

## ARTIGO ORIGINAL

### AVALIAÇÃO DA MELHORIA NO CONSUMO DE AR EM EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA (EPR) APÓS ESTÁGIO DE OPERAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO

**Cristiano Corrêa<sup>1</sup>; Aline Falcão<sup>1</sup>; Anderson Castro<sup>1</sup>**

1. Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco

#### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de um treinamento específico (Estágio de Operações de Combate a Incêndio) sobre o consumo de ar em equipamento de proteção respiratória (EPR) durante o uso por parte dos bombeiros. Utilizando um protocolo simples e universal recentemente publicado, foi aferido o consumo de ar em EPR de 12 bombeiros do sexo masculino antes e após três semanas de treinamento. Observou-se uma melhoria substancial no conjunto de estagiários, representado pela média dos resultados. Concluiu-se que o treinamento intensivo para combate a incêndios urbanos, entre outras vantagens, pode influenciar positivamente o consumo de ar em EPR.

**Palavras-chave:** Combate a incêndio; Equipamento de proteção respiratória; Treinamento.



#### INTENSIVE FIRE FIGHTING TRAINING AND BETTER AIR CONSUMPTION

#### ABSTRACT

The aim of the study was to discuss the improvement in air consumption during the use of the Respiratory Protection Equipment (RPE) by firefighters who undergo intensive Fire Fighting training. Using a simple, universally published experimental protocol, the firefighters' consumption was measured before and after three weeks of training, observing a substantial improvement both in the set, represented by the average of the results. Intensive firefighting training, among other advantages, could positively influence the air consumption of the RPE.

**Keywords:** Fire fighting; Respiratory protection equipment; Training.

Recebido em: 29/03/2019  
Aprovado em: 09/10/2019

## 1 INTRODUÇÃO

Estruturas mais resilientes e seguras, com a devida instalação e manutenção de medidas de proteção passiva e ativa, são medidas muito relevantes na segurança contra incêndio (PIGNATTA, 2015). Todavia, as instituições de pronta resposta aos incêndios devem se adequar às peculiaridades destes sinistros. No Brasil, os Corpos de Bombeiros Militares possuem a atribuição de prestar este serviço, de forma plural e irrestrita a toda população. O aperfeiçoamento constante dos profissionais responsáveis pelo combate aos incêndios é algo a ser buscado em todas as partes do mundo, mantendo um treinamento continuado na busca da eficácia requerida em momentos de ocorrência.

Os trajes de combate a incêndio são suplementados por proteção respiratória, visto a atividade ser realizada, quase sempre, em local tomado por fumaça ou na presença de gases tóxicos ou desconhecidos (WEAKLEY, *et al.* 2011; CORRÊA, *et al.* 2017). Esta proteção é regra geral, fornecida por meio de um equipamento de proteção respiratória (EPR) autônomo, que contém um cilindro com ar comprimido respirável, válvulas de redução de pressão, uma máscara panorâmica e corpo estrutural anatômico, além de mangueiras e acessórios fundamentais ao seu uso.

Deste modo, a permanência de um bombeiro em atuação em um local de incêndio está diretamente relacionada com a capacidade deste equipamento. Em um primeiro momento, a disponibilidade de ar respirável do EPR é fornecida pela capacidade do cilindro e sua pressão. Em seguida esta quantidade de ar respirável é ponderada pelo fluxo de ar consumido pelo bombeiro que usa o equipamento, conforme equação a seguir (CORRÊA, *et al.* 2015):

$$Q = P \times V \quad T = Q / \text{Cons.}^*$$

Onde:

Q: Quantidade de ar respirável

P: Pressão nominal do cilindro

V: Volume interno do cilindro

T: Tempo total de trabalho

Cons.: Índice de Consumo médio relativo ao Esforço

\*Desconsiderando tempo de evacuação/segurança

Para a definição do índice de consumo médio, necessário para estimar o tempo das equipes em intervenção, foram definidos basicamente três parâmetros na literatura (HOLMÉR, GAVHED, 2007; GRANT, 2010) a partir do esforço que a atividade executada sugere. Uma inspeção em áreas contíguas ao foco principal de incêndio não exige tanta capacidade respiratória quanto, por exemplo, transportar uma vítima desacordada, definindo-se assim três padrões de consumo para esforços: leve, moderado e pesado (Distrito Federal, 2012).

