

**ANÁLISE DA NECESSIDADE DE PROTOCOLO PARA A  
REPOSIÇÃO HIDROELETROLÍTICA PARA BOMBEIROS EM  
ATENDIMENTO À OCORRÊNCIA DE COMBATE A INCÊNDIOS,  
COMO FERRAMENTA DE GESTÃO OPERACIONAL.**

*Francisco Luis de Oliveira Costa*<sup>1</sup>

*Cristiano Corrêa*<sup>2</sup>

**RESUMO**

A atividade de combate a incêndios pode ser considerada uma das mais extenuantes atividades profissionais do mundo, tudo isto devido às condições a que os profissionais são expostos. Submetidos a um ambiente extremamente quente e utilizando uma vestimenta apropriada para tal atividade, a qual fornece proteção contra o fogo, contra as altas temperaturas e contra os riscos físicos associados, porém, gerando um grande transtorno termorregulatório, ocasionando uma necessidade *sine qua non* para a criação de um protocolo de reposição hidroeletrolítica levando-se em conta as características dos profissionais do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco. O presente trabalho tem como objetivo abordar a temática relativa a hidratação, mecanismos de termorregulação e exercício no calor, a atividade do bombeiro, no que tange ao combate a incêndios, as doenças causadas pelo estresse térmico, necessidade de reabilitação e reposição hidroeletrolítica, todos mediante revisão bibliográfica em literatura especializada e em sites de pesquisa científica, com o intuito de propor um protocolo para reposição hidroeletrolítica para bombeiros em atendimento a ocorrências de combate a incêndio, como ferramenta de gestão operacional.

**Palavras-chave:** Reposição hidroeletrolítica, Bombeiros, Combate a Incêndios.

---

<sup>1</sup> Capitão do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco, Formado no Curso de Formação de Oficiais pela Academia de Polícia Militar do Paudalho e Especialista em Gestão Governamental – UNINASSAU.

<sup>2</sup> Major do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco, Formado no Curso de Formação de Oficiais pela Academia de Polícia Militar do Paudalho; Mestre FCAP-UPE e Doutorando PPGEC-UFPE.

**ANALYSIS OF NEED PROTOCOL FOR FLUID REPLACEMENT  
FOR FIRE SERVICE IN THE FIRE FIGHTING OCCURRENCE, AS  
A TOOL OF OPERATIONAL MANAGEMENT.**

**ABSTRACT**

The activity of firefighting can be considered one of the most gruelling professional activities in the world, all due to the conditions to which practitioners are exposed. These professionals are subject to an extremely hot environment and wear appropriate attire for such activity, which provides protection against fire, high temperatures, and the associated physical risks; however, a large thermoregulatory disorder is generated, causing a need sine qua non for creating some protocol of hydro-electrolytic replacement, taking into account the features of the Professional Fire Brigade of Pernambuco. This work aims to address the issue concerning the hydration, mechanisms of thermoregulation and exercise in the heat, the activity of the firefighter, in regard to firefighting, diseases caused by thermal stress, the need for rehabilitation, and hydro-electrolytic replacement; all this done through literature revision of specialised books and scientific research websites, in order to propose some protocol for hydro-electrolytic replacement for firefighters in response to firefighting occurrences, as an operational management tool.

Keywords: Hydro-electrolytic replacement, Firefighters, Firefighting.

**Artigo recebido em 05/09/14 e Aceito em 22/12/14.**

## **1 INTRODUÇÃO**

Segundo Bieseke *et al* (2010), a água representa cerca de 70% do peso corporal e é um nutriente de fundamental importância para a sobrevivência do ser humano, principalmente quando ocorre aumento da temperatura corporal durante o exercício. Esse aumento se deve ao ganho de calor no ambiente e à produção de calor pelo organismo durante a atividade. Nesse momento há perda de líquidos no organismo e, se não houver reposição desse líquido perdido pelo suor, ocorrerá o quadro de desidratação, que afeta o desempenho do bombeiro e em estados mais elevados pode levar a morte

Ainda segundo Bieseke *et al* (2010), em um exercício realizado em intensidade de 80 a 90% do VO<sub>2</sub>Max o corpo aumenta a temperatura corporal em 1°C a cada 4-5 min, e o principal mecanismo responsável pela dissipação de tal aumento de calor é a sudorese pela pele, o que conseqüentemente ocasionará diminuição do volume sanguíneo e conseqüentemente o colapso do sistema, caso não haja reposição adequada.

Segundo Cheung *et al* (2010) quando o bombeiro está totalmente equipado para combate à incêndios (bota, luva, capa, capacete e bala clava de combate a incêndios e equipamento de proteção respiratória) é formada uma camada ambiental entre a pele do bombeiro e as vestes, a qual impede a dissipação do calor produzido pelo corpo e conseqüentemente aumento da sudorese como tentativa de compensação desse aumento de temperatura e por conseguinte mais perda volêmica.

Ou seja, quando exposto a ocorrências de combate a incêndios, o bombeiro além de estar sujeito a execução de uma atividade física bastante intensa, a qual irá significar uma grande perda volêmica mediante o suor, o uso do uniforme apropriado para a atividade acelera e aumenta tais perdas volêmicas.

Quanto a incidência deste tipo de ocorrência, o Instituto Sprinkler Brasil (2014) realizou levantamento estatístico das ocorrências de incêndios estruturais (exceto residenciais) noticiados em 2012 e 2013, obtendo respectivamente, 755 e 1.095 casos, ou seja, um aumento na base de 45%.

Diante deste panorama surge a necessidade de uma análise mais acurada do tema e conseqüente sugestão de um protocolo de gestão da reposição hidroeletrólítica para bombeiros militares em atendimento à ocorrência de combate a incêndios.

