INDUSTRIAL HEALTH	2	3,3%
MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE	2	3,3%
OUTROS	41	67,2%
TOTAL	**61**	**100,0%**

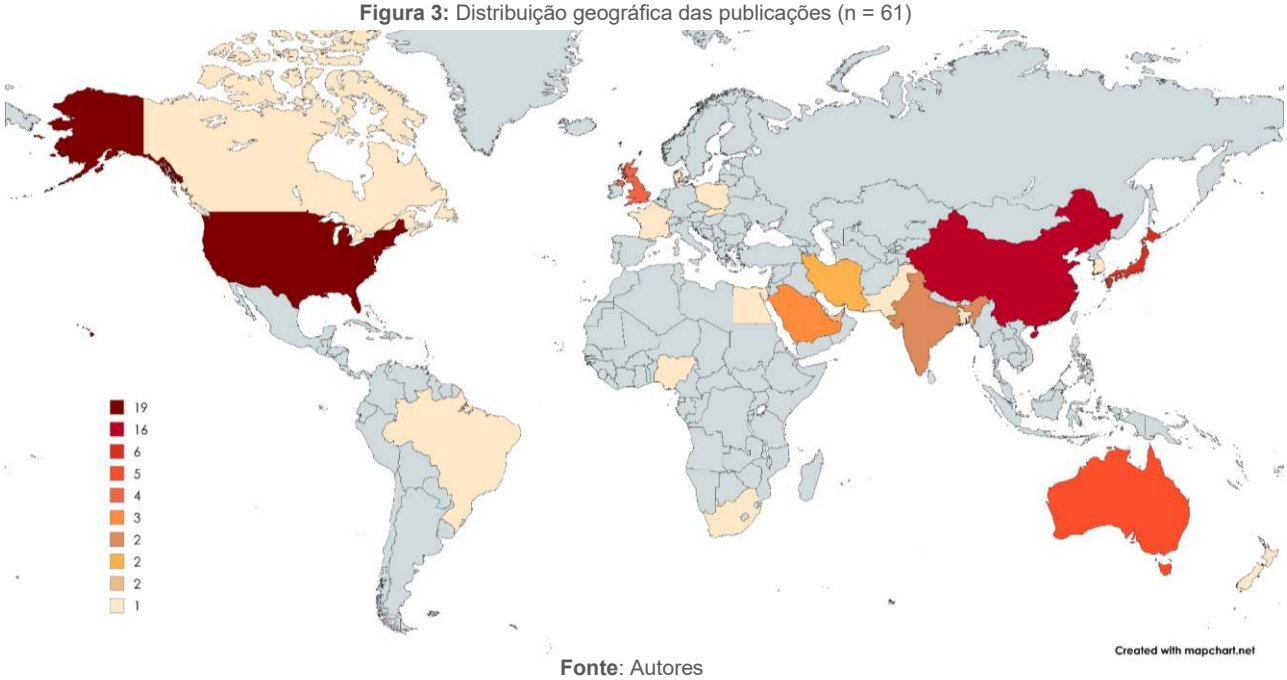
Fonte: Autores

A pouca concentração de publicações em periódicos específicos e a diversidade das abordagens dos periódicos refletem a natureza multidisciplinar do tema, que transita entre áreas como engenharia, arquitetura, saúde ocupacional e ciências ambientais. A elevada quantidade de publicações agrupadas na categoria "OUTROS" (41 artigos) evidencia que a temática é de interesse amplo e está sendo discutida em diferentes frentes científicas.

3.4 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS ESTUDOS

A análise da distribuição geográfica dos artigos, ilustrada na Figura 4, mostra que as publicações relacionadas à exposição ocupacional ao calor na CC são fundamentalmente provenientes dos Estados Unidos (19 artigos) e da China (16 artigos). O Japão (6 artigos) e a Austrália (5 artigos) também se destacam como países em que se encontram vinculados diversos pesquisadores sobre o tema.