Estes parâmetros foram definidos sobretudo a partir de estudos realizados na América do Norte e Europa Ocidental, utilizando, quase sempre, uma amostragem de bombeiros em atividades que simulavam os ditos níveis de esforços, sendo os últimos relatados na literatura e descritos nesta introdução (HOLMÉR, GAVHED, 2007; HARVEY, *et al.* 2008; GRANT, 2010; GALLAGHER, *et al.* 2012; TAYLOR, *et al.* 2012).

Grant (2010) apresentou um trabalho de revisão de normas e procedimentos operacionais de equipes de emergência estadunidenses. O autor enfatizou a proteção respiratória, reforçando a necessidade de equipamentos com reserva autônoma de ar para o bom desempenho das atividades.

Na perspectiva do uso destes equipamentos, Holmér e Gavhed (2007) apresentaram uma proposta de aferição de consumo de ar para EPR, também conhecida por máscara autônoma, através de

circuito de treinamento, simulando atividades de combate a incêndio e salvamento no transcurso de 22 minutos. Ainda no estudo do consumo do EPR, Gallagher, *et al.* (2012) discutiram a performance de bombeiros em sala aquecida, onde corriam sobre esteira ergométrica, e avaliaram algumas valências, entre elas, o consumo de ar. Taylor, *et al.* (2012), no mesmo ano, publicaram trabalho em que 20 profissionais de primeira resposta foram convidados a executar corrida e caminhada sobre a esteira ergométrica, em seções com e sem o uso de equipamentos de proteção respiratória.

Outra pesquisa fora do contexto da América Latina relacionada ao tema, foi construída por Harvey, *et al.* (2008). Os autores analisaram dois grupos focais, durante a execução de circuito de treinamento próprio para bombeiros, tendo como principal preocupação aferições de taxas de volume de oxigênio (VO<sub>2</sub>) máximo. O primeiro grupo era composto por bombeiros e o segundo por estudantes jovens saudáveis.

Finalmente, em 2015, foi proposto um protocolo experimental para o cálculo do consumo de ar em EPR nos diferentes corpos de bombeiro do Brasil (CORRÊA, *et al.* 2015). Tal protocolo ambiciona observar as características específicas de cada corporação de bombeiros, fazendo aferições em esteiras ergométricas e com os profissionais trajando seu equipamento de penetração nos incêndios e o próprio EPR, conforme se descreve sucintamente (CORRÊA, *et al.* 2015):

- Aferição de peso do bombeiro sem e com o equipamento de combate a incêndio (equipamento de proteção individual - EPI e EPR);

- Medição da temperatura corporal inicial, usando termômetro cutâneo com certificação europeia (CE 0197) antes da seção na esteira;

- Aferição da pressão do cilindro usando o manômetro do EPR e a frequên-

cia cardíaca do bombeiro em teste;

- Deslocamento do bombeiro na esteira ergométrica;

- Aferição periódica da pressão do cilindro e constante da frequência cardíaca;

- Aferição da pressão final do equipamento, frequência cardíaca e saturação;

- Medição da temperatura corporal, usando termômetro cutâneo com certificação europeia (CE 0197) após o fim do deslocamento;

- Período da recuperação/descanso de vinte minutos antes do início do próximo exercício.

Este artigo teve como objetivo apresentar a comparação do resultado das aferições de consumo de ar do EPR de bombeiros que passaram por três semanas de treinamento intensivo de técnicas de combate a incêndios urbanos, no bojo do Estágio de Operações de Combate a Incêndio (EOCI) do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco (CBMPE), Brasil, a partir do protocolo sucintamente referendado (CORRÊA, *et al.* 2015).

## 2 MÉTODO

### 2.1 Treinamento Intensivo

Os bombeiros como interventores de primeira resposta, devem estar em constante treinamento. Os Corpos de Bombeiros Militares têm em sua rotina a instrução continuada. Como uma de suas estratégias operacionais, em Pernambuco além da capacitação regular, outras, em caráter continuado, buscam aperfeiçoar as ações dos bombeiros diretamente empenhados no combate a incêndio em edificações. O EOCI é parte desta estratégia acontecendo regularmente desde 2014.

