

SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR DOM PEDRO II
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS

AUTORES: **Fernando** de Freitas Oliveira Filho – Cad BM
Renan de Sousa **Coutinho** – Cad BM

ORIENTADOR: **Philippe** Carvalho **Coelho** - 1º Ten BM

**ANÁLISE DE PROTOCOLOS DE RESFRIAMENTO NA REABILITAÇÃO
DE BOMBEIROS MILITARES SUBMETIDOS À TREINAMENTO DE
COMBATE A INCÊNDIO**



Rio de Janeiro
2024

AUTORES: **Fernando** de Freitas Oliveira Filho – Cad BM
Renan de Sousa **Coutinho** – Cad BM

**ANÁLISE DE PROTOCOLOS DE RESFRIAMENTO NA REABILITAÇÃO
DE BOMBEIROS MILITARES SUBMETIDOS À TREINAMENTO DE
COMBATE A INCÊNDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência da disciplina de Metodologia da Pesquisa do Curso de Formação de Oficiais da Academia de Bombeiro Militar Dom Pedro II.

ORIENTADOR: **Philippe** Carvalho **Coelho**

- 1º Ten BM

Rio de Janeiro
2024

**SECRETARIA DE ESTADO DE DEFESA CIVIL
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
ACADEMIA DE BOMBEIRO MILITAR DOM PEDRO II
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS**

AUTORES: **Fernando** de Freitas Oliveira Filho – Cad BM

Renan de Sousa **Coutinho** – Cad BM

**ANÁLISE DE PROTOCOLOS DE RESFRIAMENTO NA REABILITAÇÃO DE
BOMBEIROS MILITARES SUBMETIDOS À TREINAMENTO DE COMBATE
A INCÊNDIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em ____ de _____ de 2024

Banca de Avaliação

Presidente

Avaliador 1

Avaliador 2

Título: Análise De Protocolos De Resfriamento Na Reabilitação De Bombeiros Militares Submetidos À Treinamento De Combate A Incêndio

RESUMO

INTRODUÇÃO: O treinamento de combate a incêndio dos bombeiros frequentemente proporciona exposição ao estresse térmico, já que os equipamentos de proteção individual reduzem significativamente a troca de calor com o ambiente, ocasionando aumentos severos na temperatura central dos profissionais. Os períodos e medidas de recuperação devem ser consideradas tanto em treinamentos como em operações, mas a eficácia destes procedimentos ainda não foi totalmente compreendida. Desta forma, o presente estudo investigou as alterações de temperatura central de bombeiros militares antes e após exercícios de observação de fenômenos do fogo e reabilitação. **MÉTODOS:** Doze bombeiros (8 oficiais e 4 praças: $35,07 \pm 3,61$ anos) realizaram os exercícios nos dois grupos em momentos distintos. O grupo controle (CON) após a saída do contêiner, permaneceu com o equipamento de proteção individual (EPI) até o final do debriefing (~20 min), sendo avaliado antes da atividade (PRE) e após o debriefing (REAB), enquanto o grupo experimental (EXP) fez reabilitação com reidratação, frutas e retirada parcial do EPI, sendo avaliado em PRE, imediatamente após a atividade (POST) e REAB. As imagens foram capturadas por câmera termográfica e analisadas pelo software fornecida pela empresa. Os dados obtidos foram compilados e exportados ao JASP (v. 0.19, University of Amsterdam y Others) e analisados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e variância com T Test para dados paramétricos e Wilcoxon para não-paramétricos ($p < 0,05$). **RESULTADOS:** Os resultados mostram que as temperaturas em REAB do grupo CON ($37,6 \pm 0,55^\circ \text{C}$) são estatisticamente superiores aos valores REAB do grupo EXP ($36,14 \pm 1,02^\circ \text{C}$), embora as medidas PRE sejam semelhantes (CON: $35,73 \pm 0,34^\circ \text{C}$; EXP: $35,75 \pm 0,33^\circ \text{C}$). O grupo EXP teve retorno da temperatura inicial em REAB, mesmo após o aumento significativo em POST ($37,72 \pm 1,07^\circ \text{C}$). A variação teve mediana de $1,9^\circ \text{C}$ (1,3 - 2,3). **CONCLUSÃO:** Em linhas gerais, as medidas de reabilitação (resfriamento passivo e reidratação) parecem ter sido eficazes na redução da temperatura durante o período de aproximadamente 20 minutos, reforçando a importância desta aplicação em treinamentos e operações.

Palavras-chave: Bombeiros; Eficácia; Temperatura.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Firefighting training for firefighters often provides exposure to heat stress, since personal protective equipment significantly reduces heat exchange with the environment, causing severe increases in the core temperature of professionals. Recovery periods and measures should be considered in both training and operations, but the effectiveness of these procedures has not yet been fully understood. Thus, the present study investigated the changes in core temperature of military firefighters before and after fire observation and rehabilitation exercises. **METHODS:** Twelve firefighters (8 officers and 4 enlisted men: 35.07 ± 3.61 years) performed the exercises in both groups at different times. The control group (CON) after leaving the container, remained with the personal protective equipment (PPE) until the end of the debriefing (~20 min), being evaluated PRE and REAB, while the experimental group (EXP) did rehabilitation with rehydration, fruits and partial removal of PPE, being evaluated in PRE, POST and REAB. The images were captured by a thermal imaging camera and analyzed by the software provided by the company. The data obtained were compiled and exported to JASP (v. 0.19, University of Amsterdam and Others) and analyzed for normality (Shapiro-Wilk) and variance (T Test for parametric data and Wilcoxon for non-parametric data). **RESULTS:** The results show that the REAB temperatures of the CON group ($37.6 \pm 0.55^\circ\text{C}$) are statistically higher than the REAB values of the EXP group ($36.14 \pm 1.02^\circ\text{C}$), although the PRE measurements are similar (CON: $35.73 \pm 0.34^\circ\text{C}$; EXP: $35.75 \pm 0.33^\circ\text{C}$). The EXP group had a return of the initial temperature in REAB, even after the significant increase in POST ($37.72 \pm 1.07^\circ\text{C}$). The median variation was 1.9°C (1.3 - 2.3). **CONCLUSION:** In general, rehabilitation measures (passive cooling and rehydration) seem to have been effective in reducing temperature during a period of approximately 20 minutes, reinforcing the importance of this application in training and operations.

