



**AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS
NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO**

**GLOBAL WARMING, CLIMATE CHANGE, HEAT WAVES AND THEIR IMPACTS ON WORKERS'
LIVES FROM THE PERSPECTIVE OF PREVENTION**

**CALENTAMIENTO GLOBAL, CAMBIO CLIMÁTICO, OLA DE CALOR Y SUS IMPACTOS EN LA
VIDA DE LOS TRABAJADORES DESDE LA PERSPECTIVA DE LA PREVENCIÓN**

Flavio Maldonado Bentes¹

e524775

<https://doi.org/10.47820/recima21.v5i2.4775>

PUBLICADO: 02/2024

RESUMO

O aquecimento global é uma realidade, em decorrência do aumento da temperatura média global nas últimas décadas. Além deste fato, tem-se observado eventos mais recorrentes de ondas de calor, que afetam a rotina da população e causam prejuízos materiais e/ou humanos. É de se esperar que estes fenômenos causem impactos profundos nos trabalhadores expostos, principalmente em regiões mais críticas e onde não exista a devida preocupação com o conforto térmico. Pode-se dizer que estes dois fenômenos são potencialmente nocivos. O artigo busca trazer uma abordagem mais aprofundada na questão de como se prevenir diante de tais cenários. Espera-se que este trabalho possa contribuir para um melhor entendimento do nexo destes fenômenos no que diz respeito ao impacto na vida dos trabalhadores.

PALAVRAS-CHAVE: Aquecimento global. Mudanças climáticas. Ondas de calor.

ABSTRACT

Global warming is a reality, due to the increase in the global average temperature in recent decades. In addition to this fact, more recurrent events of heat waves have been observed, which affect people's routine and cause material and/or human damage. It is expected that these phenomena will cause profound impacts on exposed workers, especially in more critical regions and where there is no due concern for thermal comfort. It can be said that these two phenomena are potentially harmful. The article seeks to provide a more in-depth approach to the question of how to prevent such scenarios. It is hoped that this work can contribute to a better understanding of the nexus of these phenomena with regard to the impact on workers' lives.

KEYWORDS: Global warming. Climate changes. Heat waves.

RESUMEN

El calentamiento global es una realidad, debido al aumento de la temperatura media global en las últimas décadas. Sumado a este hecho, se han observado eventos más recurrentes de olas de calor, que afectan la rutina de la población y causan daños materiales y/o humanos. Se espera que estos fenómenos causen profundos impactos en los trabajadores expuestos, especialmente en regiones más críticas y donde no existe la debida preocupación por el confort térmico. Se puede decir que estos dos fenómenos son potencialmente dañinos. El artículo busca brindar un acercamiento más profundo a la cuestión de cómo prevenir tales escenarios. Se espera que este trabajo pueda contribuir a una mejor comprensión del nexo de estos fenómenos con respecto al impacto en la vida de los trabajadores.

PALABRAS CLAVE: Calentamiento global. Cambios climáticos. Olas de calor.

¹ Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho - Fundacentro.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA
VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

INTRODUÇÃO

O aquecimento global é uma realidade decorrente do aumento da temperatura média global nas últimas décadas. Segundo Pereira *et al.*, (2019), os efeitos nefastos da degradação ambiental gerada pelos seres humanos e, em especial, a intensificação do fenômeno aquecimento global têm preocupado e motivado diversos segmentos da sociedade na busca por mais conhecimento. Além deste, temos efeitos devastadores ocasionados pelas ondas de calor que tem mudado drasticamente a rotina de pessoas em todo mundo. Conforme Mandú *et al.*, (2021), as ondas de calor têm sido mais recorrentes mediante um cenário de aquecimento global. É de se esperar que estes fenômenos causem impactos profundos nos trabalhadores expostos, principalmente em regiões onde são realizadas atividades à céu aberto. Pode-se dizer que estes dois fenômenos são potencialmente nocivos. O artigo busca trazer uma abordagem mais aprofundada na questão de como se prevenir diante de tais cenários. Espera-se que este trabalho possa contribuir para um melhor entendimento do nexos destes fenômenos no que diz respeito ao impacto na vida dos trabalhadores.

Objetivo geral

Este artigo tem como objetivo geral correlacionar estudos sobre o aquecimento global, mudanças climáticas e ondas de calor, tendo em vista potenciais impactos na vida dos trabalhadores, sob a ótica da prevenção. Sabe-se que existe uma carência de trabalhos que estabeleçam nexos entre aquecimento global, ondas de calor e o impacto na vida dos trabalhadores. De uma forma geral, uma onda de calor (OC) ocorre quando são registrados dias consecutivos com temperaturas superiores que o habitual, em região e época definidos (Perkins *et al.*, 2012). O Brasil, por ser um país de dimensões continentais, possui variedade de climas e está exposto a tais eventos climáticos. Nesse contexto Silva *et al.* (2022) entendem que “um dos eventos mais comuns às condições meteorológicas severas, que são observados devido às mudanças climáticas em muitas áreas do planeta, são as chamadas ondas de calor”.

Objetivos específicos

Este trabalho tem por objetivo: compreender as relações entre eventos como o aquecimento global, mudanças climáticas e ondas de calor; discutir o agente físico “calor” e os riscos para os trabalhadores; apresentar medidas preventivas consolidadas por Instituições de peso da área da prevenção, como NIOSH, OMS e FUNDACENTRO.

