

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

CURSO DE INSTRUTOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ALUNO: **André** de Abreu Castilho **Diel**, 1º Tenente

ORIENTADOR: **Adriane** Mara de Souza Muniz, Profª Drª

EFEITOS DE UMA MARCHA MILITAR SIMULADA DE 12KM COM TRANSPORTE DE CARGA NO IMPACTO NOS MEMBROS INFERIORES: UM ESTUDO PRELIMINAR

Rio de Janeiro – RJ

2021

ALUNO: **André** de Abreu Castilho **Diel** – 1º Tenente

EFEITOS DE UMA MARCHA MILITAR SIMULADA DE 12KM COM
TRANSPORTE DE CARGA NO IMPACTO NOS MEMBROS INFERIORES:
UM ESTUDO PRELIMINAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para conclusão da graduação em Educação Física na Escola de Educação Física do Exército.

ORIENTADORA: Adriane Mara de Souza Muniz – Prof^a Dr^a

Rio de Janeiro – RJ

2021

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

ALUNO: **André** de Abreu Castilho **Diel** – 1º Tenente

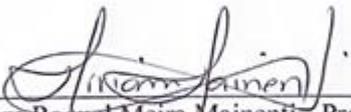
EFEITOS DE UMA MARCHA MILITAR SIMULADA DE 12KM COM TRANSPORTE DE
CARGA NO IMPACTO NOS MEMBROS INFERIORES: UM ESTUDO PRELIMINAR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em 29 de Novembro de 2021.

Banca de avaliação


Adriane Arafa de Souza Muniz – Profª Drª
Avaliador


Miriam Raquel Meira Mainenti – Profª Drª
Avaliador


Ricardo Alexandre Falcão – Maj Inf
Avaliador

RESUMO

INTRODUÇÃO: A marcha com transporte de carga é utilizada em diversas atividades militares, porém os seus efeitos por longas distâncias sobre a força de reação do solo (FRS) são pouco conhecidos. **OBJETIVO:** avaliar a FRS antes e após uma marcha militar simulada de 12 km com transporte de carga. **MÉTODOS:** Dezesesseis militares do Exército Brasileiro do sexo masculino ($28,4 \pm 2,8$ anos; $1,79 \pm 0,07$ m; $82,4 \pm 8,9$ kg) participaram do estudo. A FRS durante a marcha foi coletada por cinco tentativas antes e após a marcha simulada em duas plataformas de força (Bertec, EUA) embutidas em uma pista de madeira a uma velocidade de $5,0 \pm 0,5$ km/h controlada por duas fotocélulas (Alge, Espanha). A marcha simulada foi realizada em uma esteira (Righetto - 3500e, Brasil) com velocidade de 5,0 km/h transportando uma mochila de 24 kg, capacete e um simulacro de fuzil, totalizando 30 kg por 12 km sem intervalo de repouso. Os resultados PRÉ e PÓS foram normalizados pelo peso corporal (PC) e comparados com teste t pareado e Wilcoxon. **RESULTADOS:** A força médio-lateral de pronação foi maior (PRÉ: $0,061 \pm 0,017$; PÓS: $0,067 \pm 0,017$ %PC/s; $p=0,01$) e a taxa de retirada (PRÉ: $-14,07 \pm 1,81$; PÓS: $-13,41 \pm 1,63$ %PC/s; $p=0,03$) e o segundo pico de força (PRÉ: $1,18 \pm 0,05$; PÓS: $1,14 \pm 0,05$ %PC; $p=0,0007$) foram menores após a marcha. **CONCLUSÃO:** Após a marcha simulada houve redução na capacidade de propulsão, que pode acarretar perturbações musculoesqueléticas.

PALAVRAS CHAVE: avaliação da marcha, marcha militar, transporte de carga

ABSTRACT

INTRODUCTION: Load carriage is used in several military activities, but long distance effects on the ground reaction force (GRF) are poorly understood. **PURPOSE:** to evaluate the GRF before and after a simulated 12 km military march with load carriage. **METHODS:** Sixteen male Brazilian Army soldiers (28.4 ± 2.8 years; 1.79 ± 0.07 m; 82.4 ± 8.9 kg) participated in this preliminary study. The GRF during gait was collected for five trials before and after 12 km simulated military march on two force platforms (Bertec, USA) embedded in a wooden track at a speed of 5.0 ± 0.5 km/h controlled by two photocells (Alge, Spain). The simulated military march was performed on a treadmill (Righetto - 3500e, Brazil) with a speed of 5.0 km/h carrying a 24 kg backpack, helmet and a rifle simulacrum, totaling 30 kg for 12 km with no rest interval. PRE and POST results were normalized by body weight (BW) and compared with paired t-test and Wilcoxon. **RESULTS:** The mean medial-lateral pronation force increased (PRE: 0.061 ± 0.017 ; POST: 0.067 ± 0.017 %BW/s; $p=0.01$) and the push-off rate (PRE: -14.07 ± 1.81 ; POST: -13.41 ± 1.63 %BW/s; $p=0.03$) and the second peak force (PRE: 1.18 ± 0.05 ; POST: 1.14 ± 0.05 %BW; $p=0.0007$) reduced after simulate military march. **CONCLUSION:** The propulsion ability reduced after the simulated military march, which can lead to musculoskeletal disorders.

