

Fatores associados ao tempo de permanência em atividade dos militares trajando Equipamento de Proteção Individual contra Agentes Nucleares, Biológicos, Químicos e Radiológicos

Factors associated with time of permanence in activity of military personnel wearing Personal Protective Equipment against Nuclear, Biological, Chemical and Radiological Agents

Resumo: O objetivo deste artigo foi investigar os fatores que podem aumentar ou diminuir o tempo em que o militar consegue permanecer em atividade utilizando os Equipamentos de Proteção Individual (EPI), bem como fornecer auxílio para os decisores do nível tático de que as influências podem ser determinantes para o tempo no cumprimento das diversas missões de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica (DefNBQR). Esta análise se trata de uma revisão da literatura cujos artigos revisados apresentaram como fatores influenciadores no tempo de tolerância, em maior grau, o estado de hidratação prévio à atividade, o clima, a demanda física da tarefa e o tipo de EPI; e, em menor grau, a condição aeróbica, o sexo, a composição corporal e a aclimação. Também foi observada a eficácia dos métodos de resfriamento extra e intracorporal no prolongamento do tempo de permanência.


Palavras-chave: Equipamento de Proteção Individual; militares; desempenho profissional.

Abstract: The objective of this study was to investigate the factors that can increase or decrease the time in which the military can remain in activity using the Personal Protective Equipment (PPE), as well as provide assistance to decision-makers at the tactical level that the influences can be decisive for the time in the field fulfilling the different missions of Nuclear, Biological, Chemical, and Radiological Defense (DefNBQR). This analysis is a review of the literature whose reviewed articles presented as influencing factors in the tolerance time, to a greater degree, the state of hydration prior to the activity, the climate, the physical demand of the task, and the type of PPE; and, to a lesser extent, aerobic condition, sex, body composition, and acclimatization. The effectiveness of extra and intracorporeal cooling methods in prolonging the length of stay was also observed.

Keywords: Personal Protective Equipment; military personnel; work performance.

Felipe Kohn Martins^{1,2} 
felipe.kohn@marinha.mil.br

Maria Elisa Koppke^{1,3} 
maria_koppke@yahoo.com.br

Bruno Ferreira Viana^{1,2} 
bferreiraviana@gmail

Pedro Moreira Tourinho^{1,2} 
edromtourinho@gmail.com

Ulisses Tirollo Taddei¹ 
utatdei@gmail.com

Priscila dos Santos Bunn^{1,2} 
priscilabunn@yahoo.com.br

¹Marinha do Brasil, Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes, Laboratório de Pesquisa em Ciências do Exercício e Performance. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

²Comando da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte e do Exercício. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Recebido: 31 out. 2022

Aprovado: 14 mar. 2023

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833

<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index>



1 INTRODUÇÃO

A utilização de Agentes Nucleares, Biológicos, Químicos e Radiológicos (NBQR) remonta aos primórdios da guerra, a exemplo da utilização do fogo grego pela Marinha Bizantina no século VII. No entanto, foi a partir da Primeira Guerra Mundial, com a utilização do gás cloro, que os elementos químicos passaram a ser empregados de forma sistemática como arma de combate. Assim, para lidar com essas diversas ameaças, a Marinha do Brasil (MB) criou, em 2011, o Sistema de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica (SisDefNBQR-MB) (BRASIL, 2011).

São estabelecidos três requisitos básicos para se fazer frente às ameaças NBQR: alerta antecipado (capacidade de se antecipar às ameaças), proteção (capacidade de se proteger dos efeitos nocivos dos agentes) e recuperação (capacidade de mitigar os efeitos sofridos por conta do agente) (BRASIL, 2020). Ao se abordar o desempenho físico dos militares em combate, com ameaças NBQR, faz-se necessário observar o requisito da proteção, procurando diminuir os efeitos fisiológicos dos agentes NBQR sobre os militares por meio da utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI) (BRASIL, 2020).

Contudo, a combinação das roupas de proteção corporal com os equipamentos de proteção respiratória reduz a capacidade do combatente por conta do desgaste físico decorrente de seu uso, assim como provoca a redução da mobilidade (BRASIL, 2020). A Organização do Tratado do Atlântico Norte (Otan) considera que o uso de EPI gera prejuízo sobre funções fisiológicas, bem como provoca outros efeitos no corpo humano, podendo resultar no aumento do tempo de realização de tarefas e redução na acurácia de suas execuções, levando à degradação do desempenho (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2004).

A MB adota a classificação dos EPI para NBQR em quatro níveis: o nível A é caracterizado por ser hermeticamente fechado e totalmente encapsulado (inclusive as luvas e botas), apresentando pressão positiva e proteção facial total, além disso, o suprimento de ar respirável se dá pela utilização de cilindros de ar autônomos ou de suprimento de ar externo, desde que permita a manutenção da pressão positiva; o nível B requer o mesmo nível de proteção respiratória em relação ao nível A, porém um nível menor para proteção da pele; o nível C é o nível médio de proteção, quando é exigida menores proteções respiratórias e da pele; por fim, o nível D caracterizado pelo menor nível de proteção e, sem equipamento de proteção respiratória (macacões ou jaquetas e calças quimicamente resistentes a respingos parciais, com luvas e botas resistentes e óculos de proteção) (BRASIL, 2020).

Existem quatro principais fatores considerados na execução de tarefas que envolvam tais EPI: tempo necessário para desenvolver a tarefa, nível de proteção da roupa, condições meteorológicas e carga de trabalho (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2004). Porém, existia uma lacuna a respeito dos fatores associados ao tempo trajando EPI em atividades NBQR, em especial, aqueles relacionados às demandas físicas do operador NBQR. Portanto, o objetivo deste artigo foi investigar os principais fatores associados ao tempo em que os militares conseguem permanecer atuando com o EPI.

