UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LEONARDO EVARISTO BRANDÃO

GESTÃO EM SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DE ATIVIDADES A CÉU ABERTO COM EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR

MACEIÓ - AL
2025

LEONARDO EVARISTO BRANDÃO

GESTÃO EM SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DE ATIVIDADES A CÉU ABERTO COM EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL, Campus A.C. Simões, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Adriana de Oliveira Santos Weber

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Adalberto Philippsen Jr.

Maceió - AL
2025

Catalogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

B817g Brandão, Leonardo Evaristo.
Gestão em segurança e saúde do trabalho na construção civil : análise de atividades a céu aberto com exposição ocupacional ao calor / Leonardo Evaristo Brandão. – 2025.
86 f. : il. color.

Orientadora: Adriana de Oliveira Santos Weber.
Coorientador: Luiz Adalberto Philippsen Jr.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2025.

Bibliografia: f. 70-74.
Apêndices: f. 75-82.
Anexos: f. 83-86.

1. Indústria de construção civil. 2. Canteiro de obras. 3. Calor ocupacional. I. Título.

CDU: 624 : 331.461

Folha de Aprovação

LEONARDO EVARISTO BRANDÃO

Gestão em segurança e saúde do trabalho na construção civil: análise de atividades a céu aberto com exposição ocupacional ao calor

Trabalho de conclusão de curso julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – CTEC/UFAL.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br
ADRIANA DE OLIVEIRA SANTOS WEBER
Data: 08/06/2025 07:56:00-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Adriana de Oliveira Santos Weber
(Universidade Federal de Alagoas)

Documento assinado digitalmente
gov.br
LUIZ ADALBERTO PHILIPPSEN JUNIOR
Data: 03/06/2025 14:29:07-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Adalberto Philippsen Jr.
(Universidade Federal de Alagoas)

Documento assinado digitalmente
gov.br
KAROLINE ALVES DE MELO MORAES
Data: 03/06/2025 16:54:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Examinadora: Prof.ª Dr.ª Karoline Alves de Melo Moraes
(Universidade Federal de Alagoas)

ROBERTO BARBOSA DOS SANTOS:02324746484

Assinado digitalmente por ROBERTO BARBOSA DOS SANTOS:02324746484
ND: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=presencial, OU=00489828000317, OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=ARMPDG, OU=RFB e-CPF A3, CN=ROBERTO BARBOSA DOS SANTOS:02324746484
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização:
Data: 2025.06.03 11:20:46-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 2025.1.0

Examinador: Prof. Dr. Roberto Barbosa dos Santos
(Universidade Federal de Alagoas)

Dedico

Aos meus pais, eles que sempre estiveram comigo em todos os desafios da minha vida, sempre me apoiaram durante toda trajetória desta graduação e me proporcionaram o melhor material de estudo possível para que eu pudesse dar o melhor de mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter chegado até aqui e concluir o curso nos 10 períodos de graduação. Foram inúmeros desafios durante esta trajetória, mas uma certeza que eu tenho, é que Deus sempre estará comigo, em todos os momentos de minha vida, sejam eles bons ou ruins.

Agradeço infinitamente aos meus pais, Eutímio e Laura, os quais sempre me apoiaram, me proporcionaram um lar cheio de virtudes positivas e me educaram com todo o amor do mundo. Tudo que sou hoje é reflexo daquilo que eles me ensinaram, espero um dia retribuir tudo o que eles me proporcionaram.

Ao meu irmão e melhor amigo, Rafael, que sempre esteve ao meu lado e nunca me deixou desistir dos desafios, lembrando-me do quanto sou capaz e estando sempre disponível para me aconselhar.

Aos meus avós, Edna, Euridea, Simone e Brandão, que sempre estiveram orando e torcendo por mim durante toda minha graduação.

À minha amada família Saraiva, Paes e Brandão, que são minha base e ponto de apoio nos momentos mais turbulentos.

À minha namorada, Joana, que chegou na minha vida quando eu estava no 7º período e acompanhou diariamente todas as minhas angústias, vitórias, derrotas e nunca me deixou cair. Mesmo não cursando engenharia, ela foi minha companheira de estudo durante muitas maratonas de estudo para as provas de concreto, estaremos sempre ao lado um do outro para o que der e vier.

Aos meus amigos e colegas de graduação, os quais estiveram presentes diariamente em minha rotina e deixaram todo o percurso da graduação mais leve, vocês terão minha eterna gratidão por todos os desafios que vencemos juntos.

Aos meus orientadores, Adriana e Luiz Philippsen, o apoio de vocês nesse trabalho foi imprescindível para o êxito do mesmo.

À banca examinadora deste trabalho, Karoline e Roberto, por terem aceitado o convite e serem professores que eu admiro bastante.

Aos funcionários e diretores da empresa que participaram deste estudo. Suas colaborações enriqueceram minha experiência profissional e acrescentaram valor a este trabalho.

Aos professores que me lecionaram disciplinas nestes 5 anos de graduação, meu muito obrigado por me fazerem sair da minha zona de conforto e eu buscar ser minha melhor versão durante a jornada universitária.

À todos que, mesmo que não sendo citados, de alguma forma puderam contribuir para a minha graduação.

RESUMO

A Indústria da Construção Civil - ICC é caracterizada como um dos setores econômicos mais essenciais e influentes no cenário mundial, desempenhando um papel estratégico na economia global ao contribuir expressivamente para o Produto Interno Bruto - PIB dos países. A Construção Civil - CC é também um dos principais responsáveis pela criação de empregos, tanto diretos quanto indiretos, o que fomenta o desenvolvimento socioeconômico em áreas urbanas e rurais. Apesar da sua grande importância para o cenário mundial, a construção civil ainda convive com elevados índices de mortes, acidentes, incidentes, condições perigosas e não conformidades, que impactam, inclusive, na produtividade de seus trabalhadores. Além disso, o canteiro de obras, como unidade de produção, é dependente das condições climáticas e ambientais. Nesse sentido, sendo a região Nordeste do Brasil caracterizada como quente, devido às altas temperaturas ao longo de todo o ano e à maior incidência de raios solares, o presente estudo apresenta uma análise do trabalho a céu aberto, com exposição ao calor, de trabalhadores da CC. Para isso, foram utilizados os parâmetros definidos na literatura para uso do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo - IBUTG e análise das atividades desempenhadas no canteiro de obras, relacionando o IBUTG (ºC) com a taxa metabólica da atividade (W). Pretende-se, com isso, conhecer melhor o contexto do trabalho local quanto aos agentes ambientais, do tipo calor e atendimento dos dispositivos legais sobre o tema, em especial a NR 15 – Atividades e Operações Insalubres. Dessa forma, o Trabalho de Conclusão de Curso – TCC analisou durante 15 dias a jornada de trabalho de 9 horas diárias dos trabalhadores expostos ao calor a céu aberto, em um canteiro de obras do subsetor edificações. O TCC também comparou as medições em campo do IBUTG, através do equipamento Heat Index Checker 8778, com o Monitor IBUTG, plataforma desenvolvida pela Fundacentro com foco no trabalho rural que também mede o IBUTG. As médias diárias das medições em campo tiveram valores inferiores às do Monitor IBUTG em 14 dos 15 dias analisados. Uma das principais limitações da pesquisa foi o fato das medições através do equipamento Heat Index Checker 8778 serem realizadas manualmente, fazendo com que fosse registrada uma única medição no intervalo de 1 hora, fator que depende das condições climáticas como a variação na velocidade do vento, uma nuvem no céu que inibisse a incidência solar, uma variação na velocidade do ar, todos estes fatores que influenciam diretamente na medição do IBUTG. Os Limites de Exposição Ocupacional – LEO ao calor foram ultrapassados em 54 das 123 medições (43,9%) para as taxas metabólicas analisadas e 110 das 123 medições (89,43%) em relação ao Nível de Ação – NA foram ultrapassados na cidade de Maceió-AL, localizada na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Indústria da construção civil; canteiro de obras; exposição ao calor; IBUTG; agentes ambientais; insalubridade.

ABSTRACT

The Civil Construction (CC) industry is characterized as one of the most essential and influential industries on the global stage, playing a strategic role in the global economy by contributing significantly to the Gross Domestic Product - GDP of several nations. The CC is also one of the main responsible for the creation of jobs, both direct and indirect, which fosters socioeconomic development in urban and rural areas. Despite its great importance to the global scenario, the construction industry still faces high rates of deaths, accidents, incidents, dangerous conditions and non-conformities, which also impact the productivity of its workers. Furthermore, the construction site, as a production unit, is dependent on climate and environmental conditions. In this sense, since the Northeast region of Brazil is characterized as hot, due to high temperatures throughout the year and greater incidence of sunlight, this study will analyze the outdoor work, with exposure to heat, of CC workers. For this, the parameters defined in the literature for the use of the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) and analysis of the activities performed on the construction site were used, relating the WBGT (ºC) with the metabolic rate of the activity (W). The aim is to better understand the context of local work regarding environmental agents, such as heat, and compliance with legal provisions on the subject, in particular NR 15 – Unhealthy Activities and Operations. In that regard, the Final Course Work - FCK analyzed the 9-hour daily workday of workers exposed to heat in the open air over 15 days. The FCK also compared field measurements of IBUTG, using the Heat Index Checker 8778 equipment, with the IBUTG Monitor, a platform developed by Fundacentro focused on rural work that also measures WBGT. The daily averages of field measurements had values lower than those of the IBUTG Monitor on 14 of the 15 days analyzed. One of the main limitations of the research was the fact that measurements using the Heat Index Checker 8778 equipment were performed manually, causing a single measurement to be recorded in a 1-hour interval, a factor that depends on weather conditions such as variations in wind speed, a cloud in the sky that inhibited sunlight, and variations in air speed, all of which directly influence the IBUTG measurement. The occupational heat exposure limits were exceeded in 54 of the 123 measurements (43.9%) for the metabolic rates analyzed and 110 of the 123 measurements (89.43%) in relation to the Action Level – NA were exceeded in the city of Maceió-AL, located in the Northeast region of Brazil.

Keywords: Industry from civil construction; construction site; exposed to heat; WBGT; environmental agents; insalubrity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Medidor de stress térmico *Heat Index Checker 8778*……...31
Figura 2 - Câmera termográfica FLIR C3-X……..32
Figura 3 - Monitor IBUTG...……..33
Figura 4 - Monitor IBUTG requisitando informações para seus cálculos…….33
Figura 5 - Mestras de 13 cm, próxima ao platibanda, e de 7 cm, próxima ao reservatório superior…….....34
Figura 6 - Emestramento no pavimento coberta…….....35
Figura 7 - Medidor IBUTG demarcando às 8h45 e o processo de medição do dado …….....35
Figura 8 - Trabalhador operando carrinho de mão para executar o emestramento..37
Figura 9 - Trabalhador realizando a atividade de varrer ……....37
Figura 10 - Alinhamento das mestras..…….....38
Figura 11 - Medição do IBUTG e registro termográfico da atividade em execução...38
Figura 12 - Visualização do céu no dia 24 de março e serviço de emestramento.....39
Figura 13 - Reservatório onde foi realizada a impermeabilização…….....40
Figura 14 - Reservatório cheio d'água da chuva …….....41
Figura 15 - Instalações hidrossanitárias provisórias e definitivas na laje técnica…...42
Figura 16 - Imagem termográfica da instalação hidrossanitária definitiva……...42
Figura 17 - IBUTG do dia 27 de março de 2025…….....43
Figura 18 - Início do tratamento para posterior impermeabilização da piscina localizada no pilotis…….....44
Figura 19 - Elevação de alvenaria da hidro sauna…….....44
Figura 20 - Trabalho de varrer na região da piscina ……...45
Figura 21 - Imagem termográfica trabalhador subindo escada com carga (20kg)….46
Figura 22 - Trabalhador subindo escada com rolo da manta asfáltica para impermeabilização.....46
Figura 23 - Imagem termográfica do trabalhador realizando o processo de impermeabilização com manta asfáltica.....47
Figura 24 - Trabalhador realizando o processo de impermeabilização com manta asfáltica…….....47
Figura 25 - Tema do PGR no período de coleta de dados do campo……..49
Figura 26 - Instalações hidrossanitárias definitivas.....50

Figura 27 - IBUTG do dia 01/04/2025.....50
Figura 28 – Atividade do dia 1 de abril de 2025.....51
Figura 29 – Pingos de chuva caindo na piscina e impossibilitando a impermeabilização.....52
Figura 30 - Pavimento da laje técnica coberto por água de chuva.....52
Figura 31 – Imagem termográfica do trabalhador fazendo a impermeabilização no reservatório superior.....53
Figura 32 – Trabalhador fazendo a impermeabilização no reservatório superior.....53
Figura 33 – Impermeabilização do reservatório superior finalizada.....54
Figura 34 – Limpeza da piscina para posterior impermeabilização.....54
Figura 35 – Proteção mecânica finalizada na sexta feira e reservatório superior pronto para revestimento.....55
Figura 36 – Imagem termográfica do mestre de obras explicando o emestramento do reservatório superior.....56
Figura 37 – Mestre de obras explicando o emestramento do reservatório superior..56
Figura 38 – Imagem termográfica do trabalhador realizando a aplicação das placas de EPS na laje.....57
Figura 39 – Trabalhador realizando a aplicação das placas de EPS na laje.....57
Figura 40 – Aplicação da camada de EPS no pavimento coberta.....58
Figura 41 – Trabalhador realizando a mureta do reservatório superior.....58
Figura 42 – Imagem termográfica do trabalhador executando o contrapiso do reservatório superior.....59
Figura 43 – Trabalhador executando o contrapiso do reservatório superior.....59
Figura 44 – Serviço do contrapiso finalizado no reservatório superior e aplicação da camada de EPS.....60
Figura 45 – Comparação entre as médias de temperatura pelas medições X Dia....61
Figura 46 – Frequências de dados extraídos do equipamento *Heat Index Checker* 8778 (ºC).....65
Figura 47 – Frequências de dados extraídos do Monitor IBUTG – Fundacentro (ºC).....65
Figura 48 – Retorno da quantidade de artigos a partir das *strings* de busca definidas.....81
Figura 49 – Filtro de acesso aberto nas strings de busca da WoS.....81
Figura 50 – Filtro na WoS para restringir os artigos dos anos de 2020 a 2024.....82

Figura 51 – Quantidade de artigos retornados após o filtro de artigos para os últimos 5 anos.....82

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Situação geradora do acidente e a quantidade de acidentes registrados.....16
Tabela 2 - Intensidade dos níveis de trabalho e sua taxa metabólica.....22
Tabela 3 - Percentuais incidentes em trabalhos insalubres e perigosos.....23
Quadro 1 - Temperaturas e procedimentos de extração de dados - IBUTG (Jacklitsch *et al*., 2016).....25
Tabela 4 - IBUTG / Taxa Metabólica do 1º dia de medição.....36
Tabela 5 - Média das temperaturas x dia da medição.....61
Tabela 6 - Análises quantitativas das amostras.....63
Tabela 7 - Distribuição dos IBUTG em classes e frequências.....65
Tabela 8 - Nível de ação para trabalhadores aclimatizados.....83
Tabela 9 - Taxa metabólica relacionado com o seu respectivo IBUTG máximo para o Limite de Exposição Ocupacional ao calor.....84
Tabela 10 - Tipo de atividade executada pelo colaborador e sua respectiva taxa metabólica.....85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABHO	Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CC	Construção Civil
CNAE	Classificação Nacional das Atividades Econômicas
DSS	Diálogo Semanal de Segurança
EUA	Estados Unidos da América
EPA	Environmental Protection Agency
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
GES	Grupo de Exposição Similar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
ICC	Indústria da Construção Civil
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LabConf	Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
LEO	Limite de Exposição Ocupacional
LT	Limite de Tolerância
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NA	Nível de Ação
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial da Saúde
OSHA	Occupational Safety and Healthy Administration
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
PIB	Produto Interno Bruto
SIT	Secretaria da Inspeção do Trabalho
SST	Segurança e Saúde do Trabalho
TBN	Termômetro de Bulbo Úmido Natural

TBS	Termômetro de Bulbo Seco
TG	Termômetro de Globo
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
WBGT	Wet Bulb Globe Temperature
WoS	Web of Science

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....15

2 REVISÃO DE LITERATURA.... 18

2.1 Estado da arte sobre exposição ocupacional ao calor.....18

2.2 A NR15 e padrões legais no Brasil relacionados ao trabalho a céu aberto.....22

3 MÉTODO DE PESQUISA.....27

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....34

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 68

REFERÊNCIAS 70

APÊNDICES 75

APÊNDICE A 75

APÊNDICE B 78

APÊNDICE C 80

ANEXOS 83

ANEXO A 83

ANEXO B 84

ANEXO C 85

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil – ICC desempenha um papel essencial na economia brasileira, sendo um dos principais setores de desenvolvimento do país e responsável pela geração de milhões de empregos diretos e indiretos. A ICC foi responsável por cerca de 4,72% do Produto Interno Bruto – PIB nacional, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Nesse contexto, considerando que o PIB do Brasil em 2022 foi de R$ 10,1 trilhões, a ICC representa, aproximadamente, R$ 476 bilhões[1].

Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, mostram que a ICC gerou cerca de 109 mil novos empregos diretos e indiretos no primeiro trimestre de 2024, sendo um dos maiores empregadores do país, especialmente em momentos de expansão da economia[2]. Nos últimos cinco anos, desde 2020, quando a pandemia chegou ao Brasil, a construção civil – CC gerou 800.378 novos empregos. Como resultado, o número de trabalhadores formais no setor aumentou de 2.058.612 no início de 2020 para 2.858.990 no final de 2024, um crescimento de 38,88%. Isso significa que, do total de 7.754.005 novas vagas criadas nesse período em todas as atividades econômicas, a CC foi responsável por 10,32%[3].

Apesar da CC impactar positivamente a economia brasileira, tanto para o PIB quanto para a geração de empregos, o setor ainda está ligado às questões de baixo desempenho em Segurança e Saúde do Trabalho – SST. Dados disponibilizados pela plataforma Radar SIT do Governo Federal mostram que em 2021, último registro consolidado, foram 40.503 acidentes de trabalho oficialmente registrados por meio de Comunicação de Acidente do Trabalho – CAT, sendo 276 acidentes com óbito[4].

Ao analisar os dados pré-pandemia da Covid-19, referentes ao ano de 2019, a CC foi responsável por 81.483 acidentes, sendo 560 com óbito. Ao comparar com os dados do ano de 2021, percebe-se que em 2019 ocorreram mais que o dobro de mortes em comparação a um ano em que não houve uma desaceleração da atividade econômica do país devido à pandemia. A Tabela 1 relaciona a situação geradora do acidente com a quantidade de acidentes no setor de CC em 2021.

---

[1] Disponível em: https://www.epa.gov/climate-indicators/closer-look-heat-related-workplace-deaths. Acesso em: 25 abr. 2025.

[2] Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.

[3] Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.

[4] Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.