Keywords: Efficacy; Firefighters; Temperature.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MÉTODOS.....	11
3. RESULTADOS	13
4. DISCUSSÃO.....	15
5. CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
APÊNDICE	21

1. INTRODUÇÃO

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) possui diversas atribuições, sendo a mais facilmente associada e pioneira da profissão, o combate a incêndio (CBMERJ, 2017). Essa atividade possui alguns riscos inerentes, sendo eles físicos, causados por agentes como a exposição às temperaturas extremas e ruídos, ou riscos químicos decorrentes de exposição às substâncias químicas (Fontana, 2012).

Para tal atividade os bombeiros devem possuir potência para executar manobras de entrada forçada, força para avançar linhas de mangueira, executar tarefas de salvamento e revisão, resistência aeróbica e muscular para carregar equipamentos em lances de escadas dada as demandas extenuantes do combate a incêndios. (Abel et al., 2011). Assim, é relevante que os bombeiros e estejam envolvidos em programas regulares de exercícios para a preparação para o trabalho. (Abel et al., 2011).

Neste sentido, desde o período de formação, nas instruções dos bombeiros militares recém-admitidos na corporação, os discentes são submetidos às simulações de combate a incêndio. Os exercícios buscam aproximar situações-problema da realidade das operações, devendo ser executados com os mesmos equipamentos de proteção e de combate, bem como reproduzindo riscos próprios deste tipo de atividade.

Durante e após as simulações é percebido um aumento da temperatura corporal dos participantes da atividade, fato que suscita a preocupação com o potencial estresse térmico. Neste estado, tanto o sistema fisiológico quanto o sistema psicológico são atingidos pela temperatura do ambiente em que se localiza, quando esta temperatura encontra-se em níveis extremos e muito exigentes (JOSIPOVIC; LUDWIG, 2012).

Em condições de alta temperatura, como o caso de incêndios, o bombeiro tende a diminuir os seus movimentos, mesmo que inconscientemente. A capacidade muscular se reduz, o rendimento diminui e a atividade mental se altera, podendo haver perturbação da sua coordenação sensório-motora (CBMDF, 2009). O combate a incêndios é uma atividade altamente exigente do ponto de vista físico, que frequentemente expõe os bombeiros a situações de estresse térmico intenso. Essas condições extremas podem ter um impacto direto ou indireto na saúde dos bombeiros, podendo até mesmo resultar em consequências fatais (Quintal, 2012).

Enfrentando temperaturas extremamente altas, especialmente em ambientes sinistrados e cheios de fumaça, os bombeiros correm o risco de sobreaquecer seus corpos (Gourgel, 2011). A indução de hipertermia é mais provável em ambiente quente, quando a temperatura ambiente se aproxima e excede a temperatura corporal central, podendo ocorrer hipertermia, mesmo que a taxa metabólica permaneça em níveis baixos de repouso (HELLER; GRAHN, 2012).

A temperatura corporal central humana é geralmente regulada dentro de uma faixa estreita. Desvios dessa faixa (hipotermia e hipertermia) têm impactos na saúde, na cognição e no desempenho, mas tais desvios são comumente vivenciados e muitas vezes inevitáveis. (HELLER; GRAHN, 2012). De maneira específica a temperatura ideal de funcionamento do corpo humano está entre 36°C e 37°C e quando nosso corpo excede esta temperatura central ideal, atingindo níveis hipertérmicos, muitos problemas podem ocorrer, como ansiedade, confusão mental, perda de coordenação, disfunção de vários órgãos como rins, fígado, cérebro, pulmões, intestinos e pâncreas (Oliveira, 2014)

Embora os equipamentos de proteção individual reduzam significativamente a exposição do profissional à temperatura do ambiente sinistrado, eles interferem negativamente na troca de calor do corpo com o ambiente, concentrando calor no interior das roupas.

Em conjunto com o supracitado, o próprio vestuário de proteção dos bombeiros limita a perda de calor por evaporação, ou seja, reduz as perdas de calor por condução e convecção ao criar uma camada de ar estática entre a pele e a roupa. No entanto, essa capacidade é comprometida quando o vestuário fica úmido ou molhado, já que a alta condutividade da água aumenta significativamente a taxa de transferência de calor (Magalhães, 2001), criando uma condição insustentável de estresse térmico.

Uma justificativa para o aumento da temperatura corporal central durante o exercício está no fato de a capacidade dos grandes músculos de gerar calor, excede a capacidade do corpo de eliminá-lo (HELLER; GRAHN, 2012).