Justificativa

Os efeitos deletérios do calor no corpo humano são discutidos na literatura por especialistas, principalmente por estudiosos das áreas de engenharia de segurança do trabalho e medicina do trabalho. O calor, como um agente ambiental (físico), advindo da variação de temperatura, traz como consequência efeitos adversos em função do seu não controle (ausência de medidas de controle



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA
VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

eficazes), bem como de tempo de exposição prolongados. Nogueira (2011) compreende que “estão largamente demonstrados os impactos das ondas de calor em termos de mortalidade humana”. Instituições de peso no campo da Saúde do Trabalhador como a FUNDACENTRO e a NIOSH tem se preocupado e produzido material instrutivo e produzido ações de forma a conscientizar a população e profissionais com relação a essa temática. No que diz respeito ao aquecimento global, sabe-se que este representa um fenômeno que inevitavelmente afeta toda a sociedade e gera efeitos extremamente adversos ao meio ambiente. Sendo que as mudanças climáticas são capazes de produzir impactos na saúde humana seja de forma direta, indireta ou mesmo por meio de impactos influenciados por vulnerabilidade socioambiental (Barcellos et al., 2009; Carvalho *et al.*, 2020).

Problemática

O aquecimento global atinge toda a população, direta ou indiretamente, sendo capaz de causar impactos que vão modificar a vida de forma gradativa. Muitos desses efeitos já são sentidos e diversos estudos comprovam a necessidade de medidas serem tomadas de forma a minimizar ou desacelerar o avanço do aquecimento global.

No verão de 2023 (hemisfério norte), diversos países como Canadá, Estados Unidos da América, Inglaterra, dentre outros, têm sido objetos de ondas de calor agressivas e picos de temperaturas estão sendo registrados, com efeitos nocivos diversos como mortes por exaustão, internações, processos de desidratação que causam impactos diretos população e indiretos na economia, frequência e duração de eventos em locais à céu aberto etc. O fenômeno El Niño proporcionou mudanças globais nas temperaturas em 2023, sendo seus efeitos sentidos de forma bem agressiva na América Latina, especificamente no Brasil.

No país, muitos trabalhadores estão expostos ao calor e seus efeitos nocivos durante grande parte de sua jornada laboral. Marto (2005) define as ondas de calor como fenômenos climatéricos esporádicos que incluem períodos de calor intenso, com duração de dias, tendo associação à elevação da morbidade e/ou mortalidade.

Segundo a Nasa (2023), uma onda de calor pode ser entendida como um período de clima anormal e desconfortavelmente quente e geralmente úmido. “Para ser uma onda de calor, esse período deve durar pelo menos um dia, mas convencionalmente dura de vários dias a várias semanas”.

As ondas de calor também representam um perigo às comunidades, o que incluem aqueles que exercem atividades laborais. Dentre os índices de medição de onda de calor, pode-se destacar o índice de duração da onda de calor, classificado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Um grande fato motivador para a elaboração deste artigo se deve ao fato de se observar a necessidade de desenvolver trabalhos neste campo, principalmente após relatos mundiais do efeito deletério do impacto de ondas de calor, espalhadas notadamente na Europa. É digno de nota o grande potencial de exploração do tema.



1 RADIAÇÃO TÉRMICA, ONDAS DE CALOR E AQUECIMENTO GLOBAL

Nosso planeta recebe calor na forma de radiação térmica. Basicamente a fonte originária da radiação térmica recebida é o sol, o qual podemos classificá-lo de fonte radiante natural. Este tipo de energia não precisa de um meio para se propagar, tendo em vista ser uma onda eletromagnética. James Maxwell (1865) constatou a existência das ondas eletromagnéticas, formadas pela composição de um campo elétrico (E) e um campo magnético (B).

Sabe-se que a irradiância monocromática pode ser determinada pela lei de Planck (1900), representada pela equação 1, que estabelece uma relação entre a temperatura de um corpo negro emissor e o comprimento de onda considerado.

$$E_{\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)} \quad (1)$$

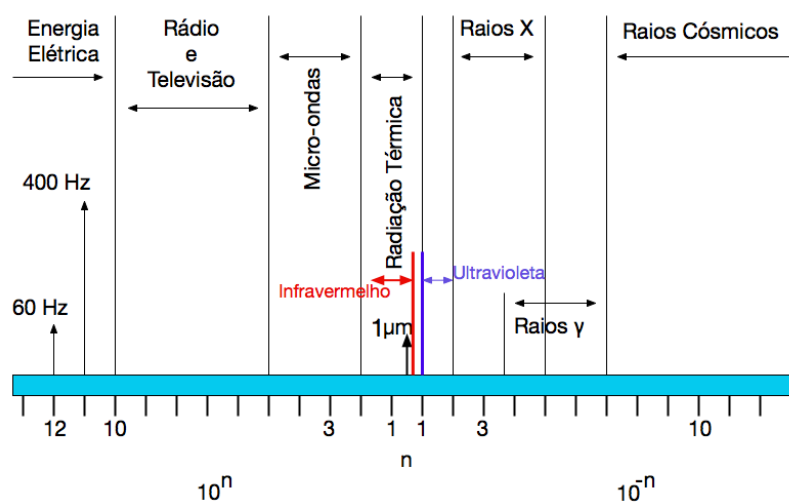
Onde $C_1 = 3,74 \cdot 10^{-16} \text{ Wm}^2$ e $C_2 = 1,44 \cdot 10^{-2} \text{ mK}$.