KEYWORDS: gait evaluation, military march, load carriage

INTRODUÇÃO

O Exército Brasileiro (EB) tem como missão constitucional defender a Pátria, garantir os poderes constitucionais e a garantia da lei e da ordem (1). Com isso, os militares do EB devem estar em constante estado de prontidão para obter êxito em suas missões constitucionais. Treinamentos militares exigem esforço físico extremo para garantir ao combatente uma resistência superior quando comparada ao restante da população. Dentre os diversos tipos de treinamentos, a marcha à pé é muito utilizada (2). As marchas são movimentos terrestres realizados sob condições técnicas, táticas ou administrativas (3,4) e consiste em caminhadas carregando equipamento individual de combate como mochila e armamento (4). Durante a marcha, o militar carrega somente na mochila de 18 a 22 kg, por distâncias normalmente de 8, 12, 16, 24, até 32 km, podendo eventualmente se estender até 52 km em um único dia (4).

O material individual do combatente é composto pelo armamento individual; ferramental de sapa (pá e picareta); equipamentos e instrumentos especiais; fardamento de campanha; e equipamento individual sendo o último formado pelo conjunto de peças que permite acondicionar o material necessário em campanha, como, colete balístico, colete tático, capacete e mochila (5). O transporte de carga à pé é exigido em atividades de adestramento, cursos ou operações reais (6). Com os avanços tecnológicos dos armamentos e equipamentos de proteção, o militar teve um acréscimo de peso em seu material individual transportado, visando melhorar a eficácia do combate e a capacidade de sobrevivência (7).

O excesso de carga no transporte do material individual pode acarretar em efeitos na mobilidade e resistência do militar, levando a uma maior tensão fisiológica e potencializando a fadiga (6). Lothian (8) exemplifica fatos históricos em que o excesso de carga transportada pela tropa resultou em redução de desempenho, mortes desnecessárias e batalhas perdidas. As lesões musculoesqueléticas mais comuns do transporte de carga pesada são bolhas nos pés, lombalgia, metatarsalgia, dor no joelho, fraturas por estresse do metatarso, tíbia e calcâneo e paralisia da mochila (pinçamento do plexo braquial pela alça da mochila nas axilas com perda da sensibilidade e falta de controle do ombro, braço e mão) (9).

O transporte de cargas pesadas em mochilas nas costas desloca posteriormente o centro de massa do corpo, ocasionando mudanças de estabilidade postural e de marcha mecânica (6). Para compensar esta alteração é possível observar uma inclinação do tronco para frente, de modo a ajustar a postura durante a marcha, reduzindo o choque no contato com o solo. A flexão do tronco gera uma anteriorização do centro de massa, aumentando o estresse mecânico deste membro, o que acarreta dor e inchaço (6). Entretanto, estas alterações podem gerar um aumento das tensões

nos músculos, articulações e tendões da região dorsal e membros inferiores. Estas repetições somadas às tensões geradas estão associadas a lesões musculoesqueléticas crônicas e agudas (10).

Durante a marcha, o transporte da mochila com carga leva a redução do comprimento da passada, aumento da cadência, aumento da inclinação da pelve e flexão do quadril, aumento na amplitude do movimento de flexão/extensão do joelho e rotação pélvica (9). Estas alterações são influenciadas pelo peso da carga, posição superior ou inferior, nas costas e adição de cinto de quadril (11). Além destas alterações cinemáticas da marcha, o transporte de carga acarreta ainda aumento da força de reação do solo (FRS) gerando aumento da sobrecarga articular (12,13), proporcional à quantidade de carga transportada (14).

A análise da FRS durante a marcha com transporte de carga pode fornecer dados relevantes sobre o mecanismo de marcha com uma medida de força de impacto que atua nos pés. Ao estudar crianças, Barbosa *et al.* (15) verificaram que a FRS aumenta durante a caminhada com o transporte de mochila pesada. No decorrer da marcha o militar irá se fatigar fazendo com que sua força muscular diminua, resultando em redução da capacidade de absorção do impacto com o solo (16). Estes dados são importantes para o entendimento e previsão de lesões nos membros inferiores (12).

O transporte de carga traz alterações de marcadores fisiológicos como o estresse cardíaco, aumentando a frequência cardíaca média total e a variação total da frequência cardíaca (17). Segundo Flores (18), após 30 minutos de marcha com acréscimo de carga é possível observar alterações do alinhamento postural, causando lombalgia e desvios posturais. Entretanto, os efeitos do transporte da carga na FRS em marchas por longas distâncias foi pouco estudado. Rice *et al.* (19), avaliaram os efeitos na marcha de 12,8 km com um transporte de 35,5 kg e observaram após a marcha uma redução do momento extensor do joelho e fadiga do fibular longo, sem avaliação direta da FRS. Lidstone *et al.* (20) observaram progressivo aumento nos parâmetros da FRS após uma marcha de 60 min que pode gerar lesão por esforço repetitivo, mas estudaram uma população inexperiente em marcha.