Além do que, nenhum estudo sobre a gestão da reposição hidroeletrólítica para bombeiros militares em atendimento à ocorrência de combate a incêndios com base nas necessidades específicas da atividade bombeiro militar e com base nos protocolos operacionais do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco foi realizado até a presente data, o que imputa ao tema significativa relevância para o desenvolvimento saudável das operações de controle das chamadas feitas diariamente pelos profissionais dessa Corporação.

A relevância dos resultados obtidos no presente estudo é evidente, pois, a apresentação de um protocolo de reposição hidroeletrólítica para bombeiros militares em atendimento à ocorrência de combate a incêndios poderá trazer melhores resultados nestes mesmos atendimentos, uma vez que o bombeiro estará melhor assistido quanto as suas necessidades de reposição hidroeletrólítica, melhorando assim seus parâmetros fisiológicos (no que tange a consequência da perda volêmica), levando desta maneira a uma busca pela excelência no seu desempenho.

Ademais, o conhecimento dessas informações aperfeiçoará o processo de gestão dos recursos materiais e humanos durante as ocorrências de combate a incêndios, visto que teremos um foco no militar, como organismo vivo, e que tem necessidades fisiológicas, as quais se não forem observadas com cuidado podem leva-lo à morte.

Para tanto, o presente estudo, foi estruturado em uma revisão bibliográfica em literatura especializada e em sites de pesquisa científica.

Para a busca bibliográfica foram levados em conta livros que tratem dos temas: fisiologia do exercício, desidratação e reposição hidroeletrólítica. Para a busca em sites de pesquisa científica, utilizou-se os termos: reposição hidroeletrólítica, bombeiros, combate a incêndios e desidratação.

Todo o desenvolvimento do presente trabalho teve como objetivo geral revisar a temática relativa a hidratação, mecanismos de termorregulação e exercício no calor, a atividade do bombeiro, no que tange ao combate a incêndios, as doenças causadas pelo estresse térmico, necessidade de reabilitação e reposição hidroeletrólítica, e por fim, propor um protocolo de reposição hidroeletrólítica para bombeiros militares em atendimento à ocorrência de combate a incêndios

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água é um nutriente de fundamental importância para o funcionamento do corpo humano, compondo de 40 a 70% do peso corporal, a depender de idade, sexo e composição corporal (BIESEK *et al*, 2010).

Esse nutriente tem uma grande importância, principalmente no aumento da temperatura corporal, pois durante a atividade física intensa, há uma perda de líquido como forma de resfriamento corporal, o qual se não for repostado, pode levar o corpo humano ao colapso (BIESEK *et al*, 2010).

Além dessa função, a água funciona como meio de transporte de substâncias dentro do corpo; serve como meio para ocorrência de reações químicas e; combinada com proteínas, lubrifica as articulações e protege as estruturas internas contra choques mecânicos.

A água é armazenada em dois grandes compartimentos do corpo humano: o primeiro é o meio intracelular, isto é ao ambiente dentro da célula e o segundo e o extracelular, o qual é de maior interesse para este estudo, e que se refere ao líquido intersticial e ao plasma, os quais representam cerca de 20% do peso corporal, sendo este último cerca de 5% do peso corporal, portanto o volume sanguíneo de um homem comum pode variar de 4 a 6 litros (BIESEK *et al*, 2010; McARDLE *et al*, 2008).

Um ponto que não deve ser refutado é que o líquido perdido através do suor provém predominantemente do plasma sanguíneo, ou seja, quando o indivíduo está suando, ele está perdendo diretamente volume sanguíneo.

### 2.1 Balanço Hídrico e Equilíbrio Térmico

Pode-se dizer que euhidratado é o indivíduo que está em seus níveis normais de hidratação; hiper-hidratado é o estado daquele que possui mais água que o euhidratado; hipo-hidratado é o estado de quem possui menos água que o euhidratado. Desidratação é o processo de perda de água e reidratação é o processo de reposição de água (BIESEK *et al*, 2010; McARDLE *et al*, 2008).

Quanto a ingestão de água, a necessidade diária de reposição hídrica de um adulto é, em média, de 2,5 litros, sendo que este volume é repostado por meio de três principais fontes: a água dos líquidos, a água dos alimentos e a água metabólica (BIESEK *et al*, 2010; McARDLE *et. al*, 2008).

O consumo médio de água de líquidos por um adulto é de 1,2 litros, podendo este volume ser aumentado de 5 a 6 vezes quando em exercício ou estresse térmico. O volume ingerido mediante o consumo dos alimentos varia em torno de 1 litro diário, a depender da alimentação do indivíduo, ou seja, frutas e hortaliças possuem mais água do que óleos, carnes secas, biscoitos e bolos. Assim, a água metabólica, a qual é formada após a

degradação de substratos energéticos pelo nosso organismo e representa cerca de 25% da necessidade diária de um indivíduo sedentário.

O corpo humano perde água diariamente por várias vias diferentes, sendo pela pele, pelas fezes, pela urina, pelo vapor de água na respiração e pela sudorese os mais relevantes. Um indivíduo normal produz cerca de 700 mililitros de suor diariamente em circunstâncias normais de temperatura, porém este volume pode aumentar drasticamente quando o exercício é realizado sob temperatura quente e úmida, podendo chegar a 12 litros por dia (BIESEK *et al*, 2010; McARDLE *et al*, 2008).