Entende-se a lei de Wien (1896), também conhecida como lei do deslocamento, que estabelece uma relação entre o valor máximo do comprimento de onda (corpo negro) e a temperatura, conforme a equação 2.

$$\lambda_{\text{máx}} T = b \quad (2)$$

Sabe-se que $b \cong 2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$ é conhecida como constante de dispersão de Wien. Entende-se que a faixa de comprimento de ondas das radiações térmicas ficam compreendidas entre 0,1 e 100 μm do espectro eletromagnético, conforme observado na figura 1.

Figura 1 - Espectro eletromagnético.



Fonte: Lima (2023), adaptado



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

A energia recebida na forma de radiação térmica solar é vital para vida em nosso planeta e amplamente estudada e compreendida em termos de seus efeitos nas relações com o meio ambiente e ecossistemas terrestres. Entretanto, têm-se constatado que a temperatura global tem aumentado significativamente. Dentro da teoria clássica, considerando radiação de cavidade, tem-se o cálculo de Rayleigh-Jeans (1905), para densidade de energia calculada por unidade de volume, conforme a equação 3.

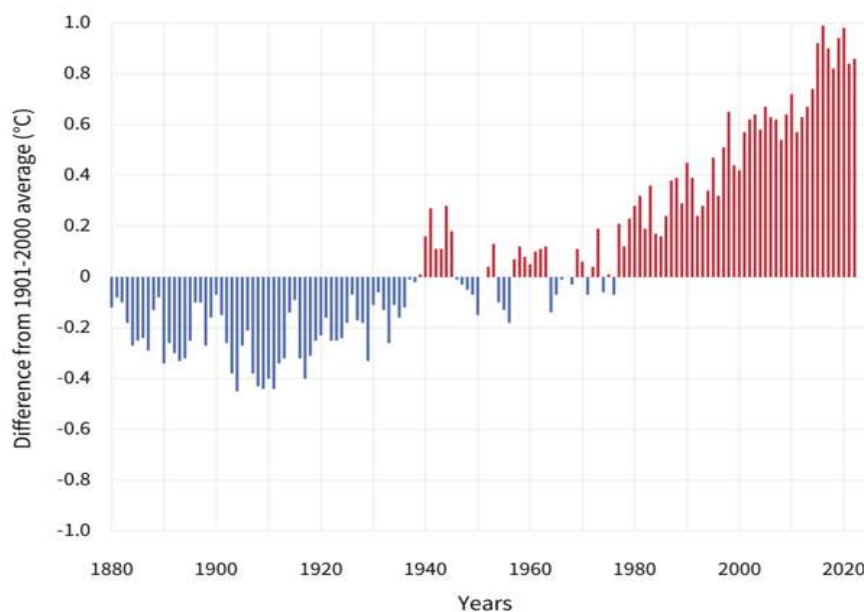
$$\rho_T(v) = \frac{8\pi v^2}{c^3} kT \quad (3)$$

A equação 3 pode ser reescrita em termos da radiância, conforme denotado por meio da equação 4:

$$R_T(v) = \frac{2\pi v^2}{c^2} kT \quad (4)$$

Segundo Miller (2021) “é provável que as alterações climáticas afetem as economias não somente através do aquecimento, mas através de um aumento de eventos extremos prolongados, como ondas de calor”. Aspectos relacionados ao aumento da temperatura tem sido cada vez mais estudados e diante de diferentes cenários críticos encontrados na atualidade, o tema passou a ser tratado com maior relevância. Na figura 2 observa-se a temperatura média da superfície (1880 a 2020) em comparação com a média do século 20.

Figura 2 - Temperatura da superfície média global



Fonte: NOAA (2023), adaptado



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

Conforme pode ser observado, as barras azuis indicam anos mais frios e as barras vermelhas mostram anos mais quentes em relação à média.

Diferentes estudos realizados tentam estabelecer uma relação exposição-resposta, no que diz respeito ao risco relacionado à temperatura e mortalidade (Gasparrini *et al.*, 2015; Kingsley *et al.*, 2016., Carvalho *et al.*, 2020). A Organização Meteorológica Mundial, tendo por referência *Heat Wave Duration Index* (HWDI), que traduzido significa Índice de Duração da Onda de Calor, considera ondas de calor períodos com prevalência de calor excessivo iguais ou superiores a seis dias seguidos, mais especificamente a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário no período de referência (WCDMP-No.47, WMO-TD No. 1071).

Conforme Silva *et al.*, (2022) “desde a revolução industrial, a adoção de combustíveis fósseis e seus derivados, bem como seus usos no desenvolvimento, tem liberado de forma contínua e acentuada, cada vez mais, gases de efeito estufa na atmosfera”. Dentro desse entendimento observa-se uma maior emissão tanto de monóxido de carbono (CO) quanto dióxido de carbono (CO₂), que estão diretamente relacionados aos efeitos deletérios do aquecimento global.

