

Capacidades físicas e variáveis antropométricas associadas ao desempenho na marcha com carregamento de carga: uma revisão sistemática

Physical fitness components associated with load carriage performance: a systematic review

RESUMO

Objetivo: O propósito deste estudo foi realizar uma revisão sistemática para explorar as capacidades físicas e variáveis antropométricas que estão ligadas ao desempenho durante a marcha com o transporte de cargas. **Método:** Foi realizada uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados Web of Science, Embase, PubMed, LILACS e Cochrane e selecionados estudos cujos critérios de elegibilidade atendessem à estratégia PECOS (participantes: militares; exposição: capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “bons”; comparação = capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “baixos”; *outcome* = desempenho na marcha com carga; e desenho do estudo = observacional. Os seguintes dados foram extraídos dos estudos: características da amostra utilizada, incluindo o tamanho; avaliação do desempenho; capacidade física e variáveis antropométricas; marcha, carga transportada em quilogramas, a velocidade de deslocamento, o tempo de execução e a distância percorrida durante a marcha; e os resultados. **Resultados:** Um total de 10 estudos foram incluídos na revisão. Participantes com maior massa corporal total e melhor condicionamento aeróbico, pela avaliação direta ou estimado pelo consumo máximo de oxigênio tiveram melhor desempenho. **Conclusão:** O condicionamento aeróbico e a composição corporal parecem ser associados com o desempenho da marcha com carga.

Palavras-chave: Militares. Carregamento de carga. Condicionamento físico.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to carry out a systematic review to explore the elements of physical conditioning, physical capabilities and anthropometric variables that are linked to performance during walking and carrying loads. **Method:** A systematic review of the literature was carried out in the Web of Science, Embase, PubMed, LILACS and Cochrane databases and studies were selected whose eligibility criteria met the PECOS strategy (participants: military personnel; exposure: physical capabilities and anthropometric variables classified as “good”; comparison = physical capabilities and anthropometric variables classified as “low”; outcome = performance in weight-bearing; and study design = observational. the populations studied were military personnel undergoing weight-bearing gait with the purpose of investigating the components of physical fitness associated with good performance in the activity. The following data were extracted from the studies: characteristics of the sample used, including size; physical capacity and anthropometric variables; the execution time and the distance covered during the march; and the results. **Results:** A total of 10 studies were included in the review. Participants with greater total body mass and better aerobic fitness, as assessed directly or estimated by maximum oxygen consumption exhibited better performance. **Conclusions:** Aerobic conditioning and body composition seem to be associated with load carriage walking performance.

Keywords: Military personnel. Load carriage. Physical fitness.

Arthur Henrique Baldo

Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes - CEFAN, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: arthur.hb@hotmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0009-0003-2075-9428>

Priscila dos Santos Bunn

Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes - CEFAN, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: priscilabunn@yahoo.com.br

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0001-6193-4788>

Received:	27 May 2024
Reviewed:	May/Oct 2024
Received after revised:	22 Oct 2024
Accepted:	05 Nov 2024



RAN

Revista Agulhas Negras

ISSN on-line 2595-1084

<http://www.ebrevistas.eb.mil.br/aman>



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



1 Introdução

Ao longo dos séculos houve um aumento progressivo na quantidade de carga transportada pelos militares nos deslocamentos a pé. Tal aumento se deve aos avanços tecnológicos, havendo assim a necessidade de transporte de mais armamento e equipamentos para aumentar o poder de fogo, proteção e comunicações (Alvar *et al.*, 2017). Estudos mostram que nas últimas três décadas essas cargas aumentaram em mais de 50%, alcançando uma média de quase 50 kg em três conflitos internacionais imediatamente anteriores a 2016 (Taylor; Peoples; Petersen, 2016). Neste mesmo sentido, pesquisas sugerem que apesar dos avanços tecnológicos em geral, de armamentos e nos teatros de guerra, o peso carregado para o combate por militares norte-americanos, australianos, britânicos, espanhóis e alemães segue aumentando, podendo variar em torno de 25 kg à 45 kg (Orr *et al.*, 2021).

O gasto de energia e a exigência do exercício de caminhar com uma mochila aumentam de maneira significativa à medida que aumenta a massa carregada, a massa corporal, a velocidade da caminhada, a inclinação e o tipo de terreno. Além disso, os soldados não apenas realizam marchas com carga, como também outras tarefas físicas, como transpor obstáculos, rastejar e atirar, carregando cargas elevadas. (Knapik; Reynolds; Harman, 2004).

O preparo para a tarefa de carregar cargas pode estar associado a um ou mais capacidades físicas e variáveis antropométricas, quais sejam, agilidade, equilíbrio, potência, força, resistência e capacidade aeróbia. Os estudos apontam diferentes variáveis associadas ao desempenho na marcha com carga (Dicks *et al.*, 2021; Fallowfield *et al.*, 2012; Mainenti *et al.*, 2023), o que tem motivado a utilização de métodos combinados de treinamento físico para aumentar o desempenho dos militares. Dentre estes, são citados os exercícios aeróbicos, treinamento de resistência, treinamento intervalado e exercício específico de marcha com carga (Knapik *et al.*, 2012).

Apesar da importância para nortear a prescrição do treinamento físico, não há um consenso entre os estudos que investigaram a associação entre as capacidades físicas e variáveis antropométricas e o desempenho na marcha com carga (Dicks *et al.*, 2021; Fallowfield *et al.*, 2012; Knapik *et al.*, 2012; Mainenti *et al.*, 2023). Neste contexto, um estudo de revisão sistemática (RS) sumarizaria as evidências obtidas dos estudos originais, permitindo uma tomada de decisão para a prática profissional para uma questão específica (Dekkers *et al.*, 2019). Todavia, não foram encontradas RS que associassem as capacidades físicas e variáveis antropométricas ao desempenho dos participantes em marchas com cargas, conhecimento este que pode levar a um melhor conhecimento a respeito dos fatores associados ao desempenho dos militares quando em missões onde haja a necessidade de desempenhar tais atividades.