O equilíbrio térmico, de acordo com McArdle *et al* (2008), é o balanço entre as fontes de ganho de calor e as fontes de dissipação do calor gerado ou acumulado pelo corpo humano. Para o primeiro cita-se a taxa metabólica basal (TMB), os hormônios, o efeito térmico dos alimentos, as modificações posturais e por último e mais importante para o nosso estudo, a atividade muscular e o meio ambiente. Por outro lado, como fonte de perda de calor, o corpo humano utiliza-se de quatro princípios para dissipação do calor corporal: a radiação, a condução, a convecção e a evaporação.

A homeostase destes mecanismos faz com que a temperatura corporal varie em  $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , conseqüentemente a temperatura tende a subir se o ganho de calor ultrapassa a perda, como ocorre em exercícios vigorosos em clima quente e úmido. (McARDLE *et al*, 2008)

Ilustrando a importância deste aspecto do equilíbrio termorregulatório, pode-se dizer que, em média, a temperatura corporal de um atleta de elite, em exercício aeróbico intenso, sobe  $1^{\circ}\text{C}$  a cada 5 a 7 minutos, ou seja, mesmo em atletas treinados este mecanismo de controle da temperatura interna tende a falhar após ser levado ao extremo. Isto se deve ao fato de que no exercício máximo a produção de calor pelo corpo pode chegar a 20 Kcal/min (consumo de 4 litros de  $\text{O}_2$ /min), já o resfriamento evaporativo causado pela transpiração máxima pode chegar a 18 Kcal/min, ou seja, no

extremo o mecanismo de resfriamento corporal é menor que o de produção de calor (McARDLE *et al*, 2008).

Todo este processo de resfriamento corporal pela transpiração evaporativa tem como consequência o estado de workhorse, o que em tradução livre significa “burro de carga”, para o sistema circulatório. No sistema circulatório, tanto a conservação de calor quanto a dissipação, ocorrem mediante ajustes circulatórios, que no caso específico da necessidade de dissipação, quando o calor interno aumenta, gera uma vasodilatação periférica e o sangue aquecido flui para a periferia mais fria. Um detalhe deste ponto é que esta necessidade de dissipação pode causar um estímulo tão poderoso que a taxa de sudorese pode chegar a 2,0 litros/hora (McARDLE *et al*, 2008).

### 2.2 Termorregulação no Calor

A função dos mecanismos termorregulatórios é a proteção do corpo do indivíduo contra o superaquecimento, e conseqüente colapso. Como citado anteriormente, tais mecanismos exercem uma função sine qua non para a manutenção da atividade física no clima quente e úmido, existindo mecanismo de absorção e dissipação de calor pelo corpo: radiação, condução, convecção e evaporação.

A radiação térmica pode ser definida como a emissão de ondas térmicas eletromagnéticas de um corpo com mais energia para outro com menos energia. Esta forma de transmissão de calor não requer contato físico e implica na absorção do calor ambiental por parte do corpo humano quando a temperatura de um objeto próximo está maior que a temperatura da pele (FEMA, 2008).

A condução é o processo físico onde a permuta de energia ocorre através de um meio, sendo ele líquido, sólido ou gasoso. Especificamente no caso da dissipação do calor corporal pela sudorese, tal perda decorre do aquecimento das moléculas de ar e das superfícies mais frias que entram em



contato com a pele. A velocidade para tal perda depende de dois principais fatores, o gradiente de temperatura entre a pele e as superfícies circundantes e as qualidades térmicas de tais superfícies. Como exemplo da utilização prática deste princípio, em ocorrências de combate a incêndios, a utilização da técnica de imersão do antebraço por cerca de 10 minutos em água em temperatura ambiente (20°C), faz com que a temperatura corporal reduza em média 2°C (CHEUNG *et al*, 2010). Isto ocorre porque a água tem a capacidade de absorção de calor milhares de vezes maior que a do ar.

A convecção pode ser caracterizada como o movimento ascendente e descendente de matéria em um fluido, o qual pode ser intensificado pela diferença térmica dos fluidos. Caracterizando este aspecto no que tange à termorregulação, a convecção dos gases adjacentes ao corpo influi no seu aquecimento ou resfriamento. Se o ar prossegue lentamente pela superfície corporal, é criada uma zona de isolamento, que serve para reter a temperatura, fato este que para exercícios no calor, influi negativamente.

Por fim, a evaporação é considerada a principal defesa contra o superaquecimento do corpo humano. A superfície da pele, mediante cerca de 2 a 4 milhões de glândulas sudoríparas, secreta suor, o qual absorve a energia térmica acumulada na pele e evapora, diminuindo assim a temperatura cutânea e conseqüentemente o sangue que fora desviado para a zona periférica.

Outro ponto interessante é o fato de que o suor corresponde a uma solução salina hipotônica com cerca de 0,2 a 0,4% de NaCl, fato este que é levado em conta para evitarmos a hiponatremia. (McARDLE *et al*, 2008).

A termorregulação com temperaturas e umidades elevadas, a sua mistura com atividades físicas, fornece um grande desafio termorregulatório ao corpo humano, com o aumento da temperatura, os mecanismos de dissipação de calor sofrem uma grande perda de funcionalidade (condução, convecção e radiação), chegando ao ponto de contribuírem para o aumento da temperatura corporal quando a temperatura ambiente a ultrapassa.

Quando esses três mecanismos falham ou contribuem para o aumento da temperatura, todo o processo termorregulatório é gerido pela evaporação e conseqüentemente há um esforço do sistema circulatório, pois com a falha dos outros mecanismos a sudorese tende a aumentar como forma de compensação.

Segundo McArdle *et al* (2008) e FEMA (2008) a umidade relativa pode ser definida como a relação da água no ar ambiente a uma determinada temperatura para a quantidade total de umidade que o ar poderia conter, enunciada como percentual. Em termos práticos, quanto maior a umidade, mais ineficiente será a evaporação do suor como forma de resfriamento corporal.