Pela definição do *Physical Sciences Laboratory* (2023), pertencente ao NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*)“ o HWDI é definido como o período máximo em cada ano de pelo menos 5 dias consecutivos em que a temperatura máxima é pelo menos 5 °C mais quente que a climatologia diária do período 1961-1990; para as simulações do século XX, isso inclui todos os anos: 1900-1999”

As ondas de calor, assim como o aquecimento global e o efeito estufa são mecanismos de mudanças climáticas que trazem consequências nocivas tanto ao meio ambiente como para os que dele dependem. Para Moreira *et al.*, (2022) “O aumento da temperatura atmosférica e o nível oceânico de forma não natural começam a acarretar outras mudanças que prejudicam a vida sadia do homem no ambiente e mudanças radicais na biodiversidade”. Dessa forma pode-se entender uma relação de causa e efeito consequente, com agravos ao meio ambiente.

Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC (2021), em Glossário, no Anexo VII define uma onda de calor como “um período de tempo anormalmente quente, muitas vezes definido com referência a um limiar de temperatura relativo, com duração de 2 dias a meses”.

A Organização Mundial da Saúde (2019) estabeleceu algumas orientações de como se manter seguro durante um evento de onda de calor. Ou seja, durante um evento de onda de calor, podem ser tomadas as seguintes decisões:

- Ir para o cômodo mais fresco da casa, especialmente à noite;
- Se não for possível manter sua casa fresca, passe 2 a 3 horas do dia em um local fresco. Exemplo: local com ar-condicionado;
- Evite sair durante a hora mais quente do dia;
- Evite atividades físicas extenuantes, se puder. Se precisar fazer atividades desse tipo, faça-o durante a parte mais fresca do dia, geralmente pela manhã entre 4h e 7h;



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

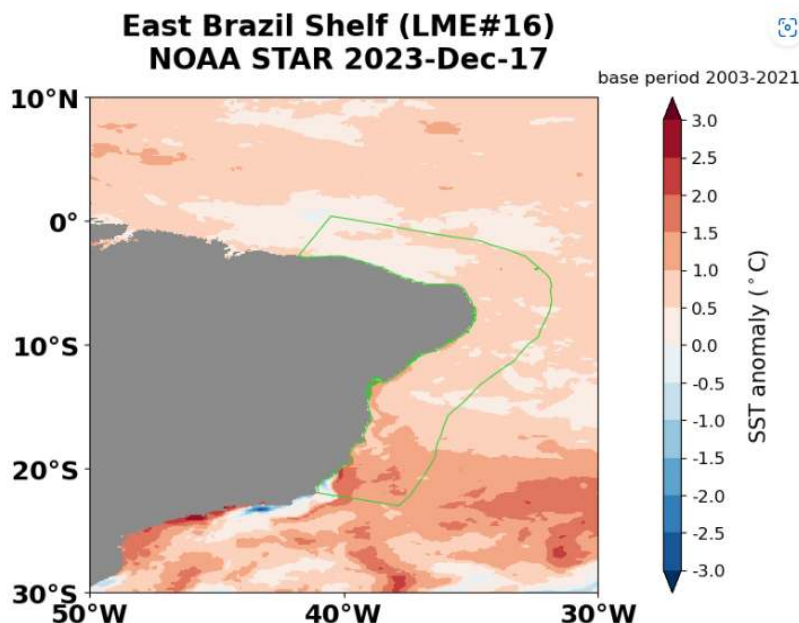
- Fique na sombra;
- Não deixe crianças ou animais em veículos estacionados.

Em períodos de intenso calor, se faz necessário que medidas paliativas sejam tomadas, no intuito de prevenir que algo maior possa ocorrer ao organismo. Algumas medidas podem até parecer ser simplistas ou mesmo básicas, principalmente para quem já passou por situações críticas de exposição ao calor, entretanto, cada organismo pode reagir de uma forma e eventos consecutivos podem ter seus efeitos potencializados.

1.1 Simulações de ondas de calor marinha no Brasil

As anomalias marítimas encontradas representam distorções na temperatura marítima em relação aos valores usuais. A simulação, apresentada na figura 3, leva em consideração a temperatura da superfície da água, com regiões de anomalia, tendo como base os períodos de 2003 a 2021, dando ênfase na região Nordeste do Brasil.

Figura 3 - Anomalias marítimas no Brasil - ênfase região Nordeste

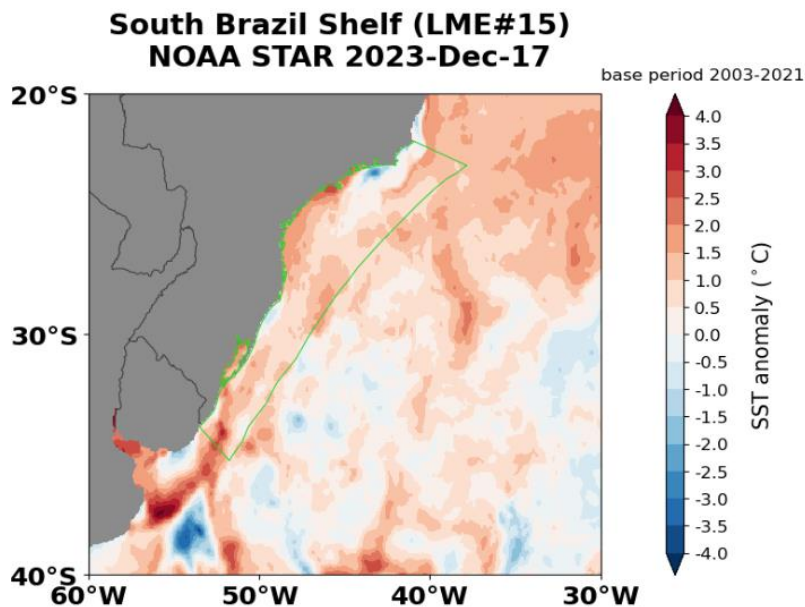


Fonte: NOAA (2023)