2 MÉTODO

Este artigo foi uma revisão narrativa da literatura baseada nas recomendações do Sanra, com busca sistemática realizada em fevereiro de 2021 nas bases científicas eletrônicas: Scopus,

National Library of Medicine (Medline) e Web of Science (BAETHGE; GOLDBECK-WOOD; MERTENS *et al.*, 2019). Definiu-se como variáveis independentes os fatores associados ao tempo de utilização do EPI e a variável dependente como tempo de permanência ou tolerância em atividade utilizando EPI. Os descritores para busca foram obtidos a partir das consultas nas bases Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH), conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Descritores utilizados na busca nas bases de dados

DESCRITOR 1	DESCRITOR 2
nuclear, biological, and chemical (NBC) clothing	Work performance
OR	OR
NBC protective clothing	Dehydration
OR	OR
chemical defense clothing	Heat
OR	OR
Protective clothing ensembles	Heat stress
OR	OR
Biological and chemical protective clothing	Water stress
OR	OR
Chemical protective ensemble	Physiological
OR	
Chemical protective mask	
OR	
Chemical protective equipment	
OR	
Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear	
OR	
CBRN	
OR	
Hazmat clothing	
OR	
Hazmat suit	
OR	
CBRN suit	
OR	
Encapsulated clothing	

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

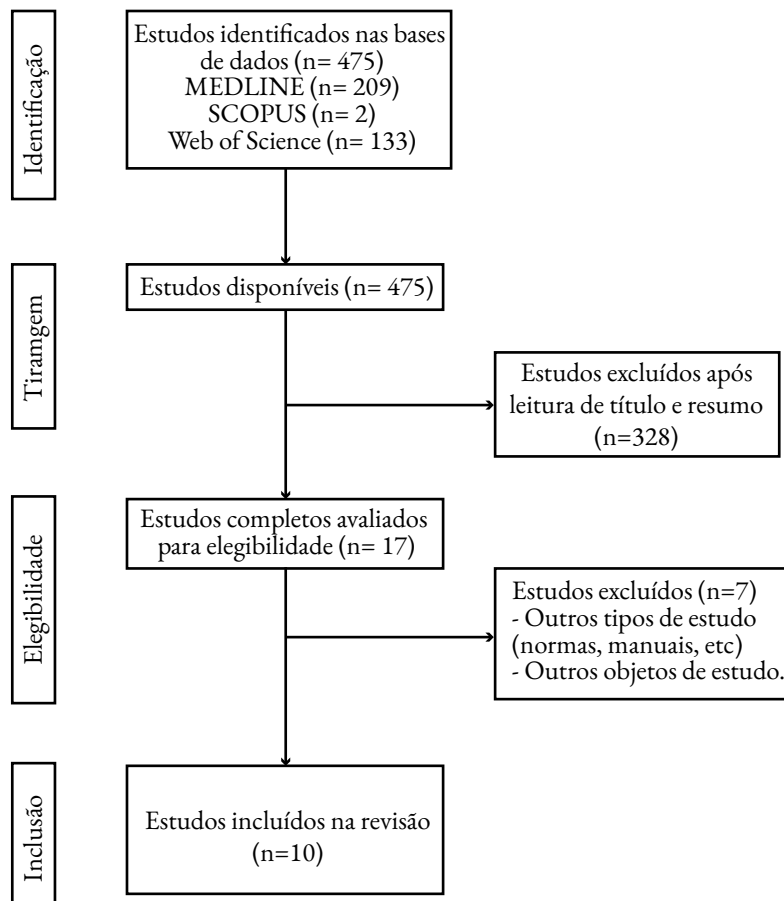
Foram analisados artigos que em sua composição investigaram o tempo de permanência como variável do estudo e foram incluídos artigos que utilizaram EPI do nível C ao nível A de proteção NBQR perante o desgaste físico imposto por estes. A fim de estabelecer parâmetros comuns para elegibilidade dos artigos, adotou-se uma estratégia a partir de análises cuja população foi de militares e forças de segurança, fizesse menção sobre a exposição dos oficiais à utilização de roupa de proteção NBQR em atividade com demanda física e tivesse como resultado o tempo de permanência em atividade. Foram incluídos estudos realizados com população civil com faixa etária e massa corporal semelhantes, devido aos poucos artigos conduzidos com militares e agentes de forças de segurança. Por fim, para uniformizar a exposição dos resultados, aqueles que utilizaram

as classificações de EPI da National Fire Protection Association (NFPA) ou do Comitê de Padronização de Produtos para o Mercado Comum Europeu tiveram os resultados descritos neste artigo de forma equivalente à classificação de EPI adotada na MB.

3 RESULTADOS

Os resultados da busca nas bases de dados são apresentados na Figura 1. Foram considerados os artigos que analisassem a utilização de EPI NBQR, desde o nível C até o nível A, durante alguma atividade de demanda física e que, dentre suas observações, estivesse o tempo de permanência, ou seja, que fosse computado e analisado o tempo em que os indivíduos permaneciam utilizando a roupa de proteção até atingir algum critério fisiológico ou volitivo estabelecido para a interrupção do teste. A partir dos artigos analisados, foi possível obter suas características no Quadro 2. As Tabelas 1 e 2 mostram os tempos de tolerância em minutos conforme o Consumo Máximo de Oxigênio (VO_{2max}), medido em mililitros (mL) sobre quilo (Kg) por minuto (min) alcançado durante a atividade NBQR e os EPI utilizados, em diversos estudos.

Figura 1 – Fluxograma de busca na literatura



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Quadro 2 – Características dos estudos incluídos na revisão.

Autor	Tipo de Roupas de Proteção	Amostra	Condição para término do teste e contagem do tempo final	Grupo controle	Fator investigado (variável independente)	Exposição	Tempo médio do grupo exposto ao fator investigado (min)	Tempo médio do Grupo controle (min)
MALEY <i>et al</i> (2020)	Nível A	n = 8 homens Idade: 24,0 ± 4,0 anos Estrutura: 180,2 ± 7,5 cm; MC: 77,1 ± 6,8 Kg %G: 13,8 ± 5,9%	Temperatura retal > 39,0°C; Frequência Cardíaca ≥ 90% da máxima medida; Tempo de trabalho = 120,0 min Fadiga ou náusea.	Utilização unicompartimental do EPI	Resfriamento por vestimenta externa e/ou resfriamento intra corporal	Colete de gelo ICEPEAK (P > 0,05)	48,0 (IC 95% = 39,0 a 58,0)	39,0 (IC 95% = 30,0 a 48,0)
						Vestimenta de corpo inteiro BCS-4 (P < 0,001)	62,0 (IC 95% = 53,0 a 70,0)	
						Colete refrigerante KewlFit, Model 6626-PEV (P = 0,018)	46,0 (IC 95% = 36,0 a 56,0)	
						Colete de Gelo ICE-PEAK associado com ingestão prévia de frozen (P < 0,001)	56,0 (IC 95% = 46,0 a 67,0)	
BACH <i>et al</i> (2019)	Nível C	n = 8 homens Idade: 23,6 ± 3,9 anos; Estrutura: 180,0 ± 7,0 cm; MC: 75,5 ± 6,4 Kg %G: 13,6 ± 5,2%	Temperatura retal > 39,0 °C Frequência Cardíaca ≥ 90,0% da máxima medida; Tempo de trabalho = 120,0 min Fadiga ou náusea	Utilização unicompartimental do EPI	Resfriamento por vestimenta externa e/ou resfriamento intra corporal	Colete de gelo ICE-PEAK (p < 0,05)	107,0 ± 16,0	89,0 ± 19,0
						Vestimenta de corpo inteiro BCS-4 (P = 1,00)	93,0 ± 14,0	
						Colete refrigerante KewlFit, Model 6626-PEV (P < 0,05)	109,0 ± 13,0	
						Colete de Gelo ICE-PEAK associado com ingestão prévia de frozen (P < 0,005)	110,0 ± 9,0	