Portanto, este estudo tem o objetivo de avaliar os efeitos de uma marcha simulada de 12 km com transporte de carga nos parâmetros da FRS.

MÉTODOS

Delineamento do estudo

O estudo realizado foi do tipo quase-experimental, no qual os participantes foram submetidos a uma marcha de 12 km com o equipamento individual de combate. Foi estabelecida uma comparação dos dados coletados de força de reação do solo antes e após a marcha simulada, sendo os próprios participantes como auto controle.

Amostra

O tamanho da amostra foi estimado utilizando G*Power 3 (21) para teste t pareado, visando um tamanho de efeito de 0,5, alfa de 0,05 e teste de poder de 0,80. O cálculo exigiu no mínimo 27 participantes.

Em virtude da falta de disponibilidade de tempo para a realização da coleta de dados da pesquisa não foi possível avaliar os 27 participantes. Nessa primeira etapa foram avaliados 16 militares do sexo masculino voluntários, do Exército Brasileiro, servindo no Centro de Capacitação Física do Exército com idade de 28,4 (\pm 2,8 anos), altura de 1,79 (\pm 0,07 m) e peso de 82,4 (\pm 8,9 kg). Todos os militares eram de carreira, possuíam mais de cinco anos de serviço militar e tinham experiência com transporte de carga em marchas militares. Foram excluídos do estudo os participantes, com problemas ortopédicos, reumatológicos, respiratórios, neurológicos, dor musculoesquelética aguda ou crônica ou que faziam uso de medicamento que poderia alterar na marcha.

Todos os participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes da participação nos experimentos (CAAE 51877321.7.0000.9433) (Apêndice 1).

Procedimentos

Cada participante foi ao Laboratório de Biociências da EsEFEx em um dia para a coleta de dados. Inicialmente, foi preenchida uma anamnese e o TCLE, em seguida coletado os dados antropométricos do participante (Figura 2).

Foi solicitado que os participantes não realizassem treinos de força ou potência nas 24 horas prévias ao teste. Em seguida, o participante realizou um aquecimento pedalando por cinco minutos em uma bicicleta ergométrica (Star Trac, EUA) com carga fixa de 1 kg e ciclos de 60 a 70 RPM. Após o aquecimento, o participante caminhou descalço em uma pista de madeira de 10m niveladas no plano horizontal com duas plataformas de força (Bertec, EUA) embutidas no centro para a

coleta da FRS cinco tentativas válidas (Figura 2). A tentativa válida foi considerada aquela em que cada pé tocou em cada uma plataforma de força. Optou-se por avaliar a marcha descalço, pois cada sujeito utilizou seu próprio coturno durante a marcha simulado e não gostaríamos que houvesse interferência no calçado nas variáveis da FRS. A tentativa válida foi considerada aquela em que cada pé toca em cada uma das plataformas de força. A velocidade da marcha foi controlada em todas as situações do teste através de dois sensores de fotocélulas (Alge, Espanha), com todos os sujeitos caminhando a velocidade de 5,0 (± 0.5) km/h.



Figura 1 – Plataforma de força

Após a avaliação da FRS, os participantes foram instruídos a colocar a roupa militar, coturno fornecido pela cadeia de suprimentos, mochila de 24 kg, capacete e um simulacro de fuzil, pesando ao final 30 kg para começar o teste de marcha na esteira. Os participantes utilizaram seus próprios coturnos, pois se fosse controlado o calçado, eles teriam que usar um coturno novo, o que causaria muito desconforto durante a execução da marcha.

A marcha simulada por 12 km em uma esteira ergométrica (R-3500E, Righetto, Brasil) foi realizada a velocidade de 5km/h sem intervalo de repouso. Os participantes foram hidratados com água durante a marcha e gel de carboidrato livremente durante o experimento. Informações prévias sobre a hidratação e alimentação foram fornecidas aos participantes 24hrs antes do experimento.



Figura 2 – Fluxograma dos testes



Figura 3 – Marcha na plataforma de força



Figura 4 – Marcha simulada

Após a finalização da marcha, os sujeitos retiraram a roupa, o coturno e os equipamentos militares para realizar novamente o teste de marcha na pista por cinco tentativas válidas. Ao término da marcha, foi fornecido suplemento alimentar com glicogênio e proteína para acelerar a recuperação.

Processamento de dados

No presente estudo foram analisadas somente três componentes da FRS. O sinal foi filtrado com filtro passa-baixa *Butterworth* de 4ª ordem e frequência de corte de 300Hz e normalizado pelo peso corporal. As variáveis coletadas pré e pós marcha foram: primeiro pico de força (PPF),

segundo pico de força (SPF), taxa de aceitação (TAP), taxa instantânea máxima de impacto (TMax), taxa de retirada do peso (TRP), força de frenagem, força de impulsão e força de pronação.