Tabela 1 – Situação geradora do acidente e a quantidade de acidentes registrados

Situação geradora do acidente	Quantidade de acidentes
Impacto sofrido por pessoa	6.919
Queda de pessoa com diferença de nível	6.189
Impacto de pessoa contra objeto	5.265
Atrito ou abrasão	3.134
Queda de pessoa em mesmo nível	3.006
Aprisionamento em, sobre ou entre	2.532
Reação do corpo a movimento	1.619
Esforço excessivo	937
Ataque de ser vivo, contato com pessoa doente ou material infecto contagiante	572
Exposição a energia elétrica	373

Fonte: Adaptado Plataforma Radar SIT

Em 1977 o Brasil publica suas primeiras Normas Regulamentadoras – NR, sob responsabilidade do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, e desenvolvidas por meio de uma comissão tripartite composta pelo Governo Federal, entidades de representação de empregadores e entidades de representação de trabalhadores, com o objetivo de estabelecer aspectos gerais de trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho (BRASIL, 2020).

Atualmente, existem 37 NR vigentes no Brasil, cada uma voltada para uma atividade específica ou conjunto de atividades, segmentadas entre normas gerais, normas especiais e normas setoriais, como por exemplo a NR 1 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais, do tipo norma geral, NR 15 – Atividades e Condições Insalubres, do tipo norma especial e a NR 18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção, do tipo norma setorial.

Dentre as atividades e condições insalubres discutidas na NR 15 (BRASIL, 2022), destaca-se à exposição ocupacional ao calor em ambientes a céu aberto, característica inerente às atividades desempenhadas no contexto da CC. Trabalhadores da CC são submetidos, muitas vezes, à condições de calor, que afetam não apenas a sensação de conforto, mas a capacidade de produção em diferentes atividades e etapas das obras. Estudos relacionados à exposição ao calor e produtividade do trabalhador ainda são escassos, ainda que se observe o aumento das publicações ao longo dos últimos anos (Moohialdin *et al*., 2019; Yasmeen *et al*., 2020; Wanner *et al*. 2025).

Desta forma, **o objetivo geral deste trabalho é analisar as atividades da construção civil realizadas a céu aberto, com foco na exposição do trabalhador ao calor.**

Como desdobramento do objetivo geral da pesquisa, são objetivos específicos:

- Discutir o estado da arte sobre exposição do trabalhador ao calor, especialmente no contexto CC.
- Identificar os níveis de exposição de trabalhadores de um canteiro de obras selecionado.
- Verificar as possibilidades de uso do Monitor IBUTG, ferramenta disponibilizada pela Fundacentro, no contexto da Construção Civil a partir dos dados coletados no canteiro de obras selecionado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A etapa de revisão sistemática de literatura será dividida em dois principais tópicos para melhor compreensão do trabalho: a tentativa de apresentação do estado da arte sobre exposição ocupacional ao calor e a discussão sobre a NR 15 – Atividades e Operações Insalubres e seus padrões legais adotados no Brasil.

2.1 Estado da arte sobre exposição ocupacional ao calor

A exposição ocupacional ao calor configura-se como um tema de ampla complexidade, no qual se destacam aspectos fundamentais que contribuem de forma significativa para a compreensão aprofundada da temática. A Organização Mundial da Saúde – OMS destaca que o declínio no desempenho das atividades diárias de um trabalhador devido à fatores externos como calor, frio ou condições meteorológicas extremas, deve ser considerado um “efeito na saúde” das condições climáticas (OMS, 1969).

O aumento da temperatura global causado pelas mudanças climáticas tem tornado os ambientes externos mais quentes e intensificado o efeito de ilha de calor, o que compromete a sustentabilidade das cidades e a saúde pública (Zefeng; Binyiu; Robert, 2020). Durante reunião realizada em abril de 2025 do Grupo de Trabalho sobre Emprego do Brics, o efeito das mudanças climáticas no contexto do trabalho fez parte das discussões, com apresentação de trabalhos sobre o efeito do calor em trabalhadores que atuam em atividades a céu aberto[5].

A CC é, tradicionalmente, um setor intensivo e fisicamente extenuante, em que os trabalhadores operam sob luz solar direta e em altas temperaturas em ambientes de trabalho ao ar livre (Gillen; Gittleman, 2010), especialmente em países de climas tropicais, como o Brasil (Wanner *et al*., 2025).

De acordo com as evidências dos EUA (Dong, 2019), e do Japão (Ueno, 2018), os trabalhadores da CC correm o maior risco de distúrbios relacionados ao calor entre todas as demais indústrias vinculadas ao trabalho a céu aberto, devido ao trabalho extenuante, à remuneração por peça terceirizada e ao uso de equipamento de

[5] Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.

proteção individual – EPI, a exemplo de óculos de proteção, capacetes e luvas de segurança.

O conceito da termorregulação é a habilidade do corpo de controlar e ajustar sua temperatura interna (Cheung; Lee; Oksa, 2016). Quando essa capacidade é comprometida, o estresse térmico pode provocar uma série de problemas de saúde, tanto de curto quanto de longo prazo. Assim, trabalhadores a céu aberto, expostos às condições extremas de calor, podem sofrer estresse térmico caso seu corpo não consiga se termorregular adequadamente, o que os torna vulneráveis às diferentes doenças, como distúrbios musculoesqueléticos, sobrecarga cardiovascular, doenças renais, entre outras (Wanner *et al*., 2025).

De acordo com a *Occupational Safety and Healthy Administration* - OSHA, a maneira natural do corpo de manter a temperatura corporal estável, evitando que ela atinja níveis prejudiciais à saúde, é aumentando a frequência cardíaca e a transpiração. Quando essa associação não é suficiente para impedir que a temperatura corporal aumente, o resultado é a ocorrência de doenças relacionadas ao calor ou, infelizmente, a morte. Temperaturas corporais mais elevadas podem causar insolação, exaustão pelo calor, cãibras, síncope pelo calor e erupção cutânea (OSHA, 2017).

Um estudo realizado em Hong Kong evidenciou que as altas temperaturas aumentaram a frequência de estresse térmico entre trabalhadores da CC, chegando a causar a morte (Xu; Chan, 2011). O clima quente leva a impactos negativos, como fadiga, diminuição do desempenho atlético, distração, sérios riscos à saúde e declínio da produtividade (Varghese *et al*., 2018). Em Hong Kong, jornais relataram 43 acidentes relacionados ao calor e estresse, resultando em 11 fatalidades, em canteiros de obras durante 2007–2011 (Xiaodong *et al*., 2016).

No Japão, as doenças ocupacionais relacionadas ao calor afetam, aproximadamente, 500 pessoas e são responsáveis por 20 mortes a cada ano (*Ministry of Health, Labour and Walfare,* 2019). Dados da *United States Environmental Protection Agency* – EPA mostram que, entre 1992 e 2022, 334 trabalhadores da CC morreram em detrimento ou consequência da exposição ao calor em atividades a céu aberto, correspondendo a 34% de todas as mortes relacionadas ao calor nos EUA[6]. Nos EUA, os trabalhadores da CC têm 13 vezes mais probabilidade de morrer de

[6] Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.

doenças relacionadas ao calor em comparação com trabalhadores de outros setores (Acharya; Boggess; Zhang, 2018).

Neste contexto, estima-se que, até 2030, aproximadamente 51 mil mortes por insolação ocupacional ocorrerão em todo o mundo, com custos econômicos globais da perda de produtividade da mão de obra podendo chegar a 2 trilhões de dólares por ano (Kjellstrom *et al*., 2014). Como alternativa, em 2007, o governo dos Emirados Árabes Unidos impôs um intervalo obrigatório para os trabalhadores da CC entre 12h30 e 15h nos meses mais quentes de julho e agosto devido às condições insalubres para a realização das atividades (Miller *et al*., 2011).

O calor impõe pressão sobre o sistema cardiovascular, acelerando a circulação sanguínea para dissipar o calor, o que por sua vez reduz o fluxo sanguíneo para os músculos, prejudicando a força e a resistência (Sawka; Cheuvront; Kenefick, 2012). Além disso, o desconforto e o estresse em um ambiente de alta temperatura também podem prejudicar o estado psicológico dos trabalhadores, aumentando a ansiedade e a irritabilidade, afetando assim a capacidade de tomada de decisão e a precisão do trabalho (Chen; Lin; Guo, 2019). Esses fatores fisiológicos e psicológicos trabalham juntos para reduzir significativamente a produtividade dos trabalhadores da CC.

Conforme definido pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* – ACGIH, o estresse por calor é a carga térmica total à qual um trabalhador pode ser exposto a partir das contribuições combinadas de calor metabólico proveniente do trabalho físico, fatores ambientais e requisitos de vestimenta (ACGIH, 2015).

Estudos epidemiológicos sugerem que o estresse térmico pode aumentar o risco de lesões ocupacionais devido aos efeitos mentais e físicos negativos, incluindo prejuízo na concentração, coordenação, destreza, julgamento e acuidade visual, assim como maior fadiga, irritabilidade, letargia, diminuição da vigilância e palmas das mãos escorregadias secundárias à transpiração (Mcinnes *et al*., 2016).

Trabalhadores da CC realizam suas tarefas atribuídas em condições climáticas quentes e úmidas e sofrem estresse físico, bem como doenças relacionadas ao calor, como por exemplo, erupções cutâneas, cãibras, síncope, exaustão e insolação (Liang *et al*., 2011). Esses fatores levam à redução da produtividade do trabalhador e, por sua vez, acarretam perdas financeiras mais significativas para o setor (Bates; Miller; Joubert, 2010).

O impacto negativo direto das condições climáticas quentes e úmidas resulta da flutuação no desempenho dos trabalhadores, uma vez que essas condições afetam o sistema térmico dos trabalhadores, o que cria impactos fisiológicos e psicológicos (Jia *et al*., 2017). Por exemplo, o alto nível de desidratação, que é um sintoma importante do estresse por calor, tem uma influência direta na produtividade do trabalhador e reduz enormemente suas capacidades físicas (Bates; Schneider, 2008).

As empresas da CC enfrentam desafios metodológicos para lidar com o alto nível de variabilidade na produtividade dos trabalhadores durante o verão. Cerca de 64% das variações nos níveis de produtividade da CC podem ser explicadas por diferentes níveis de temperatura e umidade (Koehn; Brown, 1985).

O estudo de Li *et al*. (2016) apresenta que, a medida que o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG, utilizado em vários países como referência nas análises do impacto do calor em ambientes de trabalho, inclusive no Brasil, aumenta em 1 °C, as perdas da produtividade do trabalhador são de 0,57%. Um estudo semelhante na Índia mostra que quando o IBUTG excede 28 °C, a perda da produtividade do trabalhador é estimada entre 18% e 38%, dependendo do nível de intensidade da tarefa atribuída (Chinnadurai *et al*., 2016). Pesquisa em fábricas de tijolos na Índia, com foco em trabalhadores do gênero feminino, mostrou que a produtividade diminuiu linearmente quando as temperaturas máximas excederam 34,98 °C e para cada grau de aumento, as perdas de produtividade totalizaram aproximadamente 2% (Sett; Sahu 2014).

Na discussão sobre a ocorrência de doenças ocupacionais e mortes oriundas da exposição do trabalhador ao calor há ainda aspectos relacionados ao cumprimento de legislações existentes, orientações normativas e adoção de melhores práticas. Nevarez (2013) destaca que, embora lesões e doenças relacionadas ao calor sejam amplamente preveníveis se precauções adequadas forem tomadas, o cumprimento das normas ainda é insuficiente e, muitas vezes, não observado.

No entanto, as organizações estão passando por um processo em direção à visão de zero acidentes de trabalho, por meio da promoção do trabalho seguro e da obtenção da excelência em segurança, especialmente em países desenvolvidos (Ahamad *et al*., 2022). Essas medidas, se devidamente incorporadas às práticas de segurança no local de trabalho, auxiliarão na adaptação às mudanças climáticas e na promoção do bem-estar dos trabalhadores, reduzindo as ocorrências de mortes e

agravos à saúde de trabalhadores decorrentes do calor, resultando no aumento da produtividade.

2.2 A NR15 e padrões legais no Brasil relacionados ao trabalho a céu aberto

Com o intuito de garantir a segurança e a produtividade dos trabalhadores, a NR 15 (BRASIL, 2022) apresenta o conceito do Limite de Tolerância - LT, valor fundamental a ser observado nos ambientes de trabalho e, inclusive, sob o aspecto pecuniário da insalubridade. O LT pode ser compreendido como a concentração e/ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente ambiental, que não causará dano ou agravo à saúde do trabalhador durante sua jornada ou vida laboral. Para calcular o LT, considera-se a Equação 1 onde M corresponde à taxa metabólica da atividade desempenhada pelo trabalhador, em Watt (W).

$$LT = 56{,}7 - 11{,}5\ X\ log(M) \quad (1)$$

A taxa metabólica representa o calor interno gerado por uma pessoa em função da intensidade do trabalho físico realizado (Krake, 2018). O calor combinado gerado pelo ambiente e pela carga de trabalho representa a carga térmica exercida sobre o corpo do trabalhador, também chamado de estresse térmico (Krake, 2018).

Conforme preconizado pela ACGIH, as diretrizes para classificação das atividades dos trabalhadores englobam 4 (quatro) grandes grupos de trabalho: leve, moderado, pesado e muito pesado (ACGIH, 2019). A Tabela 2 demonstra os níveis de intensidade do trabalho com suas respectivas taxas metabólicas.

Tabela 2: Intensidade dos níveis de trabalho e sua taxa metabólica

Intensidade dos níveis de trabalho	
Classificação	**Taxa metabólica (W)**
Repouso	< 115
Leve	116 - 235
Moderado	236 - 360
Pesado	361 - 470
Muito Pesado	> 470

Fonte: Adaptado ACGIH (2019)

Ainda que existam estudos estabelecidos quanto aos pagamentos mínimos para trabalhadores nos EUA[7], o *U.S. Department of Labor* explicita a inexistência de procedimento ou validação para pagamentos para condições envolvendo condições perigosas (no inglês, *hazard*)[8].

No Brasil, como forma compensatória à insalubridade ou periculosidade observada quando da extrapolação do LT ou a própria natureza da atividade, a NR 15 (BRASIL, 2022) e NR 16 (BRASIL, 2024) estabelecem em caráter obrigatório, respectivamente, um adicional ou compensação financeira nas seguintes proporções apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Percentuais incidentes em trabalhos insalubres e perigosos

Insalubridade (NR 15)		**Periculosidade (NR 16)**
Grau	**% incidente sobre o salário mínimo**	**% incidente sobre a remuneração**
Baixo	10	30 (valor único)
Médio	20	
Alto	40	

Fonte: NR 15 e NR 16

A discussão sobre insalubridade, objeto da NR 15 (BRASIL, 2022), complementa o conceito de LT estabelecendo mais um parâmetro para análise das condições de trabalho: o Nível de Ação – NA. O NA coloca em questão medidas de controle que devem ser adotadas quando se observa valores de concentração ou intensidade acima de 50% dos valores estabelecidos como LT. A expressão matemática para calcular o NA é apresentada na Equação 2, onde M corresponde a taxa metabólica, em Watt (W).

$$NA = 59{,}9 - 14{,}1\ X\ log(M) \qquad (2)$$

Complementarmente aos aspectos de LT e NA, a NR 15 adotou o conceito do IBUTG para verificação da temperatura ambiente relacionada ao estresse térmico do trabalhador. Importante destacar que os estudos sobre esse índice surgem nos anos de 1950, a partir de uma série de pesquisas realizadas no contexto de treinamento

[7] Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.
[8] Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.

militar nos EUA. Dentre as pesquisas do período, destaca-se o trabalho clássico de Yaglou e Minard (1957), que apresentaram as potencialidades do IBUTG.

O IBUTG se tornou um índice adotado para medição do estresse térmico em ambientes laborais, sendo primeiramente indicado seu uso em 1972, no documento "*Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to hot environments"*, publicado pela National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), com algumas atualizações realizadas ao longo dos anos[9]. Alguns anos depois, o governo brasileiro, por meio da publicação da NR 15, também adota o IBUTG como indicador no contexto do trabalho.

Uma das principais vantagens do IBUTG, e sua difusão como indicador de estresse térmico em ambientes laborais, refere-se à facilidade da extração de dados e análises dos resultados. A extração dos dados consiste na medição de três tipos de temperatura: de bulbo seco, de globo e de bulbo úmido natural. O Quadro 1 apresenta a síntese dessas temperaturas e procedimentos de extração de dados.

A avaliação quantitativa da exposição ao calor ambiental é realizada usando o IBUTG para obter um valor empírico, que pode ser expresso em °C (Celsius) ou °F (Fahrenheit), que combina os parâmetros ambientais, como temperatura do ar, umidade, velocidade do vento e radiação solar, que influenciam o equilíbrio térmico do corpo (Sakoi *et al*. 2018).

Os limites de exposição ocupacional – LEO baseados em medições de IBUTG são amplamente utilizados para avaliar e gerenciar a exposição ao estresse térmico em ambientes de trabalho, tanto externos, com exposição direta a uma fonte de calor, como siderúrgicas e a própria CC, como em ambientes internos, como indústria de manufatura (D'Alfano *et al*., 2014).

Os IBUTG dos LEO incorporam uma margem de segurança destinada a manter um nível adequado de proteção para a população trabalhadora em geral, sem levar em conta todos os possíveis fatores pessoais e relacionados ao trabalho que potencialmente afetam a tolerância fisiológica dos trabalhadores ao estresse térmico (Sakoi *et al*., 2018; Notley *et al*., 2019).

---

9 Disponível em: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html. Acesso em: 30 abr. 2025.

Quadro 1 - Temperaturas e procedimentos de extração de dados do IBUTG

Termômetro (T)	**Características**	**Medição**
Temperatura de Bulbo Seco (TBS)	Termômetro de mercúrio comum, em que a temperatura de bulbo seco é obtida colocando um bulbo seco do termômetro em contato com a umidade do ar até alcançar o ponto de equilíbrio térmico, sendo considerada a temperatura do ambiente, não levando em conta o calor radiante.	A temperatura deve ser medida na altura do tórax superior do homem ou em local com característica semelhante para alcançar os objetivos determinados. Com objetivo de proteger o bulbo utilizado no termômetro da influência da radiação, deve ser revestido de uma camada de prata polida, que irá refletir 99,5% do calor radiante.
Temperatura Termômetro de Globo (TG)	Composto por um termômetro de mercúrio, com graduação que vai de 0°C a 150°C. Possui um globo formado por uma esfera oca de cobre, tendo 15 cm de diâmetro, com o objetivo de absorver o máximo possível de calor radiante, por isso é pintada de preto.	Deve ficar exposto por um período mínimo de 25 minutos para que seja efetuada a leitura. A leitura é correspondente ao valor da temperatura média da radiação.
Temperatura de Bulbo Úmido Natural (TBN)	Termômetro de mercúrio comum, devendo ser montado na posição vertical para que seu bulbo de mercúrio possa ser revestido completamente por uma camisa, ou pavio de algodão.	O pavio deve ser umedecido com água destilada 30 minutos antes de ser realizada a leitura. O reservatório é preenchido com água destilada, lavando previamente e molhando também o pavio. O pavio deve ser colocado de maneira que envolva todo o bulbo de mercúrio e a coluna de sustentação.

Fonte: Jacklitsch *et al*. (2016)

O IBUTG possui em sua formulação matemática os fatores mencionados no Quadro 1 quanto ao tipo de temperatura, porém, a depender do ambiente ser interno (sem carga solar) ou externo (com carga solar).