O treinamento conta com uma quantidade restrita de discentes (entre 12 a 18 participantes), se desenvolve no âmbito da própria instituição, sobretudo com o uso do Centro de Instrução e suas várias oficinas, no transcorrer de três semanas em

tempo integral, com uma única folga semanal. A carga horária é de 144 horas de atividades técnicas, iniciadas diariamente com um alongamento e diversas ações que simulam as operações de combate a incêndio em perímetro urbano. Observando as atividades previstas na grade curricular, estima-se que 62,5% da carga-horária são dedicadas a execução de atividades físicas-profissionais, sendo a maior parte destas com o uso (total ou parcial) dos equipamentos (EPR e EPI) utilizados em incêndios.

## 2.2 Participantes

Nesta pesquisa, discutem-se os resultados de 12 estagiários masculinos do EOCI realizado no ano de 2017. Dentre os participantes, oito tinham de 30 a 35 anos, um tinha 35 a 40 anos e três tinham entre 40 e 45 anos.

## 2.3 Procedimentos de coleta e análise de dados

No primeiro dia letivo de instrução, a última turma do EOCI do ano de 2017 foi convidada a participar do teste para aferição de consumo de ar em EPR conforme o protocolo em uso no CBMPE (CORRÊA, *et al.* 2015). Eles foram submetidos ao protocolo de consumo de ar em dois momentos: no dia inicial do EOCI, e, no último dia do estágio.

Os testes iniciais ocorreram no dia 08 de dezembro de 2017 e os testes finais foram realizados em 29 de dezembro de 2017, em sala do Centro de Instrução da instituição, onde a temperatura ambiente média foi de 27 graus com variação de 3 graus. As aferições do consumo de ar durante o uso do EPR foram avaliadas individualmente sendo apresentado a cada bombeiro participante. Neste trabalho será apresentada a média dos consumos dos doze estagiários (EOCI).

O protocolo consistia, após a equipagem completa do bombeiro, em cami-

nhar na esteira ergométrica sem angulação e programada para 10 minutos a uma velocidade de 4 quilômetros por hora (km/h), simulando um esforço pequeno ou leve. Após 20 minutos de repouso o mesmo profissional, igualmente trajado, faz uso da esteira pelo período de 8 minutos a uma velocidade de 6 km/h, estimando um esforço moderado ou médio. Finalmente, e depois de nova sessão de descanso de 20 minutos, o bombeiro subia a esteira com a equipagem para correr sobre ela por 6 minutos a uma velocidade de 8 km/h, considerando um esforço pesado.

O tempo de intervalo, o tempo de teste e as velocidades empregadas foram eleitas a partir da análise da literatura (HOLMÉR e GAVHED, 2007; HARVEY, *et al.* 2008; GRANT, 2010; GALLAGHER, *et al.* 2012; TAYLOR, *et al.* 2012;) e testada algumas vezes até chegar nesta formatação, como apresenta Corrêa *et al.* (2015).

Foram aferidos os resultados, não só de consumo de ar, mas também: frequência cardíaca, temperatura antes e depois das etapas de teste, pesagem com e sem equipamento, saturação e pressão arterial, todos como parâmetros de segurança para a execução dos testes. Enfatiza-se que as aferições de saturação, frequência cardíaca e pressão arterial funcionam como medidas de segurança, mas também podem gerar dados para outras análises relevantes em pesquisas futuras.

Durante as três semanas seguintes, os estagiários passaram por intensa carga de treinamento quase sempre trajando o equipamento de aproximação (traje de combate a incêndio) e, muitas vezes, o EPR. Posteriormente, e no último dia antes do simulado de fechamento do estágio, os mesmos bombeiros passaram pelas mesmas etapas de teste e aferição de consumo de ar.



**Figura 1** – Ilustração das aferições realizadas durante o Estágio de Operações de Combate a Incêndio



Fonte: Resultados da Pesquisa.

Destaca-se que, os trajes de combate a incêndio e EPR abastecido possuem peso aproximado de 23kg. Logo, o bombeiro pode ter um acréscimo que varia entre de 27% a 39%, em média, no seu peso (CORRÊA, *et al.* 2015), sendo um fator importante a ser considerado.