Cada variável analisada representou a média de cinco tentativas válidas de cada situação de teste. As variáveis foram obtidas através de rotinas próprias desenvolvidas no *software* Matlab 20.0 (*The Mathworks*, EUA).

Análise Estatística

As variáveis foram analisadas quanto a aderência à distribuição normal através do teste de Shapiro Wilk. As variáveis PPF, SPF, TMax, TRP, força de frenagem, força de impulsão e força de pronação apresentaram uma distribuição normal, portanto a comparação pré e pós a marcha simulada foi realizada através de teste t pareado (Tabela 1). No caso da variável TAP, de distribuição não gaussiana, o teste realizado foi o de Wilcoxon. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. Os dados foram avaliados através do *software* BioEstat 5.1.

Tabela 1: Resultado de p do teste de Shapiro-Wilk

	PRÉ	PÓS	Teste de significância
PPF	0,14	0,59	T dependente
SPF	0,79	0,71	T dependente
TAP	0,01	0,04	Wilcoxon
TMax	0,34	0,37	T dependente
TRP	0,74	0,22	T dependente
Força de frenagem	0,68	0,28	T dependente
Força propulsiva	0,06	0,45	T dependente
Força de pronação	0,9	0,49	T dependente

Legenda: primeiro pico de força (PPF), segundo pico de força (SPF), taxa de aceitação (TAP), taxa instantânea máxima de impacto (TMax), taxa de retirada do peso (TRP).

RESULTADOS

Após a marcha simulada de 12km houve redução significativa do SPF (Figura 5; Tabela 2) e da TRP, além de aumento significativo da força de pronação. A TAP e TMax apresentaram tendência de aumento após a marcha, mas sem diferença significativa ($p=0,06$ e $p=0,07$, respectivamente) e a força propulsiva apresentou uma tendência a redução, mas também sem diferença significativa ($p=0,06$). Enquanto as variáveis PPF e força de frenagem não se modificaram após a marcha simulada (Tabela 2).

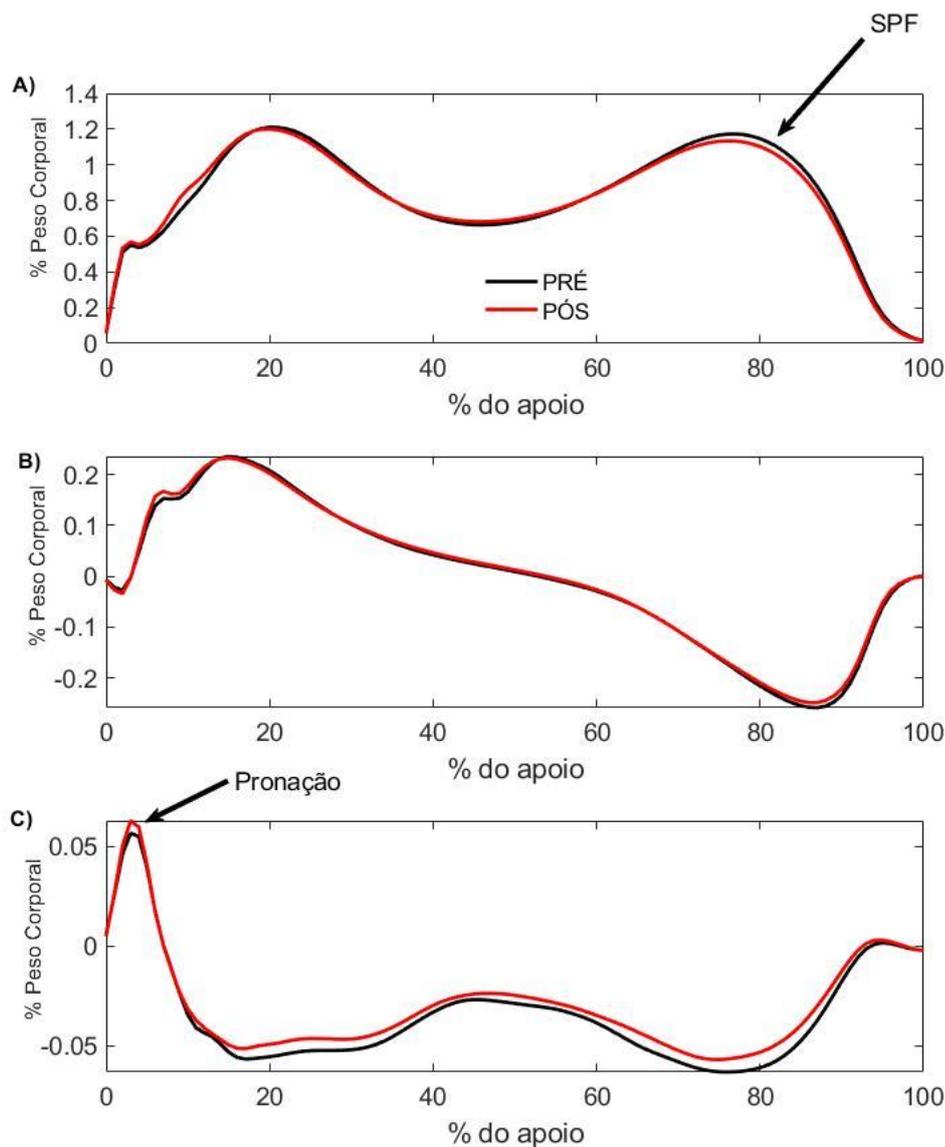


Figura 5 – Média das cinco tentativas da força de reação do solo pré (preto) e pós (vermelho). A) Componente vertical, B) Componente anteroposterior e C) componente mediolateral. **Legenda** segundo pico de força (SPF)