Para ambientes internos, Yaglou e Minard (1957) propuseram a Equação 3.

$$IBUTG = 0{,}7XTBN + 0{,}3xTG \quad (3)$$

Para ambientes externos, com exposição direta a uma fonte de calor, utiliza-se a Equação 4, proposta por Yaglou e Minard (1957).

$$IBUTG = 0{,}7 \times TBN + 0{,}2 \times TG + 0{,}1 \times TBS \quad (4)$$

A NR-15 apresenta em seu Anexo n.º 3 – Limites de tolerância para exposição ao calor, a “Tabela 8 – Nível de ação para trabalhadores aclimatizado”, “Tabela 9 – Limite de exposição ocupacional ao calor” e “Tabela 10 – Taxa metabólica por tipo de atividade”, os valores do IBUTG máximo para uma respectiva taxa metabólica com o objetivo de estabelecer um critério para definição das atividades ou operações insalubres decorrentes da exposição ocupacional ao calor.

Complementarmente, a “Tabela 9 – Limite de exposição ocupacional ao calor” utiliza os LEO mencionados com o seu respectivo IBUTG limite, como proposto por D’Alfano *et al*., (2014), para avaliar e gerenciar a exposição ao estresse térmico em ambientes de trabalho. Além disso, percebe-se que os dados da “Tabela 10 – Taxa metabólica por tipo de atividade” são divergentes quanto à classificação de trabalho leve, moderado e pesado propostos pela ACGIH, sendo os da NR-15 valores mais baixos para tais classificações a depender da prescrição da atividade desempenhada pelo trabalhador, como sentado, em pé ou em movimento.

As tabelas objeto do Anexo n.º 3 – Limites de tolerância para exposição ao calor da NR 15 são apresentadas na seção Anexo deste Trabalho de Conclusão de Curso – TCC e foram utilizadas para a caracterização das atividades desempenhadas pelos trabalhadores e análise quanto ao LT e LEO.

3 MÉTODO DE PESQUISA

O TCC utiliza uma abordagem quantitativa, tendo como foco a análise da exposição dos trabalhadores da CC ao calor. Foi definida como unidade de análise um canteiro de obras localizado na cidade de Maceió, Alagoas, no bairro da Ponta Verde. O canteiro de obras objeto de análise é caracterizado como um empreendimento do subsetor edificações.

Creswell (2007) define a abordagem quantitativa como um experimento em que utiliza uma descrição numérica de tendências a partir de uma amostra de determinada população e que, a partir dos resultados da amostragem, é possível apresentar algumas generalizações ou alegações sobre a situação analisada. Portanto, no âmbito do TCC, as variáveis de estudo utilizadas foram o IBUTG e a taxa metabólica – M das atividades realizadas no canteiro de obras, quando da condução da etapa de campo, a partir da disposição legal da NR 15.

Por motivos éticos e de privacidade, o nome da construtora e qualquer identificação foi omitido na apresentação e discussão dos resultados, incluindo dos trabalhadores envolvidos nas atividades analisadas. Neste sentido, importante destacar que, embora o TCC tenha analisado atividades desempenhadas em canteiros de obras, não houve interação com os trabalhadores, seja por meio de entrevistas ou preenchimento de questionários, razão pela qual se entende não haver enquadramento no âmbito da Lei n.º 14.874, de 28 de maio de 2024[10] e, consequentemente, na necessidade de submissão do projeto de pesquisa ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/UFAL.

A unidade de análise da pesquisa consiste no canteiro de obras de edifício multifamiliar, de 13 pavimentos, sendo dois deles do tipo garagem (G1 e G2) e o restante pavimentos-tipo, do 3º ao 13º andar. Cada andar conta com 8 unidades habitacionais, totalizando 88 unidades habitacionais, que variam entre 54 m^2 e 56 m^2.

A execução das obras do edifício conta com 60 trabalhadores, dentre pedreiros, serventes, almoxarife, mestre de obra e a equipe de engenharia. Como a obra se encontrava na fase de acabamento, quando da realização da etapa de campo, foram

[10] Lei n.º 14.874, de 28 de maio de 2024 que "*Dispõe sobre a pesquisa com seres humanos e institui o Sistema Nacional de Ética em Pesquisa com Seres Humanos*". Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14874-28-maio-2024-795693-publicacaooriginal-171916-pl.html. Acesso em: 3 mar. 2025.

selecionadas para análise as atividades com maior exposição ocupacional ao calor, ou seja, aquelas localizadas na última laje, ou laje técnica, com exposição direta à irradiação solar. As atividades contemplavam as seguintes atividades:

- execução de emestramento para posterior execução do contrapiso;
- impermeabilização do reservatório superior;
- emestramento e contrapiso do reservatório superior;
- aplicação da camada de EPS por todo o pavimento; e
- instalações hidrossanitárias definitivas na laje técnica.

Além disso, houve um dia em específico que a atividade analisada foi na piscina do edifício, localizada no pavimento pilotis, tendo em vista que no dia mencionado não havia trabalhadores no pavimento da última laje e as medições não iriam ser cessadas, visto que o trabalho acadêmico é focado em atividades a céu aberto e a piscina está inclusa nessa situação. A atividade consistia na limpeza para posterior impermeabilização e aplicação da camada de proteção mecânica da piscina, além da elevação de alvenaria para o local da hidro sauna.

Foi alinhado com a equipe de engenharia da empresa que as medições seriam realizadas durante 3 semanas, sendo as medições realizadas de hora em hora e analisando a taxa metabólica da atividade dos trabalhadores do pavimento coberta, a partir da observação do trabalho. Desta forma, como a jornada de trabalho na empresa consiste em 9 horas diárias, das 7 h às 17 h, de segunda-feira a quinta-feira e 8 horas na sexta-feira, com encerramento das atividades às 16 h, foram realizadas 44 horas semanais de medição, totalizando ao longo das 3 semanas 132 horas no campo, pois das 12 h às 13 h é o intervalo de almoço dos colaboradores.

A primeira etapa do TCC teve como objetivo a determinação do estado da arte de pesquisas com foco na análise da exposição de trabalhadores ao calor e suas diferentes implicações da gestão em SST, especialmente no contexto da ICC. Para o desenvolvimento desta etapa foi utilizado o protocolo PRISMA, de forma simplificada, para seleção e análise de artigos científicos, por meio da base de dados *Web of Science* – WoS, e construção de um algoritmo de busca, vinculando a ICC e os aspectos relacionados à exposição do trabalhador ao calor. O processo de seleção e escolha dos artigos é apresentado no APÊNDICE C do TCC.

A segunda etapa do TCC teve como objetivo a condução da etapa de campo por meio da escolha das principais atividades realizadas no canteiro de obras, para posterior levantamento de seus parâmetros do IBUTG e taxa metabólica, conforme disposto em NR 15.

O processo de coleta e extração de dados da etapa de campo foi conduzido a partir dos parâmetros estabelecidos pela Norma de Higiene Ocupacional – NHO 06 (FUNDACENTRO, 2025) que detalha os procedimentos técnicos para medição e análise da exposição ocupacional ao calor de trabalhadores.

Considerando que, quanto à etapa de campo, as obras já se encontravam em estágio avançado de execução com, aproximadamente, 80% da obra concluída, para determinação da taxa metabólica das atividades realizadas, o trabalhador foi considerado como já aclimatizado, ou seja, com seu processo de adaptação fisiológica à exposição ao calor concluída. O percentual de conclusão da obra foi baseado no levantamento mensal que a construtora realiza para sua medição interna e para o financiamento junto à instituição financeira, além de que a obra tem previsão de entrega para outubro de 2025 e as medições se iniciaram no dia 21 de março de 2025 e foram finalizadas em 10 de abril de 2025.

Na análise das atividades desempenhadas pelo trabalhador, foi considerada a existência de uma única taxa metabólica durante o ciclo estabelecido de 60 minutos de medição; desta forma, a taxa metabólica estabelecida de cada atividade corresponde, portanto, à taxa metabólica média do ciclo.

Em relação às vestimentas utilizadas pelos trabalhadores para execução das tarefas, não foi identificada utilização diferente dos uniformes tradicionais de trabalho, compostos por calça e camisa de manga comprida, fornecidas pela própria empresa. Portanto, o IBUTG medido refere-se ao IBUTG final corrigido, sem necessidade de adição de valor ao IBUTG médio, conforme disposto na NHO 06 (FUNDACENTRO, 2025).

No procedimento de avaliação do calor foi necessário, primeiramente, a caracterização da exposição dos trabalhadores objetos do TCC. Considerando o canteiro de obras analisado e o estágio da obra observado, foram identificados 4 (quatro) grupos de trabalhadores, sendo pedreiros e serventes vinculados à construtora, e técnico de impermeabilização e encanador terceirizados. Esses grupos possuem características similares de exposição e, portanto, pertencentes ao mesmo grupo de exposição similar – GES, descrito na NHO 06 (FUNDACENTRO, 2025).

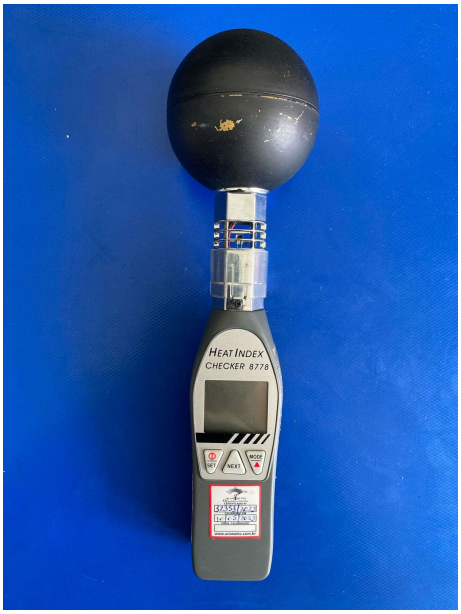
Desta forma, as medições foram realizadas no ambiente, sem a necessidade de coletar dados da totalidade individualizada dos trabalhadores.

Importante destacar que não foi possível realizar o levantamento completo dos dados ao longo de toda a jornada diária de 9 horas de trabalho do GES, em virtude das limitações do equipamento utilizado. O dispositivo não possui tecnologia para armazenamento contínuo de dados, o que impossibilita o registro automático das medições. Dessa forma, as leituras foram feitas manualmente e apenas no momento da medição, o que justifica a realização de uma única medição a cada intervalo de uma hora.

Para que as medições fossem representativas em relação à exposição do trabalhador ao calor, o período de amostragem foi definido com base em horários que correspondessem às condições de maior sobrecarga térmica, conforme orientações da NHO 06 (FUNDACENTRO, 2025), ou durante ciclos de trabalho com maior taxa metabólica observada. Dessa forma, adotaram-se como referência o IBUTG médio e a taxa metabólica média obtidos no instante das medições pontuais. Esses valores foram considerados como representativos de um período de 60 minutos, conforme estabelecido pela NR 15 (BRASIL, 2022) e pela própria NHO 06. Portanto, condições de exposição não rotineiras ou atividades executadas de forma não planejada, decorrentes de incidentes ou alterações na programação por parte da gestão da obra, não foram incluídas na coleta nem na análise dos dados relacionados à exposição ao calor.

Para a coleta dos dados de temperatura foi utilizado o medidor de stress térmico modelo *Heat Index Checker 8778*, fabricante Instrubras, apresentado na Figura 1. O equipamento *Heat Index Checker 8778* exibe as temperaturas do ar, de globo – TG, a umidade relativa – UR e o WBGT calculado, equivalente ao IBUTG, tanto para condições sem radiação solar e com radiação solar, objeto deste TCC. O equipamento utilizado pertence ao Laboratório de Conforto Ambiental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – LabConf FAU/UFAL. A última calibração do instrumento foi realizada em 10 de maio de 2023. Ainda que transcorrido muito tempo desde sua última calibração, durante o período de teste realizado previamente à etapa de campo, não foram observadas discrepâncias que indicassem a suspeita de dano ou comprometimento nas medições e, consequentemente, dos dados extraídos para a pesquisa.

Figura 1: Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778



Fonte: Autor, 2025

O equipamento fornece diretamente o IBUTG, já realizando, portanto, os cálculos das formulações matemáticas apresentada na Equação 4, cabendo ao pesquisador responsável pela medição selecionar apenas se a medição está sendo realizada em ambiente com exposição à geração de calor ou não.

Por se tratar de um equipamento de uso portátil, leve e de fácil manuseio, não foi utilizado sistema de montagem do tipo tripé durante a coleta dos dados. Para a medição, a referência de altura utilizada foi o tórax do trabalhador exposto, em conformidade com a NHO 06.

Considerando que a unidade de análise e o objeto da pesquisa encontram-se em um ambiente aberto, com exposição à fonte de calor e, portanto, sujeito a intempéries, as informações extraídas do IBUTG foram a partir de leituras após a estabilização do equipamento, com variação da temperatura mostrada dentro de um intervalo de ± 0,4 ºC em um intervalo de 60 segundos. Tal procedimento é recomendado pela NHO 06 para medições em trabalhos a céu aberto, comumente verificadas variações significativas das condições térmicas e radiação solar, decorrentes de variações da velocidade do ar ou sombreamento temporário pela passagem de nuvens. Essas variações foram identificadas durante a coleta de dados, especialmente por tratar-se de um canteiro de obras localizado a poucos quarteirões da orla de Maceió, com serviços realizados na última laje da edificação, ou laje técnica.

Para melhor visualização e estabelecimento da taxa metabólica do trabalhador, foram capturadas imagens termográficas no local, durante a execução da tarefa pelo

trabalhador. Para a coleta dos dados termográficos foi utilizada a câmera termográfica modelo FLIR C3-X, fabricante Teledyne Flir, apresentada na Figura 2. O equipamento também pertence ao LabConf FAU/UFAL.

Figura 2: Câmera termográfica FLIR C3-X



Fonte: Autor, 2025

As imagens termográficas, embora não exigidas no âmbito da NR 15 e da NHO 06, podem ser úteis no contexto da SST como complemento de análises para melhor definição das características de esforço físico do trabalhador no desempenho da atividade, muitas vezes estabelecidas com elevada subjetividade tendo apenas o Quadro 2, Anexo n.º 3 da NR 15 como referência, correspondente à Tabela 10 na seção anexo C do presente TCC.

Os dados extraídos do equipamento medidor de stress térmico foram analisados a partir dos LT determinados pela NR 15, confrontados com a literatura e com a ferramenta “Monitor IBUTG”, desenvolvido pela Fundacentro. Vale destacar que esta ferramenta foi desenvolvida para o contexto do trabalho rural e tem seu acesso gratuito através do site Monitor IBUTG.

No site, a primeira informação solicitada é a localização de onde se é requisitado o IBUTG. Posteriormente, é perguntado se o solicitante do IBUTG já sabe a taxa metabólica do trabalhador e, em seguida, é perguntado se o trabalhador está utilizando capuz, a sua vestimenta, bem como a cobertura do solo em que a região está inserida. Os dados expostos estão ilustrados na Figura 3 e na Figura 4.

Figura 3: Monitor IBUTG



Fonte: Fundacentro, 2025

Figura 4: Monitor IBUTG requisitando informações para seus cálculos



Fonte: Fundacentro, 2025

Para refinamento da etapa de campo, os dados obtidos pela medição foram comparados com os dados fornecidos pela ferramenta “Monitor IBUTG”, permitindo conhecer melhor as potencialidades da ferramenta e suas possíveis implicações futuras de uso no âmbito da CC.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

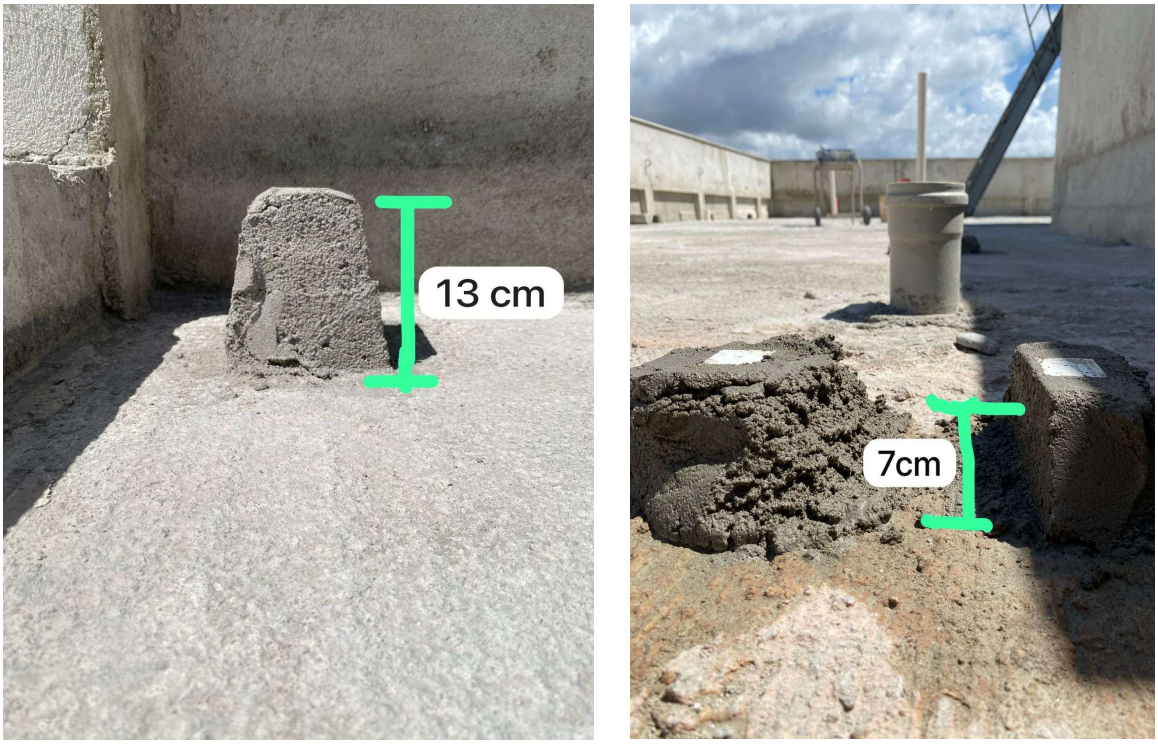
A primeira medição no canteiro de obras foi realizada na sexta-feira, dia 21 de março de 2025, no pavimento de laje técnica. Neste dia, os trabalhadores, pedreiros e serventes, estavam realizando o emestramento para posterior execução do contrapiso.

O emestramento, conforme apresentado pela equipe de engenharia da empresa, consiste em um procedimento que orienta a espessura do reboco, o qual é realizado com elementos de guia, como taliscas de cerâmica, e argamassa.

Como se trata do emestramento na última laje, a construtora optou por realizar um caimento em direção ao reservatório superior da caixa d'água, ou seja, as mestras próximas ao platibanda possuíam maior altura (de 13 cm) e as mestras próximas ao reservatório possuíam altura de 7 cm. Com esse desnível, a direção da água se dará com destino aos ralos lineares localizados próximos ao reservatório superior.

As imagens do serviço de emestramento são mostradas na Figura 5 e na Figura 6.

Figura 5: Mestras de 13 cm, próxima ao platibanda, e de 7 cm, próxima ao reservatório superior



Fonte: Autor, 2025

Figura 6: Emestramento no pavimento coberta



Fonte: Autor, 2025

Para realização desse serviço, o pedreiro realizou uma atividade andando no plano a uma velocidade de 2 km/h e sem carga para demarcar o local e altura das mestras, ou seja, é uma atividade de taxa metabólica de 198 W, conforme ANEXO C, extraído da NR 15 (BRASIL, 2022). A atividade descrita ocorreu nos horários das 7 h às 9 h e o IBUTG medido no intervalo foi de 29,6ºC. A Figura 7 apresenta o equipamento e o processo de coleta de dados do TCC.