continua

Quadro 2 – Continuação

Autor	Tipo de Roupas de Proteção	Amostra	Condição para término do teste e contagem do tempo final	Grupo controle	Fator investigado (variável independente)	Exposição	Tempo médio do grupo exposto ao fator investigado (min)	Tempo médio do Grupo controle (min)
DENHAR-TOG <i>et al</i> (2017)	Nível A	n = 40 homens Idade: 36,7 ± 8,3 anos; MC: 84,7 ± 9,5 Kg	Temperatura retal > 39,0°C Frequência Cardíaca > 90% da máxima medida; Tempo de trabalho = 60 min Fadiga ou náusea	Diferentes Uniformes (A-F)	Tipo de Roupas, Clima e Natureza da Tarefa	Traje A	55,99	NR
						Traje B*	44,29	
						Traje C	50,98	
						Traje D	56,66	
						Traje E	54,66	
						Traje F**	41,78	
						Clima moderado (24°C, 50% UR, 20°C TBU)	53,92	
						Caloroso úmido (32°C, 60% UR, 30°C TBU)	40,44	
						Quente e seco (45°C, 20% UR, 37°C TBU)#	26,96	

continua

Quadro 2 – Continuação

Autor	Tipo de Roupas de Proteção	Amostra	Condição para término do teste e contagem do tempo final	Grupo controle	Fator investigado (variável independente)	Exposição	Tempo médio do grupo exposto ao fator investigado (min)	Tempo médio do Grupo controle (min)
JOVANOVI <i>et al</i> (2014a)	Nível C	n = 10 homens (militares) Idade: 25,8 ± 2,4 anos	Temperatura retal > 39,5°C Frequência Cardíaca medida > 190,0 bpm Tempo de trabalho = 45,0 min Fadiga ou náusea	Grupo com EPI sem vestimenta refrigerante	Resfriamento por vestimenta externa	Grupo utilizando vestimenta refrigerante	10,0 minutos a mais em média do que o grupo controle	NR
MCLELLAN <i>et al</i> (2013)	Nível C	n = 4 homens Idade: 26,8 ± 4,4 anos; Estrutura: 177,0 ± 5,0 cm; MC: 77,1 ± 8,9 Kg; %G: 13,8 ± 5,9%	Temperatura retal = 40°C; Frequência Cardíaca > 95% máxima medida por 3 minutos; Tempo de trabalho = 190min; Fadiga ou náusea	Grupo com EPI e camuflado	EPI embutido no camuflado e com abertura para refrigeração	Grupo utilizando EPI embutido no camuflado e com abertura para refrigeração (Uniforme A) (P < 0,05)	44,3 ± 21,9	33,3 ± 16,1
						Grupo utilizando EPI embutido no camuflado e com abertura para refrigeração (Uniforme B) (P < 0,05)	47,0 ± 27,7	
CHEUNG e MCLELLAN (1998a)	Nível C	n = 8 homens Idade: 15 a 40 anos	Temperatura retal > 39,3°C Frequência Cardíaca > 95% da máxima medida por 3 minutos Tempo de trabalho = 240,0 min Fadiga ou náusea	Indivíduos medianamente treinados hidratados pré aclimação	Capacidade Aeróbica, Estado de hidratação e Aclimação	Indivíduos medianamente treinados hidratados após aclimação (P > 0,05)	101,4 ± 11,4	96,6 ± 19,6
						Indivíduos medianamente treinados hipohidratados pré aclimação (P < 0,05)	78,3 ± 16,9	

continua

Quadro 2 – Continuação

Autor	Tipo de Roupa de Proteção	Amostra	Condição para término do teste e contagem do tempo final	Grupo controle	Fator investigado (variável independente)	Exposição	Tempo médio do grupo exposto ao fator investigado (min)	Tempo médio do Grupo controle (min)
MCLELLAN (1998)	Nível C	n = 17 mulheres e 13 homens Idade: 24,0 ± 4,0 anos; Estatura: 180,2 ± 7,5 cm; MC: 77,1 ± 6,8 Kg %G: 13,8 ± 5,9 %	Temperatura retal > 39,3°C Frequência Cardíaca > 95% da máxima medida por 3 minutos Tempo de trabalho = 300,0 min Fadiga ou náusea	Indivíduos altamente treinados hidratados pré aclimação	Capacidade Aeróbica, Estado de hidratação e Aclimação	Indivíduos altamente treinados hidratados após aclimação (P > 0,05)	115,6 ± 18,4	114,5 ± 27,4
						Indivíduos altamente treinados hipohidratados pré aclimação (P < 0,05)	100,9 ± 20,4	
				Homens	Sexo	Mulheres	114,4 ± 17,4 (P < 0,05)	142,9 ± 24,4

continua

Quadro 2 – Continuação

Autor	Tipo de Roupas de Proteção	Amostra	Condição para término do teste e contagem do tempo final	Grupo controle	Fator investigado (variável independente)	Exposição	Tempo médio do grupo exposto ao fator investigado (min)	Tempo médio do Grupo controle (min)
AOYAGI, <i>et al</i> (1998a)	Nível B	n = 16 homens Grupo 1: Idade: 29,0 ± 2,0 anos; Estatura: 1,79 ± 0,02 m; MC: 82,6 ± 3,3 Kg; %G: 18,1 ± 1,5% Grupo 2: Idade: 28,0 ± 1,0 anos; Estatura: 1,78 ± 0,01 m; MC: 83,8 ± 2,6 Kg; %G: 19,8 ± 1,5%	Temperatura retal > 39,3°C Frequência Cardíaca > 95% da máxima medida por 3 minutos Tempo de trabalho = 150min Fadiga ou náusea	Grupo 1	Aclimação	Grupo 1 após Aclimação de 6 dias	112,0 ± 6,0 (P < 0,05)	97,0 ± 4,0
				Grupo 2	Aclimação	Grupo 2 após Aclimação de 12 dias	120,0 ± 10,0 (P < 0,05)	108,0 ± 10,0
AOYAGI, <i>et al</i> (1998b)	Nível B	n = 16 homens Grupo 1: Idade: 25,0 ± 1,0; Estatura: 1,76 ± 0,02 m; MC: 83,6 ± 3,8 Kg; Grupo 2: Idade: 31,0 ± 1,0 anos; Estatura: 1,76 ± 0,01 m; MC: 79,3 ± 4,1 Kg	Temperatura retal > 39,3°C Frequência Cardíaca > 95% da máxima medida por 3 minutos Tempo de trabalho = 120min Fadiga ou náusea	Grupo 1	Aclimação e capacidade aeróbica	Grupo 1 após Aclimação (P > 0,10)	49,0 ± 3,0	48,0 ± 2,0
				Grupo 2	Aclimação e capacidade aeróbica	Grupo 2 após Aclimação e Programa de Treinamento Aeróbico (P = 0,05 – 0,10)	52,0 ± 3,0	51,0 ± 2,0