Três fatores influenciam a quantidade total de suor vaporizada da pele e/ou das superfícies corporais, sendo a quantidade de superfície exposta ao meio ambiente, temperatura e umidade relativa do ar ambiente e correntes aéreas de convecção ao redor do corpo.

Ainda segundo McArdle *et al* (2008) uma elevação perigosa na temperatura central pode ocorrer em atletas que competem em esportes de intensidade moderada a alta que ultrapassam 30 minutos de duração em meios ambientes acima de 35°C e com umidade relativa de 60%.

### **2.3 Integração dos Sistemas**

Como visto anteriormente, existem alguns mecanismos que o corpo humano utiliza para dissipar o calor, quer seja de fonte interna ou externa, além desses mecanismos alguns sistemas trabalham de forma conjunta como uma tentativa de maximização dos resultados e como forma de um ataque conjunto ao aumento da temperatura interna.

Como sistema considerado *workhorse*, o sistema circulatório, quanto submetido a um estresse térmico, aumenta o fluxo sanguíneo para as

áreas periféricas do corpo, chegando de 15 a 25% do débito cardíaco, aliado a isto existe a evaporação do suor e uma resposta hormonal.

Especificamente quanto a resposta hormonal, com a sudorese o corpo perde água e eletrólitos, havendo como consequência um estímulo da liberação do hormônio aldosterona e da vasopressina. O primeiro é responsável pelo aumento da reabsorção de sódio pelos túbulos renais e o segundo tem um efeito antidiurético, elevando a permeabilidade dos túbulos coletores dos rins a fim de facilitar a retenção de líquidos. É mister notar que o consumo de bebidas à base de cafeína interfere diretamente na atuação deste último hormônio, pois o primeiro tem efeito antidiurético e o segundo efeito diurético.

#### **2.4 Exercício no Calor**

Em clima quente o principal mecanismo de refrigeração utilizado pelo corpo humano é o esfriamento evaporativo causado principalmente pelo suor, o que implicará na perda de água pelo organismo e consequentemente de volume plasmático.

Em casos extremos esta perda plasmática incidirá em insuficiência circulatória e aumento da temperatura central do corpo até níveis que podem ocasionar a morte.

Durante o exercício em clima ameno o corpo se depara com o desafio de fornecer o sangue com oxigênio para as células musculares, principalmente as que estão sendo mais ativadas neste momento, porém durante exercício em clima quente, outro desafio surge: o desvio do sangue para a periferia do corpo a fim de transportar o calor central para a superfície epitelial como meio de resfriamento. Este fato implica na redução do volume sanguíneo para os músculos, ocasionando mais um mecanismo que faz com que a frequência cardíaca aumente.

Assim, a desidratação é o processo pelo qual o corpo humano perde líquidos acarretando na redução da capacidade de dissipação do calor interno pelo corpo, fazendo aumentar o armazenamento do calor em virtude da redução na taxa de transpiração e no fluxo de sangue para a periferia do corpo. (McARDLE *et al*, 2008).

Um fator interessante é que o suor é hipotônico em relação ao plasma, ou seja, a hipovolemia induzida pela sudorese ocasiona um aumento da osmolalidade plasmática.

## 2.5 Consequências da Perda Volêmica

Para um indivíduo aclimatado, no qual as adaptações fisiológicas foram objetivadas para aprimorar a tolerância a determinado clima, a perda de água por transpiração pode alcançar um pico de 3 L/h (litros por hora), com um total de 12L/dia (litros por dia) (BIESEK *et al*, 2010; McARDLE *et al*, 2008). Além do que os indivíduos aclimatados só mantem seu potencial de termorregulação quando devidamente hidratados.

Independente do grau de desidratação, o corpo humano sofre consequências, conforme visto na tabela 01.

Tabela 1. Efeitos fisiológicos da desidratação de acordo com a perda de peso percentual durante o exercício.

Perda de peso	Efeitos
1%	Início do comprometimento da termorregulação Aumento da temperatura interna corporal
2%	Sensação de sede mais intensa ↓ Desempenho de 10 a 20%
3%	↓ Débito urinário Boca seca
4%	↓ Desempenho de 20 a 50%
5%	Dificuldade de concentração Dor de cabeça Prejuízo da capacidade de realizar trabalho físico e a função fisiológica
6%	Comprometimento severo da regulação da temperatura
7%	Provável colapso

Legenda: ↑, aumento; ↓, redução.

Fonte = Biesek, S. *et al*, 2010; McArdle, W.D. *et al*, 2008; SBME, 2009; Williams, D., 2006 adaptados pelo autor.

Em média, para cada litro de perda volêmica pela sudorese a frequência cardíaca aumenta 8bpm (batimentos por minuto) e o débito cardíaco reduz 1,0 L/min (litros por minuto).

Tais perdas de líquidos incidem na redução do volume plasmático, redução do fluxo sanguíneo cutâneo, redução no volume sistólico, aumento da frequência cardíaca e deterioração na eficiência circulatória e termorregulatória durante o exercício.

Tais percentuais significam que um indivíduo com peso corporal de 80 Kg, 1% significará 0,8Kg, ou seja, cerca de 0,8 litros de suor, o que como vimos anteriormente não tarda a acontecer.

### **2.6 Efeito das Vestimentas**

As vestimentas são responsáveis pelo isolamento do corpo, onde em certos casos este ponto não é objetivado e no caso deste estudo específico, relativo a bombeiros em atendimento a ocorrências de combate a incêndios, é uma necessidade de proteção individual imprescindível para o profissional.