## 2.4 Cuidados éticos

Destaca-se que, os trajes de combate a incêndio e EPR abastecido possuem peso aproximado de 23kg. Logo, o bombeiro pode ter um acréscimo que varia entre de 27% a 39%, em média, no seu peso (CORRÊA, *et al.* 2015), sendo um fator importante a ser considerado.

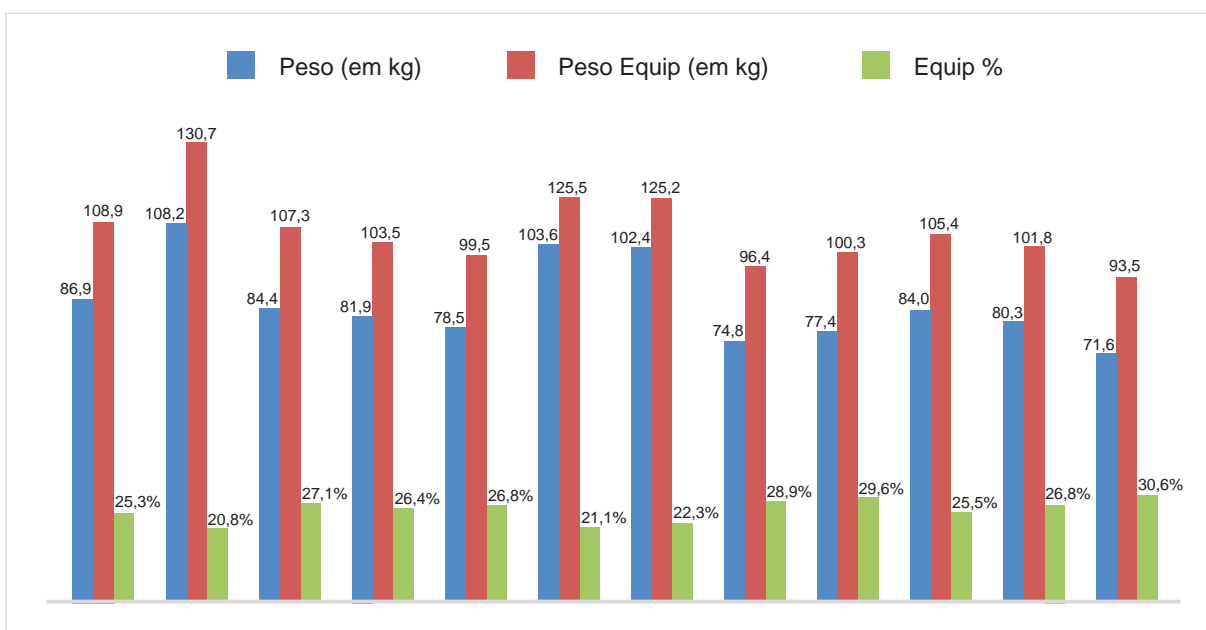
Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, no qual foram sinteticamente apresentados os objetivos e riscos da pesquisa, em consonância com as boas práticas de pesquisa. Os estagiários, antes de iniciarem o treinamento passaram por avaliação médica garantindo as condições de saúde para o ingresso na rotina de atividades físicas intensas. Destaca-se ainda que este protocolo aplicado possuiu alguns mecanismos preventivos. Assim o teste pôde ser interrompido por solicitação do bombeiro a qualquer tempo, ou ainda, pela equipe de pesquisa caso indicadores (bati-

mento cardíaco, saturação, pressão arterial, entre outros), apontassem para a interrupção em nome da segurança. Caso o bombeiro alcançasse sua frequência cardíaca máxima, apresentasse saturação inferior a 95% ou levantasse o braço esquerdo (convencionado como desistência voluntária), o teste era interrompido.

## 3 RESULTADOS

Inicialmente, se apresenta o Gráfico 1, no qual pode-se observar o peso sem e com equipamento (EPI e EPR) dos 12 estagiários. É importante destacar o aumento percentual do peso dos bombeiros após a equipagem, vendo-se que a variação neste grupo foi de 21,2% a 30,6% e média de 25,5%.