A simulação, apresentada na figura 4, leva em consideração a temperatura da superfície da água, com regiões de anomalia, tendo como base os períodos de 2003 a 2021, dando ênfase na região Sul do Brasil.



Figura 4 - Anomalias marítimas no Brasil - ênfase região Sul



1.2 Mudanças climáticas e interface com o ambiente de trabalho

As mudanças climáticas trazem consequências adversas para todo o planeta e são percebidas mais recentemente com os impactos de diversos eventos climáticos, dentre eles o El Niño. Estudos tem demonstrado que as alterações no clima têm resultado em impactos no desenvolvimento econômico e social em países latino-americanos (Bento *et al.*, 2024; Hallegatte *et al.*, 2015)

Não há dúvida sobre o efeito da temperatura e o nexos com as mudanças climáticas. Nesse contexto, Bento *et al.*, (2024) entendem que, no que diz respeito às mudanças climáticas, existe a “suposição de que a temperatura é a chave do impacto climático nas atividades econômicas”.

As variáveis climáticas podem ser influenciadas por fatores advindos de influência humana, principalmente em decorrência de exploração indevida de recursos naturais e poluição (solo, atmosférica ou marítima). Carvalho Junior *et al.*, (2023) entendem que “o oceano é peça chave para o clima e para a educação climática.”

2 MÉTODO

Por meio não somente deste trabalho, mas através de diversos estudos já realizados, pode-se entender que o aquecimento global é uma realidade, em decorrência do aumento da temperatura média global nas últimas décadas. Segundo Pereira *et al.*, (2019), os efeitos nefastos da degradação ambiental gerada pelos seres humanos e, em especial, a intensificação do fenômeno



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA
VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

aquecimento global têm preocupado e motivado diversos segmentos da sociedade na busca por mais conhecimento.

Em um primeiro momento, fez-se uma busca na literatura sobre as questões do aquecimento global, sua relevância em termos de efeitos no mundo do trabalho. Dentro dessa mesma linha, buscou-se entender os aspectos relacionados às mudanças climáticas e ondas de calor. Posteriormente foram discutidos aspectos referentes às alterações climáticas, mudanças da temperatura anual da superfície (1880 a 2020) e foram realizadas simulações feitas na plataforma da *National Oceanic and Atmospheric Administration*, que evidenciam mudanças climáticas consideráveis e anomalias para o período de 2003 a 2021, levando-se em consideração as águas marítimas do litoral brasileiro.

Seguidamente, buscou-se interrelacionar essas questões, ao que pode ser entendido e feito em termos de prevenção nos ambientes de trabalho. Como discutido, a exposição ao calor pode ser minimizada, com conseqüente redução dos efeitos prejudiciais à saúde dos trabalhadores. Nesse contexto, Bentes *et al.*, (2018) destacam que a prevenção se relaciona à compreensão de diferentes riscos no ambiente de trabalho. Mitigar ou atenuar esses riscos, quer na fonte ou trajetória, colabora de forma a reduzir seus impactos em termos de nocividade laboral durante a jornada de trabalho.

Por fim, foram apresentadas medidas preventivas já consolidadas por Instituições de peso da área da prevenção, como NIOSH, OMS e FUNDACENTRO, além de diferentes autores e estudiosos no tema.

3 O CALOR E OS RISCOS PARA OS TRABALHADORES

Dentre os agentes ambientais, o calor é sem dúvida um grande agente nocivo e complicador e responsável em ocasionar problemas ao organismo em condições mais severas ou tempo de exposição prolongados. No que diz respeito às ondas de calor, pode-se considerar como potencializadoras do efeito, uma vez que em períodos próximos ao verão ou durante este são propícios à ocorrência de Ondas de Calor Abruptas (OCA).

Nos processos industriais como, por exemplo, siderurgia, fundições, metalurgia, setor de injeção de plásticos, petroquímico, dentre outros, a utilização de fontes artificiais de calor são cada vez mais necessárias. Ferreira *et al.*, (2023) destacam ser “importante abordar o impacto do aquecimento global nos processos produtivos” contextualizado devido à existência de fontes artificiais. Ou seja, pode-se inferir que na presença de fontes artificiais, o processo de exposição ao calor tende a ser mais agravado. Não obstante condições térmicas severas podem gradativamente afetar negativamente à saúde humana, sobretudo quando se tem um elevando tempo de exposição ao agente físico calor. Em estudo recente Silva *et al.*, 2022 entendem ser “fundamental se compreender as condições térmicas das atmosferas de níveis locais à globais em vista da saúde humana e ambiental”.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA
VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

O calor advindo de temperaturas elevadas é responsável por uma série de reações do corpo humano, aumentando a probabilidade de efeitos adversos imediatos e de longo prazo, a depender do tempo de exposição, atividade desenvolvida, metabolismo, vestimenta, exposição direta (céu aberto) ou não, bem como a coexistência de outras fontes artificiais. Ebi *et al.* (2021) entendem que “ambientes quentes e o estresse térmico associado podem aumentar a mortalidade e a morbidade, bem como aumentar os efeitos adversos durante gravidez e afetam negativamente a saúde mental.