Para garantir a efetividade e a segurança dos bombeiros e o retorno às suas atividades de combate a incêndios, é relevante a adoção de estratégias específicas voltadas para a recuperação física e o resfriamento do corpo. Essas medidas são essenciais para mitigar os efeitos do estresse térmico, um desafio frequente nesse tipo de situação (McLellan e Selkirk, 2006).

O processo de resfriamento corporal após o combate ao incêndio tem como principal objetivo restabelecer o equilíbrio termo fisiológico do corpo de maneira rápida e eficiente. Isso é fundamental não apenas para evitar possíveis danos à saúde decorrentes da exposição prolongada ao calor, mas também para facilitar a recuperação do bombeiro, preparando-o para atividades futuras. Portanto, ao implementar essas estratégias de resfriamento e recuperação, busca-se não só proteger a saúde dos profissionais, mas também garantir sua prontidão para futuras intervenções (McLellan e Selkirk, 2006).

Assim, garantir que eles desempenhem suas práticas laborais dentro de um contexto de segurança e eficácia é uma prioridade para o bom desempenho da atividade. A noção sobre a variação da temperatura central em conjunto com o resfriamento corporal desempenha juntos um

papel crucial nesse contexto, não apenas para o bem-estar imediato dos bombeiros, mas também para sua capacidade futura de servir e proteger a sociedade.

É fundamental que os bombeiros militares estejam em conformidade com as melhores práticas de segurança ocupacional, garantindo que eles estejam adequadamente protegidos contra os riscos associados às simulações de combate a incêndios. Resultados preliminares sobre o tema indicam que a reabilitação eficaz é fundamental para garantir a recuperação adequada dos bombeiros, prevenir lesões e manter um desempenho ótimo (CBMERJ, 2018). Nesse contexto, a aplicação de protocolos de resfriamento é uma prática necessária para reduzir a temperatura central e minimizar os efeitos do estresse térmico.

As lesões relacionadas ao calor podem evoluir ou se associar a formas graves. Quando identificadas, demonstram a necessidade de aumento da hidratação oral e de avaliar a redução do intervalo entre os “auto-horários” durante atividades físicas, assim como de desequipar o EPI durante a execução dos mesmos sempre que possível, para permitir o resfriamento passivo (GSE, 2018). No entanto, apesar da importância desses protocolos, o comportamento de variação da temperatura central destes profissionais em atividades simuladas de combate a incêndio, frequentes nas instruções operacionais, ainda não parece totalmente compreendida, havendo desconhecimento sobre a efetividade das ações adotadas nestes contextos.

Acerca das exposições ocupacionais, há muitas carreiras em que a fisiologia dos profissionais não é tratada com muita preocupação devido à baixa exigência do desempenho físico nas suas atividades laborais. Gourgel (2011) sugere que tal realidade não se aplica aos bombeiros, uma vez que seu trabalho envolve atividades extenuantes que compreendem longos períodos de trabalho extremo. Seu estudo teve como objetivo investigar o impacto que diferentes fisiologias individuais, roupas de proteção, ingestão de líquidos e protocolos de resfriamento durante suas atividades de trabalho. Para esse estudo, a altura foi definida como uma constante, o peso era uma variável e, então, foram selecionadas três fisiologias diferentes: o indivíduo mais magro, o suposto normal e o com excesso de peso (Gourgel, 2011).

É prudente considerar, no entanto, que as variações de idade e gênero também podem influenciar tanto na variação da temperatura central de cada indivíduo quanto na resposta ao protocolo de resfriamento.

Ademais, a aclimação ao calor, conforme CBMERJ (2019), é um fenômeno fisiológico no qual o organismo busca aumentar sua capacidade de suportar condições térmicas específicas ao ser exposto a elas por um período prolongado. Este processo é gradual e requer pelo menos três semanas de exposição ao ambiente quente para que a adaptação seja plenamente alcançada.

É importante salientar que CBMERJ (2019) evidencia a necessidade de uma análise abrangente e meticulosa, a qual não somente se detenha na avaliação da eficácia dos métodos de

resfriamento, mas também se aprofunde na análise da praticidade e da aplicabilidade dessas técnicas em um contexto militar.

Dessa maneira, aferir os parâmetros de variação da temperatura central dos bombeiros, além de considerar não apenas a eficiência em termos de resfriamento efetivo, mas também a logística envolvida na implementação desses métodos, levando em conta fatores como, a disponibilidade de recursos e a manutenção operacional.

Por outro lado, de acordo com Anjo (2015), a refrigeração só pode ser administrada durante e/ou após a atividade, sendo a última hipótese de extrema importância quando são realizadas, repetidamente, atividades de combate a incêndio. Ao serem usadas no local onde decorre a atividade, estas técnicas devem ser de fácil e rápida aplicação e possuir eficácia na atenuação do estresse térmico num curto período.

Para tanto, é importante observar que o estudo, embora faça menção aos possíveis métodos de resfriamento, não fornece dados quantitativos que possam esclarecer de forma precisa e abrangente a análise comparativa da temperatura central dos bombeiros a partir de um ambiente com temperatura extrema, simulando, assim, um incêndio.

O trauma ambiental causado pelo calor é definido como lesão física ocasionada por elevação extrema de temperatura. Na maioria das vezes ocorre a elevação da temperatura corporal acima da faixa de equilíbrio dinâmico e pode resultar de diferentes causas internas e externas. (CBMERJ, 2018)

Nesse sentido, apesar de (CBMERJ, 2018) fundamentar os riscos da elevação da temperatura corporal, não apresenta dados detalhados de como a temperatura central se comporta em momentos distintos da atividade. Tais fatores são essenciais para nortear sobre o que os bombeiros militares são submetidos na execução do seu dever, possibilitando descobrir momentos corretos de intervenção para controle da temperatura central.