Desta forma, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática para investigar quais capacidades físicas e variáveis antropométricas são associadas com o desempenho de militar na marcha com carregamento de carga.

2 Método

2.1 Desenho do Estudo

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura redigida de acordo com as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) (Page *et al.*, 2021). O protocolo foi previamente cadastrado no *International prospective register of systematic reviews* (PROSPERO) sob o número CRD42023425652.

2.2 Estratégia de busca

Inicialmente, foi realizada uma busca no PROSPERO e na base Pubmed com o propósito de verificar se já existia alguma revisão sistemática com o mesmo objetivo. Como não foram encontradas revisões similares, a busca foi realizada nas bases de dados *Web of Science*, *Embase*, *PubMed*, *Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences* (LILACS) e *Cochrane* durante os meses de março e abril de 2023. A estratégia de busca foi desenvolvida utilizando os seguintes Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH), sendo “carregamento de carga”, “componentes do condicionamento físico” e “militares” (APÊNDICE). As equações de busca foram elaboradas com os operadores de lógica booleana *AND* (entre os descritores) e *OR* (entre os sinônimos).

2.3 Critérios de elegibilidade dos estudos incluídos

O critério de elegibilidade para a seleção dos estudos foi adotado de acordo com a seguinte Estratégia PECOS (BRASIL, 2014): participantes = militares da ativa de qualquer faixa etária; exposição = capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “bons”; comparação = capacidades físicas e variáveis antropométricas classificadas como “ruins”; outcome = desempenho na marcha com carga, avaliado pelo tempo de atividade, velocidade ou parâmetros fisiológicos, como frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO₂max), tempo até a exaustão e percepção subjetiva de esforço (PSE); e desenho do estudo = observacional de coorte ou transversais. Por considerar uma potencial natureza multifatorial do desempenho na marcha com carga, optamos por incluir quaisquer capacidades físicas e variáveis antropométricas que pudessem ser investigadas como associados ao desempenho na



marcha com carga. Foram excluídos estudos experimentais, de acurácia diagnóstica, além de estudos que não tenham isolado algum componente do condicionamento físico na análise.

2.4 Seleção dos estudos

Dois avaliadores independentes realizaram a seleção dos estudos de forma independente no site [Rayyan.ai](https://rayyan.ai), disponível gratuitamente (Figura 1). Inicialmente, eles removeram os estudos duplicados. Posteriormente, os dois autores selecionaram os títulos e resumos, categorizando os títulos como “incluído”, “excluído” ou “talvez”. Posteriormente, textos completos foram analisados para elegibilidade, cujos motivos de exclusões foram registrados. Nesta etapa, os documentos avaliados também foram categorizados como “incluído”, “excluído” ou “talvez”. Eventuais discordâncias foram sanadas por consenso.

2.5 Extração dos dados dos estudos

Nesta revisão, foram coletados os seguintes dados dos estudos selecionados: autor e ano, características da amostra utilizada, incluindo o tamanho; método de avaliação do desempenho; capacidades físicas e variáveis antropométricas avaliadas; protocolo da marcha; carga transportada em quilogramas (kg), a velocidade de deslocamento, o tempo de execução; distância percorrida durante a marcha; e os resultados dos estudos individuais (Tabela 1). A extração dessas informações foi realizada por dois avaliadores, de forma independente, organizando-se as informações em tabelas por meio do *software* de edição de planilhas Microsoft Excel.

2.6 Avaliação metodológica

A avaliação metodológica dos estudos selecionados foi realizada por dois avaliadores independentes com a ferramenta de Avaliação da Qualidade dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) para estudos observacionais de coorte e transversais (disponível em <https://nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools>). Para os estudos transversais, esta escala considera nove dos quatorze domínios divididos em três campos de possíveis vieses, que são de seleção, comparação e desfecho. Para cada domínio, os revisores responderam a cada pergunta como “Sim”, “Não”, “Não é possível determinar”, “Não aplicável” ou “Não relatado”, com base na revisão crítica de cada estudo. As perguntas respondidas com “Sim” receberam uma pontuação de 1, enquanto as perguntas respondidas com “Não”, “Não é possível determinar” ou “Não relatado” receberam uma pontuação de 0. A pontuação



total de cada estudo foi usada para classificar o risco de viés como baixo (6–8), moderado (3–5) ou alto (0–2). Discordâncias foram sanadas por consenso.

3 Resultados

Inicialmente, foi encontrado um total de 1.448 registros nas bases de dados. Após a remoção de 151 títulos duplicados no site Rayyan, foram lidos todos os títulos e resumos dos 1.298 estudos restantes. Posteriormente, foram selecionados 61 estudos elegíveis para a análise do texto completo. Finalmente, foram selecionados 10 estudos para inclusão na revisão por atenderem a estratégia PECOS previamente definida (Figura 1).

As amostras foram constituídas majoritariamente por militares das Forças Armadas, sendo a maioria de exércitos ou fuzileiros navais, alguns profissionais de outras áreas de segurança e, em sua minoria, por civis. A presença de homens era predominante, embora alguns estudos tenham contado também com a presença de mulheres, havendo apenas um estudo cujos participantes foram exclusivamente mulheres. Quanto à nacionalidade, em sua ampla maioria os estudos são anglo-saxões: 4 norte-americanos e 4 britânicos, além de 1 brasileiro, 1 croata e 1 sueco. O tamanho da amostra dos estudos foi diverso, com os menores estudos contando com a presença de 12 participantes e o maior estudo com 148 participantes (Quadro 1). Além destes, a Tabela 1 também apresenta a média de idade, estatura, massa corporal total (MCT) e percentual de gordura das amostras.