Tabela 2: Estatística descritiva das variáveis

	PRÉ	PÓS	p	d
PPF (%PC)	1,23 ± 0,1	1,21 ± 0,09	0,13	-0,18
SPF (%PC)	1,18 ± 0,05	1,14 ± 0,05	< 0,01*	0,74
TAP (%PC/s)	9,53 ± 2,57	10,37 ± 2,66	0,06	0,32
TMax (%PC/s)	42,15 ± 6,73	44,03 ± 6,5	0,07	0,29
TRP (%PC/s)	14,08 ± 1,81	13,41 ± 1,63	0,03*	0,39
Força de frenagem (%PC)	0,24 ± 0,04	0,24 ± 0,04	0,89	-0,02
Força propulsiva (%PC)	0,26 ± 0,02	0,25 ± 0,02	0,06	0,47
Força de pronação (%PC)	0,06 ± 0,02	0,07 ± 0,02	0,01*	0,36

*diferença significativa ($p \leq ,05$) **Legenda:** primeiro pico de força (PPF), segundo pico de força (SPF), taxa de aceitação (TAP), taxa instantânea máxima de impacto (TMax), taxa de retirada do peso (TRP).

DISCUSSÃO

O propósito do estudo foi comparar as variáveis da força de reação do solo antes de uma marcha militar simulada de 12 km com transporte de carga e após esta marcha. Os resultados obtidos na pesquisa indicam que os militares sofreram uma redução na FRS vertical (Figura 5) e um aumento da FRS médio lateral, após a realização da marcha simulada.

O segundo pico de força se caracteriza pelo final da fase de apoio, no momento em que o pé realiza a impulsão para retirar o pé do solo e dar a próxima passada (22). Foi possível observar uma redução de aproximadamente 4% em relação ao peso corporal do SPF após a marcha simulada com transporte de carga (Tabela 2). Resultado semelhante foi observado por Nolte *et al.* (23) que verificaram uma redução de 16% no SPF após uma caminhada em ambiente declinado. A redução do SPF pode estar associada a possivelmente em uma redução da força de impulsão após a marcha simulada. Esse efeito pode estar relacionado à possível fadiga devido a atividade estudada, de modo que a capacidade musculoesquelética de produzir força reduz o SPF (24–26).

A TRP reduziu cerca de 5% após a marcha simulada (Tabela 2), esta componente é importante para mensurar a sobrecarga gerada nas articulações pela FRS em relação ao tempo (27). A redução desta taxa pode estar relacionada à perda de potência dos membros inferiores devido a fadiga causada pela marcha simulada (28).

A força de pronação é uma componente da FRS médio lateral que apresenta uma magnitude muito pequena e inconsistente, dificultando sua interpretação (29), em virtude disso alguns estudos não observaram diferenças significativas nesta componente (14,30). Porém, no presente estudo, foi observado um aumento de aproximadamente 17% da pronação após a marcha simulada (Figura 5; Tabela 2), o que corrobora com os achados de Birrel *et al.* (12). O aumento da força de pronação pode estar associado a uma diminuição da estabilidade do tornozelo devido a fadiga que a marcha simulada proporciona (12).

O PPF acontece logo após o contato do pé com o solo, durante a primeira metade do apoio, sendo nesta fase que o pé recebe o peso corporal. Esta variável está relacionada com a taxa de aceitação em que o PPF se dá em função do tempo (22). Diferentemente de estudos anteriores (16,31,32) não foi possível observar que estas duas componentes verticais se alteraram significativamente após a marcha. Os estudos de Christina *et al.* (31) e James *et al.* (32) estudaram os efeitos da fadiga na corrida e no salto vertical, o que pode justificar a diferença nos resultados. Embora Wang *et al.* (16) estudaram os efeitos do transporte de carga sob fadiga, mas não avaliaram a fadiga de uma marcha militar simulada, mas na fadiga induzida por alguns exercícios. Desta forma, esses achados preliminares sugerem que o impacto durante a marcha não foi após a marcha simulada de 12km, porém a ampliação da amostra possibilitará resultados mais assertivos. A

TMax, a força de frenagem e a força de propulsão também não apresentaram diferenças significativas. Estes resultados podem estar relacionados com o número da amostra reduzida, por se tratar de um estudo preliminar não foi possível observar algumas diferenças.