A velocidade do vento, os movimentos corporais, o efeito chaminé, que é caracterizado pela condução da ventilação pelas extremidades da vestimenta, o efeito fole, caracterizado pelo movimento da roupa junto ao corpo facilitando a ventilação, a transferência de vapor de água, característica do tecido que compõe a roupa, ou seja, a roupa se opõe à passagem do vapor de água reduzindo a perda do calor pela sudorese e o fator de eficiência por permeação, característica da roupa em absorver o suor, levando-o para longe da superfície corporal e diminuindo o efeito do esfriamento evaporativo, são fatores que influem na capacidade da vestimenta em armazenar o calor ou dissipá-lo durante o exercício.

## 2.7 Doenças Causadas pelo Calor

Fica claro que o uso do uniforme de combate a incêndios combinado com atividade de combate a incêndio gera uma grande demanda fisiológica no corpo do indivíduo, a qual se não for monitorada, observando-se os sinais e sintomas e prevenindo-os, pode levar o indivíduo ao colapso, principalmente quando a temperatura interna corporal atinge níveis extremos, conforme tabela 02.

Tabela 2. Respostas cardiovasculares durante a hipertermia do exercício

	Circulação central		Circulação periférica	Temperatura central	Estado do sistema nervoso central
Compensação	↑DC ↑VS, ↑FC, ↓VP	↓FSE ↓VP	↓RVPT ↑FS cutâneo ↑FS muscular	37,0°C  a  39,5°C	Sinais premonitórios Vertigem Cefaleia Euforia Psicoses
Crises	↑↓DC ↑PAM ↓VS ↑↑FC Taquicardia(180bpm) Acidose metabólica	↑↓FSE ↓VP PVC moderada	↓RVPT ↑↓FS cutâneo	39,5°C a 41,5°C	↓Congestão cerebral ↓Edema cerebral Hipertensão intracraniana
Falência	↓↓DC ↓↓PAM ↑FC Taquicardia Acidose metabólica	↑↑FSE	↓RVPT ↓FS cutâneo baixo	≥41,5°C	↓Coma, perfusão cerebral reduzida ↓Isquemia cerebral Dano neurológico, crises convulsivas

Abreviaturas: DC, débito cardíaco; VS, volume sistólico; FC, frequência cardíaca; FSE, fluxo sanguíneo esplâncnico; VP, volume plasmático; RVPT, resistência vascular periférica total; FS, fluxo sanguíneo; PAM, pressão arterial média; PVC, pressão venosa central; ↑, aumento moderado; ↑↑, grande aumento; ↓, redução moderada; ↓↓, grande redução; ↑↓, aumento e a seguir redução; ↓↓, progredindo para.

Fonte: McArdle, W.D. *et al*, 2008, adaptado pelo autor

Além disto, podem surgir algumas doenças decorrentes da exposição do bombeiro a todos esses fatores inerentes à atividade de combate a incêndio, das quais citamos: câimbras, exaustão induzida pelo calor, intermação, hiponatremia e rabdomiólise.

As câimbras (espasmos musculares involuntários) podem ocorrer durante uma atividade física intensa em ambientes quentes, principalmente nos músculos das extremidades corporais (braços e pernas) e em alguns casos na região do abdômen.

A câmbra decorre de um desequilíbrio nos níveis dos líquidos corporais e nas concentrações de eletrólitos que também são perdidos nestes líquidos. Não necessariamente elas são acompanhadas de aumento da temperatura corporal. (McARDLE *et al*, 2008; FEMA, 2008; WILLIAMS, 2006).

A exaustão térmica induzida pelo calor ocorre devido a ineficiência dos ajustes circulatórios agravados pela depleção do líquido extracelular, principalmente o que foi perdido através da transpiração excessiva (McARDLE *et al*, 2008; FEMA, 2008; WILLIAMS, 2006).

Em suma, o sangue é direcionado para os vasos periféricos dilatados, reduzindo assim drasticamente o volume sanguíneo central necessário para manter o débito cardíaco. (McARDLE *et al*, 2008).

Os sinais e sintomas desta doença incluem aumento da frequência cardíaca, aumento da frequência respiratória, queda na pressão arterial, dores de cabeça, vertigem e fraqueza geral. (McARDLE *et al*, 2008; FEMA, 2008).

A intermação é a mais séria e complexa doença ocasionada pelo estresse induzido pelo calor e é uma consequência da falha dos mecanismos responsáveis pela regulação térmica em virtude de uma temperatura central corporal excessivamente alta (>40°C) (McARDLE *et al*, 2008; FEMA, 2008; WILLIAMS, 2006).

Existe basicamente dois tipos de intermação, a clássica na qual o calor ambiental sobrecarrega os mecanismos corporais responsáveis pela dissipação do calor, produzindo assim uma continuidade de alterações potencialmente negativas nos sistemas corporais, podendo ocasionar incapacidade ou disfunção. (McARDLE *et al*, 2008; FEMA, 2008).

O outro tipo de intermação é a de esforço, a qual é agravada pela soma da carga de calor metabólico no exercício e o desafio para a dissipação do calor por parte de um ambiente quente e úmido. Neste caso, quando a termorregulação falha, a sudorese diminui, a pele fica seca e quente e a temperatura pode alcançar cerca de 41,5°C. (McARDLE *et al*, 2008). Se não

for prevenida ou tratada, a incapacidade de termorregulação progride rapidamente e a morte ocorre por colapso circulatório e dano do sistema nervoso central e de outros sistemas orgânicos.

A hiponatremia, como visto anteriormente, relaciona-se também com a sudorese, pois ao suar se perde eletrólitos, a exemplo do Sódio (Na), o qual tem papel fundamental na condução do impulso nervoso, mediante o mecanismo da bomba de sódio-potássio, além de outras funções.