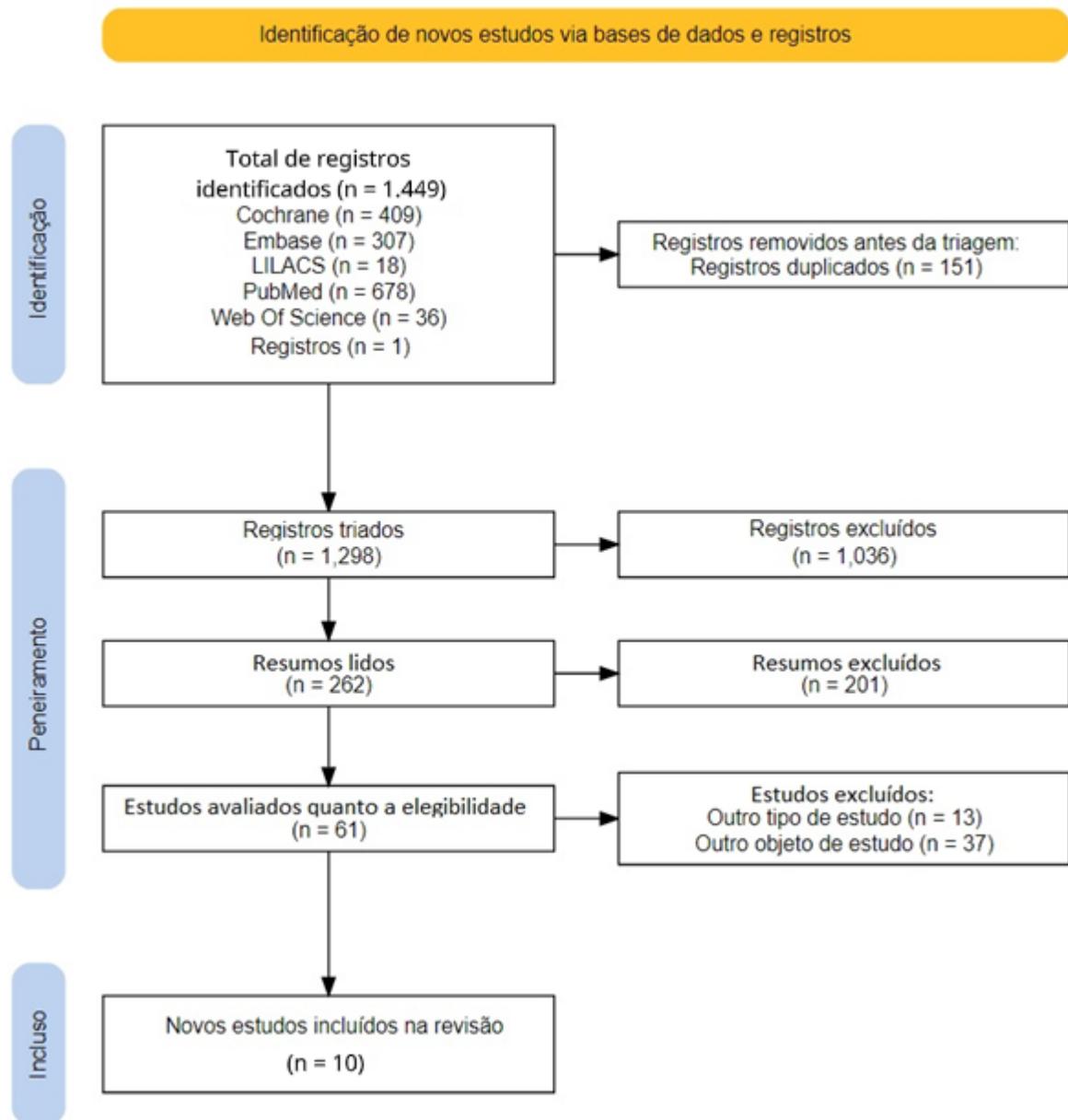
Em relação às características dos fatores associados ao desempenho na marcha com carga, as marchas avaliadas nos estudos variaram quanto a carga carregada pelos participantes (entre 0 e 50 quilogramas) e quanto à distância (entre 400 metros e 19,3 quilômetros). O tempo de execução e a velocidade que as amostras executaram as suas respectivas marchas variaram em função do método de avaliação do desempenho, que em sua maioria fora o tempo para execução, o mais rápido possível, carregando a carga e percorrendo a distância prescrita pelos avaliadores, sendo presentes ainda para avaliar o desempenho nos estudos, porém com menor frequência: FC, PSE e VO_2 máx.

As variáveis avaliadas pelos estudos incluídos foram potência, composição corporal, condicionamento aeróbico, resistência anaeróbica, velocidade, força, resistência muscular, além de pontuação em Testes de Aptidão Física dos exércitos Brasileiro (TAF) e Norte-Americano (APFT), que conjugam exercícios de condicionamento aeróbico, resistência muscular e força (Tabela 2). Em seus resultados, é possível notar uma preponderância de melhor desempenho para participantes com maiores MCT e desempenho aeróbico, sem diferenças entre os sexos quando a composição corporal era



semelhante, além de alguns autores apontarem a experiência prévia na tarefa como fator importante para o desempenho na marcha. Em relação à qualidade metodológica, os estudos apresentaram escores entre 6 e 7 pontos, indicando um baixo risco de viés. Os domínios com menos pontuações nos estudos foram o 4 e o 14, relacionados ao emprego de amostras de populações diferentes e à falta de ajuste estatístico para o controle de vieses de confundimento (Tabela 3).

Figura 1. Fluxograma de busca na literatura.



Fonte: os autores

Tabela 1. Características dos estudos e amostras incluídos.