A escassez de estudos sobre ensaios clínicos com a aplicação de metodologias de reabilitação viáveis no teatro de operações enfatiza a necessidade de analisar as variações de temperatura central dos bombeiros em atividades simuladas de combate a incêndio, com alta temperatura, levando em consideração as práticas de resfriamento possíveis e adequadas ao contexto dos militares do CBMERJ.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi investigar as alterações de temperatura central ocorridas em bombeiros militares submetidos a simulação de incêndio, considerando situações com e sem reabilitação. Os resultados devem subsidiar planejamentos vindouros quanto à redução da exposição desses profissionais ao estresse térmico próprio da atividade.

2. MÉTODOS

Para alcançar o objetivo proposto, foi elaborado um estudo experimental com abordagem quantitativa, sendo de natureza aplicada, tendo o objetivo de gerar conhecimento para aplicações práticas. O estudo consistiu na análise a partir de um treinamento de combate a incêndio com exercícios de observação de fenômenos do fogo e combate a incêndio no container simulador de incêndio compartimentado, seguido por um período de reabilitação.

A amostra foi dividida aleatoriamente em dois grupos, o Grupo Experimental (EXP) e o Grupo Controle (CON). O Grupo Controle foi avaliado antes da equipagem do EPI e entrada no container (PRE), e após a saída do container permaneceu equipado com o EPI até o final do debriefing (~20 min), quando foi avaliado novamente (REAB). Enquanto o Grupo Experimental fez reabilitação com reidratação, frutas e retirada parcial do EPI, sendo avaliado em PRE, POST (imediatamente após a saída do container) e REAB.

Tanto a intervenção, como os procedimentos de coleta se deram no simulador de incêndio do Centro de Instrução Especializada de Bombeiros (CIEB), localizado no Complexo de Ensino e Instrução Coronel Sarmento, em Guadalupe. Dessa forma, foram realizados em dois dias, com duas atividades de simulação de combate a incêndio realizadas por dia, uma em período matutino e outra em período vespertino, tendo as duas basicamente o mesmo tempo de operação.

As medições foram realizadas em ambiente aclimatizado a 20°C, com a utilização de uma câmera térmica portátil, visando obter a temperatura central do corpo nos momentos descritos anteriormente. Para tal, os militares participantes se apresentaram somente de short e meião preto, para a realização da fotografia. A imagem termográfica foi o método mais adequado pois estima a temperatura central de forma mais precisa em relação aos demais métodos, devido seu método de captação, que consiste na utilização de câmeras sensíveis ao infravermelho para capturar a radiação térmica emitida pelos objetos. Essa radiação é convertida em uma imagem térmica onde diferentes cores representam diferentes temperaturas. A quantidade de radiação emitida é diretamente proporcional à temperatura do objeto, o que permite a estimativa precisa da temperatura de superfícies.

Participaram do estudo doze bombeiros militares (Onze homens e uma mulher: $34,33 \pm 6,35$ anos), alunos do Curso de Extensão em Instrutoria de Incêndio Urbano (CEIUrb). O estudo contou com a seleção amostral escolhida de forma não probabilística, uma vez que os militares foram convidados para tal. Esta escolha se deu por tais bombeiros já possuírem experiência na atividade simulada de combate a incêndio em container.

Todos os voluntários do estudo foram devidamente instruídos quanto aos procedimentos de coleta e eventuais riscos e benefícios de suas participações, assinando o Termo de Consentimento

Livre e Esclarecido (Apêndice A). Adicionalmente, o representante da ABMDP II, assinou termo de anuência concordando com o estudo e a produção de dados com fins acadêmicos.

Treinamento simulado de incêndio

O treinamento de combate a incêndio no container seguiu o protocolo determinado pela coordenação do CEIIUrb, no qual os alunos estiveram submetidos à simulação de fenômenos do incêndio como observadores, sem realizarem esforços físicos intensos de combate a incêndio, estando posicionados sentados, revezando seus lugares, onde a faixa de temperatura é aproximadamente entre 300 e 500° C, durante o período aproximado de 20 minutos.

Foram realizadas quatro queimas em um intervalo de dois dias seguidos, sempre intercalando horários diurnos e vespertinos. Cada queima durou cerca de 20 minutos, em relação ao acendimento do foco e saída do container, enquanto cada exercício durou aproximadamente 1 hora, tomando como referência o início da equipagem e o final do *debriefing*. Nesses termos, os militares tiveram um período de descanso, entre queimas do mesmo dia, de 1 hora.

O momento de *debriefing* foi realizado ao final de cada queima, logo após a descontaminação dos participantes que saíram do container. Nesse momento, o Grupo Experimental retirava o capacete, o Equipamento de Proteção Respiratória Autônomo (EPRA), as luvas, a balaclava e a capa de combate a incêndio, já o Grupo Controle, permanecia com todos esses EPI's e iniciava-se a conversação acerca da atividade realizada, por aproximadamente 10 minutos. Também foi ofertado água e fruta durante o *debriefing*, porém o Grupo Controle não pôde usufruir devido a estarem equipados.