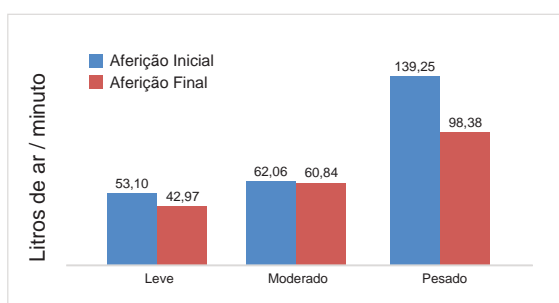
A seguir, foram apresentados no Gráfico 2, os resultados das médias de consumo de ar no uso do EPR no início e no final do EOCI. Foram aferidos, no início do estágio, os valores médios de 53,1 litros de ar/minuto, 62,1 litros de ar/minuto e 139,3 litros de ar/minuto para os consumos relacionados a esforços leve, moderado e pesado. Já no final do estágio, foram aferidos os seguintes valores médios: 43,0 litros de ar/minuto, 60,1 litros de ar/minuto e 98,4 litros de ar/minuto para os consumos relacionados a esforços leve,



**Gráfico 1** – Peso de cada participante sem e com equipamento individual de combate a incêndio (EPI e EPR) (n=12)  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

moderado e pesado.

Já no final do estágio, foram aferidos os seguintes valores médios: 43,0 litros de ar/minuto, 60,1 litros de ar/minuto e 98,4 litros de ar/minuto para os consumos relacionados a esforços leve, moderado e pesado, como pode ser visto a seguir.



**Gráfico 2** – Consumo médio de litros de ar por minuto aferido dos bombeiros antes e depois do treinamento (n=12) nas situações de esforços leve, moderado e pesado  
Fonte: Resultados da Pesquisa.

## 4 DISCUSSÃO

Inicialmente, pôde-se perceber que o uso do equipamento protetivo para combater incêndios impõe ao seu usuário (bombeiro) um acréscimo significativo no seu peso, algo que pode trazer consequências indesejadas como redução na capacidade cardiorrespiratória, danos ao sistema musculoesquelético, além de alterações psicológicas (BRITO, VITOR, ALVES, 2018). Os mesmos autores relataram que o uso feito de forma correta e os treinamentos com os equipamentos, podem minimizar estes efeitos. Taylor *et al.* (2012) relataram que o uso de EPI é o principal limitador fisiológico do bombeiro na atividade de combate a incêndios.

Após três semanas de treinamento intensivo, os bombeiros participantes deste estudo tiveram uma consistente melhoria na valência relativa ao consumo do EPR, equipamento fundamental nas operações de combate a incêndio. Esta assertiva baseia-se, sobretudo, pela observação dos valores de consumos médios de ar (média

aritmética do consumo) dos estagiários. Tal melhoria pode representar o aumento do tempo efetivo de um bombeiro em operação. Já durante ações que exigiram um esforço pesado, esta melhoria suplantou 29%, no desempenho médio da equipe em treinamento.

Também foram avaliados os dados individuais, pois uma das vantagens da aplicação do protocolo é a possibilidade de individualização dos resultados, gerando um autoconhecimento de cada bombeiro no tocante a seus consumos de ar durante a operação. Apesar da relevância da melhoria na média da turma, chamou nossa atenção que alguns bombeiros, como um dos estagiários que, durante o teste de ingresso, teve aferições para atividade leve aferida em 72,0 litros de ar/minuto, em um esforço moderado obteve um consumo médio de ar e 83,3 litros/minuto e em esforço qualificado como pesado foram consumidos 151,5 litros de ar/minuto. Neste caso individual, as melhorias no consumo por grau de esforço foram respectivamente de 31% (49,5 litros de ar/minuto), 24% (63,0 litros de ar/minuto e 36% (97,5 litros de ar/minuto).