Um ambiente ergonomicamente adequado deve estar em temperaturas na faixa de 18°C e 24°C. O desconforto térmico é nocivo e traz consequências extremamente adversas. No entendimento de Mandú *et al.*, (2021) “as temperaturas extremas resultam no desconforto térmico humano por calor, o que pode causar e potencializar comorbidades e levar ao óbito em casos extremos”.

O desconforto térmico pode ser potencializado por fatores como o ambiente permanência (com ou sem exposição solar direta), tipo de construção, existência ou não de fontes artificiais de calor, a atividade que está sendo realizada, tempo de exposição a temperaturas elevadas, vestimenta, dentre outros.

Diferentes autores estudaram os impactos negativos dos eventos advindos das ondas de calor, que por sua vez estão relacionados às mortes de milhares de pessoas a exemplificar as ondas de calor na Rússia em 2010, em 2003 e 2022 na Europa (De Bono *et al.*, 2004; Fronza, 2020; Revich, 2011; Mcevoy *et al.*, 2012)

É importante que se tenha um entendimento de que a exposição ao calor pode ser minimizada, com consequente redução dos efeitos prejudiciais à saúde dos trabalhadores. Bentes *et al.*, (2018) entendem que a prevenção se relaciona diretamente a ideia da existência de diferentes riscos no ambiente de trabalho. O agente ambiental calor é considerado como um agente físico e, no contexto da ciência da prevenção, com uma análise sob aspectos da engenharia de segurança do trabalho, pode ser avaliado por uma métrica específica. A métrica para a avaliação deste agente ambiental é o IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Temperatura de Globo), índice no qual são levados em consideração aspectos associados ao tipo de exposição e limites de tolerância, conforme estabelecido e preconizado no Anexo III, da Norma Regulamentadora 15.

Barcellos *et al.*, (2009) entendem que as mudanças climáticas são capazes de produzir impactos sobre a saúde de diferentes meios. Nesse mesmo contexto, Ely e Kogima (2018) destacam que “as ondas de calor constituem sequências de dias com temperaturas extremas”. Sendo assim, há um entendimento de que as ondas de calor produzem impactos na sociedade no que diz respeito aos aspectos econômicos, por existir cultivos sensíveis ao calor extremo e à saúde. Já no entendimento de Barriopedro *et al.*, (2023) as “ondas de calor são frequentemente definidas como períodos prolongados de clima anormalmente quente em relação às condições esperadas em um determinado momento e local.”



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

A nocividade de uma onda de calor está intimamente relacionada ao elevado grau de desconforto térmico e condições extremas de temperatura na qual um indivíduo ou grupo exposto. Dentre os diversos efeitos nocivos do calor à saúde pode-se destacar os golpes de calor, doenças cardiovasculares, síncope, doenças respiratórias, desidratação, desmaios, dentre outras.

Tripti Maurya *et al.* (2015) entendem que o estresse térmico pode ser definido como o estado de um corpo onde ele é incapaz de dissipar o calor extra do corpo para o ambiente. Em complemento a norma ISSO 7243 (2017) define que o estresse térmico é quando “uma pessoa exposta a um ambiente quente está sujeita a estresse térmico, em particular, dependente da produção de calor dentro do corpo como resultado da atividade física e das características do ambiente que regem a transferência de calor entre a atmosfera e corpo”.

No entendimento da NIOSH (2023), pode-se dizer que a mortalidade relacionada ao calor, notadamente golpe de calor ou hipertermia, ocorre quando a temperatura do corpo sobe acima de 40°C, equivalente à 104°F. Sendo esta notadamente a situação mais crítica, onde o corpo não consegue controlar mais a temperatura. Caso não haja um tratamento imediato (emergencial), pode ocorrer incapacidade permanente ou mesmo morte.

Para a OMS (2019), “se você se sentir tonto, fraco, ansioso ou tiver sede intensa e dor de cabeça durante uma onda de calor, é melhor ir para um local fresco o mais rápido possível e medir sua temperatura corporal. Beba um pouco de água ou suco de frutas para reidratar”. É importante que o trabalhador possa ter um treinamento para saber agir diante de um evento de Onda de Calor, uma vez saber tomar a decisão certa pode salvar a sua vida, principalmente em situações posteriores ao evento de OC, com eventual manifestação de sintomas.

No entendimento da NIOSH (2023), os sintomas de golpe de calor são:

- Confusão, estado mental alterado, fala arrastada;
- Perda de consciência (coma);
- Pele quente e seca ou sudorese profusa;
- Convulsões;
- Temperatura corporal muito alta;
- Fatal se o tratamento for atrasado.

4 CONSIDERAÇÕES

Observou-se que existe umnexo entre ondas de calor, aquecimento global e consequente mecanismo de danos à saúde dos que estão em sua atividade laboral e são continuamente expostos ao calor. Pode-se dizer que as ondas de calor potencializam condições críticas de exposição ao calor para os trabalhadores, seja de forma direta e/ou indireta.