continua

Quadro 2 – Continuação

Autor	Tipo de Roupas de Proteção	Amostra	Condição para término do teste e contagem do tempo final	Grupo controle	Fator investigado (variável independente)	Exposição	Tempo médio do grupo exposto ao fator investigado (min)	Tempo médio do Grupo controle (min)
CHEUNG e MCLELLAN (1998b)	Nível C	n = 8 homens Idade: 29,3 ± 6,4 Estatura: 178,0 ± 7,0 cm; MC: 75,6 ± 9,7 Kg. %G: 12,4 ± 2,8%.	Temperatura retal = 39,3 °C Frequência Cardíaca > 95% da máxima medida por 3 minutos Tempo de trabalho	Indivíduos hidratados previamente com reposição de água durante período de trabalho	Estado de hidratação em Exercícios leves	Grupo previamente hidratado sem reposição de água durante o período de trabalho (P > 0,05)	93,1 ± 20,8	87,1 ± 14,2
				Indivíduos hidratados previamente com reposição de água durante período de trabalho		Estado de hidratação	Grupo previamente hidratado sem reposição de água durante o período de trabalho (P < 0,05)	
						Grupo previamente hidratado com reposição de água durante o período de trabalho (P > 0,05)	59,7 ± 9,5	53,3 ± 8,9

Legenda: n = tamanho amostral; Kg = quilogramas; cm = centímetros; EPI = Equipamento de proteção individual; IC 95% = intervalo de confiança a 95%; ± = desvio-padrão; MC = massa corporal; bpm = batimentos por minuto; %G: percentual de gordura corporal; * Redução significativa do tempo de permanência com EPI usando a vestimenta B em relação à A (P = 0,002) e E (P = 0,04); ** Redução significativa do tempo de permanência com EPI usando a vestimenta F em relação à A (P = 0,019), D (P = 0,014) e E (P = 0,0015). # Redução do tempo de permanência em climas quentes e secos em relação aos moderados e calorosos úmidos (P < 0,001); NR = não relatado.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Tabela 1 – VO_{2max} e tempo de tolerância em EPI Nível B

VO _{2max} (mL.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)		Tempo de tolerância (min)		Autor	EPI
Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão		
45,1	1,5	48,0	2,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nível B
45,7	2,1	49,0	3,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nível B
46,0	1,9	52,0	3,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nível B
46,3	2,3	47,0	2,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nível B
47,2	1,7	120,0	10,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nível B
48,1	1,8	112,0	6,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nível B
48,6	2,1	108,0	10,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nível B
49,5	2,2	97,0	4,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nível B

VO_{2max} = consumo de oxigênio máximo; EPI = equipamento de proteção individual.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Tabela 2 – VO_{2max} e tempo de tolerância em minutos em EPI Nível C

VO _{2max} (mL.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)		Tempo de tolerância (min)		Autor	EPI
Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão		
46,0	2,9	96,6	19,6	CHEUNG e MCLELLAN (1998a)	Nível C
48,4	4,9	145,2	26,7	MCLELLAN (1998)	Nível C
59,8	2,8	114,5	27,4	CHEUNG e MCLELLAN (1998a)	Nível C
51,6	4,0	89,0	19,0	BACH <i>et al</i> (2019)	Nível C

VO_{2max} = consumo de oxigênio máximo; EPI = equipamento de proteção individual.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

4 DISCUSSÃO

A partir dos resultados analisados, foi possível relacionar o tempo em que um militar conseguiu permanecer operando em ambiente com presença de agentes NBQR. No caso, foram observados os fatores individuais do combatente (capacidade aeróbica, o sexo e o estado

de hidratação) e fatores externos (clima do ambiente operacional, tipo de trabalho a ser executado e o tipo de EPI necessário à tarefa). Além disso, também foi possível relacionar esse tempo com fatores que podem ser inseridos para prolongar a capacidade do militar em permanecer na ação militar, como, os métodos de refrigeração intra e extracorporal e aclimatação.

4.1 Capacidade Aeróbica

A capacidade aeróbica é decerto um fator preponderante quando há exigência de esforço físico, no entanto, essa percepção vem das análises de atividades em que o indivíduo tem a possibilidade de trocar calor com o ambiente, o que não é o caso quando se usa equipamentos de proteção que visam conter a troca de fluidos entre a pessoa e o meio externo. Assim, os estudos analisados buscaram entender se essa premissa também seria válida para esse tipo de atividade.

Ao comparar indivíduos com média VO_{2max} de $46.1 \pm 2.9 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ a indivíduos com média de VO_{2max} de $59.8 \pm 2.8 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, os pesquisadores Cheung e McLellan (1998a) apontaram que, além do maior tempo de permanência em atividade utilizando EPI, os indivíduos tiveram seus testes interrompidos após atingirem o limite ético de temperatura abdominal ($39,3^{\circ}\text{C}$), além daqueles que tiveram o teste encerrado por solicitação própria devido à percepção de exaustão.