Figura 3: Distribuição geográfica das publicações (n = 61)



Fonte: Autores

O maior número de publicações nesses países pode ser explicado pelo fato de serem grandes economias, cuja importância da CC é percebida pela forte atividade do setor e investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento – P&D. Além disso, são países que já enfrentam desafios importantes relacionados às mudanças climáticas e condições extremas de temperatura.

Por outro lado, observou-se um número menor de publicações vindas de países da América Latina e do continente africano. Isso pode estar relacionado a menores investimentos em P&D desses países e uma menor presença de periódicos indexados na WoS dessas regiões, ainda que sejam países que já apresentam impactos econômicos oriundos de mudanças climáticas e condições extremas de temperatura.

3.5 CATEGORIAS TEMÁTICAS ATRIBUÍDAS

A Figura 5 apresenta a categorização temática dos artigos de acordo com a WoS. Observa-se que as categorias Saúde Ocupacional Ambiental Pública (22 artigos) e Engenharia Civil (13 artigos) foram as mais frequentes, evidenciando a dualidade da abordagem entre saúde e engenharia na análise do estresse térmico em trabalhadores da CC.

Figura 5: Categorias temáticas atribuídas na WoS



Fonte: Autores, 2025

A presença significativa de categorias como Engenharia Industrial, Tecnologia da Construção Civil, Ergonomia e Psicologia Aplicada indica a necessidade de uma abordagem multidisciplinar, integrando fatores físicos, organizacionais e humanos na compreensão dos impactos do calor no ambiente de trabalho.

3.6 PALAVRAS-CHAVE

A nuvem de palavras, apresentada na Figura 6, destaca os termos mais recorrentes entre os artigos analisados. O termo "*heat stress*" (estresse térmico) apresenta o maior destaque, seguido por expressões como "*construction workers*" (trabalhadores da construção) e "*construction industry*" (indústria da construção). Observam-se ainda palavras-chave relacionadas às consequências do calor, como "*health challenges*" (desafios de saúde) e "*heat-related illness*" (doenças relacionadas ao calor), além de tópicos emergentes, como "*climate change*" (mudança climática) e "*outdoor workers*" (trabalhadores a céu aberto).

Figura 6: Palavras-chave mais recorrentes utilizadas pelos pesquisadores



Fonte: Autores

As palavras-chave identificadas mostram forte consonância com as estratégias de busca elaboradas nesta revisão sistemática. A ST1 contemplou termos voltados ao setor da construção civil, como *civil construction*, *construction site*, *civil engineer* e *construction worker*, enquanto a ST2 abrangeu expressões relacionadas à exposição ocupacional ao calor, incluindo *thermal stress*, *heat stress*, *heat exposure* e *wet bulb globe temperature*. A alta frequência de termos como *occupational heat stress*, *outdoor workers* e *extreme weather* evidencia a efetividade das estratégias adotadas, assegurando o alinhamento dos artigos selecionados com o foco temático proposto: a exposição ocupacional ao calor em atividades externas no setor da construção civil.

3.7 AUTORES

Os autores mais destacados na análise dos 61 artigos revisados foram Albert P. C. Chan, David H. Wegman e Wen Yi, refletindo sua significativa contribuição na área da saúde ocupacional e segurança no trabalho. Albert P. C. Chan, com oito menções, é amplamente reconhecido por suas pesquisas sobre a gestão de projetos de construção e os impactos do calor em trabalhadores da construção civil. David H. Wegman, com seis aparições, é um especialista em saúde pública e epidemiologia, com foco nos efeitos do calor sobre a saúde dos trabalhadores em diversos setores produtivos. Por sua vez, Wen Yi, mencionada cinco vezes, é uma especialista em ergonomia ocupacional e estresse térmico, desenvolvendo estudos aplicados a condições de alta temperatura e umidade. A frequência com que esses autores aparecem nos artigos analisados destaca a relevância e a influência de suas contribuições nas discussões sobre riscos associados ao calor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões apresentadas neste artigo apresentam aspectos bibliométricos, ou seja, “censitários” sobre as pesquisas com foco na exposição ocupacional ao calor na CC. Tais aspectos bibliométricos, como distribuição dos artigos por ano de publicação, o tipo de publicação (revistas ou congressos), os periódicos em que essas pesquisas foram veiculadas e a distribuição geográfica dos estudos por país são insumos importantes para compreensão de determinado tema ou problema de pesquisa.