Apesar dos bons resultados iniciais, estima-se que o protocolo aplicado aos estagiários do EOCI para aferição do consumo de ar em EPR deve ser repetido em outras situações de treinamento no intuito de criar parâmetros de comparação. A pequena quantidade de bombeiros que passaram pelo teste e a condição de não existir um 'grupo controle' realizando atividades físicas intensas de outra natureza podem ser consideradas limitações do presente estudo.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Compreendendo que as mensurações realizadas devem ser repetidas em cenários e com indivíduos distintos, buscando uma cristalização dos resultados, vê-se, em princípio, uma consequência bastante positiva em favor do trei-

namento intensivo de combatentes de incêndio. Observou-se uma melhoria considerável no consumo do ar do EPR e, conseqüentemente, uma capacidade superior de permanência no local do sinistro.

As hipóteses aventadas foram uma maior aclimatação ao equipamento. Similarmente, Harvey, *et al.* (2008) concluíram, que o consumo de ar em EPR de bombeiros experientes era melhor do que o de jovens saudáveis. E uma melhoria no condicionamento desenvolvido em um curto espaço de tempo (neste caso, três semanas) influenciou diretamente no rendimento quantitativo das equipes. Este resultado fortalece, em princípio, o argumento da importância do treinamento continuado acompanhado de intervalos anuais de treinamento intensivo.

Recomenda-se que outras análises sejam feitas com grupos de bombeiros de outras corporações, buscando observar se há ou não similaridade nos resultados. Em ocasiões futuras além das aferições dos estagiários, podem-se realizar experimentos com grupos, que em período similar, os quais realizem outras atividades físicas, comparando os resultados no término. Tais comparações poderão lançar luz se a simples intensificação de treinamento físico ou o treinamento específico de combate a incêndio é mais eficaz para a melhoria no consumo de ar em EPR.

Recomenda-se finalmente que tais testes possam ser adaptados para laboratórios de fisiologia e esforço, buscando controlar melhor e analisar outras variáveis importantes.

## 6 REFERÊNCIAS

BRITO, Elisane Veras de; VITOR, Natália Danielle Cordeiro; ALVES, Rodrigo Nascimento Ribeiro. Aspectos ergonômicos fisiológicos: efeitos do calor no desempenho das atividades de bombeiros. **Revista FLAMMAE**, v. 4, n. 10, p. 153-177, 2018.

CONFORMITÉ EUROPÉENNE. CE 0197. **Termômetro de Orelha Infravermelho Digital**, conforme ISO 13485, 2016.

CORRÊA, Cristiano; *et al.* Breathing protection equipment consumption: contribution from an experimental protocol. **HOLOS**, v. 30, n. 6, p. 170-177, 2015.

CORRÊA, Cristiano; *et al.* Trajes para combate a incêndios e o conforto térmico: um estudo comparativo. **Anais do 4º Congresso Ibero-Latino-Americano de Segurança Contra Incêndio**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, p. 637-644, 2017.

DISTRITO FEDERAL. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). **Manual básico de combate a incêndio: módulo 3 - Técnicas de Combate a Incêndio**. Brasília, Renovação, 2012.

GALLAGHER, Michael; *et al.* Development of a perceptual hyperthermia index to evaluate heat strain during treadmill exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, p. 2025-2034, 2012. DOI:10.1007/s00421-011-2173-z.

GRANT, Casey. Respiratory exposure study for fire fighters and other

emergency responders. **Fire Technology**, v. 46, p. 497-529, 2010. DOI: 10.1007/s10694-009-0104-x.

HARVEY, DG.; *et al.* Respiratory gas exchange and physiological demands during a fire fighter evaluation circuit in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 103, p. 89-98, 2008. DOI: 10.1007/s00421-008-0673-2.

HOLMÉR, Ingvar; GAVHED, Désirée. Classification of metabolic and respiratory demands in fire fighting activity with extreme workloads. **Applied Ergonomics**, v. 38, p. 45-52, 2007. DOI: 10.1016/j.apergo.2006.01.004.

WEAKLEY, Jessica; *et al.* Trends in respiratory diagnoses and symptoms of firefighters exposed to the World Trade Center disaster: 2005-2010. **Preventive medicine**, v. 53, n. 6, p.364 -369, 2011.

PIGNATTA, Valdir. Segurança das estruturas em situação de incêndio. **Revista FLAMMAE**, v. 1, n. 1, p. 180-185, 2015.

TAYLOR, Nigel; *et al.* A fractionation of the physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, p. 2913-2921, 2012. DOI: 10.1007/s00421-011-2267-7.