Aoyagi, McLellan e Shephard. (1998), ao analisarem indivíduos que passaram por um programa de treinamento físico baseado em corrida interna ou em esteira em sessões de 30 a 45 min e de três a quatro dias por semana, durante oito semanas, atingindo de 60% a 80% do VO_{2mas} inicial de cada participante, e que como resultado tiveram seus VO_{2max} elevados de $39,9 \pm 1,7 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ para $46,3 \pm 2,3 \text{ mL.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, não constataram um aumento significativo do tempo de permanência, porém, verificou-se que a temperatura retal para indivíduos treinados se manteve menor durante o exercício com o EPI, sendo esse um determinante crítico no tempo de permanência. Uma possível explicação para essa inalteração significativa no tempo de permanência de indivíduos melhor condicionados é apontada pelo acúmulo de suor dentro da roupa e a impossibilidade da efetiva troca de calor com a evaporação do suor, que acaba se sobrepondo ao efeito do treinamento sobre a capacidade aeróbica dos indivíduos, mantendo altos índices na frequência cardíaca, o que acaba por ser o fator determinante do término do exercício. Ambos os testes utilizaram como exercício uma caminhada na esteira a 4,8 quilômetros por hora (km/h), variando entre si na inclinação adotada, Aoyagi, McLellan e Shephard (1998) utilizaram uma única inclinação de 2%, ao passo que Cheung e McLellan (1998b) inclinações entre 3 e 7% e, possivelmente, essa variação de inclinações e maior número de testes tenham levado a uma constatação de uma pequena variação no tempo de permanência dos indivíduos mais condicionados no segundo estudo.

Jovanović *et al.* (2014a) corroboram com a importância da capacidade aeróbica ao desenvolver um teste com militares e compará-los com resultados verificados por Nag *et al* (1997). Os dados de Nag *et al* (1997) apontaram que homens submetidos a trabalhos nos quais a temperatura abdominal seja de 39°C conseguem permanecer em trabalho de 40 a 45 min, enquanto nos testes de Jovanović *et al.* (2014a) uma quantidade mínima de militares teve o teste finalizado antes dos 45 minutos, estabelecendo uma relação com a regularidade em que os militares estudados executam atividades físicas extenuantes relacionadas à profissão.

Apesar de ser notório que a melhor capacidade aeróbica promove benefícios para execução de atividades com demanda física (NINDL *et al.*, 2017), as evidências sobre como os índices fisiológicos aeróbicos se relacionam com o tempo de permanência ainda são escassas, necessitando, portanto, de maiores investigações.

4.2 Sexo

Diante da limitação de análises que investigassem diferenças entre os sexos quando trabalhando com roupas de proteção NBQR, destaca-se o estudo de McLellan (1998), o qual constatou uma desvantagem termo regulatória das mulheres, o que causaria influência na redução do tempo de permanência para o sexo feminino. No entanto, como a vantagem térmica apresentada pelos homens estaria baseada na quantidade de suor que estes conseguem produzir e, por consequência, apresentar maior eficiência regulatória, o uso de EPI isolando a evaporação poderia compensar tais diferenças, levando a uma similar capacidade de armazenamento de calor entre homens e mulheres. Sendo assim, esse artigo fez uma divisão por similaridade de percentual de gordura associado ao VO_{2max} e, com essa divisão, os tempos de tolerância passaram a ser similares independentemente do sexo dos participantes.

Portanto, ainda que o sexo possa influenciar devido às diferenças de composição corporal gerais médias feminina e masculina, quando se trata de um exercício em que não há compensação de calor diante do EPI, tais diferenças são minimizadas. Dessa forma, prevalecendo assim aspectos referentes à composição corporal e capacidade aeróbica para a variação no tempo de permanência, homens e mulheres com índices semelhantes de percentual de gordura e VO_{2max} parecem ter tempos de tolerância semelhantes.

4.3 Estado de hidratação

McLellan (1998); Jovanović *et al.* (2014a); e Aoyagi, McLellan e Shephard (1998) observaram o aumento da taxa de suor quando em atividade utilizando EPI NBQR, o que possibilita inferir que há de fato um aumento da desidratação durante esse tipo de atividade. Aliado a isso, em virtude da necessidade de se isolar, principalmente, as vias respiratórias do meio ambiente, o consumo de água durante a operação em ambiente contaminado é extremamente dificultado, tendo assim o operador NBQR como únicas oportunidades de hidratação os momentos antes de iniciar o trabalho e durante os intervalos de descanso em uma área descontaminada.

A partir disso, Cheung e McLellan (1998a) observaram que o estado de hipohidratação no início da atividade aumentou significativamente os efeitos do estresse térmico, mesmo em indivíduos aclimatados. Da mesma forma, aqueles que apresentavam estado de hidratação normal no início do exercício tiveram capacidade de permanecer em atividade com EPI mais tempo do que os hipohidratados, independentemente dos benefícios da aclimação e da condição aeróbica. Portanto, se reveste de relevância que ao iniciar as operações os indivíduos estejam em boas condições de hidratação. É possível ainda considerar se a hidratação durante a execução da tarefa traz algum ganho efetivo em tempo de tolerância, o que conforme outro estudo de Cheung e

McLellan (1998b) há de fato essa correlação quando ocorre durante a prática de exercícios leves com EPI, porém não há efeito determinante no prolongamento do tempo de permanência quando essa hidratação durante a atividade ocorre na realização de trabalhos de alta intensidade. Essa investigação corroborou, portanto, com a evidência de que o nível de hidratação anterior ao início do exercício afeta o tempo de operação.

Ressalta-se assim a importância da hidratação também nos períodos de descanso de forma que o militar tenha condições de retornar à atividade com nível de hidratação necessário para não ter seu tempo de tolerância reduzido diante do processo de hipohidratação. No entanto, ainda que de forma menos evidente, é importante evitar a hiper-hidratação durante o descanso. Rubenstein *et al* (2017) ao analisarem uma variedade de indivíduos, trajando EPI nível A, em diferentes climas e executando diversas atividades, concluíram que durante os períodos de descanso após 60 minutos de atividade, a hidratação com 0,7 litros (L) de água reidrata de forma segura 90% dos operadores e evita o risco de hipo e hiper-hidratação para os próximos ciclos de trabalho. Vale citar que esse estudo verificou também que um exagero na reidratação (1,5 L a cada ciclo de descanso alternando com um ciclo de 60 min de trabalho) eleva o risco de hiper-hidratação para 39% a partir do terceiro ciclo trabalho/descanso.

4.4 Clima do ambiente operacional e tipo de trabalho a ser executado

DenHartog *et al.* (2017) analisaram diferentes cargas de trabalho aliadas às condições climáticas sobre o tempo de tolerância. Considerando três climas e intensidades de trabalho (climas moderado, caloroso e úmido e quente e seco; e trabalho – 127 W.m⁻², 205 W.m⁻² e 314 W.m⁻²).