Figura 7: Medidor IBUTG demarcando às 8h45 e o processo de medição do dado



Fonte: Autor, 2025

Considerando o disposto legal, da NR 15 (BRASIL, 2022), a maior taxa metabólica permitida para o IBUTG de 29,6º é de 227 W, ou seja, a atividade está dentro do limite máximo estabelecido na norma, dentro do LT preconizado.

Foram realizadas as medições, de hora em hora, e sempre associando com a taxa metabólica para o respectivo IBUTG medido *in loco*, bem como a taxa metabólica da atividade que o trabalhador estava operando, conforme demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4: IBUTG / Taxa Metabólica do 1º dia de medição

Data da Medição	**Sexta-Feira 21/03/2025**		
Horário	**IBUTG medido (ºC)**	**Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido**	**Taxa metabólica da atividade (W)**
7 - 8 Horas	28,8	266	198
8 - 9 Horas	29,6	227	198
9 - 10 Horas	30,2	201	391
10 - 11 Horas	29,6	227	320
11 - 12 Horas	29,4	236	198
13 - 14 Horas	31,1	168	198
14 - 15 Horas	30,2	201	198
15 - 16 Horas	29,9	214	252
16 - 17 Horas	Obra não funciona, largam de 16 horas		

Fonte: Autor, 2025

Ao analisar o intervalo das 9 h às 10 h, percebe-se que a taxa metabólica da atividade realizada pelo trabalhador extrapolou a taxa metabólica limite para o IBUTG medido no canteiro nesse horário, tendo em vista que estava sendo realizada a atividade de empurrar carrinhos de mão, no mesmo plano, com carga, ou seja, de 391 W, conforme a Figura 8.

Além disso, no intervalo seguinte, das 10 h às 11 h, a taxa limite também foi extrapolada, visto que o trabalhador estava realizando a atividade de varrer, apresentada na Figura 9, a qual é considerada como um trabalho moderado de braços e possui taxa metabólica de 320 W.

Ao analisar o maior IBUTG medido no dia, de 31,1 ºC entre 13 h e 14 h, percebe-se que a atividade de deixar todas as mestras alinhadas através do uso da linha de guia, apresentada na Figura 10, também ultrapassou a taxa metabólica limite correspondente ao IBUTG medido.

Próximo do final do expediente de sexta-feira, dia 21 de março de 2025, que na construtora se encerra às 16 h, o trabalhador estava sentado realizando trabalho moderado com os braços deixando as mestras alinhadas, atividade que possui taxa metabólica de 252 W e ultrapassa o limite de 214 W estabelecido para o IBUTG medido.

Figura 8: Trabalhador operando carrinho de mão para executar o emestramento



Fonte: Autor, 2025

Figura 9: Trabalhador realizando a atividade de varrer



Fonte: Autor, 2025

Figura 10: Alinhamento das mestras



Fonte: Autor, 2025

A fim de agregar informações pertinentes ao trabalho desempenhado, foram efetuados registros termográficos, conforme apresentando na Figura 11. No momento registrado, o trabalhador estava realizando o alinhamento das mestras, conferindo a distância do reservatório para linha de guia em distintos pontos com o auxílio da trena de medição.

Figura 11: Medição do IBUTG e registro termográfico da atividade em execução



Fonte: Autor, 2025

Dessa forma, observa-se que a Figura 11 apresenta três temperaturas distintas, registradas por meio da câmera termográfica FLIR C3-X. A primeira temperatura, de 29,8 °C, corresponde à temperatura corporal do trabalhador. Como a câmera possui tela *touch screen*, é possível selecionar manualmente o ponto de interesse na imagem, sendo que, neste e nos demais registros, foi sempre analisada a temperatura do corpo do trabalhador.

A segunda temperatura, indicada em azul e com valor de 50,5 °C, representa a maior temperatura captada na imagem termográfica, localizada na superfície da laje maciça, onde houve maior incidência de radiação solar. Por fim, a terceira temperatura, destacada em laranja, refere-se ao menor valor registrado na imagem, 23 °C, localizado na área sombreada gerada pelo reservatório superior.

No segundo dia de medição, na segunda-feira, dia 24 de março de 2025, os trabalhadores no primeiro horário da medição (no intervalo das 7 – 8 Horas) estavam sentados, repousando e esperando a elaboração de argamassa subir para o pavimento coberta, tendo em vista que a obra parou no final de semana. Sendo assim, a taxa metabólica segundo o anexo da NR-15 (BRASIL, 2022) é de 100 W e o IBUTG medido foi de 26,7ºC, visto que o dia amanheceu bastante nublado. As atividades deste segundo dia de medição prosseguiram sendo a de emestramento, a qual tem taxa metabólica de 198 W e estando dentro da taxa metabólica limite para os IBUTG'S aferidos no dia. A Figura 12 apresenta os diferentes momentos da medição.

Figura 12: Visualização do céu no dia 24 de março e serviço de emestramento

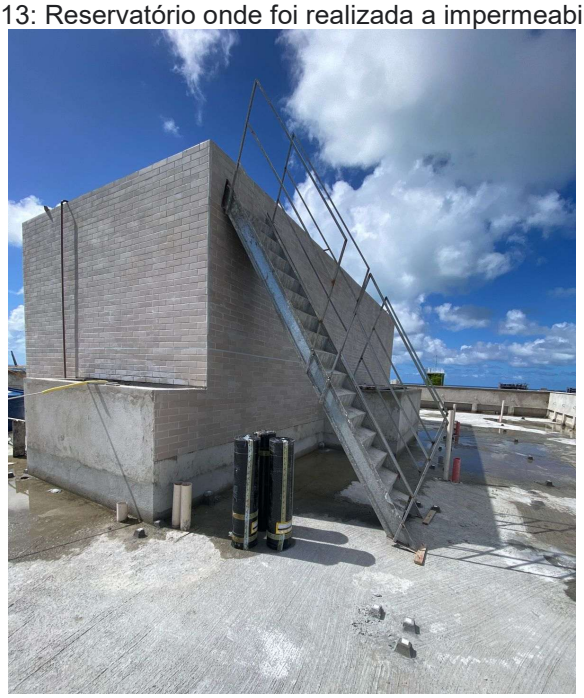


Fonte: Autor, 2025

No canteiro analisado, em todas as terças-feiras no horário das 7 h às 7h30, era realizado o Diálogo Semanal de Segurança – DSS, momento no qual um Engenheiro de Segurança do Trabalho palestra sobre medidas essenciais para segurança e saúde dos colaboradores, de acordo com a fase em que a obra se encontra. Na ocasião, a fala tratou sobre o uso de extintores e suas diferentes aplicações, destacando os grupos A, B e C para diferentes tipos de chama. Sendo assim, os trabalhadores somente chegaram no pavimento laje técnica às 7h40 e ficaram em repouso no intervalo até as 8 h esperando o abastecimento do material.

No dia mencionado acima, foi iniciado um novo serviço: o de impermeabilização do reservatório superior, tendo em vista que o emestramento do pavimento foi finalizado no final do expediente do dia anterior. O serviço consiste na impermeabilização do reservatório com a aplicação da manta asfáltica e posterior execução da proteção mecânica, conforme a Figura 13.

Figura 13: Reservatório onde foi realizada a impermeabilização



Fonte: Autor, 2025

Entretanto, o reservatório se encontrava cheio d'água, devido às fortes chuvas da noite anterior, conforme apresentando na Figura 14. Sendo assim, a equipe de engenharia solicitou um servente para retirar a água do local para que a impermeabilização com manta asfáltica fosse realizada de maneira correta, atividade que tem taxa metabólica de 320 W.

Figura 14: Reservatório cheio d’água da chuva



Fonte: Autor, 2025

Todavia, após a limpeza do servente, o trabalhador responsável pela impermeabilização teve que se ausentar do canteiro de obras para resolver uma urgência em uma outra obra da empresa, tendo em vista que a impermeabilização foi realizada por uma empresa terceirizada e não pela própria construtora. Desta forma, o servente da construtora necessitou levantar e empurrar os rolos de manta asfáltica, atividade com taxa metabólica de 349 W, para voltar ao almoxarifado, tendo em vista que a equipe de engenharia não soube de imediato desta saída para resolução de tal urgência por parte dos terceirizados.

Tal atividade impacta diretamente no funcionamento do elevador de serviço da obra, pois o almoxarifado fica no subsolo do canteiro de obra e o deslocamento dos rolos de manta asfáltica foram para o último andar do edifício, para a laje técnica da cobertura. Para executar este deslocamento, teve-se que esperar um momento em que o elevador estivesse desocupado e o operador do elevador tivesse disponibilidade de ir ajudar o servente para retirar os rolos de manta asfáltica, pois o operador do elevador já possuía outras atividades planejadas.

Na quarta-feira, dia 26 de março de 2025, o trabalhador responsável pelas instalações hidrossanitárias da obra iniciou o processo da remoção das instalações provisórias no reservatório superior para implantação das instalações hidrossanitárias definitivas, apresentado na Figura 15.

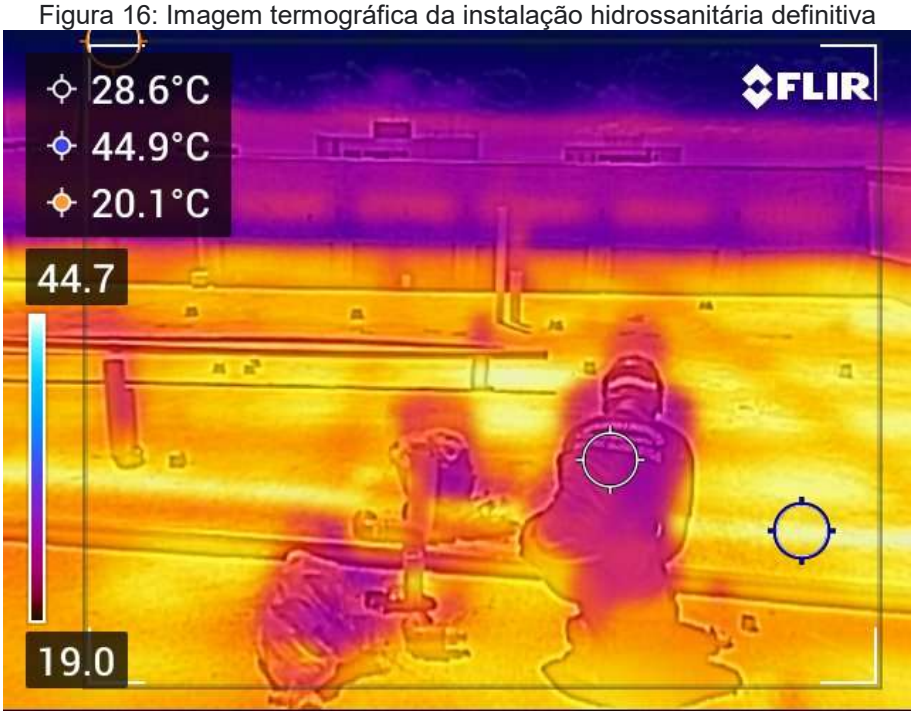
Figura 15: Instalações hidrossanitárias provisórias e definitivas na laje técnica



Fonte: Autor, 2025

Para realização de tal atividade, considerou-se como um serviço de trabalho moderado com dois braços, sentado, ou seja, de taxa metabólica de 252 W e em pé, de 198 W, conforme apresentado na Figura 16 por meio da imagem termográfica da atividade.

Figura 16: Imagem termográfica da instalação hidrossanitária definitiva



Fonte: Autor, 2025

Ao analisar a Figura 16, observa-se que a temperatura corporal do trabalhador é de 28,6 °C, enquanto ele executa a atividade de instalação hidrossanitária definitiva. A laje maciça, por sua vez, apresentou uma temperatura de 44,9 °C, valor elevado que pode impactar diretamente na sensação térmica e no bem-estar do trabalhador durante a execução da tarefa. Por fim, como a imagem não apresenta áreas sombreadas, a câmera termográfica direcionou o foco para uma região escura do céu, entre as nuvens, registrando uma temperatura de 20,1 °C, destacada em laranja. No entanto, essa medição tende a ser imprecisa, devido à grande distância entre a câmera e as nuvens.

Na quinta-feira, dia 27 de março de 2025, o céu apresentou-se bastante nublado e com condições favoráveis para atividades de maiores taxas metabólicas, com o IBUTG marcando na primeira medição do dia 25,7ºC, conforme a Figura 17.

Figura 17: IBUTG do dia 27 de março de 2025



Fonte: Autor, 2025

A principal atividade a céu aberto do dia 27 de março de 2025 foi a execução do tratamento para posterior impermeabilização da piscina, localizada no pilotis do edifício, bem como a elevação de alvenaria da hidro sauna, atividades em pé e moderadas com os dois braços, ou seja, de taxa metabólica de 279 W, ilustradas na Figura 18 e Figura 19.

Figura 18: Início do tratamento para posterior impermeabilização da piscina localizada no pilotis



Fonte: Autor, 2025

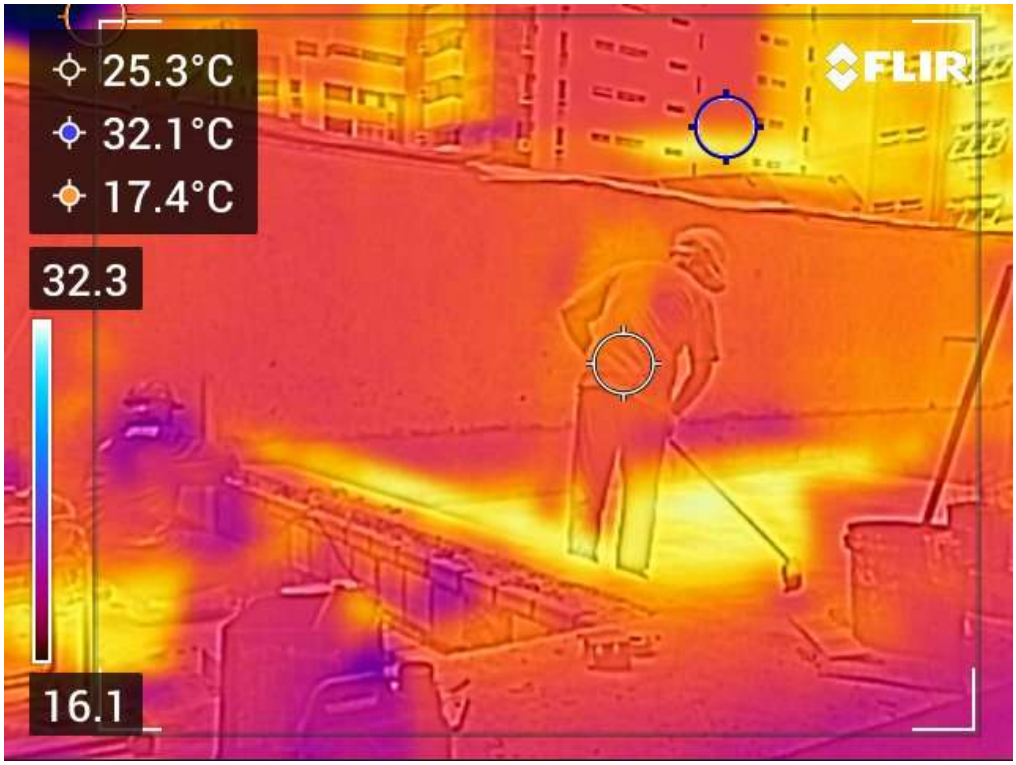
Figura 19: Elevação de alvenaria da hidro sauna



Fonte: Autor, 2025

Ainda, analisou-se a atividade do colaborador que estava varrendo a região da piscina, conforme demonstra a imagem termográfica da Figura 20, atividade de taxa metabólica de 320 W.

Figura 20: Trabalho de varrer na região da piscina

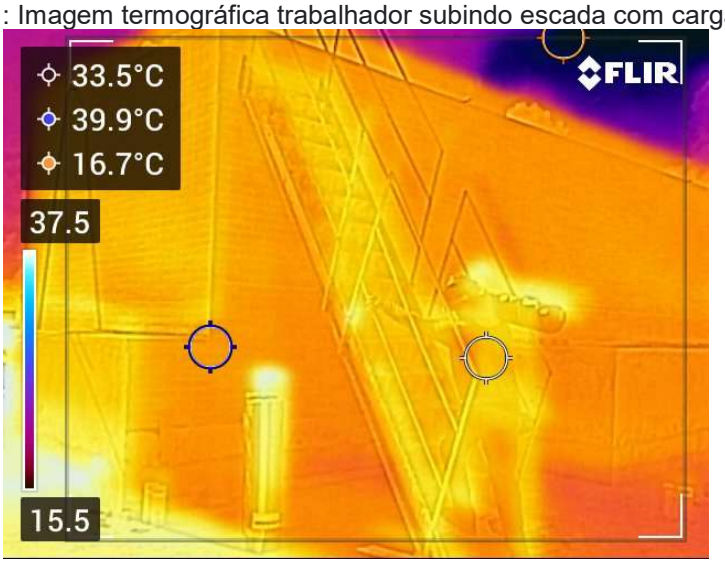


Fonte: Autor, 2025

Dessa forma, constatou-se que as medições termográficas apresentadas na Figura 20 registraram temperaturas mais baixas em comparação aos demais registros. A temperatura corporal do trabalhador foi de 25,3 °C, enquanto o anteparo de um edifício vizinho apresentou 32,7 °C. Como a imagem não continha áreas sombreadas próximas, a câmera FLIR C3-X direcionou o foco para nuvens distantes, resultando na marcação de uma temperatura de 17,4 °C, valor que deve ser interpretado com cautela devido à distância do objeto analisado.

Posteriormente, no dia 28 de março de 2025, a equipe de impermeabilização voltou ao pavimento coberta para propriamente iniciar o processo da impermeabilização do reservatório superior. Porém, para execução de tal atividade, foi executado um trabalho de subir escada com carga (20 kg ou mais), Figura 21 e Figura 22, atividade de 648 W e que ultrapassa qualquer IBUTG de LEO para trabalhadores aclimatizados.