ESTUDO	TAMANHO DA AMOSTRA			CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA				
	Autor/Ano	Homens (n)	Mulheres (n)	Total (n)	Idade (anos)	Estatura (cm)	MCT (Kg)	% G
(FALLOWFIELD <i>et al.</i> , 2012)	12	0	12	22 ± 3	178 ± 5	80,7 ± 6,8	11,8 ± 3,0	Recrutas Fuzileiros Navais britânicos.
(DICKS <i>et al.</i> , 2021)	15	5	20	20,6 ± 1,65	176 ± 9	78,2 ± 11,3	-	Army Reserve Officer's Training Corps (ROTC), EUA.
(GODHE <i>et al.</i> , 2020)	19	17	36	30 ± 6 (Masculino), 29 ± 6 (Feminino)	1.81 ± 0.05 (Masculino), 1.68 ± 0.07 (Feminino)	82,5 ± 7,0 (Masculino) 66,1 ± 8,9 (Feminino)	-	Bombeiros, militares, policiais e estudantes da Escola de Esporte e Ciências da Saúde (Estocolmo, Suécia). Com e sem experiência em carregamento de carga (>5 anos).
(SPIERING <i>et al.</i> , 2021)	72	2	74	23 ± 3 (PP), 22 ± 3 (SP)	175 ± 8 (PP), 175 ± 8 (SP)	75,5 ± 11,9 (PP), 81,4 ± 12,9 (SP)	22.0 ± 5.7 (SP)	Recrutas do Exército dos EUA.
(COAKLEY <i>et al.</i> , 2019)	87	48	135	26 ± 5	174,5 ± 9	74,2 ± 11,3	-	Militares do Exército britânico.
(SIMPSON <i>et al.</i> , 2017)	17	0	17	25,9 ± 4,3	180,1 ± 6,3	79,3 ± 6,5	-	Militares do Exército britânico.

ESTUDO	TAMANHO DA AMOSTRA			CARACTERÍSTICAS DA AMOSTRA				
(SPORIŠ <i>et al.</i> , 2014)	30	0	30	23,65 ± 1,79	178,66 ± 5,93	79,35 ± 7,71	10,80 ± 3,97	Militares croatas.
(WALKER <i>et al.</i> , 2015)	22	20	42	23,7 ± 3,9	170 ± 10	67,9 ± 9,8	17,8 ± 8,2	Militares e civis norte-americanos, ativos fisicamente.
(WILLIAMS; RAYSON, 2006)	124	24	148	21 ± 3 (E1), 18 ± 2 (E2)	171 ± 1 (E1), 175 ± 06 (E2)	68,8 ± 10,6 (E1), 71,0 ± 9,5 (E2)	16,7 ± 7,3 (E1), 10,8 ± 3,5 (E2)	Recrutas do Exército britânico.
(PANDORF; FRYKMAN, 2001)	0	12	12	25,3 ± 5,5	166 ± 6,5	61,3 ± 6,7	25,7 ± 3,22	Mulheres militares do Exército dos EUA.

Legenda: TAF = Teste de Aptidão Física; MCT: Massa Corporal Total; % G: Percentual de Gordura; PP = Primeira parte do estudo; SP = Segunda parte do estudo; E1 = Estudo 1; E2 = Estudo 2. **Fonte:** os autores.

Tabela 2. Características dos fatores associados ao desempenho na marcha com carga

Estudo	Marcha Avaliada					Método de Avaliação do Desempenho	Capacidade física e variáveis antropométricas avaliadas	Resultados dEstudo	
	Autor/Ano	Tempo de execução (min)	Velocidade (Km/h)	Carga (Kg)	Distância (Km)				Terreno
(FALLOWFIELD <i>et al.</i> , 2012)		270	4,2	31	19,3	Ar livre	Frequência cardíaca, VO2máx	Potência, Composição Corporal, Condicionamento Aeróbico.	Relação negativa entre %HRR durante a marcha e MCT (r = 0,72, P = 0,009), massa magra (r = 0,67, P = 0,018) e estatura (r = 0,70, P = 0,012). Potência não pareceu influenciar
(DICKS <i>et al.</i> , 2021)		-	-	21	0,4 e 3,2	Indoor	Tempo	Resistência Anaeróbica, Condicionamento Aeróbico.	Melhor CV e vVO2máx diminui o tempo para conclusão de tarefa de carregamento de carga

(GODHE <i>et al.</i>, 2020)	5	3 e 5	20, 35 e 50	-	Simulação de terreno	ELI20, ELI35 e ELI50 e VO2máx	Força, Resistência Muscular, Composição Corporal, Condicionamento Aeróbico.	Para a carga mais baixa (20 kg), ELI20, foi correlacionada com a massa corporal, mas nenhum outro fator. Caminhada com 35 e 50 kg carga a 5 km h-1 massa corporal, altura corporal, força muscular da perna e VO2max absoluto foram correlacionados, enquanto relativo VO2max, resistência muscular do tronco e distribuição de fibras musculares da perna não foram correlacionados com ELI35 e ELI50
(SPIERING <i>et al.</i>, 2021)	-	-	33	3,2	Ar livre	Tempo, Velocidade	Composição Corporal, Força Muscular, Potência, Resistência Muscular, Condicionamento Aeróbico.	A performance no teste de carregamento de carga foi influenciada pela massa gorda e pelo VO2máx (R2 = 0,30). Força, potência e resistência muscular não tiveram influência
(COAKLEY <i>et al.</i>, 2019)	-	-	25	12,87	-	Tempo	Composição Corporal, Força Muscular, Condicionamento Aeróbico.	Tempo de corrida de 1,5 milha + MCT prevê o desempenho de marcha de 8 milhas, independentemente do sexo. Força não foi preditor de desempenho
(SIMPSON <i>et al.</i>, 2017)	-	-	20	12,87	Ar livre	Tempo	Condicionamento Aeróbico (VO2máx e lactato sanguíneo).	Velocidade da esteira no ponto de parada (r = 0,85); limiar de lactato (r = -0,80) e VO2máx (r = 0,76) foram correlacionados ao desempenho
(SPORIŠ <i>et al.</i>, 2014)	-	-	25	18	Ar livre	Tempo	Resistência Muscular, Força Muscular, Condicionamento Aeróbico, Composição Corporal.	Análise de regressão linear múltipla: a resistência cardiorrespiratória (3200 e VO2máx) foram associados ao desempenho. Força e composição corporal não tiveram correlação
(WALKER <i>et al.</i>, 2015)	-	4,8 a 8	0 a 30	-	Esteira	Tempo até exaustão	Condicionamento Aeróbico,	Carregar carga resulta em diminuição da função pulmonar e desempenho. Diferentes distribuições de carga