O ambiente para captura de imagens era localizado ao lado do contêiner do exercício e foi climatizado previamente, sendo mantido a aproximadamente 20° C. A captura da imagem termográfica foi realizada a uma distância média de 1,00 a 1,50m, com indivíduo em pé na posição anatômica, em vista anterior, para as regiões de interesse (ROIs), permanecendo somente de short e meia. Foi utilizada uma câmera infravermelha FLIR®, modelo FlirE76® e as imagens obtidas foram processadas utilizando o software FLIR Tools Versão 6.4.18039.1003 (FLIR, USA).

Seguindo o delineamento do estudo os dados foram tabulados e exportados ao software JASP (JASP Team, 2024) para análise. Primeiramente os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk), sendo os paramétricos submetidos ao Teste T (Student) e os não paramétricos ao Teste de Wilcoxon, para análise de variância. O nível de significância adotado foi de 95% ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS

Do conjunto de doze militares participantes do estudo, onze eram do sexo masculino e uma do sexo feminino, possuindo uma média de idade de 35 anos e com uma média de VO2 Máximo de 44,52 mL/Kg/min, de acordo com a fórmula de Cooper para VO2 Máximo, conforme tabela abaixo.

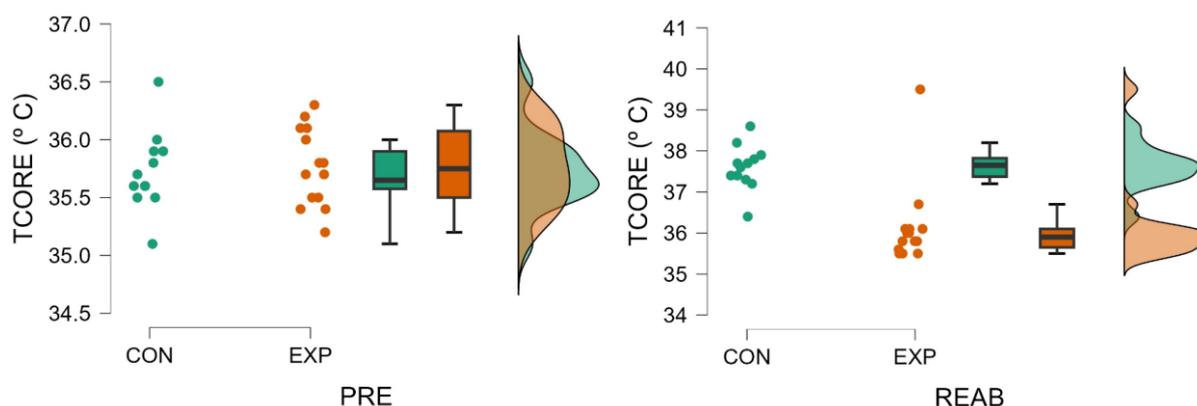
TABELA 1 – AMOSTRA

Amostra	
n	12
Sexo	11 M; 1 F.
Idade	34,33 ± 6,35
VO2 Máx	44,52 ± 4,76

Fonte: Os autores.

Após a coleta e tratamento de dados foi evidenciado que a temperatura de PRE dos dois grupos é semelhante, conforme Figura 1, o que era esperado e se mantém como parâmetro da normalidade de temperatura central antes do exercício.

FIGURA 1 - VARIÁVEIS ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO

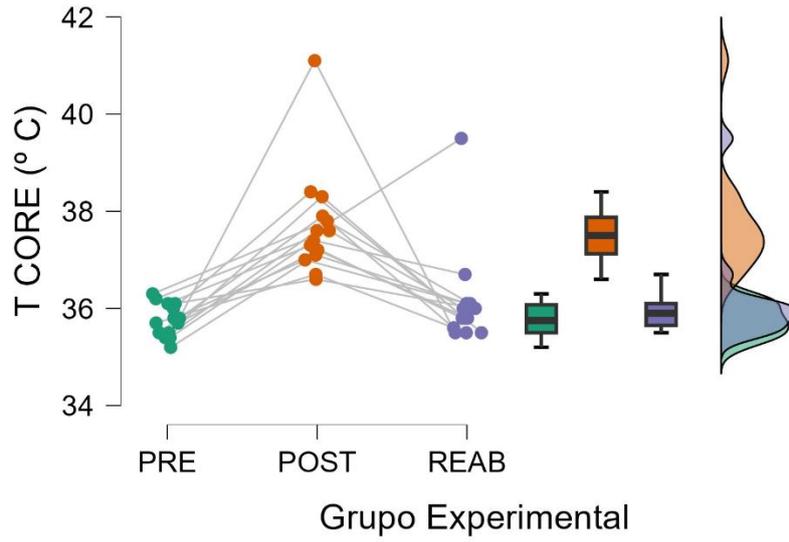


Fonte: Os autores.

Os resultados mostram que as temperaturas em REAB do grupo CON ($37,6 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$) são estatisticamente superiores aos valores REAB do grupo EXP ($36,14 \pm 1,02^{\circ}\text{C}$), conforme Figura 1, embora as medidas PRE sejam semelhantes (CON: $35,73 \pm 0,34^{\circ}\text{C}$; EXP: $35,75 \pm 0,33^{\circ}\text{C}$).