Diante deste panorama, pode surgir a hiponatremia, ou intoxicação pela água, a qual é explicada pela perda acentuada de sódio através da transpiração, juntamente com a diluição do sódio extracelular existente em virtude do consumo de líquidos com pouco ou nenhum sódio. (McARDLE *et al*, 2008).

Os sintomas da hiponatremia podem variar de leves (cefaleia, confusão, mal-estar, náuseas e câibras) a intensos (crises convulsivas, coma, edema pulmonar e morte).

Por fim, a rabdomiólise pode ser considerada uma síndrome provocada pela ruptura de células musculares e consequente liberação do seu conteúdo para o plasma sanguíneo. Tais conteúdos podem ter caráter potencialmente tóxico e levar o corpo do indivíduo a casos de insuficiência renal aguda ou de arritmias ventriculares, ou seja, é a liberação dos componentes internos celulares podendo levar à disfunção renal. (BRASIL, 2010).

Dentre as suas principais causas podemos citar o uso do álcool, o excesso de atividade física, o uso de drogas lícitas ou ilícitas e a realização de exercícios em temperatura ambiente elevada somada à alta umidade. (BRASIL, 2010).

Esta doença, quando induzida pela atividade física, é associada a exercícios intensos e duradouros, principalmente em indivíduos destreinados e/ou sob condições extremas de calor e umidade, a qual pode ser exemplificada pela atividade de combate a incêndios. (BRASIL, 2010).



### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados apresentados neste estudo relacionam-se com a anamnese da atividade laboral dos bombeiros, com ênfase nas atividades de combate a incêndio, a luz dos teóricos que tratam da reposição hidroeletrólítica em atividades de alta perda volêmica.

Tratando ainda e principalmente da propositura de um protocolo profilático e analítico da reposição hidroeletrólítica nas fases aqui em destaque, a saber: antes, durante e depois do incêndio.

#### **3.1 A Atividade dos Bombeiros**

A quantidade de incêndios no Brasil segundo o Instituto Sprinkler Brasil (2014) cresceu em torno de 45% no ano de 2013 em relação ao ano de 2012. Foram contabilizados, pelo instituto, 1.095 ocorrências na imprensa brasileira, média de 91 por mês, contra 755 registros encontrados em 2012, média de 62 por mês. Neste levantamento foram levados em conta as instalações industriais, comerciais, depósitos, bibliotecas, escolas, hospitais e hotéis, excluindo-se os incidentes ocorridos em residências e de natureza florestal.

Diante deste aumento e considerando que a atividade de combate a incêndios realizada pelos bombeiros, os leva a exposição aos mais diferentes tipos de ambientes aquecidos, bem como a natureza desta atividade crítica, requer prolongada exposição a condições de temperaturas extremas durante as operações de emergência. Entender estas situações é o primeiro passo para desenvolver práticas e estratégias efetivas para proteger os profissionais do estresse térmico e conseqüentemente das doenças provocadas por ele.

Os bombeiros são expostos a variantes níveis de calor em dois básicos contextos: condições ambientais e condições de exposição ao calor de incêndios.

Esta primeira, condições ambientais, pode ser descrita como as interações com o clima e com as condições sazonais. Para tanto as forças armadas americanas classificaram os tipos de clima em quatro: quente-úmido, quente-seco, frio-úmido e frio-seco (FEMA, 2008).

Analisando esta variável sob a perspectiva do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco, observa-se que os integrantes desta corporação são expostos principalmente aos climas quente-úmido e quente-seco. O primeiro é caracterizado por temperaturas acima de 20°C e umidade relativa acima de 75%, já o segundo é caracterizado por temperaturas acima de 20°C e umidade relativa abaixo de 75%.

O segundo contexto e o mais crítico é a exposição térmica enfrentada pelos bombeiros no combate a incêndios quando existe a exposição direta ao fogo, bem como nas atividades de salvamento em ambientes sinistrados por incêndios.

A FEMA (2008) define quatro classes de ambientes de acordo com a magnitude do incêndio, nas quais a temperatura do local sinistrado pode variar de 60 a 815,6°C, podendo chegar a cerca de 1000°C, como exemplo nos casos de incêndios em produtos químicos ou em combustíveis altamente inflamáveis.

Diante deste panorama, os bombeiros que realizam o combate a incêndio estrutural utilizam uma vestimenta específica para estes ambientes, com um sistema desenhado especificamente para proteger o bombeiro contra os riscos ambientais do cenário da ocorrência, ou seja, contra o risco de queimaduras, gases tóxicos e a própria exposição ao calor.

O uniforme típico de combate a incêndios é composto por capacete, bala-clava, luva, bota, capa (neste caso, no CBMPE, será considerado a composta por duas peças) e o equipamento de proteção

respiratória autônomo, os quais combinados podem chegar a uma sobrecarga de peso para o bombeiro de cerca de 22 Kg. (CORRÊA *et al*, 2013)

Este tipo de uniforme é uma exigência básica para a atividade, sem ele, o bombeiro não deve realizar o combate a incêndios, porém o seu uso acarreta em alguns desafios fisiológico, pois o uniforme cobre completamente o corpo do indivíduo e encapsula a cabeça, incidindo significativamente na transferência de calor pelos mecanismos já discutidos.