							Composição Corporal.	devem ser investigadas. O desempenho em uma corrida de 4,8km está fortemente correlacionado com o desempenho sem carga. No entanto, essa correlação cai à medida que a carga aumenta, sugerindo que esta não é uma boa medida para avaliar a aptidão para tarefas carregadas. A composição corporal não pareceu ter influência.
(WILLIAMS; RAYSON, 2006)	-	-	15 (E1) e 25 (E2)	3,2	Asfalto	Tempo	Resistência Muscular, Força Muscular, Condicionamento Aeróbico, Composição Corporal.	Foi possível prever o desempenho do transporte de carga com uma carga de 15 kg (shuttle run, % G, e sexo), mas foi questionável ao usar uma carga de 25 kg. Resistência e força muscular não predisseram o desempenho.
(PANDORF; FRYKMAN, 2001)	-	-	14, 27 e 41	3,2	Ar livre	Tempo	Condicionamento Aeróbico, Composição Corporal, APFT (Army Physical Fitness Test) **.	O VO ² máx absoluto e o tempo de corrida de 3,2 km foram os melhores preditores do tempo de execução de marcha carregada. APFT pode ter valor como preditor. Sugere que indivíduos maiores e com maior massa muscular carregam cargas mais pesadas mais rapidamente.

TAF = Teste de Aptidão Física; EB = Exército Brasileiro; * = Corrida de 12 minutos; Abdominais; Flexão de braços; e barra fixa; ** = 2 minutos de flexão de braços; 2 minutos de abdominais; e corrida de 2 milhas; FC = Frequência cardíaca; PSE = Percepção subjetiva de esforço; VO²máx = Consumo de Oxigênio Máximo; %HRR = % de Reserva de Frequência Cardíaca; MCT = Massa Corporal Total; ELI = Índice de Carga Extra; CV = Velocidade Crítica; vVO²máx = Velocidade no VO²máx; % G: Percentual de Gordura. R² = cEficiente de regressão; r = Coeficiente de correlação. Fonte: os autores.

Tabela 3. Ferramenta de Avaliação da Qualidade dos Institutos Nacionais de Saúde para estudos observacionais de coorte e transversais.

Referências	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Item 12	Item 13	Item 14	Pontuação
Coakley <i>et al</i> (2018)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7
Dicks <i>et al</i> (2020)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	6
Followfield <i>et al</i> (2012)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	6
Godhe <i>et al</i> (2020)	Sim	Sim	NA	Não	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	6
Pandorf <i>et al</i> (2000)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7
Simpson <i>et al</i> (2016)	Sim	Sim	NA	Sim	Sim	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	7
Spiering <i>et al</i> (2019)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Não	6
Sporis <i>et al</i> (2014)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7
Walker <i>et al</i> (2015)	Sim	Sim	NA	Não	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	6
Williams e Rayson (2006)	Sim	Sim	NA	Sim	Não	Sim	Sim	NA	NA	NA	Sim	NA	NA	Sim	7

NA = não aplicável.

Fonte: os autores.



4 Discussão

O presente estudo teve como propósito investigar as capacidades físicas e variáveis antropométricas associadas com o desempenho de militares na marcha com carregamento de carga. Os estudos selecionados fornecem uma visão abrangente sobre os principais fatores que influenciam o desempenho físico no carregamento de cargas. As valências físicas que foram apontadas, por estes, como associadas ao desempenho na marcha com carga foram principalmente composição corporal (MCT e %G) (COAKLEY *Et al.*, 2019; FALLOWFIELD *et al.*, 2012; Godhe *et al.*, 2020; SPIERING *et al.*, 2021; Williams; Rayson, 2006) e condicionamento aeróbico (Dicks *et al.*, 2021; Godhe *et al.*, 2020; Simpson *et al.*, 2017; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Walker *et al.*, 2015; Williams; Rayson, 2006). Em menor medida houve influência do condicionamento anaeróbico (DICKS *et al.*, 2021), discreto papel da resistência muscular (Williams; Rayson, 2006), e questionável influência do sexo (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020). Por outro lado, potência (Fallowfield *et al.*, 2012) e força (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Williams; Rayson, 2006) não foram associadas, por si só, ao desempenho na marcha com carga.

Os estudos analisados destacam que a composição corporal, particularmente a massa muscular e a estatura, influencia significativamente a capacidade de carregar cargas pesadas. A massa muscular total (MCT) e a percentagem de gordura (%G) são frequentemente associadas a um melhor desempenho em marchas carregadas (Coakley *et al.*, 2019; Fallowfield *et al.*, 2012; Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Williams; Rayson, 2006). Além disso, a estatura pode afetar a demanda fisiológica durante o carregamento de carga, com indivíduos de estatura menor experimentando um esforço maior em termos relativos, mesmo ao carregar a mesma carga absoluta. A especificidade da tarefa é outra variável crucial; a experiência prévia em marchar com carga parece melhorar o desempenho, independentemente da composição corporal (Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Williams; Rayson, 2006). Assim, enquanto a composição corporal é importante, a experiência e o treinamento específico parecem ser determinantes fundamentais para otimizar o desempenho na marcha com carga.