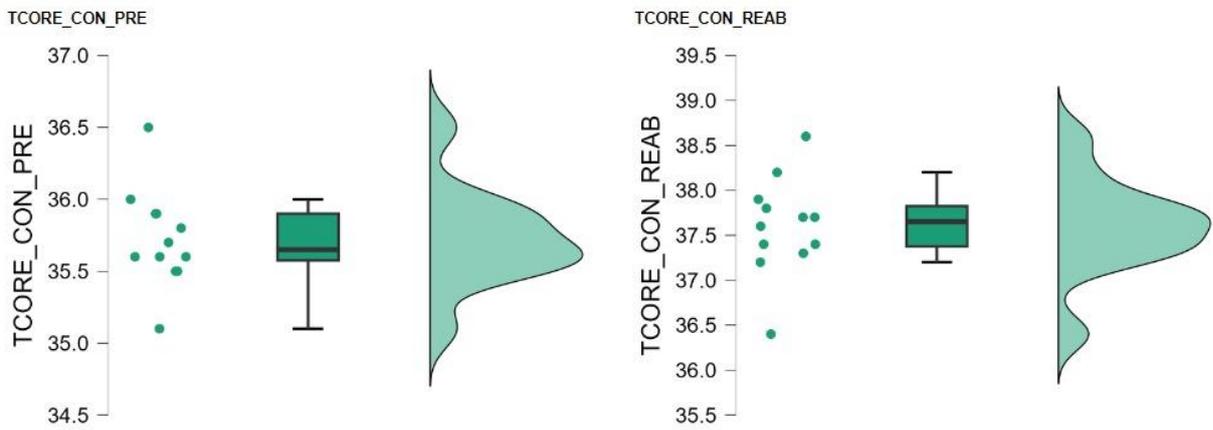
O Grupo Experimental teve retorno da temperatura inicial, avaliada em PRE, após REAB, mesmo após o aumento significativo em POST ($37,72 \pm 1,07^{\circ}\text{C}$). A variação teve mediana de $1,9^{\circ}\text{C}$ (1,3 - 2,3).

FIGURA 2 - VARIÁVEIS DO GRUPO EXPERIMENTAL DURANTE INTERVENÇÃO



Fonte: Os autores.

FIGURA 3 - VARIÁVEIS DO GRUPO CONTROLE DURANTE INTERVENÇÃO



Fonte: Os autores.

4. DISCUSSÃO

Nesta seção de discussão, é feita uma análise detalhada dos resultados alcançados neste estudo. Os resultados forneceram pontos relevantes, para a compreensão da termorregulação do corpo humano nas atividades de combate a incêndio. Os achados indicaram comportamento basal similar para toda amostra, porém de maneira distinta entre os grupos, destacando retorno a valores basais para o grupo que realizou período de reabilitação enquanto a temperatura permaneceu elevada para o grupo que manteve EPI completo no mesmo período.

Para tanto, vale ressaltar que o EPI, apesar de ser concebido para proteger o bombeiro contra os malefícios provocados pelo calor, pode não ser suficientemente eficaz na proteção dos bombeiros quando expostos a cargas térmicas elevadas, nomeadamente quando acompanhadas de atividades que exigem esforço físico intenso. Nestas situações, a temperatura elevada combinada com a dificuldade de evaporação do suor normalmente associada aos EPI dos bombeiros, pode desencadear episódios de estresse térmico graves (Quintal, 2012) a partir da elevação da temperatura central.

Os EPI causam desconforto térmico, que em casos extremos pode mesmo levar ao estresse de calor. O uso do equipamento influencia na termo-regulação, podendo dificultar a perda ou a acumulação de calor pelo corpo humano. Por isso, em atividades em que a utilização de EPI seja essencial, existe uma probabilidade maior de problemas para a saúde provocadas pelo calor (Meirelles et al., 2016).

Não esquecendo que altos índices de temperaturas favorecem, ainda, a rápida desidratação do trabalhador, que é reconhecida como uma doença potencialmente grave que se caracteriza pela baixa concentração não só de água, mas também de sais minerais e líquidos orgânicos no corpo, a ponto de impedir que ele realize suas funções normais (Brito et al., 2018).

A perda hídrica pela sudorese durante o exercício, especialmente quando é realizado em um ambiente de temperaturas elevadas, também pode levar o organismo à desidratação, com aumento da osmolaridade, da concentração de sódio no plasma e diminuição do volume plasmático. Quanto maior a desidratação, menor a capacidade de redistribuição do fluxo sanguíneo para a periferia, menor a sensibilidade hipotalâmica para a sudorese e menor a capacidade aeróbica para um dado débito cardíaco (Olguin et al., 2018).

Conforme exposto, não é de se estranhar que o combate a incêndio seja tão desgastante para o organismo. As altas temperaturas, o trabalho físico e o uso do EPI resultam em significativo estresse térmico, que, somado à desidratação, aumenta a sobrecarga cardiovascular. (Nogueira et al., 2021).

Nas diferentes tarefas operacionais desempenhadas por bombeiros, identificam-se facilmente fatores estressores ao sistema cardiovascular, tanto de ordem física quanto emocional. A combinação única de demandas psicofísicas associadas às condições de riscos ambientais leva a uma ativação sustentada da atividade do sistema nervoso simpático, bem como depressão sustentada do grau de modulação parassimpática sobre o coração, o que pode resultar em desfechos cardiovasculares negativos como arritmias e morte súbita (Nogueira et al., 2021).

Outrossim, as elevadas exigências ocupacionais potencialmente contribuem para o aumento dos níveis de estresse, de frequência cardíaca e da pressão arterial, além do próprio risco cardiovascular como um todo (Nogueira et al., 2021).