Quando o bombeiro está desequipado do uniforme de combate a incêndios, a regulação da energia térmica entre o indivíduo e o ambiente é realizada principalmente pela pele. Quando vestido com o aparato, há uma formação de camadas diretamente acima da superfície da pele e este microambiente forma inicialmente uma camada ambiental entre o corpo e o ambiente externo. Este paradigma é ainda mais complicado neste caso específico da capa de combate a incêndios, pois este tipo de vestimenta, é composto por várias camadas, a fim de proteger o bombeiro dos mais diversos riscos, acarretando na formação de vários microambientes.

Com a utilização da capa de combate a incêndios, muito do suor produzido é absorvido e preso pela vestimenta, ocasionando assim uma saturação de umidade. Esta saturação afeta as características de proteção térmica e influencia a taxa de transferência de calor.

### 3.2 Reabilitação

A atividade de combate a incêndios pode ser considerada uma das mais extenuantes atividades profissionais do mundo, tudo isto devido às condições a que os profissionais são expostos. (CHEUNG, 2010).

Submetidos a um ambiente extremamente quente, com temperatura podendo variar de 60°C a 1000°C, os bombeiros atuam no combate aos incêndios. Uma das características deste ambiente quente é a transferência de calor do ambiente e objetos quentes para os mais frios, neste

caso o bombeiro é exposto a altas temperaturas e conseqüentemente absorvendo-as em parte.

Considerando que a temperatura interna corporal é de aproximadamente 37,5°C, surge a necessidade do bombeiro utilizar as vestimentas de proteção para poder adentrar nos locais incendiados minimizando os danos ao seu corpo.

O uso do uniforme de combate a incêndios acarreta no aumento da dificuldade da dissipação do calor produzido pelo corpo, o que neste caso e por conseguinte no aumento exponencial da sudorese. Somando-se estes dois fatores, observamos um *feedback* positivo no aumento da temperatura corporal do indivíduo e da perda volêmica através do suor, incidindo assim na necessidade imprescindível de reposição hidroeletrólítica.

Outro aspecto importante a ser observado, é a necessidade da reposição hídrica juntamente com reposição de eletrólitos, visto que no suor, além de perda da água, também se perde eletrólitos, principalmente o Sódio. (BIESEK *et al*, 2010; McARDLE *et al*, 2008; FEMA, 2008).

Portanto, observa-se que, com a perda de água e conseqüente desidratação, aliada à perda de eletrólitos, o corpo humano é submetido a estresses que não tardam a causar danos e doenças, as quais podem levar à morte.

Com vistas a estabelecer requerimentos para a reabilitação do bombeiro, o primeiro ponto que é definido nesta investigação, é a partir de que momento o bombeiro terá a necessidade de ser submetido a uma reposição hidroeletrólítica.

Quando a vertente é hidratação no exercício voltada para o esporte, Hernandez e Nahas, (2009) orientam a ingestão de líquidos a cada intervalo de 15 a 20 minutos, com um total de 500 a 2000ml por hora, ou seja, podemos utilizar essas diretrizes adaptando à atividade bombeiro militar, com a ressalva da dificuldade de estabelecermos tempos curtos para a reidratação.

Segundo a NFPA 1584 (2003), são definidos intervalos obrigatórios de descanso após o bombeiro ser submetido a esforços específicos, a tabela 03 apresenta uma adaptação dessa diretriz, que pode ser utilizada pelo Corpo de Bombeiros como base para estabelecimento para reabilitação do bombeiro no local da ocorrência.

Tabela 3. Pré-requisitos para necessidade de reabilitação

Esforço submetido*	Tempo de reabilitação	Tipo da reabilitação
30 min de trabalho com o EPR 20 min de trabalho intenso sem o uso do EPR	10 min	Auto reabilitação **
45 a 60 min de trabalho com o EPR Utilização de vestimenta de proteção química 40 min de trabalho intenso sem o uso do EPR	20 min	Reabilitação formal***

Abreviaturas: EPR, Equipamento de proteção respiratória.

\* = um ou outro. \*\* = processo em que o bombeiro realiza pequeno descanso e reposição hidroeletrolítica sem a necessidade de área de reabilitação. \*\*\* = processo de implantação de uma área de reabilitação específica para os bombeiros que atuam na ocorrência.

Fonte: National Fire Protection Association (NFPA) 1584, *Recommended Practice on the Rehabilitation of Members Operating at Incident Scene Operations and Training Exercises*, (2003 ed.), adaptado pelo autor.

### 3.3 Reposição Hidroeletrolítica

A reposição hidroeletrolítica dos bombeiros antes, durante e depois da atividade de combate a incêndios, dentro da realidade da Corporação, se depara com algumas dificuldades para o planejamento e adoção de estratégias para diminuir a desidratação e suas consequências diretas e associadas.

As grandes dificuldades são a incerteza do local da ocorrência, acarretando na dificuldade logística de estabelecimento de área de reabilitação e do transporte dos materiais que serão utilizados para este fim e a incerteza do horário de acionamento da equipe de combate a incêndios, tornando muito difícil a implementação de estratégias de hidratação para a manutenção dos bombeiros euhidratados durante todo o turno de serviço.

### **3.3.1 Pré-Atividade**

Para atividades esportivas, a orientação para os atletas, segundo Hernandez e Nahas (2009), é a ingestão de 250 a 500ml de água duas horas antes do exercício, porém devido à incerteza do horário de acionamento da equipe, uma abordagem que o Corpo de Bombeiros pode adotar é a disponibilização de líquidos para que os bombeiros sejam induzidos a se manterem euhidratados durante o serviço mediante consumo voluntário.

Outro ponto a ser observado é a diminuição no consumo de bebidas estimulantes a base de compostos diuréticos, como exemplo as bebidas energéticas com cafeína. Este ponto visa diminuir a diurese e consequente desidratação.