A análise comparativa dos estudos evidencia a importância da MCT e do VO₂máx no desempenho de marchas carregadas. A MCT e o VO₂máx são considerados preditores importantes da capacidade de carregar cargas pesadas (Fallowfield *et al.*, 2012). Embora o desempenho na corrida de 4,8 km e a marcha sem carga mostrem uma correlação significativa, essa relação diminui com o aumento da carga, sugerindo que a aptidão geral pode não refletir adequadamente o desempenho em tarefas com carga pesada (Walker *et al.*, 2015). Em contraste, o VO₂máx absoluto e o tempo de corrida de 3,2 km emergem como indicadores mais eficazes para prever o tempo de execução da



marcha carregada, destacando sua relevância na avaliação do desempenho (Pandorf; Frykman, 2001). Portanto, a combinação de MCT, VO₂máx e o treinamento específico parece ser mais eficaz para prever e melhorar o desempenho em atividades de carregamento de carga.

A MCT e o VO₂máx desempenham papéis cruciais no desempenho durante o carregamento de carga. Estudos indicam que indivíduos com menor MCT e VO₂máx enfrentam maior tensão cardiovascular e redução na função neuromuscular ao carregar cargas absolutas, mesmo que sejam fisicamente aptos e experientes (Fallowfield *et al.*, 2012). A MCT é um determinante significativo para a capacidade de carregar cargas pesadas, com a experiência prévia em tarefas semelhantes também influenciando o desempenho (Godhe *et al.*, 2020). O VO₂máx, além de sua importância geral, é um preditor relevante para o desempenho em marchas carregadas, ajudando a explicar a variação no tempo necessário para concluir a tarefa (Dicks *et al.*, 2021). Por outro lado, a resistência cardiorrespiratória, como evidenciada por estudos que mostram que 47% da variância inexplicável no desempenho pode ser atribuída a este fator, tem uma influência crescente comparada a outros parâmetros físicos (SPORIŠ *et al.*, 2014). O limiar de lactato também emerge como um fator crucial para alcançar altos níveis de rendimento e resistência (Simpson *et al.*, 2017). Além disso, indivíduos com maior MCT experimentam menor impacto fisiológico ao carregar cargas, demonstrando que a MCT pode mitigar o efeito da carga adicional sobre a fisiologia do indivíduo (Taylor *et al.*, 2012). Esses achados sublinham a necessidade de considerar a MCT e o VO₂máx, bem como a resistência cardiorrespiratória, ao avaliar o desempenho em tarefas de carregamento de carga.

O VO₂máx é um indicador da capacidade aeróbica de um indivíduo, representando a quantidade máxima de oxigênio que pode ser utilizado durante o exercício intenso. É medido em ml/min/kg e reflete a habilidade cardiovascular de fornecer oxigênio aos músculos e sua capacidade de utilizá-lo para gerar energia. Fatores como idade, sexo, condicionamento físico e tamanho corporal influenciam os resultados do teste (ACSM, 2017).

O VO₂máx absoluto e o tempo de corrida de 3,2 km são os indicadores mais relevantes para prever o tempo de execução da marcha carregada, sinalizando uma forte correlação com o desempenho (Pandorf; Frykman, 2001). No mesmo sentido, a combinação do tempo de corrida de 1,5 milha com a MCT pode prever com precisão o desempenho na marcha de 8 milhas, independentemente do sexo (Coakley *et al.*, 2019). Todavia, em outro estudo é apontado que carregar carga acarreta uma diminuição da função pulmonar e desempenho. Embora o desempenho em uma corrida de 4,8 km esteja fortemente correlacionado com a marcha sem carga, essa correlação diminui à medida que a carga aumenta, o que sugere que essa medida não é adequada para avaliar a aptidão em tarefas com transporte de cargas. (Walker *et al.*, 2015).



Não obstante, estas variáveis por si só parecem não explicar o desempenho tarefa ora estudada, em contrapartida, as respostas fisiológicas durante o transporte de carga têm sido mostradas como dependentes de uma combinação de massa da carga, velocidade do movimento, inclinação, terreno, fatores situacionais e condições ambientais (Ainslie *et al.*, 2005; Knapik; Harman; Reynolds, 1996; Pandolf; Givoni; Goldman, 1977). O desempenho no transporte de carga com uma carga de 15 kg pode ser previsto por este, juntamente com testes de *shuttle run* e avaliação do percentual de gordura. Contudo, essa previsão se torna questionável ao usar uma carga de 25 kg, enfatizando a necessidade de programas de treinamento e metas de desempenho baseados na especificidade da tarefa (Williams; Rayson, 2006), o que corrobora os achados dos outros estudos.

A força, isoladamente, não foi associada ao desempenho na marcha com carga (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020; Spiering *et al.*, 2021; Sporiš *et al.*, 2014; Williams; Rayson, 2006). Entretanto, estudos que consideraram os conjuntos de testes de avaliação física (TAF) mostraram que indivíduos com melhores desempenhos no TAF parecem sofrer uma menor demanda fisiológica ao serem avaliados militares do Exército Brasileiro (Mainenti *et al.*, 2023) e do Exército Norte-Americano (Pandorf; Frykman, 2001). Uma possível explicação pode ser a natureza multifatorial associada ao desempenho na marcha com carga, que parece depender de diferentes valências físicas.