Por fim, destacam-se as alterações sanguíneas. O combate a incêndio também afeta a coagulação sanguínea, aumentando o número de plaquetas, e outras variáveis por mais de duas horas após a tarefa e sem um aumento concomitante na atividade fibrinolítica. Especialmente após as duas primeiras horas do combate ao incêndio, pode haver um estado de maior risco para eventos cardiovasculares (SMITH et al., 2016).

A priori, é importante ressaltar que os militares participantes do presente estudo estavam como alunos de um curso de especialização, onde existe uma exigência mínima do nível de condicionamento físico, o que estabelece um certo parâmetro para a coleta de dados. A partir de tal parâmetro, a temperatura central dos participantes em PRE está na média da temperatura central normal do corpo humano ($\sim 37^{\circ}\text{C}$). (GUYTON; HALL. 2016).

Os exercícios tiveram durações aproximadas de 20 minutos, um período que pode ser considerado intenso devido à exposição a altas temperaturas, aferidas por termômetro infravermelho, (entre 300 e 1000°C), porém curto se comparado às operações de combate a incêndio. Neste cenário, foi observado um aumento de temperatura central de forma abrupta, demonstrada na diferença da temperatura entre PRE e POST do Grupo Experimental ($35,723 \pm 0,329$ e $37,720 \pm 1,071^{\circ}\text{C}$). O aumento de, aproximadamente, $2,00^{\circ}\text{C}$ em ~ 20 minutos desperta um alerta para as operações de combate a incêndio, onde a exposição ao estresse térmico pode ser bastante superior.

Essas descobertas estão em consonância com estudos anteriores, como os de Anjo (2015) e Gourgel (2011), que também identificaram variações significativas na temperatura central dos bombeiros submetidos ao incêndio. No entanto, o presente estudo se diferencia de ambos os estudos supracitados no modo de aferição da temperatura central, de maneira que os estudos sugeriram valores para a temperatura central a partir de métodos matemáticos. Adicionalmente, a amostra analisada por Anjo (2015) foi submetida a condições reais de combate a incêndio, o que possibilitou também o emprego de métodos de reabilitação aplicável à realidade operacional dos Corpos de Bombeiros Militares.

Embora a amostra estudada tenha apresentado comportamento semelhante, alguns resultados obtidos foram surpreendentes. Dois indivíduos tiveram aferições hipertérmicas, chegando a 41,1° C em POST e 39,5° C em REAB. Tal situação é um alerta devido o potencial lesivo ao organismo causado pela desnaturação proteica, que consiste na alteração da estrutura tridimensional de uma proteína que leva à perda da sua função biológica. A desnaturação pode, ou não, ser reversível e pode ser desencadeada de várias formas, entre elas a variações extremas de temperatura (Gregório, 2012).

O primeiro apresentou boa recuperação após a reabilitação, porém o segundo teve seu pico de temperatura neste time point. Não foram relatadas condições particulares pelos sujeitos, porém estima-se que tenham desenvolvido maior esforço físico durante os períodos, favorecendo o aumento da temperatura central pelo calor produzido pelo metabolismo.

Vale ressaltar que os avaliados relataram elevado aumento na taxa de sudorese, o que tende a influenciar diretamente no nível de hidratação e, conseqüentemente na redução de débito cardíaco. No entanto, foi identificada essa limitação no presente estudo, por não ter sido possível avaliar o nível de hidratação dos indivíduos.

5.CONCLUSÃO

Em linhas gerais, as medidas de reabilitação (resfriamento passivo e reidratação) parecem ter sido eficazes na redução da temperatura central durante o período de aproximadamente 20 minutos, reforçando a importância desta aplicação em treinamentos e operações. Em contrapartida, as variações foram consideradas elevadas para o período de exposição, com dois indivíduos ultrapassando temperatura central de 39° C, um deles chegando a 41,1° C, o que demonstra que o estresse térmico está presente nas atividades de combate a incêndio.

A exposição desses dados evidencia a consecução do objetivo do presente estudo, com a explanação dos possíveis riscos nos treinamentos de combate a incêndio, no que tange ao aumento da temperatura central. Essa constatação ressalta a importância da aplicação dos protocolos de resfriamento tanto nos treinamentos de combate a incêndio, quanto nas atividades de combate a incêndio reais, enfrentadas no dia-a-dia dos bombeiros militares.

Portanto, embora o estudo tenha alcançado seus objetivos, é importante reconhecer algumas limitações. Para futuras pesquisas, seria interessante explorar quais são as consequências geradas, a longo prazo, na saúde dos bombeiros militares por essa variação de temperatura central gerada durante toda a vida operacional do profissional (± 35 anos), o que poderia ajudar a clarificar melhores formas de emprego no que tange a frequência de exposição desses militares ao risco.

Novos estudos deverão ofertar maior controle de variáveis intervenientes, visando melhor compreensão dos fatores de influência nas variações observadas. Dentro desses novos estudos, uma possibilidade seria a introdução da avaliação do nível de hidratação antes e após o estresse térmico, um fator limitante do atual estudo, mas que possui suma importância para a reabilitação dos bombeiros militares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, M. G.; MORTARA, A. J.; PETTITT, R. W. Evaluation of Circuit-Training Intensity for Firefighters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25(10):p 2895-2901, October 2011. |

DOI: 10.1519/JSC.0b013e31820da00c

ACSM. (2018). *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 10th Edition. American College of Sports Medicine.

ANJO, T. M. L. Técnicas de Arrefecimento do Corpo Humano. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra. Coimbra, p. 88. 2015.