Figura 21: Imagem termográfica trabalhador subindo escada com carga (20kg)



Fonte: Autor, 2025

Figura 22: Trabalhador subindo escada com rolo da manta asfáltica para impermeabilização

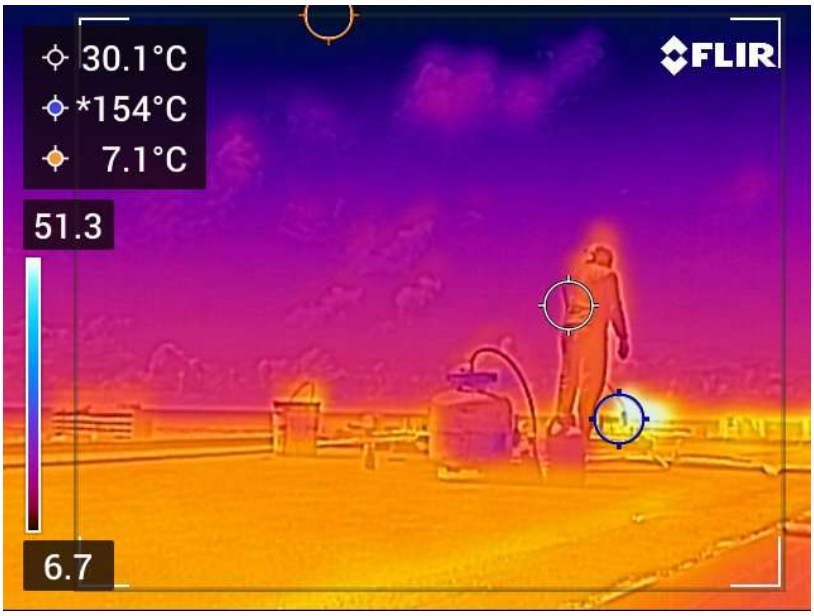


Fonte: Autor, 2025

Além de se tratar de uma atividade com alta taxa metabólica, observa-se na Figura 21 que a câmera termográfica registrou a temperatura corporal do trabalhador em 33,5 °C. O reservatório superior apresentou uma temperatura de 39,9 °C e, devido à ausência de áreas sombreadas na imagem, a câmera focou nas nuvens distantes, registrando 16,7 °C. Dessa forma, verifica-se que a atividade foi realizada durante um período com elevado índice de IBUTG, caracterizando uma situação de extrapolação do Limite de Exposição Ocupacional ao calor, o que pode representar riscos à saúde e ao desempenho do trabalhador.

Ainda, após subir a escada com carga, o trabalhador realizou atividade em pé, em movimento e com carga, parte do processo da impermeabilização, sendo a taxa metabólica de 333 W, conforme as Figura 23 (correspondente à imagem termográfica da situação) e Figura 24.

Figura 23: Imagem termográfica do trabalhador realizando o processo de impermeabilização com manta asfáltica



Fonte: Autor, 2025

Figura 24: Trabalhador realizando o processo de impermeabilização com manta asfáltica



Fonte: Autor, 2025

Ao analisar a Figura 23, percebe-se que o técnico de impermeabilização estava diante de uma temperatura de 154 ºC, demarcada na cor azul pela câmera termográfica, e sua temperatura corporal chegando a 30,1 ºC. Entretanto, como não havia um anteparo adequado para identificar a menor temperatura no ambiente, essa terceira medição tornou-se imprecisa e não pôde ser considerada de forma conclusiva.

Além disso, era de se prever que a temperatura registrada do maçarico (aparelho da impermeabilização com manta asfáltica) fosse muito alta, sendo registrados 154 ºC, pois esse calor é necessário para derreter o asfalto e garantir a aderência da manta à superfície. Para facilitar a aderência da manta asfáltica ao solo, foi aplicada uma camada de *primer*, constituído pela emulsão asfáltica de função aderente.

Ainda, no intervalo das 9 h às 10 h foi constatado o colaborador repousando na sombra do pavimento devido ao calor a que estava exposto, sendo necessária pausa para aclimatização e hidratação.

Vale ressaltar que na última sexta-feira de cada mês, é realizada rodada de revisão e discussão do Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR no canteiro de obras com todos os colaboradores e as atividades são encerradas 30 minutos mais cedo para que possa ocorrer o evento.

Os temas abordados no PGR são sempre de atividades que estão ocorrendo na fase em que se encontra a obra e precisam de mais atenção dos colaboradores e, por coincidência, o tema abordado no mês de março foi a ‘Prevenção contra agentes físicos’, como ilustrado na Figura 25, tema no qual a exposição ocupacional ao calor está englobada.

A empresa terceirizada responsável pelos técnicos e engenheiros de SST escolheu esse tema para o momento justamente pela vasta quantidade de atividades que estão ocorrendo no pavimento coberta no período de março-abril, as quais estão sendo objeto de estudo deste trabalho acadêmico.

Figura 25: Tema do PGR no período de coleta de dados do campo



Fonte: Autor, 2025

Nesta ocasião, o engenheiro de SST ressaltou tópicos importantes deste trabalho acadêmico, como a aclimatização; pausas na jornada de trabalho para hidratação; os trabalhadores que estão em exposição ao calor a céu aberto quando não se sentirem bem, irem para sombra; dentre outros assuntos que englobam os agentes físicos mas não são relevantes para este trabalho acadêmico, como ruído e poeira.

Na segunda-feira, dia 31 de março de 2025, deu-se continuidade às atividades das instalações hidrossanitárias definitivas, serviço de trabalho moderado com dois braços sentado, ou seja, de taxa metabólica de 252 W e em pé, de 198 W, conforme a Figura 26.

Figura 26: Instalações hidrossanitárias definitivas



Fonte: Autor, 2025

No dia 1 de abril de 2025, como de costume das terças-feiras no canteiro de obras analisado, ocorreu o DSS e as atividades se iniciaram por volta das 7h35. O céu apresentava-se bastante nublado, com indícios de chuva, acarretando um IBUTG baixo, como mostrado na Figura 27.

Figura 27: IBUTG do dia 01/04/2025



Fonte: Autor, 2025

A atividade do dia primeiro de abril continuou sendo a das instalações hidrossanitárias definitivas pela manhã, atividade em pé, em movimento e com carga,

ou seja, de taxa metabólica de 333 W. Entretanto, o dia que amanheceu bastante nublado culminou em fortes chuvas durante toda a tarde e as atividades a céu aberto necessitaram ser paralisadas no canteiro de obra, conforme apresentado na Figura 28.

Figura 28: Atividade do dia 1 de abril de 2025



Fonte: Autor, 2025

Na manhã do dia seguinte, 2 de abril de 2025, as atividades a céu aberto também foram paralisadas devido à chuva, tendo em vista que tanto o serviço na laje técnica quanto o de impermeabilização na piscina não puderam ocorrer pela presença de água, paralisando todas as atividades nestes locais, como demonstrado na Figura 29 e Figura 30.

A chuva cessou por volta das 11 h, mas como o almoço dos funcionários inicia às 11h45, a equipe de engenharia preferiu manter os trabalhadores em outras atividades que fossem em ambientes cobertos.

Após o horário de almoço, as atividades da instalação hidrossanitária definitiva voltaram no pavimento da coberta e duraram até o final da tarde, tendo em vista que a chuva cessou durante este período.

Figura 29: Pingos de chuva caindo na piscina e impossibilitando a impermeabilização



Fonte: Autor, 2025

Figura 30: Pavimento da laje técnica coberto por água de chuva

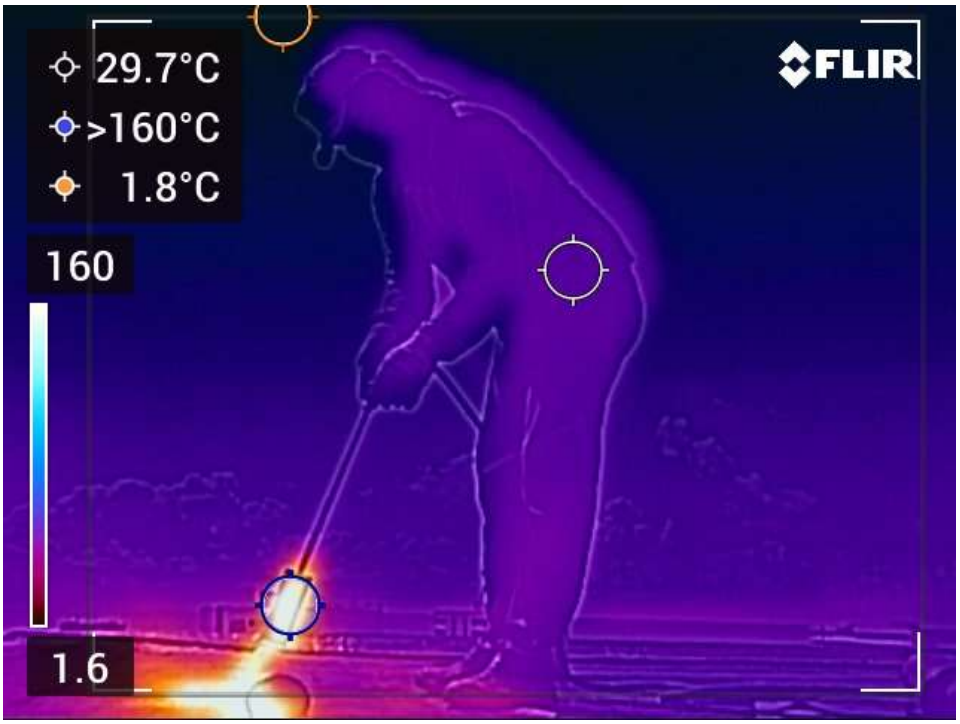


Fonte: Autor, 2025

Na quarta-feira, dia 3 de abril de 2025, o serviço de impermeabilização voltou no reservatório superior da laje técnica, serviço o qual possui uma taxa metabólica elevada, pois o trabalhador necessita subir escada, em movimento e com peso, ou seja, uma taxa metabólica de 648 W. O operário, após subir com os rolos de manta asfáltica, realizou o serviço da impermeabilização com manta asfáltica, com o

aparelho registrando temperaturas acima de 160ºC, como registraram a imagem termográfica, na Figura 31, e seguida pela Figura 32, sendo a descrição da atividade.

Figura 31: Imagem termográfica do trabalhador fazendo a impermeabilização no reservatório superior



Fonte: Autor, 2025

Figura 32: Trabalhador fazendo a impermeabilização no reservatório superior



Fonte: Autor, 2025

No final do dia 3 de abril de 2025, o trabalhador finalizou o serviço da impermeabilização do reservatório superior, apresentando na Figura 33, e abriu frente de trabalho para que pudesse ser realizado o piso do mesmo.

Figura 33: Impermeabilização do reservatório superior finalizada



Fonte: Autor, 2025

No dia 4 de abril de 2025 foi realizada a continuidade da impermeabilização da piscina, com o trabalhador deixando a área limpa, um trabalho de varrer, com taxa metabólica de 320 W para posterior aplicação da manta asfáltica, conforme apresentado na Figura 34.

Figura 34: Limpeza da piscina para posterior impermeabilização



Fonte: Autor, 2025

Ainda, na tarde da sexta-feira, foi finalizada a proteção mecânica do reservatório superior, realizada com argamassa com o intuito de ser uma camada que protege a impermeabilização de danos causados por impactos, pressão e umidade.

Na manhã de segunda-feira, dia 7 de abril de 2025, já com a proteção mecânica finalizada no reservatório superior, apresentada na Figura 35, o mestre de obras foi com o pedreiro responsável pelo emestramento do reservatório superior para posterior execução do contrapiso. Nesta ocasião, foi passada a medida das mestras, a direção do caimento e como o serviço seria realizado, conforme apresentado na Figura 36, a qual consiste na imagem termográfica da situação, e Figura 37, sendo demonstrada o mestre de obras explicando o emestramento do reservatório superior.

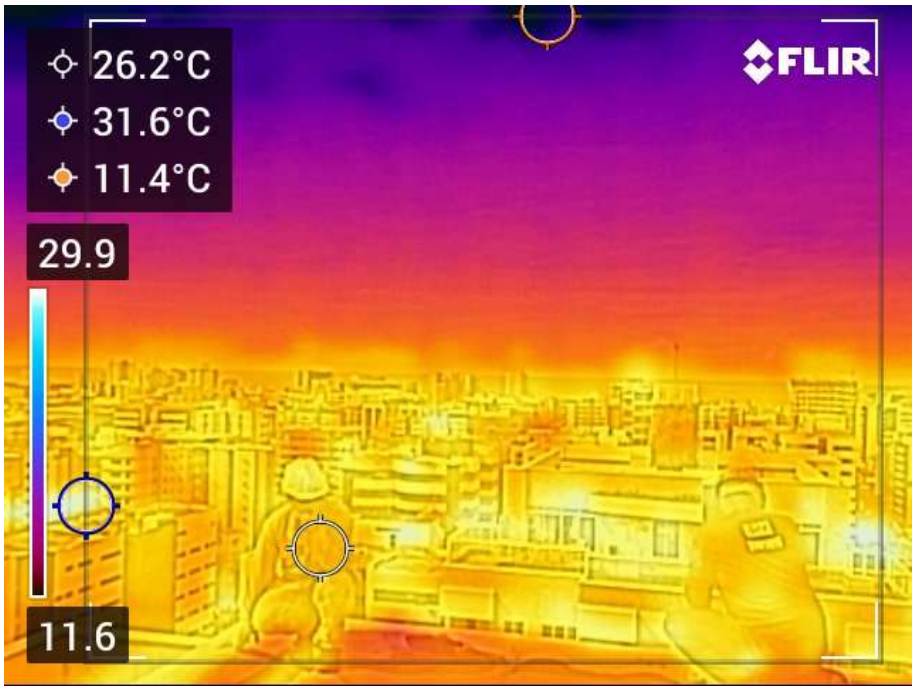
Figura 35: Proteção mecânica finalizada na sexta feira e reservatório superior pronto para revestimento



Fonte: Autor, 2025

Para realizar o serviço de emestramento, o trabalhador necessitou subir as escadas com carga do reservatório, atividade de 648 W, além da sua atividade de ficar agachado realizando trabalho moderado com os dois braços, ou seja, taxa metabólica de 279 W.

Figura 36: Imagem termográfica do mestre de obras explicando o emestramento do reservatório superior



Fonte: Autor, 2025

Figura 37: Mestre de obras explicando o emestramento do reservatório superior

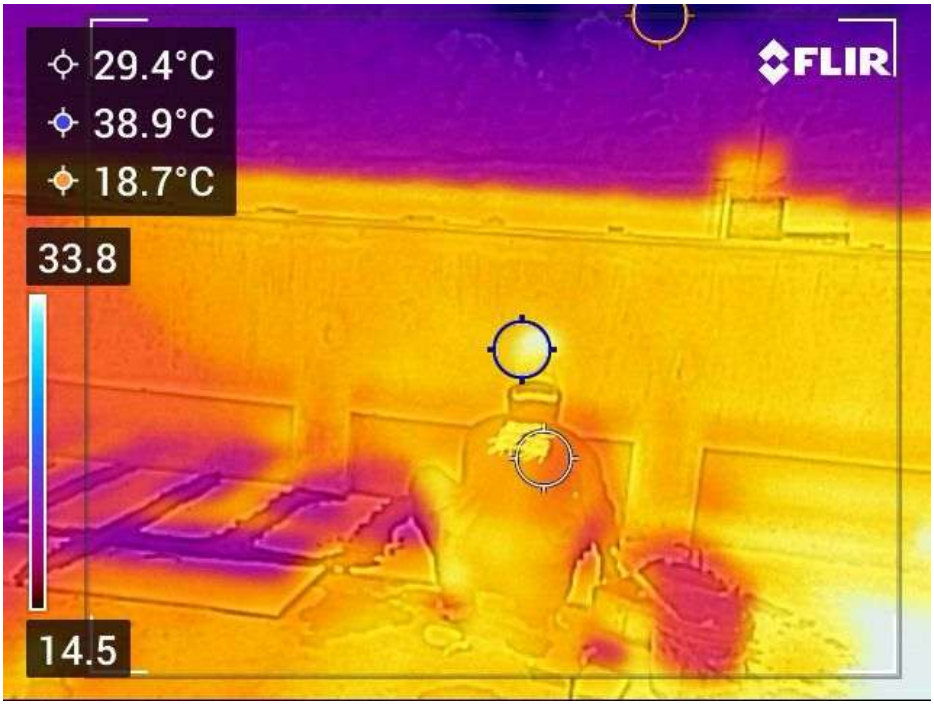


Fonte: Autor, 2025

Na terça-feira, dia 9 de abril, foi iniciado o serviço da aplicação das placas de EPS sobre a laje do pavimento coberta. Esse serviço é justificado pelo fato do EPS ser um excelente isolante térmico devido à sua propriedade de baixa condução térmica, ou seja, dificulta a passagem de calor. O serviço consiste na aplicação em

todo o pavimento, sendo uma atividade agachada e trabalho moderado com os dois braços, correspondendo à 279 W de taxa metabólica, conforme ilustram a Figura 38 e a Figura 39.

Figura 38: Imagem termográfica do trabalhador realizando a aplicação das placas de EPS na laje



Fonte: Autor, 2025

Figura 39: Trabalhador realizando a aplicação das placas de EPS na laje



Fonte: Autor, 2025

No dia seguinte, em 10 de abril de 2025, foi dada continuidade no serviço de aplicação das placas de EPS por todo o pavimento da coberta, conforme a Figura 40, atividade de 279 W.

Figura 40: Aplicação da camada de EPS no pavimento coberta



Fonte: Autor, 2025

Paralelamente ao serviço de aplicação das placas de EPS, outro profissional estava realizando a mureta do reservatório superior, atividade agachada e trabalho pesado com os dois braços, sendo 315 W sua respectiva taxa metabólica, ilustrada na Figura 41.

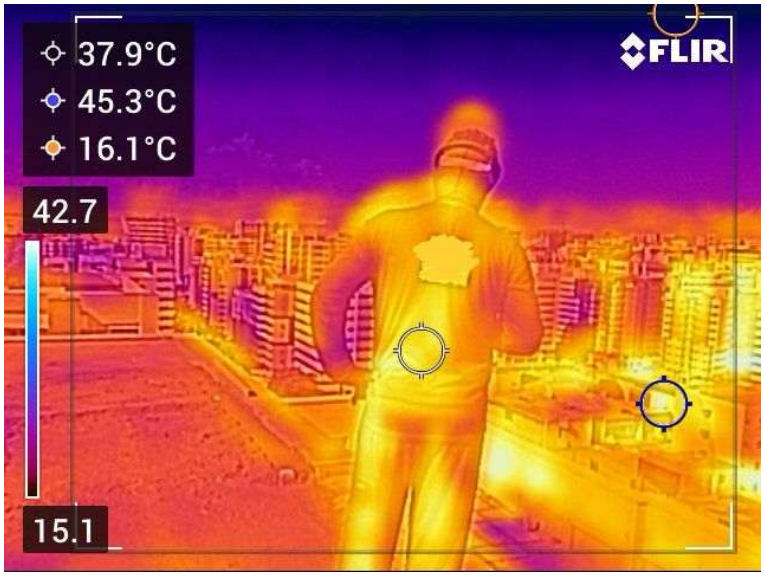
Figura 41: Trabalhador realizando a mureta do reservatório superior



Fonte: Autor, 2025

Por fim, na quinta-feira, dia 10 de abril de 2025, deu-se continuidade ao serviço do contrapiso no reservatório superior, tendo em vista que o emestramento e a mureta foram finalizados no dia anterior. Entretanto, esse serviço foi realizado no horário mais quente do dia, com IBUTG marcando 31,5 ºC. O serviço variava no trabalhador em pé ou agachado, sendo um trabalho pesado com os dois braços, sendo a taxa metabólica de 315 W, conforme demonstram a Figura 42 e a Figura 43.

Figura 42: Imagem termográfica do trabalhador executando o contrapiso do reservatório superior



Fonte: Autor, 2025

Figura 43: Trabalhador executando o contrapiso do reservatório superior



Fonte: Autor, 2025

Percebe-se que a temperatura corporal do trabalhador registrou 37,9 ºC, momento no qual o IBUTG era de 31,5 ºC. A melhor alternativa em casos como esse é redirecionar tais atividades para horários de temperaturas mais amenas, como no final das tardes.