Finalmente, com relação ao sexo, buscou-se investigar se seria evidente uma possível diferença de desempenho quando comparados homens e mulheres. Observou-se nas mulheres uma queda muito maior de desempenho em relação aos dos testes de 0 kg a 30 kg durante a realização tarefas de transporte de carga (Walker *et al.*, 2015). Em função de as mulheres serem na média menores que os homens (62 kg vs. 73 kg naquele estudo), as cargas externas absolutas representam um desafio relativo maior para as mulheres. Além disso, as mulheres tinham uma percentagem de gordura corporal maior do que os homens (25% vs. 11%), resultando em uma massa livre de gordura geral ainda menor. A massa livre de gordura foi demonstrada em outros estudos estar correlacionado com o aumento do desempenho no transporte de carga (Beekley *et al.*, 2007).

Por outro lado, outros estudos mostram que a potencial diferença de desempenho entre homens e mulheres pode ser mitigada dependendo da composição corporal sexos (Coakley *et al.*, 2019; Godhe *et al.*, 2020) e do condicionamento físico dos militares tarefa (Williams; Rayson, 2006). Desta forma, a avaliação física pode ter um papel fundamental na seleção de militares que realizam o transporte de cargas, podendo ainda nortear estratégias de aumento da massa magra e do condicionamento físico.

Em síntese, a especificidade da tarefa, a composição corporal e a capacidade cardiovascular são fatores fundamentais na otimização do desempenho em atividades que envolvam o transporte de cargas, independentemente do sexo do indivíduo. Considerar a interação entre esses fatores é



essencial para o desenvolvimento de programas de treinamento e estabelecimento de metas de desempenho mais eficazes e individualizados, visando maximizar a capacidade de lidar com tarefas carregadas de forma eficiente e bem-sucedida. Compreender a importância dessas correlações permite uma abordagem mais informada e direcionada na busca pela excelência no desempenho físico em contextos que exigem o carregamento de cargas.

Por fim, é curioso notar que com exceção dos estudos que aplicaram testes de aptidão física como componentes mistas do condicionamento físico (Pandorf; Frykman, 2001), apenas um estudo apontou variáveis do desempenho muscular com possível crescente importância para a predição da tarefa, porém com menos importância que um teste de corrida de 3200 metros e de $VO_2^{máx}$ (SPORIŠ *et al.*, 2014). Estes achados vão de encontro com outros anteriores, onde é apontado que dentre as variáveis do desempenho muscular foi demonstrada correlação entre carregamento de carga (15-25 Kg), força máxima e resistência muscular (Rayson; Holliman; Belyavin, 2000). Além disso, foi descrito que força máxima de membros superiores tiveram forte e positiva correlação com o desempenho no carregamento de cargas moderadas e pesadas (29 e 45 Kg, respectivamente) enquanto força de membros inferiores, salto horizontal parado e resistência muscular não foram correlacionadas com a performance carregando qualquer peso (Terho; Vaara; Kyröläinen, 2018).

4.1 Limitações e Pontos Fortes

Podem ser consideradas como limitações do presente trabalho o tamanho heterogêneo das amostras dos estudos selecionados, assim como a grande variedade de cargas e distâncias de marcha empregadas para suas respectivas avaliações e as formas de mensuração do desempenho e dos possíveis preditores de desempenho. Com isso, não foi possível realizar uma metanálise dos resultados obtidos dos estudos. Além disso, a falta de associação entre força muscular, resistência de força e potência pode ser explicada pelos diferentes tipos de testes empregados pelos estudos (agachamento, abdominais, barra etc.).

Por outro lado, essa variedade de formas de mensuração do desempenho e possíveis preditores do mesmo permitiu uma visão mais ampla dos fatores associados ao desempenho da marcha, o que se torna positivo, considerando-se esta; atividade militar tão importante. Outro ponto forte do presente estudo é o fato de ser a primeira revisão a realizar uma pesquisa tão abrangente, buscando em várias bases de dados suas fontes.



5 Conclusão

Os resultados da presente revisão mostraram que a composição corporal (MCT e % G) e condicionamento aeróbico ($VO_2^{\text{máx}}$) são cruciais para o desempenho na marcha com carga, assim como a experiência prévia. Entretanto, testes de aptidão física, que combinam avaliações do condicionamento aeróbico, resistência muscular e força podem ser utilizados, embora seja possível que alguns testes sejam irrelevantes para a realização da atividade. Indivíduos maiores e com maior massa muscular têm vantagem em lidar com cargas mais pesadas. Além disso, a literatura ainda carece de mais estudos com testes de força, potência e resistência muscular. Sugere-se que futuras pesquisas investiguem testes de resistência muscular mais específicos, visto que testes generalizados não apresentam correlação com a atividade. Sugere-se também que sejam realizadas pesquisas com maiores distâncias, assim como velocidades diferentes, e cargas maiores do que as apresentadas no presente estudo.