Levando em conta que a carga de trabalho aumenta quando há utilização de EPI NBQR (Dorman; Havenith, 2009), é possível prever uma relação inversamente proporcional entre carga de trabalho e tempo de permanência. De tal forma que o estudo de DenHartog *et al.* (2017) evidenciou uma forte relação entre carga de trabalho e tempo de tolerância, na proporção inversa.

Enfim, cabe confirmar a relação de quanto maior a temperatura da região, menor será o tempo de trabalho. Em relação à umidade do ar, é de se supor que não haverá uma influência direta no tempo em virtude da baixa ou nenhuma troca de fluidos entre o indivíduo e o ambiente, no entanto a falta de literatura acerca dessa relação específica não permite a confirmação dessa suposição. Assim, dentro de um mesmo clima, o tempo de permanência se apresenta, conforme DenHartog *et al.* (2017), inversamente proporcional à demanda de trabalho.

Entretanto, em consequência de algumas limitações do artigo de DenHartog *et al.* (2017), a idade apareceu como outro possível fator influenciador do tempo de permanência. A relação idade/tempo de tolerância foi verificada estatisticamente, mostrando uma relação mínima de variação diretamente proporcional, ou seja, indivíduos mais velhos aguentariam mais tempo em operação. Porém, como tal pesquisa foi feita com bombeiros profissionais, pode-se discutir se pessoas com mais experiência operando com o EPI ao longo dos anos tenham desenvolvido alguma adaptação fisiológica para suportar maior quantidade de tempo sob condições de estresse térmico não compensado.

4.5 Tipo de EPI utilizado

As Forças Armadas, quando tem a necessidade de empregar os níveis C e B de proteção, utilizam do sistema de camadas, ou seja, ao ser detectada alguma ameaça NBQR, a roupa de proteção, normalmente de carvão ativado, é colocada por cima do uniforme de combate. A partir dessa concepção, McLellan *et al.* (2013) compararam o atual sistema de camadas a um uniforme de combate com capacidade de filtrar agentes NBQR e que apresenta aberturas para ventilação (Protective Assault Uniform), sendo necessário apenas o fechamento dessas aberturas quando da detecção de ameaça NBQR para a efetiva proteção do combatente. Ao comparar esses dois sistemas de proteção, ficou evidente que o uso contínuo em atividade de um uniforme de combate único e que possibilite rápida transição de uma condição normal para uma condição de proteção NBQR aumenta significativamente o tempo em operação dos militares em meio contaminado trajando o EPI. Dessa forma, ainda que o militar permaneça ao longo de toda a operação com um uniforme de menor troca gasosa com o meio, as partes abertas do uniforme permitem uma troca de calor com o ambiente e há um benefício significativo quando o militar necessitar de proteção NBQR. Embora essa vantagem exista, no Brasil essa tecnologia militar ainda não está disponível e, em se tratando de um estudo com militares canadenses, dificilmente seria aplicável esse tipo de EPI em operações de nossas Forças Armadas.

A utilização de roupas protetoras nível A utilizadas nas forças armadas é similar às utilizadas por corpos de bombeiros e empresas da indústria química, tendo maior disponibilidade comercial. DenHartog *et al.* (2017) investigaram se existem diferenças consideráveis entre diversas roupas de nível A disponíveis no mercado, com o tempo de tolerância. A única diferença notada ocorreu com uma roupa em relação às outras no clima medianamente caloroso, cujas diferenças significativas desse traje são uma dupla camada de proteção química (contra uma camada das demais) e tem sua camada externa aluminizada reflexiva. Essa roupa apresentou reduzido tempo de permanência, como aponta DenHartog *et al.* (2017), podendo ser resultado de suas duas camadas elevarem o estresse térmico e/ou por ser um clima mediano a camada de alumínio impediu a troca de calor da roupa para o ambiente. Em ambiente quente, essa roupa não apresentou diferenças significativas em relação às demais, nesse caso indicando a eficácia na reflexão do calor pela camada aluminizada.

As roupas reflexivas costumam ser empregadas em serviços em que haja incêndios aliados à liberação de agentes NBQR, ficando mais voltada para utilização de bombeiros. No entanto, quando se trata das forças armadas, fica latente a necessidade de se verificar a importância da quantidade de camadas protetoras nos trajes de nível A, considerando que uma roupa multicamadas tenderá a diminuir o tempo de permanência dos militares em operação.

Por fim, Xu *et al.* (2019) observaram ser possível ainda o aperfeiçoamento das propriedades térmicas dos tecidos utilizados atualmente em EPI militares a fim de reduzir o estresse térmico e conseguir aumentar o tempo de permanência, porém ainda assim essas vantagens dependem do clima do ambiente em que se desenvolvem as operações.

4.6 Métodos de resfriamento

A elevação da temperatura corporal é um fator intrínseco ao exercício e que se torna ainda mais evidente quando a troca de calor com o ambiente é reduzida por conta do EPI.

Assim, a refrigeração do corpo pode se apresentar como uma boa alternativa para reduzir os efeitos do estresse térmico decorrente de operações com ameaça NBQR. Bach *et al.* (2019) e Maley *et al.* (2020) investigaram três vestimentas refrigerantes e uma vestimenta associada à ingestão de *frozen* pelos indivíduos 30 minutos antes do início do exercício. O primeiro estudo utilizando EPI nível C e o segundo EPI nível A, havendo uma discordância entre a eficiência de dois trajes em relação ao tempo de permanência no EPI. Enquanto o colete com gelo apresentou melhora significativa durante os testes com o EPI nível C, o mesmo resultado não foi observado no teste com o EPI nível A; já a vestimenta de corpo inteiro com perfusão de água apresentou melhora do tempo de permanência somente na utilização da roupa de nível A.

Para discutir essa diferença, é importante notar que o colete com gelo difere da vestimenta de corpo inteiro em relação à superfície do corpo coberta, a área de contato efetivo com o corpo, a temperatura de armazenamento e estado físico do método refrigerante. As roupas de nível A, ao encapsularem o indivíduo, isolando-o de qualquer troca gasosa com o ambiente, respiração limitada pela vazão da válvula de ar acoplada ao cilindro e quantidade de ar respirável restringida pela capacidade do cilindro, tem como regra um tempo menor de permanência em relação à roupa de nível C.