BRITO, E. V. S.; VITOR, N. D. C.; ALVES, R. N. R. Aspectos ergonômicos fisiológicos: efeitos do calor no desempenho das atividades de bombeiros. *Revista FLAMMAE, Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco*, v. 4, n. 10, 2018.

CBMDF. *Manual básico de combate a incêndio*. 2. ed. Brasília: CBMDF, 2009.

CBMERJ. *Manual de combate a incêndio urbano*. Rio de Janeiro, RJ, 2019, 184 p.

CBMERJ. *Procedimento operacional padrão: Lesões pelo calor*. Rio de Janeiro, RJ, 2018.

FLIR Systems. *Introduction to Infrared Thermography*. Disponível em: <https://www.flir.com/discover/thermography/>. Acesso em: 17 set. 2024.

FONTANA, R. T. Condições de trabalho e fatores de risco da atividade realizada pelo bombeiro. *Ciência, Cuidado e Saúde, Rio Grande do Sul*, 11, 4, p.721-729, dezembro, 2012.

GOURGEL, A. G. *Thermophysiological Safety Methods of Fighting Fires – a Numerical Study*. FCTUC, Coimbra, Portugal. 2011.

GREGÓRIO, C. A. M. *Análise de Dados de Desnaturação Proteica Obtida por Simulações de Dinâmica Molecular*. Tese de mestrado (Engenharia Informática - Bioinformática), Universidade do Minho, 2012.

GUYTON, A. C.; HALL, John E. *Tratado de Fisiologia Médica*. 13. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. p. 118-119.

HELLER, H. C.; GRAHN, D. A. *Enhancing Thermal Exchange in Humans and Practical Applications*. *Disruptive Science and Technology*. v.1, n.1, 2012.

JOSIPOVIC, S.; LUDWIG, E. *Heat Stress: Causes, Treatment and Prevention*. *Hauppauge, NY, USA: Nova Science Publishers, Inc.*, 2012.

MAGALHÃES, S. *Termorregulação*. Faculdade de Medicina, Serviço de Fisiologia, Universidade do Porto. Porto, p. 22. 2001.

MCLELLAN, T. M.; SELKIRK, G. A. *The Management of the Heat Stress for the Firefighter*. DRDC, Toronto, Canada. 2005.

MEIRELLES, L. A.; VEIGA, M. M.; DUARTE, FRANCISCO. A contaminação por agrotóxicos e o uso de EPI: análise de aspectos legais e de projeto. *Laboreal*, v. 12, n. 2, 2016.

NOGUEIRA, R. M. et al. Risco cardiovascular e o papel da aptidão física para o bombeiro militar. *Revista Susp*, v. 1, n. 1, p. 113-132, 2021.

OLGUIN, L. B. P.; BEZERRA, A. C. B.; SANTOS, V. P. Como a desidratação pode afetar a performance dos atletas. *Nucleus*, v. 15, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, V. P. Resfriamento palmar: regulação da temperatura corporal e desempenho em exercício físico. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte) – Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014.

QUINTAL, P. E. Caracterização do stresse térmico no combate a incêndios e avaliação de sistemas de arrefecimento individual. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra. Coimbra, p. 73. 2012.

SMITH, D. L. et al. Cardiovascular strain of firefighting and the risk of sudden cardiac events. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 44, n. 3, p. 90-97, 2016.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O (A) Senhor (a) está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa. Por favor, leia este documento com bastante atenção antes de assiná-lo. Caso haja alguma palavra ou frase que o (a) senhor (a) não consiga entender, converse com o pesquisador responsável pelo estudo para esclarecê-lo.

A proposta deste termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) é explicar tudo sobre o estudo e solicitar a sua permissão para participar do mesmo.

O objetivo desta pesquisa é analisar os protocolos de reabilitação de bombeiros militares submetidos a atividades simuladas de combate a incêndio.

Se o(a) Sr.(a) aceitar participar da pesquisa, os procedimentos envolvidos em sua participação são os seguintes: Realizar uma medição a partir de uma foto por câmera termográfica, antes de equipar os equipamentos de proteção individuais; permanecer equipado por aproximadamente 20 minutos e realizar nova fotografia; realizar uma fotografia logo após a saída do container e outra após o *debriefing*.

Toda pesquisa com seres humanos envolve algum tipo de risco. No nosso estudo, os possíveis riscos ou desconfortos decorrentes da participação na pesquisa são a desidratação decorrente da permanência com o EPI após saída do container e choque térmico ao entrar em ambiente aclimatizado, entretanto, haverá uma equipe de médico e enfermeiros para pronto emprego em caso de alguma intercorrência.

Contudo, esta pesquisa também pode trazer benefícios. Os possíveis benefícios resultantes da participação na pesquisa são o conhecimento de sua temperatura central na atividade de combate a incêndio e a geração de dados para novos protocolos de resfriamento.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária, ou seja, não é obrigatória. Caso o(a) Sr.(a) decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento durante a pesquisa, não haverá nenhum prejuízo.

Esse Termo é assinado em duas vias, sendo uma do(a) Sr.(a) e a outra para os pesquisadores.

Declaração de Consentimento

Concordo em participar do estudo intitulado: "Análise de protocolos de resfriamento na reabilitação de bombeiros militares submetidos à simulação de combate a incêndios".

_____ Assinatura do Participante	Data:
_____ Assinatura Pesquisador 1	Data:
_____ Assinatura Pesquisador 2	