O estudo apresenta como limitações a amostra reduzida, que continuará sendo ampliada no próximo ano. Desta forma, esses resultados preliminares não podem ser generalizados para todos os militares, pois não abrange militares do segmento feminino e militares com pouca experiência em marchas com transporte de carga, sendo esta última população composta por militares do efetivo variável que integram grande parte do Exército Brasileiro.

CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo apontam que após a marcha simulada de 12km houve redução no segundo pico de força e na taxa de retirada do peso, além do aumento da força de pronação. Estes marcadores indicam que com a fadiga gerada pela marcha simulada acarreta na redução da capacidade do sistema musculoesquelético gerar força para impulsionar os membros inferiores.

Como sugestão para próximas pesquisas seria avaliar os efeitos da marcha nas mulheres, tendo em vista a inserção desse público na linha militar bélica no EB, além de acompanhar longitudinalmente o efeito da marcha no decorrer da carreira dos militares.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. 51^a Edição. 1988. 1–19 p.
2. Exército Brasileiro. Programa de Instrução Militar. 2015.
3. Exército Brasileiro. C 7-20 - Manual de Campanha - Batalhões de Infantaria. Vol. 1. 1997. 111 p.
4. Exército Brasileiro. EB70-MC-10.304 - Manual de Campanha - Marchas a pé. 3^a Edição. 2019.
5. Exército Brasileiro. EB70-CI-11.404 - Caderno de Instrução de Aprestamento e Apronto Operacional. 1^a edição. 2014.
6. IPCFEx. Transporte de carga individual individual. 2017;
7. Maladouangdock J. The Role of Strength and Power in High Intensity Military Relevant Tasks. Master's Theses. 2014;584.
8. Lothian N V. The Load Carried by the Soldier. 1921;
9. Knapik JJ, Reynolds KL, Harman E. Soldier Load Carriage: Historical, Physiological, Biomechanical, and Medical Aspects. *Mil Med.* 2004;169(1):45–56.
10. Attwells RL, Birrell SA, Hooper RH, Mansfield NJ. Influence of carrying heavy loads on soldiers' posture, movements and gait. *Ergonomics.* 2006;49(14):1527–37.
11. Fox BD, Judge LW, Dickin DC, Wang H. Biomechanics of Military Load Carriage and Resulting Musculoskeletal Injury: A Review. *J Orthop Orthop Surg.* 2020;1(1):6–11.
12. Birrell SA, Hooper RH, Haslam RA. The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait Posture.* 2007;26(4):611–4.
13. Dames KD, Smith JD. Effects of load carriage and footwear on lower extremity kinetics and kinematics during overground walking. *Gait Posture.* 2016;50:207–11.
14. Harman E, Han KH, Frykman P, Pandorf C. The Effects of Backpack weight on the Biomechanics of Load Carriage. 2000.
15. Barbosa JP, Marques MC, Neiva HP, Esteves D, Alonso-Martínez AM, Izquierdo M, et al. Effects of backpacks on ground reaction forces in children of different ages when walking, running, and jumping. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(24):1–12.
16. Wang H, Frame J, Ozimek E, Leib D, Dugan EL. Influence of fatigue and load carriage on mechanical loading during walking. *Mil Med.* 2012;177(2):152–6.
17. Souza BTFS de. Análise de Marcadores Fisiológicos de Militares do Exército Brasileiro Durante Marcha de 12 Km em Terreno Variado sob Diferentes Configurações de Transporte De Carga. 2018;0–31.
18. Flores WV. Efeito da Marcha de Longa Distância sob Diferentes Condições de Transporte Carga no Alinhamento Postural em Militares do Exército Brasileiro. 2018;

19. Rice H, Fallowfield J, Allsopp A, Dixon S. Influence of a 12.8-km military load carriage activity on lower limb gait mechanics and muscle activity. *Ergonomics*. 2017;60(5):649–56.
20. Albertin ES, Miley EN, May J, Baker RT, Reordan D. The effect of backpack carriage on the biomechanics of walking: a systematic review and preliminary meta-analysis. *J Sport Rehabil*. 2018;29:622–7.
21. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39:175–91.
22. Hamill J, Knutzen KM, Derrick TR. Bases biomecânicas do movimento humano. 4ª Edição. Editora Manole Ltda., editor. Barueri; 2016. 516 p.
23. Nolte, H; Chaplin C. The Effects of Load and Speed on the Ground Reaction Forces of the Soldier During Uphill, Downhill and Level Waking. 33rd Int Conf Biomech Sport. 2015;1130–2.
24. Milgrom C, Radeva-Petrova DR, Finestone A, Nyska M, Mendelson S, Benjuya N, et al. The effect of muscle fatigue on in vivo tibial strains. *J Biomech*. 2007;40(4):845–50.
25. Voloshin AS. Effect of fatigue on the attenuational capacity of human musculoskeletal system. *J Biomech*. 1994;27(6):708.
26. Verbitsky O, Mizrahi J, Voloshin A, Treiger J, Isakov E. Shock transmission and fatigue in human running. *J Appl Biomech*. 1998;14(3):300–11.
27. Santos GC dos. Força de reação do solo e a taxa de aplicação de força no sapateado americano. *Acta Bot Brasilica*. 2008;10(2):421–5.
28. Karuka A. Determinação das alterações biomecânicas de idosos caidores e não caidores submetidos a protocolo incremental de fadiga. *Aleph*. 2014;69 f. : il.
29. Barela A, Duarte M. Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. *Braz J Mot Behav*. 2011;6(1):56–61.
30. Polcyn A, Bensele C, Harman E, Obusek J, Pandorf C, Frykman P. Effects of weight carried by soldiers: combined analysis of four studies on maximal performance, physiology, and biomechanics. Tech Rep No TR-02/010, MA US Army Res Inst Environ Med. 2002;(February 2002):1–64.
31. Christina KA, White SC, Gilchrist LA. Effect of localized muscle fatigue on vertical ground reaction forces and ankle joint motion during running. *Hum Mov Sci*. 2001;20(3):257–76.
32. James CR, Dufek JS, Bates BT. Fatigue accommodation during landing. *Med Sci Sport Exerc*. 1994;