Portanto, para esse traje, a vestimenta de perfusão de água favorece pelo fato da superfície de troca de calor entre fluido e corpo ser maior, devido ao seu fluido percorrer pequenos tubos por toda a superfície do corpo, sendo mais efetiva para manter o corpo todo refrigerado num curto espaço de tempo. Quando se analisa a utilização do nível C, os tempos médios de permanência em relação ao nível A são bem maiores, dando tempo para todo o fluido ter sua temperatura elevada e equilibrada com a alta temperatura do corpo, fazendo com que o indivíduo perca a partir daí o benefício da refrigeração externa. No entanto, quando se analisa o colete de gelo (armazenado a -18°C), ainda que faça a refrigeração apenas do tronco, o tempo em que o colete passará absorvendo calor da pessoa até entrar em equilíbrio térmico será bem maior do que o do traje com água, beneficiando assim quando se utiliza o EPI nível C. Apesar dessas diferenças, não se pode dizer que, de alguma forma, determinada vestimenta refrigerante não seja adequada, mas deve-se ter em conta essas características quando for necessária a utilização de refrigeração com os diferentes níveis de EPI.

O método que demonstrou maior aumento do tempo de tolerância em ambos os estudos foi a combinação do colete refrigerante com a ingestão de *frozen* na proporção de $7,5 \text{ g.Kg}^{-1}$ a -2°C (2,2% de carboidrato), sendo ingerido $1,25 \text{ g.Kg}^{-1}$ a cada cinco minutos, 30 minutos antes do início do exercício. Jovanović *et al.* (2014b) apontaram, ao estudar vestimentas refrigerantes para EPI das Forças Armadas sérvias, que a utilização desses implementos refrigerando a área do torso faz com que a temperatura abdominal aumente de forma mais lenta e a temperatura média da pele seja significativamente menor. Dessa forma, sua utilização por baixo das roupas protetoras NQBR melhora a estabilidade fisiológica dos militares, contribuindo para a confiança e eficiência nas missões militares contra ameaças NBQR.

Ao se analisar a realidade militar nacional, ressalta-se que a ingestão de *frozen* pode ser executada com facilidade, posto que máquinas de produção desse tipo de alimento estão disponíveis no mercado ou até mesmo utilizando-se de meios improvisados para sua produção, mantendo a proporção de gelo/peso apontadas nos estudos. Em relação à vestimenta refrigerante, ainda que não se tenha o hábito de utilizá-las nas missões de caráter NBQR no Corpo de Fuzileiros Navais,

o Batalhão de Engenharia de Fuzileiros Navais tem hoje vestimenta refrigerante por perfusão de água para execução de missões de desativação de artefatos explosivos com a utilização do traje anti-bomba (EOD-9), sendo, portanto, adaptável ao seu emprego com EPI NBQR.

4.7 Aclimação

Operar utilizando EPI para agentes NBQR requer trabalho em temperaturas acima da média, portanto vale observar a influência da aclimação ao calor pelos indivíduos e se há relação com o tempo de tolerância. Três estudos observaram a relação entre aclimação e tempo de permanência, conforme os protocolos de aclimação especificados nos resultados.

Aoyagi, McLellan e Shephard (1995) constataram um significativo aumento do tempo de tolerância nos indivíduos aclimatados, contrariamente seu próprio trabalho (1998) que indicou não haver variação do tempo de permanência para indivíduos aclimatados, assim como Cheung e McLellan (1998a). Analisando essas perspectivas diferentes, o estudo de Cheung e McLellan (1998a) promoveu a reidratação dos indivíduos estudados em intervalos contínuos, sendo assim tal hidratação contínua pode ter sobrepujado o efeito benéfico da aclimação. Comparando os dois artigos de Aoyagi, McLellan e Shephard, fica claro que a aclimação auxilia a reduzir os efeitos fisiológicos causados pelo estresse térmico em virtude do uso de EPI, porém, ainda há certas dúvidas quanto ao impacto direto no tempo de permanência, pois em suas conclusões, Aoyagi, McLellan e Shephard (1998) verificaram que, quanto maior o esforço requerido no exercício, menor o efeito da aclimação no prolongamento do tempo de tolerância. Possivelmente, essa diminuição ocorre devido à maior taxa de transpiração em exercícios de alta intensidade sem troca de calor com o ambiente, fazendo com que o aumento da temperatura no microclima interno ao EPI seja suficientemente alta para eliminar as diferenças fisiológicas entre os indivíduos aclimatados ou não. Outras investigações apontam vantagens da aclimação em situações de atividades que resultam em estresse térmico, auxiliando na redução da frequência cardíaca, do consumo de oxigênio, da percepção de esforço e da sensação térmica (Thake *et al.*, 2009)

Então, pode-se supor que o tempo de aclimação dos protocolos dos estudos não teriam sido suficientes para uma adaptação fisiológica que efetivamente promovesse a aclimação necessária, entretanto Aoyagi, McLellan e Shephard (1995) observaram que não houve diferenças fisiológicas significativas entre os grupos estudados, com aclimações de seis e 12 dias, pois as adaptações ao calor ocorreram logo nos primeiros dias.

Dessa forma, mais análises seriam necessárias para confirmar a eficácia de fato da aclimação ao calor na extensão do tempo de permanência, apesar dos benefícios já comprovados. Para a realidade das forças armadas é possível estabelecer protocolos simples de aclimação, semelhantes àqueles apontados nos estudos para melhorar o desempenho de militares quando houver tempo disponível suficiente, antecedendo à alguma missão de cunho específico para defesa NBQR.

5 CONCLUSÃO

A partir de todos os dados analisados, é possível concluir que diversos fatores importantes devem ser levados em consideração quando for necessária a utilização de EPI NBQR, alguns

mais ligados ao tempo de permanência em atividade (capacidade aeróbica, sexo, estado de hidratação, clima do ambiente operacional e tipo de atividade executada) e outros prolongando o tempo de tolerância de forma indireta ao atuarem na adaptação fisiológica do indivíduo e sua percepção de esforço (refrigeração intra e extracorporal e aclimatação). Dessa forma, faz-se mister destacar o estado de hidratação inicial do indivíduo como condição básica para o desenvolvimento das tarefas, uma vez que um estado desidratado reduzirá de forma significativa sua permanência em trabalho, sugerindo-se ingestões de 0,7 L de água a cada ciclo de 60 minutos de trabalho.

O tipo de tarefa e o tipo de EPI também aparecem como fatores que irão influenciar o tempo de trabalho, pois quanto maior a intensidade do trabalho e menor a permeabilidade do EPI à transferência de calor entre indivíduo e ambiente, menor serão as influências dos outros fatores, posto que os níveis de suor e sua não evaporação farão com que os tempos de permanência sejam diminuídos de forma drástica, independentemente de outros fatores fisiológicos e perceptuais. Aliado a esses dois fatores está o ambiente operacional, que à medida que se aumenta a temperatura, reduz-se a capacidade de permanência em atividade, sem, no entanto, haver grande influência da umidade diante da rara troca de fluidos entre ambiente e indivíduo.