Muito precisa ser feito, caso contrário, os cenários pós-eventos de ondas de calor serão igualmente catastróficos ou mesmos piores. Após análise em sua obra sobre os impactos de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

temperaturas elevadas e seus riscos para a saúde, Ebi *et al.* (2021): “Espera que a morbidade e a mortalidade relacionadas ao calor aumentem à medida que as mudanças climáticas continuem”

Recentes ondas de calor têm causado muitas vítimas na América do Norte, Europa e Ásia. Os impactos desses eventos são de relevância, havendo necessidade de uma melhor organização por parte das autoridades e sociedade civil para atuar de forma a se antecipar, principalmente devido a recorrência.

A contínua exposição ao calor trás malefícios que são agravados em função do tempo de exposição, atividade realizada, vestimenta e local de trabalho, que pode ser diretamente exposta ao sol (céu aberto) ou em local fechado.

Dentro de locais fechados, a exposição ao calor pode ser agravada pela existência de fontes artificiais de calor, como por exemplo fornos, máquinas e equipamentos que produzem calor, dentre outras fontes geradoras de calor que elevam a temperatura local.

Observou-se que diferentes formas de exposição são prejudiciais. O processo combinado do efeito do aquecimento global com a utilização de fontes artificiais de calor tende a tornar mais severa a exposição ao agente físico calor, potencializando a nocividade à saúde humana. Nesse contexto, com o agravamento dos efeitos advindos do aquecimento global, conclui-se que estes fatores contribuem para um cenário mais crítico aos que estão expostos ao calor durante sua jornada de trabalho, principalmente quando não há medidas de controle eficazes.

Como constatação real dos fenômenos sucessivos de ondas de calor, tem-se o exemplo dos eventos que atingiram diversos países como Canadá, Estados Unidos da América, Inglaterra, dentre outros do hemisfério norte, no verão de 2023, nos quais ondas de calor agressivas e picos de temperaturas têm trazido efeitos nocivos diversos como mortes por exaustão, internações, processos de desidratação que causam impactos diretos à população e indiretos na economia. Eventos climáticos, como o El Niño, contribuíram significativamente para a formação de ondas de calor ao longo de 2023. Na América do Sul, o Brasil foi fortemente afetado em 2023 por diversas ondas de calor que foram potencializadas por este fenômeno.

Outro aspecto crítico diz respeito às grandes cidades que cresceram desordenadamente e sem um planejamento arquitetônico, formando ilhas de calor. Conforme Anelli (2020) “ao mesmo tempo promotora do aquecimento e vítima dos seus efeitos, as cidades precisam mudar para sobreviver”.

Mecanismos de prevenção podem ser adotados com objetivo de minimizar impactos e agravantes em situações como a de prevalência de ondas de calor e essa conduta pode ser disseminada dentro das empresas como incentivo à adoção de boas práticas de prevenção à saúde do trabalhador.

Nos eventos de ondas de calor se faz necessária uma atuação preventiva eficiente, de forma a atender de forma antecipada e mitigar e/ou reduzir os efeitos nocivos frente à população. Sistemas de alerta e meios adequados de difusão de informações climáticas são essenciais, nesse contexto.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

REFERÊNCIAS

ANELLI, R. L. S. As cidades e o aquecimento global: desafios para o planejamento urbano, as engenharias e as ciências sociais e básicas. Publicação organizada pelo Programa de Mestrado Profissional Stricto Sensu em Engenharia Civil da Universidade São Judas. **Journal of Urban Technology and Sustainability**, v. 3, p. 4-17, 2020. DOI: <https://doi.org/10.47842/juts.v3i1.17ISSN:2675-780X>.

BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACOM, S.; RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p.285-304, 2009.

BARRIOPEDRO, D.; GARCÍA-HERRERA, R.; ORDÓÑEZ, C.; MIRALLES, D. G.; SALCEDO-SANZ, S. Heat waves: Physical understanding and scientific challenges. **Reviews of Geophysics**, e2022RG000780, 2023.

BENTES, F. M. *et al.* A prevenção como estratégia nos ambientes de trabalho. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula (TEC-USU)**, Rio de Janeiro, v. 1, n 1, p 142-150, 2018. ISSN: 2596-1284.

BENTO, J. A. do N.; ARAUJO, J. A. de; TABOSA, F. J. S., JUSTO, W. R. Impacto das mudanças climáticas sobre o nível de renda na América Latina. **Revista De Economia E Sociologia Rural**, v. 62, n. 2, p. e268031, 2024. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.268031>.

BRASIL. **Norma Regulamentadora 17 sobre Ergonomia**. Última versão, de acordo com a portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022.

CARVALHO JUNIOR, O. de O.; BIROLO, A. B. A mudança climática e os desafios na educação oceânica. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 05, p. 15099–15115, 2023. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n5-043>.

CARVALHO, B. M. *et al.* Doenças transmitidas por vetores no Brasil: mudanças climáticas e cenários futuros de aquecimento global. Vector-borne diseases in Brazil: climate change and future warming scenarios. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 11, n.3, p. 383-404, dez/2020

CDC/NIOSH. **CDC 24/7: Saving Lives, Protecting People**. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Workplace Safety and Health Topics/Heat Stress. Available on: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/heatrelillness.html>.