Os serviços da aplicação das placas de EPS e a execução do contrapiso no reservatório superior foram finalizados e os registros fotográficos foram realizados na quarta-feira (16/04) pela manhã, data em que a medição já havia sido finalizada, conforme demonstra a Figura 44.

Figura 44: Serviço do contrapiso finalizado no reservatório superior e aplicação da camada de EPS



Fonte: Autor, 2025

As imagens acima foram fotografadas na manhã do dia 16 de abril de 2025, quarta-feira, na qual as medições já haviam sido finalizadas, tendo em vista que foram concluídas as 3 semanas de medição ininterruptas nas 9 horas diárias de trabalho, que devido aos funcionários largarem mais cedo na sexta-feira, totalizaram 132 horas de medição.

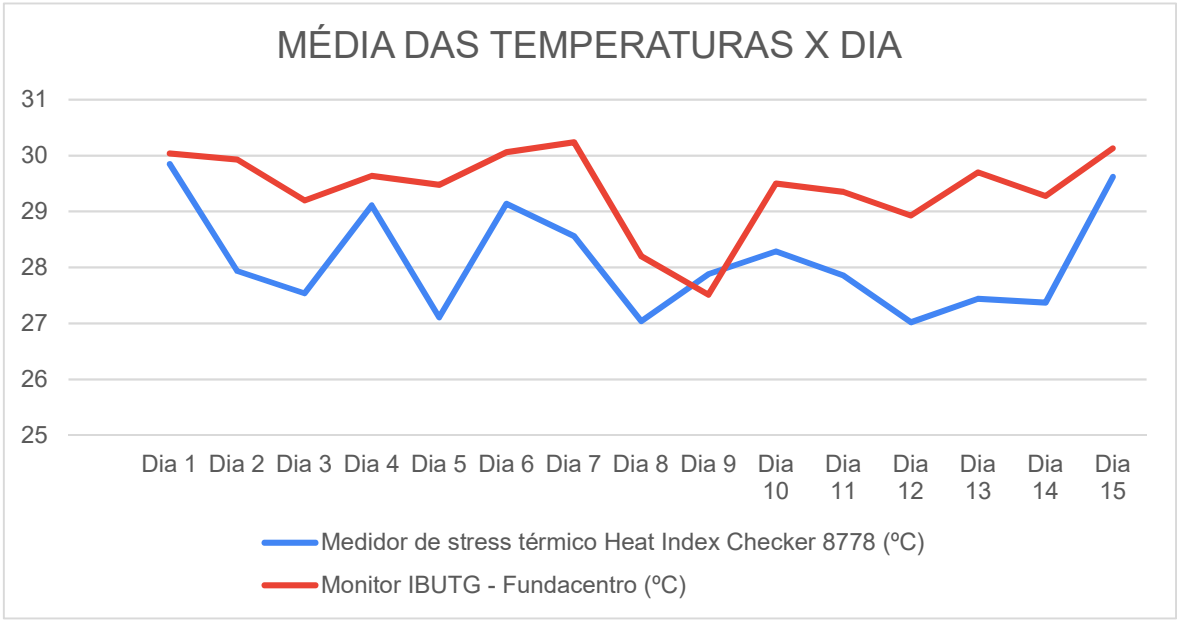
Tendo em vista que as medições em campo foram finalizadas ao completar as 132 horas de medição, uma tabela foi gerada considerando a média das temperaturas por dia, bem como um gráfico que facilita a visualização das comparações das médias das temperaturas registradas nas medições de campo e no Monitor IBUTG (Fundacentro), conforme a Tabela 5 e a Figura 45.

Tabela 5: Média das temperaturas x dia da medição

Dia da Medição	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778 (ºC)	Monitor IBUTG – Fundacentro (ºC)
Dia 1	29,85	30,04
Dia 2	27,94	29,93
Dia 3	27,54	29,2
Dia 4	29,11	29,64
Dia 5	27,11	29,48
Dia 6	29,14	30,06
Dia 7	28,56	30,24
Dia 8	27,04	28,20
Dia 9	27,88	27,51
Dia 10	28,29	29,50
Dia 11	27,86	29,35
Dia 12	27,02	28,93
Dia 13	27,44	29,7
Dia 14	27,37	29,28
Dia 15	29,62	30,13

Fonte: Autor, 2025

Figura 45: Comparação entre as médias de temperatura pelas medições X Dia



Fonte: Autor, 2025

Ao realizar a comparação entre as médias de temperatura por dia entre as medições realizadas em campo e o Monitor IBUTG (Fundacentro), percebe-se que foi seguido um padrão das medições da Fundacentro possuírem temperaturas mais elevadas em 14 dos 15 dias medidos, com exceção do dia 9.

Este padrão pode ser compreendido pelo fato de que o Monitor IBUTG não realiza medições no intervalo das 7 h às 8 h, tendo em vista que o mesmo foi desenvolvido para fins de atividades rurais e programado para medir das 8 h às 17 h. Desta forma, as medições em campo foram realizadas normalmente, tendo em vista que as atividades na construção civil se iniciam às 7 h. Porém, este horário de medição é justamente um de menor temperatura devido ao dia ainda iniciar e a baixa incidência solar, fator este que justifica a média das medições em campo serem mais baixas que a do Monitor IBUTG.

Além desta situação do intervalo das 7 h às 8 h, constatou-se que 13 dos 15 dias de medição, tiveram um outro horário no qual faltaram medições, sendo as exceções os dias 27 de março de 2025 e o dia 2 de abril de 2025, que tiveram todos os dados registrados na plataforma no período analisado, conforme demonstrado no APÊNDICE B. Essa ausência de informações também impacta diretamente no cálculo da média, uma vez que, em alguns casos, as medições em campo registraram temperaturas mais amenas, enquanto o monitor indicou "falta de dados". Vale ressaltar que os dados do Monitor IBUTG são de origem do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os dados analisados neste trabalho acadêmico eram os da coluna “IBUTG ajustado ºC”.

Ademais, outra justificativa para a média do campo ser mais baixa que da Fundacentro foi o fato de a medição em campo ser realizada uma única vez no intervalo de uma hora, enquanto as medições do Monitor IBUTG são realizadas por satélite do INMET e levam em consideração todo o intervalo de 1 hora. Assim sendo, justifica-se as medições em campo serem menores, pois no momento da medição poderia ter uma variação na velocidade do vento, uma nuvem no céu que inibisse a incidência solar, uma variação na velocidade do ar, todos estes fatores que influenciam diretamente na medição do IBUTG.

Em relação ao dia 9, o qual foi o único dia em que a média da medição do Monitor IBUTG superou a média do campo, esta superação está relacionada diretamente à ocorrência de chuvas no período da manhã no dia 2 de abril de 2025, como mencionado acima e registrado pelas Figuras 29 e 30, bem como na seção

APÊNDICE A. Consequentemente, com as medições sendo cessadas no período da manhã, o qual registra as maiores temperaturas, a tendência é de que a média diária realmente esteja mais baixa nesta ocasião, pois o INMET registrou normalmente as medições neste horário, fator que explica a média superior do monitor desenvolvido pela Fundacentro.

Percebe-se que a taxa metabólica das atividades ultrapassou a taxa metabólica limite em 54 das 123 medições (43,9%), considerando a tabela de LEO ao calor, conforme demonstra a tabela presente na seção APÊNDICE A. Em relação ao NA, observa-se que das 123 medições realizadas, 110 (89,43%) ultrapassaram o valor determinado na NHO 06 (FUNDACENTRO, 2025) para trabalhadores aclimatizados.

Importante destacar que para análises quanto ao nível de ação a ser adotado para exposições ocupacionais ao calor, esse valor corresponde ao Limite de Exposição Ocupacional não aclimatizados, conforme a NHO 06 (FUNDACENTRO, 2025).

Para refinamento dos levantamentos realizados, a Tabela 6 apresenta comparação entre os dados extraídos na etapa de campo, por meio do equipamento *Heat Index Checker 8778* (ºC) e aqueles extraídos do Monitor IBUTG da Fundacentro.

Tabela 6: Análises quantitativas das amostras

	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778 (ºC)	**Monitor IBUTG - Fundacentro (ºC)**
Mínimo (º C)	24,9	25,1
Máximo (º C)	31,5	31,3
Média (º C)	28,1	29,4
Tamanho (n)	123	97
Classes	11	9
Incremento	0,6	0,7
Desvio padrão (σ)	1,5	1,3

Fonte: Autor, 2025

A comparação entre os dados obtidos por meio do levantamento de campo equipamento *Heat Index Checker* 8778 (ºC), e extraídos do Monitor IBUTG da Fundacentro, mostram um padrão dos registros do IBUTG mínimo e máximo de ± 0,2 ºC e na média em ± 1,3 ºC.

A verificação do desvio padrão (σ) de cada um dos levantamentos busca verificar o quão dispersas são as temperaturas a partir da média de cada uma das

amostras (n = 123 e n = 97, respectivamente). Percebe-se que as medições realizadas durante a pesquisa apresentam um valor de σ = 1,5; ou seja, superior ao conjunto de temperaturas extraídas do Monitor IBUTG – Fundacentro (ºC). No âmbito da pesquisa, isso pode significar algum tipo de falha no levantamento do IBUTG, ou mesmo equipamento descalibrado, se considerar maior precisão do Monitor IBUTG da Fundacentro. No entanto, esses valores podem apontar para algum tipo de limitação do Monitor, especialmente se considerarmos que o seu desenvolvimento foi voltado para o trabalho rural.

Ao comparar os resultados obtidos em campo com os fornecidos pelo Monitor IBUTG, ao longo do processo foi selecionada a opção de 'solo coberto, vegetação baixa (gramado)', pois esta é a alternativa do valor médio dentre as opções existentes no site (cerrado; culturas (cana de açúcar, soja, arroz, trigo, amendoim, etc); solo coberto, vegetação baixa (gramado); solo para o plantio seco; solo para plantio úmido e mais escuro). Como a plataforma foi desenvolvida com foco no trabalho rural, foi importante a definição por parte da Fundacentro do valor do albedo do solo (αgr), o qual corresponde à consideração do calor recebido pelo trabalhador devido à reflexão solar da superfície. Tendo em vista essa consideração da escolha do solo, esta é considerada como um fator limitante na utilização do Monitor IBUTG, pois devido à limitação, optou-se por um tipo de solo que não corresponde exatamente ao cenário tratado. Para validar ainda mais a relevância do Monitor IBUTG, foram testados os diferentes tipos de solo para um mesmo dia de análise e isso mostrou que mudaria $\pm$ 0,2ºC no IBUTG retornado pela plataforma.

A Tabela 7 apresenta a distribuição dos IBUTG's em classes e frequências, considerando a amostra de cada um dos levantamentos realizados – equipamento Heat Index Checker 8778 (ºC) e Monitor IBUTG – Fundacentro (ºC).

Tabela 7: Distribuição dos IBUTG em classes e frequências

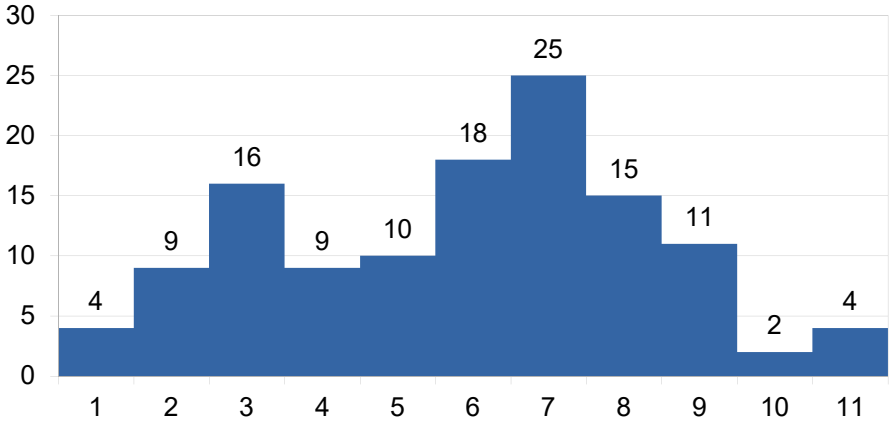
Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778 (ºC)			**Monitor IBUTG - Fundacentro (ºC)**		
Classe	**Corte**	**Frequência**	**Classe**	**Corte**	**Frequência**
1	25,5	4	1	25,8	3
2	26,1	9	2	26,5	0
3	26,7	16	3	27,2	3
4	27,3	9	4	27,9	10
5	27,9	10	5	28,5	8
6	28,5	18	6	29,2	8

7	29,1	25	7	29,9	25
8	29,7	15	8	30,6	26
9	30,3	11	9	31,3	14
10	30,9	2			**n = 97**
11	31,5	4			
		n = 123			

Fonte: Autor, 2025

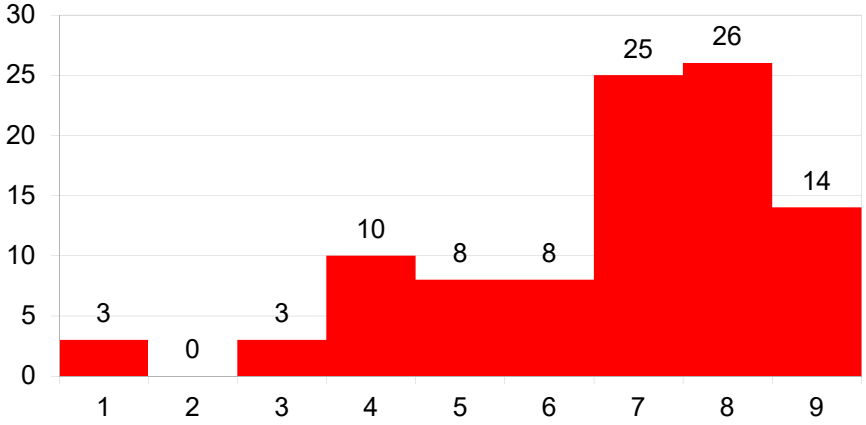
A Figura 46 apresenta a distribuição dos IBUTG referentes ao levantamento do TCC, realizado por meio do equipamento *Heat Index Checker* 8778 (ºC). A Figura 47 apresenta a distribuição dos IBUTG extraídos do Monitor IBUTG – Fundacentro (ºC).

Figura 46: Frequências de dados extraídos do equipamento Heat Index Checker 8778 (ºC)



Fonte: Autor, 2025

Figura 47: Frequências de dados extraídos do Monitor IBUTG – Fundacentro (ºC)



Fonte: Autor, 2025

Desta forma, ao analisar a Figura 46 e Figura 47, percebe-se que nas medições em campo, as classes 6, 7 e 8 do equipamento *Heat Index Checker* 8778 (ºC), as quais correspondem ao intervalo de temperatura entre 28,5 ºC e 29,7 ºC foram as que

possuíram maior frequência e, consequentemente, recorrência nos 15 dias de medição, representando 47,15% do total de medições realizadas. Por outro lado, nas medições do Monitor IBUTG, as classes 7 e 8 (entre 29,9 ºC e 30,6 ºC) foram as que possuíram maior incidência, com frequência de 25 e 26 vezes, respectivamente, representando 52,58% do total de medições realizadas.

A partir destes percentuais de incidência das temperaturas, é possível prescrever as atividades que se encaixam nas taxas metabólicas dos LT para estas temperaturas aferidas. Sendo assim, a equipe de engenharia, baseada na Tabela 10 ‘Tipo de atividade executada pelo colaborador e sua respectiva taxa metabólica’, presente no Anexo nº3 da NR 15, consegue direcionar atividades de menores taxas metabólicas para tais temperaturas, da mesma forma que deve direcionar atividades de maiores taxas metabólicas para temperaturas mais amenas.

Na amostra analisada, como as medições ultrapassaram os LEO em 43,9%, tais parâmetros entram no critério de insalubridade. A NR-15 (BRASIL, 2022) caracteriza a extrapolação de insalubridade pelo calor como sendo do grau médio, ou seja, trabalhadores que estão nestas situações de exposição ocupacional ao calor tem direito ao percentual de acréscimo de 20% em relação ao salário mínimo que eles recebem.

Assim sendo, o gestor da obra com o intuito de preservar a saúde e bem-estar dos seus trabalhadores, bem como garantir que a insalubridade não fosse extrapolada, poderia analisar e considerar medidas de controle a serem adotadas, como o remanejamento das atividades de maior taxa metabólica para temperaturas mais amenas, pausas para aclimatização e hidratação, fatores estes que melhorariam a produtividade do trabalhador e, ainda, poderiam minimizar a quantidade de operários que estivessem em condições insalubres, acarretando, consequentemente, em menos funcionários recebendo a porcentagem de acréscimo salarial de 20% sobre o salário mínimo.

Ainda, foi verificado somente em 1 momento, dentre as 132 horas de medição, o trabalhador realizando pausa na sua jornada de trabalho para realizar a aclimatização. Tal processo é de suma importância a fim de garantir que os trabalhadores não sofram dano ou agravo à saúde dos mesmos durante as suas jornadas laborais e deve sempre ser reforçado em momentos de conscientização para os trabalhadores da CC, como Diálogos Semanais de Segurança (DSS) e Programas de Gerenciamentos de Riscos (PGR).

Os efeitos do calor na saúde dos trabalhadores da construção civil são significativos; no entanto, o problema de saúde pública sem precedentes e os efeitos adversos à saúde associados ao calor podem ser facilmente reduzidos por meio de intervenções de baixo custo a exemplo de períodos de descanso, sombra e hidratação por água potável (Acharya; Boggess; Zhang, 2018).

Verificou-se que, em determinados momentos, as medições precisaram ser interrompidas devido à ocorrência de chuvas — uma condição em que as atividades a céu aberto são naturalmente paralisadas. Trata-se de um caso representativo dentro do período amostral, já que não se limitou a um único dia de medição, evidenciando a necessidade de a equipe de engenharia se adaptar constantemente às condições climáticas.

A exposição a temperaturas elevadas de forma mais frequente pode aumentar o estresse térmico, o que pode contribuir para o crescimento dos casos de enfermidades associadas ao calor, como insolação, exaustão térmica, maior vulnerabilidade a agentes químicos e sensação de fadiga. Para reduzir os impactos negativos à saúde e o consequente aumento de danos à saúde, é fundamental promover maior conscientização e implementar estratégias de adaptação voltadas à exposição ao calor intenso.

Portando, é fundamental que sejam desenvolvidos e ampliados programas de educação e capacitação voltados para a exposição ao calor no ambiente de trabalho. Além disso, torna-se imprescindível a revisão e atualização das políticas já existentes, bem como a criação de regulamentações mais específicas e de caráter obrigatório relacionadas às altas temperaturas. Tais medidas são essenciais para assegurar a implementação efetiva das ações preventivas. O enfrentamento do estresse térmico de forma eficaz demanda uma atuação integrada entre trabalhadores, empregadores, órgãos reguladores, profissionais de higiene ocupacional e demais partes interessadas.