Referências

- American College of Sports Medicine. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (10ª edição)**. 10. ed. Estados Unidos da América: Lippincott Williams and Wilkins, 2017, 480 páginas.
- AINSLIE, P. N. *et al.* Physiological and Metabolic Aspects of Very Prolonged Exercise with Particular Reference to Hill Walking. **Sports Medicine**, v. 35, n. 7, p. 619–647, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16026174/>.
- ALVAR, B. A. *et al.* **NSCA's essentials of tactical strength and conditioning**. 1ª ed. Estados Unidos da América: Human Kinetics, 2017, 677 páginas.
- BEEKLEY, M. D. *et al.* Effects of heavy load carriage during constant-speed, simulated, road marching. **Military medicine**, v. 172, n. 6, p. 592–5, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/milmed.172.6.592>.
- COAKLEY, S. L. *et al.* 1.5mile run time and body mass predict 8mile loaded march performance, irrespective of sex. **Journal of science and medicine in sport**, v. 22, n. 2, p. 217–221, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.07.007>.
- DEKKERS, O. M. *et al.* COSMOS-E: Guidance on conducting systematic reviews and meta-analyses of observational studies of etiology. **PLoS Medicine**, v. 16, n. 2, 1 fev. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002742>.
- DICKS, N. D. *et al.* Increased velocity at VO(2)max and load carriage performance in army ROTC cadets: prescription using the critical velocity concept. **Ergonomics**, v. 64, n. 6, p. 733–743, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1858186>.
- FALLOWFIELD, J. L. *et al.* Neuromuscular and cardiovascular responses of Royal Marine recruits to load carriage in the field. **Applied Ergonomics**, v. 43, n. 6, p. 1131–1137, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.04.003>.
- GILES, G. E. *et al.* Load Carriage and Physical Exertion Influence Cognitive Control in Military Scenarios. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 12, p. 2540–2546, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002085>.
- GODHE, M. *et al.* Physiological Factors of Importance for Load Carriage in Experienced and Inexperienced Men and Women. **Military medicine**, v. 185, n. 7, p. e1168–e1174, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/milmed/usaa050>.
- GRENIER, J. G. *et al.* Effects of extreme-duration heavy load carriage on neuromuscular function and locomotion: a military-based study. **PLoS one**, v. 7, n. 8, p. e43586, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043586>.
- KNAPIK, J.; HARMAN, E.; REYNOLDS, K. Load carriage using packs: A review of physiological, biomechanical and medical aspects. **Applied Ergonomics**, v. 27, n. 3, p. 207–216, jun. 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(96\)00013-0](https://doi.org/10.1016/0003-6870(96)00013-0).
- KNAPIK, J. J. *et al.* A systematic review of the effects of physical training on load carriage performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 26, n. 2, p. 585–97, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182429853>.
- KNAPIK, J. J.; REYNOLDS, K. L.; HARMAN, E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. **Mil Med**, v. 169, n. 1, p. 45–56, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/milmed.169.1.45>.
- LITLESKARE, S. *et al.* Sprint Interval Running and Continuous Running Produce Training Specific Adaptations, Despite a Similar Improvement of Aerobic Endurance Capacity—A Randomized Trial of Healthy Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 11, p. 3865, 29 maio 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17113865>.
- LOPES, R. F.; OSIECKI, R.; RAMA, L. M. P. L. Resposta da frequência cardíaca e da concentração de lactato após cada segmento do triathlon olímpico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 3, p. 158–160, jun. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-86922012000300003>.



MAINENTI, M. R. M. *et al.* O nível de aptidão física afeta o equilíbrio corporal e as respostas fisiológicas após uma tarefa de transporte de carga por 4 km? **Coleção Meira Mattos**, v. 17, n. 59, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.52781/cmm.a106>.

BRASIL. **DIRETRIZES METODOLÓGICAS: Revisão Sistemática e Meta-Análise de Estudos Observacionais Comparativos sobre Fatores de Risco e Prognóstico**. 132p, 2014. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_fatores_risco_prognostico.pdf.

ORR, R. *et al.* Soldier Load Carriage, Injuries, Rehabilitation and Physical Conditioning: An International Approach. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph18084010>.

PAGE, M. J. *et al.* **The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews**. The BMJBMJ Publishing Group, 29 mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.

PANDOLF, K. B.; GIVONI, B.; GOLDMAN, R. F. Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly. **Journal of Applied Physiology**, v. 43, n. 4, p. 577–581, 1 out. 1977. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1977.43.4.577>.

PANDORF, C.; FRYKMAN, P. **Correlates of Load Carriage Performance Among Women**, v. 18, n.2, p. 179-189. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12441582/>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12441582/>.

PIHLAINEN, K. *et al.* Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks. **Military Medicine**, v. 179, n. 2, p. 218–224, fev. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00299>.

RAYSON, M.; HOLLIMAN, D.; BELYAVIN, A. Development of physical selection procedures for the British Army. Phase 2: Relationship between physical performance tests and criterion tasks. **Ergonomics**, v. 43, n. 1, p. 73–105, 10 jan. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/001401300184675>.

SIMPSON, R. J. *et al.* Blood lactate thresholds and walking/running economy are determinants of backpack-running performance in trained soldiers. **Applied ergonomics**, v. 58, p. 566–572, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.04.010>.

SPIERING, B. A. *et al.* Predicting Soldier Task Performance From Physical Fitness Tests: Reliability and Construct Validity of a Soldier Task Test Battery. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 10, p. 2749–2755, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003222>.

SPORIŠ, G. *et al.* The effects of basic fitness parameters on the implementation of specific military activities. **Collegium antropologicum**, v. 38, p. 165–71, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25643545>.

TAYLOR, N. A.; PEOPLES, G. E.; PETERSEN, S. R. Load carriage, human performance, and employment standards. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 41, n. 6, p. S131-47, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0486>.

TAYLOR, N. A. S. *et al.* A fractionation of the physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 8, p. 2913–2921, 6 ago. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2267-7>.

TERHO, A.; VAARA, J. P.; KYRÖLÄINEN, H. **Effects of two different loads on cardiorespiratory functions during simulated load carriage exercises**. CISM sport science abstract research line: **Psychophysiological military fitness and operational readiness**. International Military Sports Council, 2018. Disponível em: <https://www.milспорт.one/medias/fdvprfiles.php?d=ZmljaGllcnM=&f=Q0lTTV9TcG9ydF9TY2llbmNlX0Fi c3RyYWNOX1RoZXJvXzlwMTgucGRm&s=997928727af98a4724c39b13468cc0ce>.

WALKER, R. E. *et al.* Effect of added mass on treadmill performance and pulmonary function. **Journal of strength and conditioning research**, v. 29, n. 4, p. 882–8, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000408>.

WILLIAMS, A. G.; RAYSON, M. P. Can Simple Anthropometric and Physical Performance Tests Track Training-Induced Changes in Load-Carriage Ability? **Military Medicine**, v. 171, n. 8, p. 742-748, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.7205/milmed.171.8.742>.