**APÊNDICE 1 – TERMO DE PARTICIPAÇÃO CONSENTIDA LIVRE E
ESCLARECIDA (TCLE)**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE 1)



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
DIRETORIA DE PESQUISA E ESTUDOS DE PESSOAL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisador Responsável: André de Abreu Castilho Diel

O senhor está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa “EFEITOS BIOMECÂNICOS DE UMA MARCHA MILITAR SIMULADA A PÉ DE 12KM COM TRANSPORTE DE CARGA”. Nesse projeto pretendemos avaliar os efeitos de sua potência máxima no salto vertical, seu padrão de marcha, atenuação da aceleração do tronco, sua frequência cardíaca e sua percepção subjetiva de esforço após uma marcha simulada de 12km.

O senhor foi selecionado(a) por ser militar de carreira e por atender aos demais critérios de inclusão da pesquisa. Sua participação não é obrigatória, a qualquer momento o senhor poderá desistir e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará qualquer prejuízo. Por favor, leia na sequência as demais informações acerca da pesquisa para que o senhor possa decidir se aceita ou não participar da mesma

OBJETIVOS: avaliar os efeitos de uma marcha militar a pé simulada de 12km com transporte de carga sobre a atenuação do impacto de aceleração de tronco, sobre os parâmetros da FRS da marcha e salto vertical e sobre parâmetros de fisiológicos de frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço.

PROCEDIMENTOS DA PESQUISA: Após seu consentimento, que ocorrerá após a leitura e assinatura deste documento iniciaremos os procedimentos de coleta de dados que consistiram em um dia. A coleta de dados será realizada em dois dias distintos um no laboratório de Biociências e outro na academia da EsEFEx. No primeiro dia, faremos uma avaliação para coletar seu peso e altura, além de perguntamos sobre suas lesões prévias. Inicialmente você realizará um aquecimento pedalando por 5min em uma bicicleta com carga fixa de 1 kg. Em seguida será solicitado que o senhor caminhe em uma pista de marcha de 10m sem calçado utilizando sunga. O senhor caminhará por 5 repetições a 5km/h e seu movimento será filmado com uma camera digital para calcularmos os ângulos articulares. Ao finalizar esse teste, você terá um tempo de 1min de repouso para iniciar a coleta do salto vertical. Realizaremos a familiarização do teste de salto vertical contramovimento (CMJ), através da realização de 5 saltos em intensidade submáxima, orientado por avaliadores experientes. Após, você executará três repetições do mesmo salto com o máximo de força e potência com 1 minutos de intervalo entre os saltos. Em seguida o senhor vestirá o fardamento militar (coturno da cadeia de suprimentos e carregando uma mochila de 24 kg, capacete e um simulacro de fuzil, totalizando ao final 30 kg) para caminhar em uma esteira por 12km na velocidade de 5km/h sem intervalo de repouso. Um smartphone será fixado na sua cintura para coletar sinais de acelerometria por 30seg após 2 min de marcha e faltando 200m para finalizar será coletado novamente o sinal de acelerometria, além de uma cinta e um relógio com um frequencímetro para controlarmos sua frequência cardíaca a cada 30min. Perguntaremos uma nota entre 0 a 10 de sua percepção do esforço durante a marcha a cada 30min. Imediatamente após a marcha o teste de caminhada na pista de marcha e de salto vertical (CMJ) serão repetidos.

No segundo dia, o senhor realizará o teste repetição máxima (1RM) na academia de musculação. Primeiro, o senhor fará um aquecimento de 5 minutos na esteira correndo a 9km/h e após será solicitado

que o senhor realize o teste de 1RM no aparelho de agachamento Smith. Nesse teste colocaremos o máximo de carga que o senhor consiga realizar apenas uma repetição, tendo 5 oportunidades para atingir o peso máximo.