Por fim, é essencial que as organizações adotem políticas obrigatórias de pausas e jornadas de trabalho ajustadas, a fim de auxiliar os trabalhadores a enfrentarem situações de calor extremo e prevenirem acidentes e doenças provocadas pelo estresse térmico, assim como trazer os níveis de LEO e nos valores detalhados no LT da NR 15 (BRASIL, 2022) para agentes ambientais do tipo calor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema deste trabalho acadêmico foi motivada pela vivência prática em um canteiro de obras do subsetor de edificações, durante um período de nove meses de estágio. Nesse contexto, foi possível observar a elevada exigência física das atividades da construção civil, frequentemente associadas a altas taxas metabólicas. A partir do conteúdo abordado na disciplina de Engenharia e Segurança no Trabalho — em especial no que se refere à NR 15 (BRASIL, 2022) e aos limites de tolerância ao calor segundo o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) —, identificou-se uma oportunidade relevante de alinhar os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula com a realidade prática observada no ambiente de obra, consolidando, assim, a proposta deste Trabalho de Conclusão de Curso.

O TCC foi finalizado com a sensação de êxito, visto que as 147 horas presentes no canteiro de obras foram ininterruptas e os resultados, ao confrontar as medições em campo com o Monitor IBUTG, demonstraram surpresa, tendo em vista a diferença de ±1,3 ºC na comparação das médias diárias de medição, com as medições em campo possuindo temperaturas menores que as do Monitor IBUTG.

Além disso, o procedimento adotado neste Trabalho de Conclusão de Curso foi conduzido de forma criteriosa, com a revisão de literatura sendo realizada previamente à etapa de coleta de dados em campo. Dessa maneira, o desenvolvimento teórico permitiu um direcionamento mais eficiente das atividades práticas, proporcionando maior preparo quanto aos aspectos esperados durante a execução das medições.

As medições somente se iniciaram no final de março de 2025, pois o canteiro de obras selecionado para análise iniciou neste período as atividades na sua última laje, a qual possuía alta incidência solar e foi perfeita para análise de atividades a céu aberto.

Durante o período de medições, foram registradas temperaturas elevadas e verificou-se que, em 43,9% dos casos, os trabalhadores desempenhavam atividades que extrapolavam os Limites de Exposição Ocupacional (LEO) dentre os 15 dias analisados. No que se refere ao Nível de Ação, constatou-se que, das 123 medições realizadas, 110 (89,43%) ultrapassaram o valor estabelecido pela Norma de Higiene Ocupacional nº 06 (FUNDACENTRO, 2025), para trabalhadores aclimatizados.

Por fim, é de suma importância que os conhecimentos teóricos a respeito das atividades com exposição ocupacional ao calor estejam presentes no dia a dia daqueles que trabalham nestas condições, pois muitos dos trabalhadores da construção civil não sabem da existência das normas regulamentadoras e de seus direitos garantidos por lei.

REFERÊNCIAS

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Heat Stress and Strain: TLV®Physical Agents**; American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Cincinnati, OH. USA. 2015.

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **Heat Stress and Strain: TLV®Physical Agents**; American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Cincinnati, OH. USA. 2019.

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

AHAMAD, M. A. *et al*. Systematic literature review on variables impacting organization's Zero Accident Vision in occupational safety and health perspectives. **Sustainability**, v. 14, n. 13, art. 7523, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su14137523. Acesso em: 25/04/2025.

BATES, G. P.; SCHNEIDER, J**.** Hydration status and physiological workload of UAE construction workers: a prospective longitudinal observational study. **Journal of Occupational Medicine and Toxicology**, v. 3, n. 1, p. 3–21, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1186/1745-6673-3-21. Acesso em: 25/04/2025.

BATES, G. P.; MILLER, V. S.; JOUBERT, D. M. Hydration status of expatriate manual workers during summer in the Middle East. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 54, n. 2, p. 137–143, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1093/annhyg/mep076. Acesso em: 25/04/2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras - NR.** 2020. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs . Acesso em 09/02/2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 15: Atividades e Operações Insalubres.** Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-15-nr-15. Acesso em: 31/10/2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 16: Atividades e operações perigosas.** Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-16-nr-16. Acesso em: 31/10/2024.

CHEN, N. T.; LIN, P. H.; GUO, Y. L. L. Long-term exposure to high temperature associated with the incidence of major depressive disorder. **Science of the Total Environment**, v. 659, p. 1016–1020, 2019.

CHEUNG, S. S.; LEE J. K. W.; OKSA, J. Thermal stress, human performance, and physical employment standards. **Appl Physiol Nutr Metab**, v. 41, p, 148-164, 2016.

CHINNADURAI, J. *et al*. Influence of occupational heat stress on labour productivity – a case study from Chennai, India. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 2, p. 245–255, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1108/IJPPM-08-2014-01217. Acesso em: 25/04/2025.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa:** métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed**,** 2007. 248 p.

D' ALFANO, D. A. F. R. *et al*. WBGT Index revisited after 60 years of use. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 58, p. 955–970, 2014.

DONG, X. S. *et al*. Heat-related deaths among construction workers in the United States. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 62, n. 12, p. 1047–1057, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ajim.23024. Acesso em: 25/04/2025.

FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Exposição ao calor em trabalhos a céu aberto: guia de orientações gerais.** São Paulo: Fundacentro, 2024. Disponível em: https://apisobrecarga.fundacentro.gov.br/doc/Guia-Calor.pdf. Acesso em: 30/05/2025

FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Norma de Higiene Ocupacional - NHO 06: Avaliação da exposição ocupacional ao calor.** São Paulo: Fundacentro, 2025. Disponível em: http://arquivosbiblioteca.fundacentro.gov.br/exlibris/aleph/a23_1/apache_media/7DSKT5D4SHH4FVGY2MHH6UYBV5CX5L.pdf. Acesso em: 30/05/2025.

GILLEN, M.; GITTLEMAN, J. L. Path forward: Emerging issues and challenges. **Journal of Safety Research**, v. 41, p. 301–306, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PAIC - Pesquisa Anual da Indústria da Construção.** 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html. Acesso em: 31/10/2024.

JACKLITSCH, B. *et al*. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments - Revised Criteria 2016. **U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH**, 159 p., 2016.

JIA, A. Y. *et al*. Institutions and institutional logics in construction safety management: the case of climatic heat stress. **Construction Management and Economics**, v. 35, n. 6, p. 338–367, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1296171. Acesso em: 25/04/2025.

KJELLSTROM, T. *et al*. Occupational heat stress: contribution to WHO project on “Global assessment of the health impacts of climate change”, which started in 2009. Health and Environment International Trust Technical Report, No. 2014: 4. **Mapua, New Zealand: Health and Environment International Trust**, 2014. Disponível em: http://climatechip.org/sites/default/files/publications/TP2014_4_Occupational_Heat_Stress_WHO.pdf. Acesso em: 25/04/2025.

KOEHN, E.; BROWN, G. Climatic effects on construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 111, n. 2, p. 129–137, 1985. Disponível em: https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1985)111:2(129). Acesso em: 25/04/2025.

KRAKE, A. M. Extremes of temperature. In: LEVY, B. S.; WEGMAN, D. H.; BARON, S. L. *et al*., editors. **Occupational and environmental health: recognizing and preventing disease and injury**. 7th ed. New York, NY: Oxford University Press, Inc., p. 271–288, 2018.

LI, X. *et al*. Evaluating the impacts of high-temperature outdoor working environments on construction labor productivity in China: a case study of rebar workers. **Building and Environment**, v. 95, p. 42–52, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.09.005. Acesso em: 25/04/2025.

LIANG, C. *et al*. A new environmental heat stress index for indoor hot and humid environments based on Cox regression. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2472–2479, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.06.013. Acesso em: 25/04/2025.

MCINNES, J. A. *et al*. Working in hot weather: a review of policies and guidelines to minimise the risk of harm to Australian workers. **Injury Prevention**, v. 23, n. 5, p. 334–339, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1136/injur yprev-2016-042204. Acesso em: 25/04/2025.

MILLER, V. *et al*. Self-pacing as a protective mechanism against the effects of heat stress. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 55, p. 548–555, 2011.

MINISTRY OF HEALTH, LABOUR AND WELFARE, JAPAN**. Occurrence of Fatalities and Injuries Due to Heat Stroke in the Workplace.** 2019. Disponível em: https://www.mhlw.go.jp/content/11303. Acesso em: 25/04/2025.

MOOHIALDIN, 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.

NEVAREZ, J. OSHA compliance issues: OSHA heat stress fatality investigation of a Latino landscaping worker. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 10, n. 6, p. D67–D70, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1080/15459624.2013.784177. Acesso em: 25/04/2025.

NOTLEY, S. R.; FLOURIS, A. D.; KENNY, G. P. Occupational heat stress management: does one size fit all? **American Journal of Industrial Medicine**, v. 62, p. 1017–1023, 2019.

OMS - Organização Mundial da Saúde**. Health Factors Involved in Working Under Conditions of Heat Stress: Report of a WHO Scientifc Group (Geneva).** 1969.

OSHA - Occupational Safety and Healthy Administration. **Directorate of Technical Support and Emergency Management. OSHA Technical Manual (OTM)**. 2017. Disponível em: https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_

SAKOI, T. *et al*. Heat balance model for a human body in the form wet bulb globe temperature índices. **Journal of thermal biology,** v. 71, p. 1-9, 2018.

SAWKA, M. N.; CHEUVRONT, S. N.; KENEFICK, R. W. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. **Experimental Physiology**, v. 97, n. 3, p. 327–332, 2012.

SETT, M.; SAHU, S. Effects of occupational heat exposure on female brick workers in West Bengal, India. **Global Health Action**, v. 7, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3402/gha.v7.21923. Acesso em: 25/04/2025.

UENO, S. *et al*. Heat strain and hydration of Japanese construction workers during work in summer. **Annals of Work Exposures and Health**, v. 62, n. 5, p. 571–582, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1093/annweh/wxy012. Acesso em: 25/04/2025.

VARGHESE, B. M. *et al*. Are workers at risk of occupational injuries due to heat exposure? A comprehensive literature review. **Safety Science**, v. 110, p. 380–392 (part A), 2018.

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

XIAODONG, L. *et al*. Evaluating the impacts of high-temperature outdoor working environments on construction labor productivity in China: a case study of rebar workers. **Building and Environment**, v. 95, p. 45–52, 2016.

XU, Y.; CHAN, A. P. C. An investigation of heat related incidents on construction workers in Hong Kong. **The 19th Cross-Strait Conference on Occupational Safety and Health**, 2011.

YAGLOU, C. P.; MINARD, D. Control of heat casualties at military training centers. **Archives of Industrial Health**, v. 16, n. 4, p. 302-316, 1957.

YASMEEN, S. *et al*. Physiological responses of acclimatized construction workers during different work patterns in a hot and humid subtropical area of China. **Journal of Building Engineering**, v. 30, p. 1-11, 2020.

ZEFENG, L.; BINYIU, L.; ROBERT, D. B. Exploring the suitable assement method and best performance of human energy budget models for outdoor thermal comfort in hot and humid climate area. **Sustainable Cities and Society**, v. 63, Article 102323, 2020.

APÊNDICES

APÊNCICE A – IBUTG medido x Taxa metabólica limite x Taxa metabólica da atividade

Data da Medição	sexta-feira 21/03/2025				segunda-feira 24/03/2025				terça-feira 25/03/2025			
Horário	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabólica da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabó-lica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metaból-ica da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metaból-ica da atividade (W)
7 - 8 Horas	28,8	266	160	198	26,7	406	226	100	28,5	283	168	100
8 - 9 Horas	29,6	227	140	198	28	313	183	198	26,3	440	241	198
9 - 10 Horas	30,2	201	127	391	29,1	251	152	198	29,1	251	152	320
10 - 11 Horas	29,6	227	140	320	28,2	300	177	198	28,2	300	177	320
11 - 12 Horas	29,4	236	145	198	29	256	155	198	28,1	306	180	198
13 - 14 Horas	31,1	168	110	198	28,2	300	177	198	28,1	306	180	198
14 - 15 Horas	30,2	201	127	198	28,1	306	180	320	27,3	360	205	349
15 - 16 Horas	29,9	214	134	252	27,5	346	198	198	26,6	414	230	349
16 - 17 Horas	Obra não funciona, largam de 16 horas				26,7	406	226	198	25,7	496	266	198
Data da Medição	**quarta-feira 26/03/2025**				**quinta-feira 27/03/2025**				**sexta-feira 28/03/2025**			
Horário	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabólica da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabó-lica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metaból-ica da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metaból-ica da atividade (W)
7 - 8 Horas	28,3	294	174	252	25,7	496	266	198	29,5	231	143	648
8 - 9 Horas	29,3	241	148	198	28	313	183	279	27,6	339	195	333
9 - 10 Horas	30,5	189	121	252	28,7	272	163	279	28,7	272	163	333
10 - 11 Horas	30,2	201	127	252	26,7	406	226	320	30	209	132	333
11 - 12 Horas	29	256	155	198	26,8	398	222	279	29,8	218	136	333
13 - 14 Horas	30,1	205	129	198	27,2	367	208	279	29,2	246	150	333
14 - 15 Horas	29,7	222	138	252	28,6	277	165	279	28,7	272	163	333

15 - 16 Horas	28,9	261	158	252	26,2	448	245	279	29,6	227	140	333
16 - 17 Horas	26	467	253	198	26,1	458	249	320	Obra não funciona, largam de 16 horas			

Data da Medição	segunda-feira 31/03/2025				terça-feira 01/04/2025				quarta-feira 02/04/2025			
Horário	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabóli-ca da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabóli-ca da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabóli-ca da atividade (W)
7 - 8 Horas	28,1	306	180	198	26	467	253	198				
8 - 9 Horas	29,3	241	148	252	26,9	390	219	333				
9 - 10 Horas	27	382	215	252	26,5	422	233	333	Medição paralisada devido às fortes chuvas			
10 - 11 Horas	30,2	201	127	252	28,2	300	177	333				
11 - 12 Horas	31,3	161	106	252	27,6	339	195	333				
13 - 14 Horas	27,9	319	186	198					29,8	218	136	198
14 - 15 Horas	27,2	367	208	252	Medição paralisada devido às fortes chuvas				29,7	222	138	333
15 - 16 Horas	29,3	241	148	252					26,6	414	230	333
16 - 17 Horas	26,7	406	226	252					25,4	526	279	333

Data da Medição	quinta-feira 03/04/2025				sexta-feira 04/04/2025				segunda-feira 07/04/2025			
Horário	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabóli-ca da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabóli-ca da atividade (W)	IBUTG medido (ºC)	Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido	Nível de ação para o IBUTG medido	Taxa metabóli-ca da atividade (W)
7 - 8 Horas	27,8	325	189	648	25,8	486	262	320	25,6	506	270	198
8 - 9 Horas	28,6	277	165	333	26,4	431	237	320	26,3	440	241	648
9 - 10 Horas	27,5	346	198	648	28,6	277	165	198	28,6	277	165	279
10 - 11 Horas	28,1	306	180	333	28,7	272	163	320	29,3	241	148	648
11 - 12 Horas	28,8	266	160	333	29,1	251	152	320	28,3	294	174	279
13 - 14 Horas	29,3	241	148	333	28,8	266	160	320	27	382	215	279

14 - 15 Horas	28,1	306	180	333	28,4	289	171	198	27,6	339	195	279
15 - 16 Horas	28,1	306	180	333	27,1	374	212	320	25,5	516	275	279
16 - 17 Horas	28,3	294	174	333	Obra não funciona, largam de 16 horas				25	570	298	279
Data da Medição	**terça-feira 08/04/2025**				**quarta-feira 09/04/2025**				**quinta-feira 10/04/2025**			
Horário	**IBUTG medido (ºC)**	**Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido**	**Nível de ação para o IBUTG medido**	**Taxa metabóli-ca da atividade (W)**	**IBUTG medido (ºC)**	**Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido**	**Nível de ação para o IBUTG medido**	**Taxa metabóli-ca da atividade (W)**	**IBUTG medido (ºC)**	**Taxa metabólica limite (W) para o IBUTG medido**	**Nível de ação para o IBUTG medido**	**Taxa metabóli-ca da atividade (W)**
7 - 8 Horas	25,8	486	262	198	27,4	353	201	279	30,1	205	129	315
8 - 9 Horas	29,2	246	150	279	27,8	325	189	279	31,5	155	103	315
9 - 10 Horas	28,7	272	163	279	29	256	155	315	29,9	214	134	315
10 - 11 Horas	28,9	261	158	279	28,8	266	160	315	30,6	186	119	315
11 - 12 Horas	28,9	261	158	279	29,1	251	152	315	31	171	112	315
13 - 14 Horas	27,2	367	208	279	26,3	440	241	315	28,6	277	165	315
14 - 15 Horas	27	382	215	279	26,1	458	249	315	29,3	241	148	315
15 - 16 Horas	26,4	431	237	279	26	467	253	315	28,9	261	158	315
16 - 17 Horas	24,9	582	303	279	25,8	486	262	315	26,7	406	226	315

APÊNDICE B – Comparativo Medidor de Stress Térmico Heat Index Checker 8778 x Monitor IBUTG

Dia	Sexta-feira (21/03/2025)		Segunda-feira (24/03/2025)		Terça-feira (25/03/2025)		Quarta-feira (26/03/2025)		Quinta-feira (27/03/2025)	
Medição Horário	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG - Fundacentro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG - Fundacentro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG - Fundacentro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG - Fundacentro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro
7-8 Horas	28,8	Sem dados	26,7	Sem dados	28,5	Sem dados	28,3	Sem dados	25,7	Sem dados
8-9 Horas	29,6	Sem dados	28	30,7	26,3	Sem dados	29,3	29	28	28,1
9-10 Horas	30,2	29,2	29,1	Sem dados	29,1	29,3	30,5	Sem dados	28,7	28,4
10-11Horas	29,6	30,4	28,2	30,7	28,2	Sem dados	30,2	30	26,7	30
11-12 Horas	29,4	Sem dados	29	30,7	28,1	29,8	29	29,7	26,8	30,4
13-14 Horas	31,1	30,3	28,2	30,3	28,1	29,7	30,1	30,3	27,2	30,9
14-15 Horas	30,2	30,5	28,1	29,3	27,3	29,6	29,7	30,7	28,6	30,5
15-16 Horas	29,9	29,8	27,5	29,7	26,6	29,1	28,9	29,9	26,2	30
16-17 Horas	Obra não funciona neste horário		26,7	28,1	25,7	27,7	26	27,9	26,1	27,5

Dia	Sexta-feira (28/03/2025)		Segunda-feira (31/03/2025)		Terça-feira (01/04/2025)		Quarta-feira (02/04/2025)		Quinta-feira (03/04/2025)	
Medição Horário	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG - Fundacentro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro
7-8 Horas	29,5	Sem dados	28,1	Sem dados	26	Sem dados	Medição paralisada devido às fortes chuvas	Sem dados	27,8	Sem dados
8-9 Horas	27,6	Sem dados	29,3	Sem dados	26,9	27,6		25,3	28,6	28,7
9-10 Horas	28,7	29,3	27	29,4	26,5	Sem dados		25,1	27,5	Sem dados
10-11 Horas	30	Sem dados	30,2	30,7	28,2	29,6		25,3	28,1	30,1
11-12 Horas	29,8	31,2	31,3	30,8	27,6	30,1		28,4	28,8	Sem dados
13-14 Horas	29,2	30,2	27,9	30,9	Medição paralisada devido às fortes chuvas	Sem dados	29,8	30,2	29,3	30,6
14-15 Horas	28,7	30,4	27,2	31,3		27,4	29,7	30,4	28,1	30,9
15-16 Horas	29,6	29,2	29,3	30,5		27	26,6	28,2	28,1	29
16-17 Horas	Obra não funciona neste horário		26,7	28,1		27,5	25,4	27,2	28,3	27,7

Dia Medição Horário	Sexta-feira (04/04/2025)		Segunda-feira (07/04/2025)		Terça-feira (08/04/2025)		Quarta-feira (09/04/2025)		Quinta-feira (10/04/2025)	
	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG - Fundacentro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro	Medidor de stress térmico Heat Index Checker 8778	Monitor IBUTG – Fundacen-tro
7-8 Horas	25,8	Sem dados	25,6	Sem dados	25,8	Sem dados	27,4	Sem dados	30,1	Sem dados
8-9 Horas	26,4	27,8	26,3	27,1	29,2	Sem dados	27,8	Sem dados	31,5	Sem dados
9-10 Horas	28,6	Sem dados	28,6	Sem dados	28,7	29,2	29	29,6	29,9	29,7
10-11 Horas	28,7	29,8	29,3	29,7	28,9	29,3	28,8	29,7	30,6	30,9
11-12 Horas	29,1	30,1	28,3	Sem dados	28,9	30,4	29,1	Sem dados	31	31,2
13-14 Horas	28,8	29,9	27	29,9	27,2	30,6	26,3	29,6	28,6	30,8
14-15 Horas	28,4	29,6	27,6	30,1	27	30,4	26,1	29,5	29,3	30,2
15-16 Horas	27,1	28,9	25,5	29,8	26,4	30,5	26	29,3	28,9	30,3
16-17 Horas	Obra não funciona neste horário		25	27	24,9	27,5	25,8	28	26,7	27,8

APÊNDICE C – Processo da revisão sistemática de literatura

Através da plataforma Web of Science, a etapa de revisão sistemática de literatura será incrementada a partir do protocolo Prisma.