### **3.3.2 Durante a Atividade**

Adotando os tempos de reabilitação propostos na tabela 3, pode se oferecer bebidas para consumo voluntário pelo bombeiro, com a ressalva da ingestão em excesso a fim de que o militar não sofra transtornos ou desconfortos gastrointestinais durante a atividade.

Esta bebida que será fornecida durante os intervalos de reabilitação, deverá ter um acréscimo de eletrólitos e carboidratos, e estar a uma temperatura em torno de 15 a 22°C.

O acréscimo de carboidratos e eletrólitos, a simples modo, poderá ser feito, segundo Hernandez e Nahas (2009), com a colocação de 0,5 a 0,7g.l<sup>-1</sup> de sódio, o que significa o acréscimo de 1,2 a 1,7 g/l-1 de NaCl (Sal de cozinha) e 30 a 60 g.h<sup>-1</sup> de carboidratos. Quanto a este último, segundo esses autores, se justifica pela necessidade de acréscimo de carboidrato em bebidas para atletas que pratiquem atividades que durem mais de uma hora, ou se for intensa do tipo intermitente mesmo com menos de uma hora.

### **3.3.3 Pós-Atividade**

Um grande problema após o exercício é a dificuldade de alguns indivíduos em repor os líquidos perdidos durante a atividade, pois é fato que mesmo desidratado, eles não sentem vontade de fazer a reposição, o que é conhecido como desidratação involuntária.

Para combater este aspecto, bem como o fato de que após a atividade, o corpo continua a perder líquidos pela urina e pelo suor, é recomendado que os bombeiros consumam a quantidade de líquidos equivalente a 150% do volume perdido durante um período de 4-6 horas após o término do evento, ou seja, se o bombeiro está com 2Kg a menos após a ocorrência, podemos dizer que ele perdeu cerca de 2 litros de água e que ele deverá consumir 3 litros de água nas próximas 4 a 6 horas.(BIESEK *et al*, 2010; McARDLE *et al*, 2008).

## **5 CONCLUSÃO**

A presente pesquisa analisou questões relativas ao balanço hídrico e equilíbrio térmico, termorregulação no calor, integração dos sistemas ativados para a regulação térmica, exercício no calor com foco nas consequências da perda volêmica, efeito das vestimentas e doenças causadas pelo calor.

Analisou-se, também, os pontos relativos a atividade de combate a incêndio realizada pelos bombeiros, a qual é definida como uma das atividades laborais mais extenuantes do mundo, com suas repercussões fisiológicas relativas a exposição ao calor e a utilização do uniforme específico para a atividade.

Pretendeu-se neste trabalho proporcionar, de forma muito sintética, mas objetiva e estruturante, uma análise que propõe protocolo de gestão da reposição hidroeletrólítica para bombeiros militares em atendimento à

## Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco  
Seção 1 – Artigos Técnico Científicos  
Artigo publicado no Volume Nº01 - Edição de JAN a JUN 2015 - ISSN  
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammaecbmpe.wix.com>.

---

ocorrência de combate a incêndios, como ferramenta de gestão operacional e de pessoas.

Porém a proposição é conceitual, com base na literatura científica, merecendo assim novos estudos com aplicação prática e análise de suas repercussões, tanto para os militares que atuam na frente de combate, quanto para os que atuam na gestão do sinistro. Tudo isso a fim aperfeiçoar e cristalizar os resultados aqui propostos.

### REFERÊNCIAS

BIESEK, S.; ALVES, L.A.; GUERRA, I. **Estratégias de Nutrição e Suplementação no Esporte**. São Paulo, Manole Ed., 2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DA DEFESA. EXÉRCITO BRASILEIRO. **PORTARIA Nº 129:Aprova a Diretriz para a Implantação do Programa de Prevenção e Controle da Rabdomiólise Induzida por Esforço Físico e pelo Calor, no âmbito do Exército**, 2010.

CHEUNG, S.S.; PETERSEN, S.R.; MCLELLAN, T.M. Physiological strain and countermeasures with firefighter. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v.3, p.103-16. 2010.

CORRÊA, C.; CASTRO, A.S.; FALCÃO, A.S. **Parâmetros de Consumo de Equipamento de Proteção Respiratória: Resultados Preliminares de uma Contribuição do CBMPE**. 1º Jornada Regional de Prevenção e Combate a Incêndios, Recife, 2013.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. **Emergency Incident Rehabilitation**. United States of America, United State Fire Administration, 2008.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro, Elsevier Ed., 2006.

HERNANDEZ, A.J.; NAHAS, R.M. Modificações dietéticas, reposição hídrica, suplementos alimentares e drogas: comprovação de ação ergogênica e



## **Revista FLAMMAE**

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco  
Seção 1 – Artigos Técnico Científicos  
Artigo publicado no Volume Nº01 - Edição de JAN a JUN 2015 - ISSN  
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammaecbmpe.wix.com>.

---

potenciais riscos para a saúde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.15, 2009.

INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. **Estatística 2013 Anual**, out. 2014.  
Disponível em: <http://www.sprinklerbrasil.org.br/estatisticas/estatisticas-2013>.  
Acesso em: 12 out. 2014.

KENNEY, W.L. Dietary Water and Sodium Requirements for Active Adults. **Sports Science Exchange** **92**, v.17, n. 01. 2004,

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**. Rio de Janeiro, Guanabara Ed., 2008.

NFPA 1584, **Rehabilitation of Members Operating at Incident Scene Operation sans Training Exercises**, NFPA Technical Committee on Fire Service Occupational Medical and Health, Feb. 6, 2003.

WILLIAMS, D. Firefighter Hydration During Rehab. **Fire Engineering**, p.81. Dezembro. 2006.