Com a assinatura deste documento, o senhor autoriza o registro de suas imagens e captação de seus sons durante os testes. Todavia, gostaria de esclarecer que suas imagens ou sons serão mantidos em sigilo e não serão visualizados por nenhuma outra pessoa que não esteja envolvida com a pesquisa, bem como não serão utilizados para nenhum outro fim que não a pesquisa. **Sua identidade será mantida em sigilo absoluto.**

DESCONFORTO E POSSÍVEIS RISCOS ASSOCIADOS À PESQUISA: ao participar desta pesquisa o senhor está sujeito a alguns riscos de lesão musculoesquelética, a fadiga muscular e psicológica, como dor muscular tardia, que será minimizado com período de descanso após a medida. O risco de queda durante a marcha na esteira será minimizado por um período de familiarização. Qualquer desconforto que o senhor possa vir a sentir durante os testes é só relatar que pararemos o teste no mesmo momento. A esteira ainda conta com um dispositivo para pará-la imediatamente e pode ser acionado quando o senhor julgar necessário. Para evitar o risco de desidratação, forneceremos água e gel de carboidrato livremente ao longo da marcha e ao final um suplemento de glicogênio e proteína para acelerar a recuperação. Durante a realização da pesquisa todos os militares envolvidos estarão cumprindo com os protocolos para prevenção da COVID-19 e todos os equipamentos utilizados serão higienizados para dirimir o risco de contágio do coronavírus. O senhor poderá permanecer sem máscara durante a realização da marcha.

Todos os preenchimentos de avaliação da ficha de avaliação não acarretam nenhum risco, além daqueles presentes no seu dia a dia. Destaca-se também, que no local da pesquisa, existe uma seção de saúde com médico de plantão para o pronto atendimento, caso necessário. Neste caso, será fornecido todo auxílio de saúde, sem nenhum ônus material, financeiro ou pessoal.

BENEFÍCIOS DA PESQUISA: o senhor colaborará para o aprimoramento da doutrina de treinamento físico específico para o transporte de carga e no desenvolvimento de novos equipamentos e armamentos que garantam menor impacto e conforto e que elevem o nível de operacionalidade do soldado do Exército Brasileiro.

ESCLARECIMENTOS E DIREITOS: Garantimos o sigilo e a confidencialidade das informações que o senhor fornecer e sua privacidade na participação da pesquisa. Somente os pesquisadores terão acesso as informações coletadas no estudo. Os pesquisadores se comprometem a manter o sigilo das suas informações a fim de garantir sua privacidade. Seus dados ficarão em pastas físicas criptografadas arquivadas no computador do Laboratório da EsEFEx e apenas os pesquisadores desse estudo terão acesso. Durante toda a realização da pesquisa, nenhum arquivo ficará armazenado em forma virtual (em nuvem), apenas nas pastas criptografadas. O único risco de acesso a seus dados é a possível quebra de criptografia que será minimizado diante a troca de senha semestralmente. O senhor tem direito a receber uma via desse documento, uma vez que há 2 vias dele. Em qualquer momento o senhor poderá obter esclarecimentos sobre todos os procedimentos utilizados na pesquisa e nas formas de divulgação dos resultados. O senhor também tem a liberdade e o direito de recusar sua participação ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo pessoal, bastando entrar em contato com o pesquisador. Importante que o senhor saiba que diante de eventuais danos comprovadamente provocados pela pesquisa, o senhor terá direito à indenização proporcional ao dano. Ademais, o senhor tem o direito a ter acesso, de forma gratuita, ao produto gerado por essa pesquisa, no caso o artigo científico, em qualquer momento de seu interesse, bastando entrar em contato com o pesquisador. Os pesquisadores comprometem-se a, de acordo com as práticas editoriais e éticas, tornarão públicos os resultados da pesquisa por meio de publicações em revistas científicas, relacionadas à área estudada, ou apresentá-los em reuniões científicas, congressos, jornadas etc., independentemente de os resultados serem favoráveis ou não. **CASO O SENHOR TENHA ALGUMA RECLAMAÇÃO OU QUEIRA DENUNCIAR QUALQUER ABUSO OU IMPROBIDADE**

DESTA PESQUISA, DENUNCIE AO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA DO CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO (CEP-CCFEX). O SENHOR PODE FAZÊ-LO PELO TELEFONE, NO NÚMERO (21) 2586 2297, POR EMAIL (CEP@CCFEX.EB.MIL.BR) OU IR AO LOCAL, LOCALIZADO À RUA JOÃO LUIZ ALVES, S/Nº, SALA DO CEP-CCFEX NO PRÉDIO DA ESEFEX, URCA. OS HORÁRIOS DE FUNCIONAMENTO DO CEP-CCFEX SÃO: 2ª A 5ª FEIRA, DAS 10H ÀS 15H.

Consentimento Pós-Infirmação

Eu, _____, portador da Carteira de identidade nº _____ por me considerar devidamente informado(a) e esclarecido(a) sobre o conteúdo deste termo e da pesquisa a ser desenvolvida, livremente expresse meu consentimento para inclusão, como sujeito da pesquisa.

Assinatura do Participante Voluntário

Data

Assinatura do Pesquisador Responsável

Data

Contato do Pesquisador responsável: ANDRÉ DE ABREU CASTILHO DIEI(51) 99641-3206 e email: andrediel@hotmail.com