DE BONO, A.; PEDUZZI, P.; KLUSER, S.; GIULIANI, G. Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe. **United Nations Environment Programme, Environment Alert Bulletin**, v. 2, 2004.

EBI, K. L.; CAPON, A.; BERRY, P.; BRODERICK, C.; DE DEAR, R. *et al.* Hot weather and heat extremes: Health risks. **The Lancet**, v. 398, n. 10301, p. 698-708, 2021. doi [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01208-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01208-3)

ELY, Deise Fabiana; KOGIMA, Karitha Campos. Índices térmicos para a identificação de ondas de calor aplicados ao estado do Paraná, Brasil. **GEO-UERJ**, Rio de Janeiro, 2018. E-ISSN 1981-9021.

FERREIRA, A. C.; DURANTE, L. C.; CALLEJAS, I. J. A.; GUARDA, E. L. A. D. Revisão sistemática e patentária sobre geotermia aplicada a sistemas de resfriamento de edificações, em clima tropical. **ES Engineering and Science**, v. 12, n. 2, p. 1–15, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.18607/ES20231216064>.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

FRONZA, Eduardo Erpen. Caracterizando ondas de calor no centro-sul do Brasil, de 1980 a 2019. 2020 Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

GASPARRINI, A. *et al.* Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. **The Lancet**, v. 386, n. 9, p. 369–375, 25 jul. 2015.

HALLEGATTE, S.; BANGALORE, M.; BONZANIGO, L.; FAY, M.; KANE, T.; NARLOCH, U.; VOGT-SCHILB, A. **Shock waves**: managing the impacts of climate change on poverty. [S. l.: s. n.], 2015.

ISO. **ISO 7243 - Ergonomics of the thermal environment - Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index**. [S. l.: s. n.], 2017.

KINGSLEY, S. L. *et al.* Current and Projected Heat-Related Morbidity and Mortality in Rhode Island. **Environmental Health Perspectives**, v. 124, n. 4, p. 460–467, 1 abr. 2016.

LIMA, Antonio Guilherme Garcia. **Radiação Térmica**. Rio de Janeiro: Blog/UERJ, 2023. (Artigo educativo sobre materiais elétricos e magnéticos, propriedades-térmicas e radiação-térmica)

MANDÚ, Tiago Bentes; NASCIMENTO, Ana Lúcia da Silva; JACONDINO, William Duarte; GOMES, Ana Carla dos Santos. Impacto das Ondas de Calor no Conforto Térmico Humano na Região da Floresta Nacional do Tapajós, Oeste do Pará. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Biodiversidade Brasileira**, v. 11, n. 4, p. 98-108, 2021. DOI: 10.37002/biobrasil.v11i4.1775

MARTO, Natália. Ondas de Calor: Impacto sobre a saúde. **Acta Med Port.**, v. 18, p. 467-474, 2005.

MCEVOY, D.; AHMED, I.; MULLETT, J. The impact of the 2009 heat wave on Melbourne's critical infrastructure. **Local Environment**, v. 17, n. 8, p. 783-796, 2012.

MILLER, Steve; CHUA, Chua; COGGINS, Jay; MOHTADI, Hamid. Heat Waves, Climate Change, and Economic Output. **Journal of the European Economic Association**, v. 19, Issue 5, p. 2658–2694, October 2021. <https://doi.org/10.1093/jeea/jvab009>

MOREIRA, A. T. R.; SANTOS, E. C.; NOBREGA, G. T.; CARVALHO, S. R. B. O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global. **Revista Educação em Foco**, Edição n. 14, 2022.

NASA. Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço. **Heat Wave**, 2023. Disponível em: <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/atmosphere/weather-events/heat-wave>. Último acesso em: 10 de abril de 2023.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Available on: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>. Accessed on March 14th, 2023.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. Physical Sciences Laboratory. "Image provided by the NOAA. **Physical Sciences Laboratory**, Boulder, 2023. Colorado from the website at <https://psl.noaa.gov/>. Accessed on March 14th, 2023.

REVICH, B. A. Heatwave, air quality and mortality in European Russia in summer 2010: preliminary assessment. **Ekologiya Cheloveka**, n. 7, p. 3-9, 2011.

SILVA, N. de S.; ALVES, J. M. B.; SILVA, E. M. da; SOUSA, G. M. de. Ocorrência de Ondas de Calor com Dados de Reanálises em áreas do Nordeste, Amazônia e Centro-Sudeste do Brasil. **Revista**



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

AQUECIMENTO GLOBAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ONDAS DE CALOR E SEUS IMPACTOS NA
VIDA DOS TRABALHADORES SOB A ÓTICA DA PREVENÇÃO
Flavio Maldonado Bentes

Brasileira De Meteorologia, v. 37, n. 4, p. 441–451, 2022. <https://doi.org/10.1590/0102-77863740067>.

TRIPTI, Maurya et al. **Procedia Earth and Planetary Science**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 491-498.

WCDMP. **47**: Report on the activities of the working group on climate change detection and related rapporteurs Peterson Thomas. [S. l.]: World Meteorological Organization (WMO) - WMO, 2001.

WIEN, W. Ann. **Phys.**, v. 58, n. 3, p. 662, 1896.