Os métodos de refrigeração, seja com ajuda de roupas refrigerantes, seja por meio da ingestão de *frozen* se mostraram efetivos na redução do estresse térmico e consequente extensão do tempo de permanência em atividade com EPI, sendo assim, uma eficiente ferramenta para aumentar o tempo de trabalho dos especialistas em atividade, e, portanto, bastante importante para tarefas que exijam longos tempos de exposição a agentes NBQR.

Finalmente, o sexo parece não influenciar o tempo de uso de EPI. Ainda que de forma incipiente, pode-se considerar que indivíduos com melhor condicionamento aeróbico e com menor percentual de gordura apresentaram melhor desempenho com o EPI e tempos maiores de permanência, o que pode ser otimizado caso ocorra aclimatação em caso de atividades realizadas em altas temperaturas.

REFERÊNCIAS

AOYAGI, Y.; MCLELLAN, T. M.; SHEPHARD, R. J. Effects of 6 versus 12 days of heat acclimation on heat tolerance in lightly exercising men wearing protective clothing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Bethesda, v. 71, n. 2–3, p. 187–196, 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7588688/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

AOYAGI, Y.; MCLELLAN, T. M.; SHEPHARD, R. J. Effects of endurance training and heat acclimation on psychological strain in exercising men wearing protective clothing. **Ergonomics**, Bethesda, v. 41, n. 3, p. 328–357, 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9520629/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

BACH, A. J. E. *et al.* An Evaluation of Personal Cooling Systems for Reducing Thermal Strain Whilst Working in Chemical/Biological Protective Clothing. **Frontiers in Physiology**, Bethesda, v. 10, n. 424, p. 1–11, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6474400/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

BAETHGE, C.; GOLDBECK-WOOD, S.; MERTENS, S. SANRA —a scale for the quality assessment of narrative review articles. **Research Integrity and Peer Review**, London, v. 4, n. 1, p. 2–8, 2019. Disponível em: <https://researchintegrityjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41073-019-0064-8>. Acesso em: 28 mar. 2023.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Portaria n. 83, de 5 de maio de 2011**. Implanta o Sistema de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica da MB (SisDefNBQR-MB), e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2011.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2017.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Manual de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020.

CHEUNG, S. S.; MCLELLAN, T. M. Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. **Journal of Applied Physiology**, Rockville, v. 84, n. 5, p. 1731–1739, 1998a. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.1998.84.5.1731>. Acesso em: 28 mar. 2023.

CHEUNG, S. S.; MCLELLAN, T. M. Influence of hydration status and fluid replacement on heat tolerance while wearing NBC protective clothing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Bethesda, v. 77, n. 1–2, p. 139–148, 1998b. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9459534/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

DENHARTOG, E. A.; RUBENSTEIN, C. D.; DEATON, A. S.; BOGERD, C. P. Variability in Heat Strain in Fully Encapsulated Impermeable Suits in Different Climates and at Different Work Loads. **Annals of Work Exposures and Health**, Oxford, v. 61, n. 2, p. 248–259, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/annweh/article/61/2/248/2765107>. Acesso em: 28 mar. 2023.

DORMAN, L. E.; HAVENITH, G. The effects of protective clothing on energy consumption during different activities. **European Journal of Applied Physiology**, Oklahoma, v. 105, n. 3, p. 463–470, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-008-0924-2>. Acesso em: 28 mar. 2023.

JOVANOVIĆ, D.; KARKALIĆ, R.; ZEBA, S.; PAVLOVIĆ, M.; RADAKOVIC, S. S. Physiological tolerance to uncompensated heat stress in soldiers: effects of various types of body cooling systems. **Vojnosanitetski Pregled**, Belgrad, v. 71, n. 3, p. 259–264, 2014b. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24697012/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

MALEY, M. J.; MINETT, G. M.; BACH, A. J. E.; STEWART, K. L.; STEWART, I. B. Extending work tolerance time in the heat in protective ensembles with pre- and per-cooling methods. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 85, p. 1–6, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687018306379?via%3Dihub>. Acesso em: 28 mar. 2023.

MCLELLAN, T. M. Sex-related differences in thermoregulatory responses while wearing protective clothing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Oklahoma, v. 78, n. 1, p. 28–37, 1998. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004210050383>. Acesso em: 28 mar. 2023.

MCLELLAN, T. M.; BOSCARINO, C.; DUNCAN, E. J. S. Physiological strain of next generation combat uniforms with chemical and biological protection: importance of clothing vents. **Ergonomics**, London, v. 56, n. 2, p. 327–337, 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140139.2012.746738>. Acesso em: 28 mar. 2023.

NAG, P.K. *et al.* Human heat tolerance in simulated environment. *Indian J Med Res*, v. 105, p. 226-234, 1997. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9183079/>. Acesso em: 4 abr. de 2023.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. Individual protection equipment on individual and unit performance. **GlobalSpec**, New York, 2004. Disponível em: <https://standards.globalspec.com/std/14362438/ATP-65>. Acesso em: 5 mar. 2023.

NINDL, B. *et al.* Executive Summary From the National Strength and Conditioning Association’s Second Blue Ribbon Panel on Military Physical Readiness: Military Physical Performance Testing. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Bethesda, v. 29, n. 11, p. 216-220, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26506191/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

RUBENSTEIN, C. D.; DENHARTOG, E. A.; DEATON, A. S.; BOGERD, C. P.; DEKANT, S. Fluid replacement advice during work in fully encapsulated impermeable chemical protective suits. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, London, v. 14, n. 6, p. 448-455, 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459624.2017.1296230>. Acesso em: 28 mar. 2023.

THAKE, C. D.; ZURAWLEW, M. J.; PRICE, M. J.; OLDROYD, M. The effect of heat acclimation on thermal strain during Explosives Ordnance Disposal (EOD) related activity in moderate and hot conditions. **In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ERGONOMICS**, 13., 2009, Boston. **Conference** [...] Boston, 2009. Disponível em: <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/publications/the-effect-of-heat-acclimation-on-thermal-strain-during-explosive-3>. Acesso em: 28 mar. 2023.

XU, X.; RIOUX, T. P.; POMERANTZ, N.; TEW, S.; BLANCHARD, L. A. Heat strain in chemical protective ensembles: Effects of fabric thermal properties. **Journal of Thermal Biology**, Amsterdam, v. 86, p. 1-7, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030645651930381X?via%3Dihub>. Acesso em: 28 mar. 2023.