A aplicação do Protocolo PRISMA permite uma abordagem sistemática na seleção e análise dos estudos, garantindo a qualidade e relevância das informações coletadas. Essa análise não apenas aponta tendências e lacunas na pesquisa existente sobre o tema, mas também fornece uma base sólida para o desenvolvimento das etapas subsequentes da pesquisa: a análise dos artigos por meio da leitura completa, emergindo temas e categorias de pesquisa para subsidiar a construção do protocolo da etapa de campo, para levantamento e análise de dados extraídos em canteiros de obras a serem definidos.

Este artigo apresenta a primeira etapa de uma pesquisa que busca aprofundar a compreensão do impacto do estresse térmico na produtividade e na saúde desses trabalhadores, facilitando a implementação de intervenções eficazes. O artigo, ao apresentar uma análise bibliométrica de pesquisas extraídas da WoS por meio do Protocolo PRISMA prepara o caminho para investigações futuras que possam propor melhorias das condições de trabalho na CC, especialmente em climas quentes, promovendo a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, sem impactar a produtividade e com cumprimento das legislações existentes no país. Neste sentido, a limitação do artigo consiste na ausência da conclusão do processo de leitura e síntese da amostra coleta de artigos (n = 61), objeto das etapas subsequentes da pesquisa.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da Universidade Federal de Alagoas – Pibic/UFAL pela concessão da bolsa por meio do projeto de pesquisa aprovado.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, P.; BOGGESS, B.; ZHANG, K. Evaluation of heat stress and health among construction workers in a changing climate: a review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 2, p. 247, 2018.

BITENCOURT, D. P. et al. Trabalho a céu aberto: passado, presente e futuro sobre exposição ocupacional ao calor. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 48, p. 1-8, 2023.

CHAN, A. P. C.; et al. Developing a heat stress model for construction workers. **Journal of Faciliteis Management**, v. 10, n. 1, p. 59-74, 2012.

EDIRISINGHE, R. K.; GUNATHILAKE, L. An IoT-based Heat Stress Management System for the Construction Industry. **Engineering Construction and Architectural Management**, v. ahed-of-print, p. 1-22, 2024.

HAN, S.; et al. Heat exposure and productivity loss among construction workers: a meta-analysis. **BMC Public Health**, v. 24, p. 1-14, 2024.

KARTHICK, S.; et al. A review of construction workforce health challenges and strategies in extremeweather conditions. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 29, n. 2, p. 773-784, 2023.

OOHIALDIN, A. S. M.; et al. Construction worker productivity in hot and humid weather conditions: A review of measurement methods at task, crew and project levels. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 27, n. 1, p. 83-108, 2020.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **BJM – British Medical Jornal**, v. 372, n. 71, 2021.

PHANPRASIT, W. et al. Climate warming and occupational heat and hot environment standards in Thailand. **Safety and Health at Work**, v. 12, n. 1, p. 119-126, 2021.

ROWLINSON, S.; JIA, Y. A. Application of the predicted heat strain model in development of localized, threshold-based heat stress management guidelines for the construction industry. **The Annals of Ocupational Hygiene**, v. 58, n. 3, p. 326-339, 2014.

SRINAVIN, K.; MOHAMED, S. Thermal environment and construction workers' productivity: some evidence from Thailand. **Building and Environment**, v. 38, n. 2, p. 339-354, 2003.

WANNER, S. P. et al. Consequences of climate change on human health and performance mitigation strategies in Brazil. **Temperature**, v. 12, n. 2, p. 85-87, 2025.