Como processo de filtragem, foram definidas as seguintes *strings* de busca na plataforma. O critério de seleção definido foi o título dos artigos.

- *String* 1: *"civil construction" OR "civil enginee*" OR "construction worker*" OR "construction industr*"*

A presença do asterisco indica que a plataforma pode procurar por palavras que derivam do que foi mencionado antes do asterisco. Por exemplo, a partir da string de busca '*enginee*',* a plataforma irá procurar por artigos que contém as palavras *engineer, engineering, engineers*. Por isso, é indicada a aplicação dessa ferramenta, pois expande o leque de busca na plataforma e não restringe às palavras específicas.

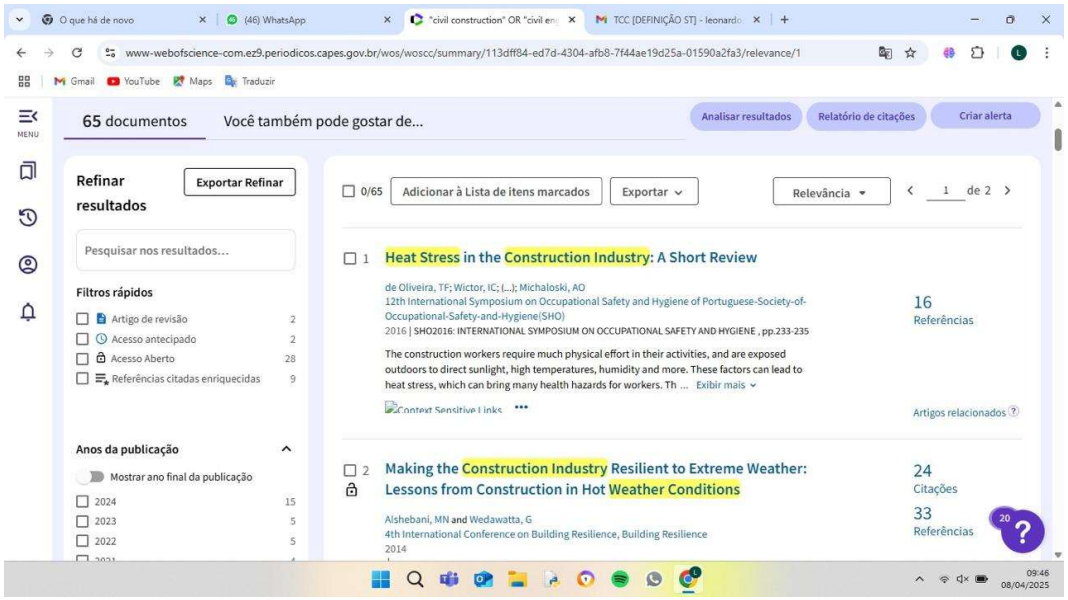
Ainda, a partir do critério de seleção '*or*', a WoS procura um artigo que possua em seu título uma das *strings* ou a outra logo após a expressão '*or*'.

Para interligar ao outro tópico principal da pesquisa acadêmica, foi utilizado o critério de seleção '*and*', no qual foi inserida a seguinte *string* de busca.

- String 2: *"Wet Bulb Globe Temperature" OR "WBGT" OR "physiological index*" OR "heat" OR "heat exposur*" OR "heat-related illness" OR "heat stress*" OR "heat sympto*" OR "weather condition*" OR "outdoor* activit*" OR "outdoor* environmen*" OR "thermal environmen* " OR "rest at work" OR "metabolic rat*" OR " hot environmen*" OR "perceiv* temperature*" OR "radiation observation*"*

  A partir destas *strings* de busca em conjunto, foram retornadas a seguinte quantidade de artigos científicos, conforme demonstra a Figura 48.

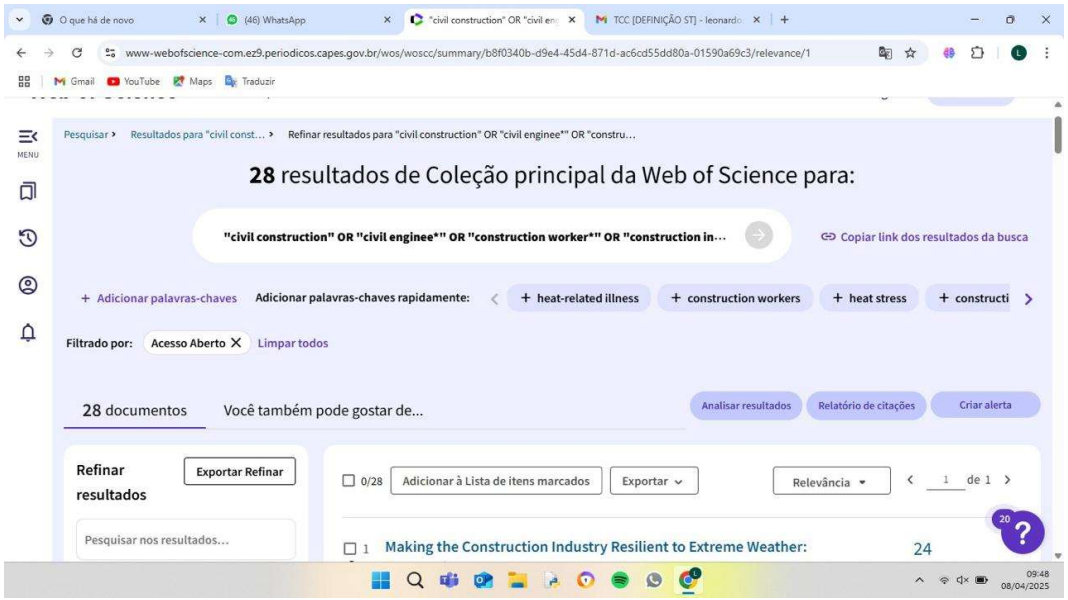
Figura 48: Retorno da quantidade de artigos a partir das *strings* de busca definidas



Fonte: WoS

Ainda, colocou-se a restrição de utilizar somente artigos de acesso aberto, para que um futuro leitor do trabalho acadêmico não possua dificuldades na hora de procura das referências do mesmo, conforme demonstra a Figura 49.

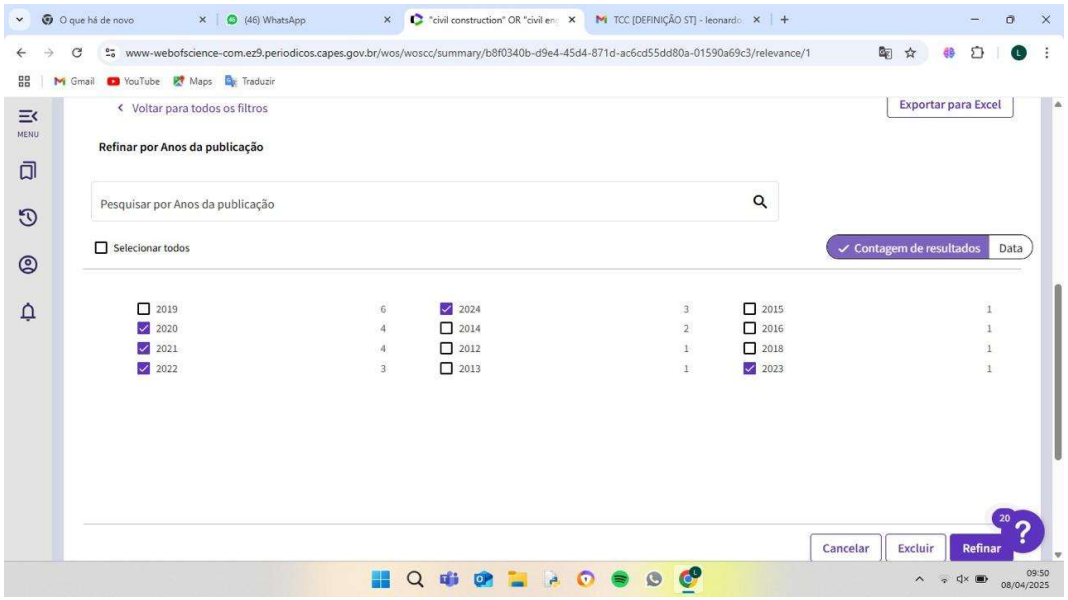
Figura 49: Filtro de acesso aberto nas *strings* de busca da WoS



Fonte: WoS

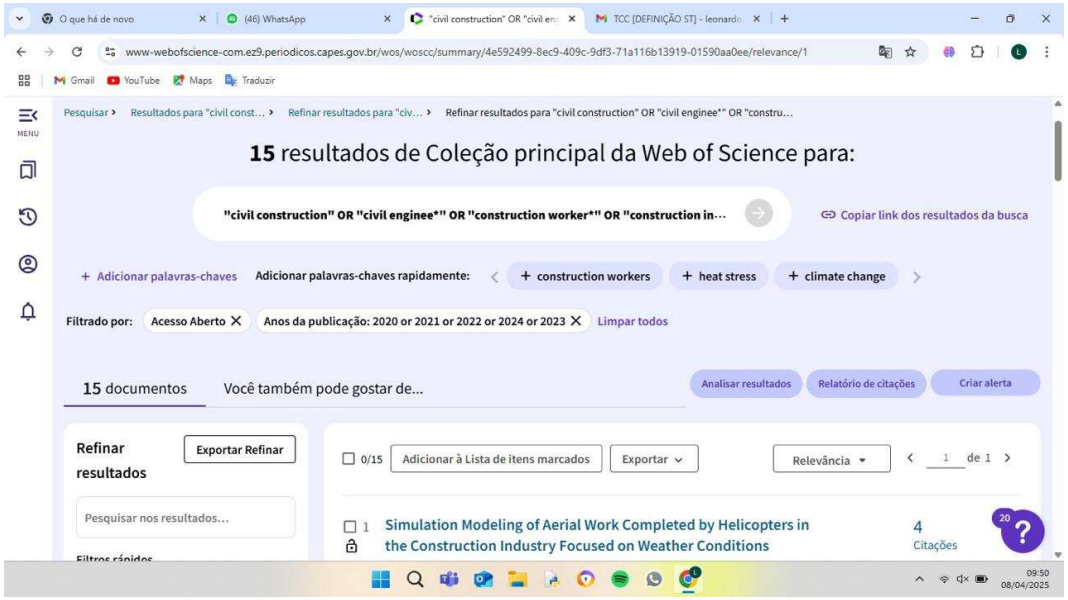
Além disso, com o fito de destacar a relevância do tema nos últimos anos, foram filtrados para o protocolo Prisma somente os artigos dos últimos 5 anos de publicação deste TCC, conforme demonstram as Figuras 50 e 51.

Figura 50: Filtro na WoS para restringir os artigos dos anos de 2020 a 2024



Fonte: WoS

Figura 51: Quantidade de artigos retornados após o filtro de artigos para os últimos 5 anos



Fonte: WoS

Desta forma, foram retornados 15 artigos científicos, todos de acesso aberto e dos últimos 5 anos de publicação. Por fim, foi realizada a leitura do item resumo de todos os 15 artigos para posterior definição de quais mais se assemelham ao tema deste trabalho acadêmico.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 8: Nível de ação para trabalhadores aclimatizados

M [W]	IBUTG MÁX [ºC]	M [W]	IBUTG MÁX [ºC]	M [W]	IBUTG MÁX [ºC]
100	31,7	183	28	334	24,3
101	31,6	186	27,9	340	24,2
103	31,5	189	27,8	345	24,1
105	31,4	192	27,7	351	24
106	31,3	195	27,6	357	23,9
108	31,2	198	27,5	363	23,8
110	31,1	201	27,4	369	23,7
112	31	205	27,3	375	23,6
114	30,9	208	27,2	381	23,5
115	30,8	212	27,1	387	23,4
117	30,7	215	27	394	23,3
119	30,6	219	26,9	400	23,2
121	30,5	222	26,8	407	23,1
123	30,4	226	26,7	414	23
125	30,3	230	26,6	420	22,9
127	30,2	233	26,5	427	22,8
129	30,1	237	26,4	434	22,7
132	30	241	26,3	442	22,6
134	29,9	245	26,2	449	22,5
136	29,8	249	26,1	456	22,4
138	29,7	253	26	464	22,3
140	29,6	257	25,9	479	22,1
143	29,5	262	25,8	487	22
145	29,4	266	25,7	495	21,9
148	29,3	270	25,6	503	21,8
150	29,2	275	25,5	511	21,7
152	29,1	279	25,4	520	21,6
155	29	284	25,3	528	21,5
158	28,9	289	25,2	537	21,4
160	28,8	293	25,1	546	21,3
163	28,7	298	25	555	21,2
165	28,6	303	24,9	564	21,1
168	28,5	308	24,8	573	21
171	28,4	313	24,7	583	20,9
174	28,3	318	24,6	593	20,8
177	28,2	324	24,5	602	20,7
180	28,1	329	24,4		

Fonte: Adaptação do anexo N.º 3 - NR 15 - Atividades e Operações Insalubres

ANEXO B

Tabela 9 - Taxa metabólica relacionado com o seu respectivo IBUTG máximo para o Limite de Exposição Ocupacional ao calor

M [W]	IBUTG MÁX [ºC]	M [W]	IBUTG MÁX [ºC]	M [W]	IBUTG MÁX [ºC]
100	33,7	186	30,6	346	27,5
102	33,6	189	30,5	353	27,4
104	33,5	193	30,4	360	27,3
106	33,4	197	30,3	367	27,2
108	33,3	201	30,2	374	27,1
110	33,2	205	30,1	382	27
112	33,1	209	30	390	26,9
115	33	214	29,9	398	26,8
117	32,9	218	29,8	406	26,7
119	32,8	222	29,7	414	26,6
122	32,7	227	29,6	422	26,5
124	32,6	231	29,5	431	26,4
127	32,5	236	29,4	440	26,3
129	32,4	241	29,3	448	26,2
132	32,3	246	29,2	458	26,1
135	32,2	251	29,1	467	26
137	32,1	256	29	476	25,9
140	32	261	28,9	486	25,8
143	31,9	266	28,8	496	25,7
146	31,8	272	28,7	506	25,6
149	31,7	277	28,6	516	25,5
152	31,6	283	28,5	526	25,4
155	31,5	289	28,4	537	25,3
158	31,4	294	28,3	548	25,2
161	31,3	300	28,2	559	25,1
165	31,2	306	28,1	570	25
168	31,1	313	28	582	24,9
171	31	319	27,9	594	24,8
175	30,9	325	27,8	606	24,7
178	30,8	332	27,7		
182	30,7	339	27,6		

Fonte: Adaptação do anexo N.º 3 - NR 15 - Atividades e Operações Insalubres

ANEXO C

Tabela 10: Tipo de atividade executada pelo colaborador e sua respectiva taxa metabólica

Atividade	Taxa Metabólica (W)
Sentado	
Em repouso	100
Trabalho leve com as mãos	126
Trabalho moderado com as mãos	153
Trabalho pesado com as mãos	171
Trabalho leve com um braço	162
Trabalho moderado com um braço	198
Trabalho pesado com um braço	234
Trabalho leve com dois braços	216
Trabalho moderado com dois braços	252
Trabalho pesado com dois braços	288
Trabalho leve com braços e pernas	324
Trabalho moderado com braços e pernas	441
Trabalho pesado com braços e pernas	603
Em pé, agachado ou ajoelhado	
Em repouso	126
Trabalho leve com as mãos	153
Trabalho moderado com as mãos	180
Trabalho pesado com as mãos	198
Trabalho leve com um braço	189
Trabalho moderado com um braço	225
Trabalho pesado com um braço	261
Trabalho leve com dois braços	243
Trabalho moderado com dois braços	279
Trabalho pesado com dois braços	315
Trabalho leve com o corpo	351
Trabalho moderado com o corpo	468
Trabalho pesado com o corpo	630
Em pé, em movimento	
Andando no plano	
1. Sem carga	
- 2km/h	198
- 3 km/h	252
- 4 km/h	297
- 5 km/h	360
2. Com carga	
- 10 kg, 4 km/h	333
- 30 kg, 4 km/h	450
Correndo no plano	

- 9 km/h	787
- 12 km/h	873
- 15 km/h	990
Subindo rampa	
1. Sem carga	
- com 5° de inclinação, 4 km/h	324
- com 15° de inclinação, 3 km/h	378
- com 25° de inclinação, 3 km/h	540
2. Com carga de 20 kg	
- com 15° de inclinação, 4 km/h	486
- com 25° de inclinação, 4 km/h	738
Descendo rampa (5 km/h) sem carga	
- com 5° de inclinação	243
- com 15° de inclinação	252
- com 25° de inclinação	324
Subindo escada (80 degraus por minuto - altura do degrau de 0,17 m)	
- Sem carga	522
- Com carga (20 kg)	648
Descendo escada (80 degraus por minuto - altura do degrau de 0,17 m)	
- Sem carga	279
- Com carga (20 kg)	400
Trabalho moderado de braços (ex.: varrer, trabalho em almoxarifado)	320
Trabalho moderado de levantar ou empurrar	349
Trabalho de empurrar carrinhos de mão, no mesmo plano, com carga	391
Trabalho de carregar pesos ou com movimentos vigorosos com os braços (ex.: trabalho com foice)	495
Trabalho pesado de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá, abertura de valas)	524

Fonte: Adaptação do anexo N.º 3 - NR 15 - Atividades e Operações Insalubres