

# Relações entre Preditores da Síndrome Metabólica, Aptidão Aeróbica e Estresse Oxidativo em Militares do Exército Brasileiro

*Interplay between Predictors of Metabolic Syndrome, Aerobic Fitness, and Oxidative Stress in Military Personnel of the Brazilian Army*

## RESUMO

Os militares estão imersos em situações de prontidão operativa, e para isso, devem possuir elevado nível de higidez física. O estudo avaliou a prevalência da síndrome metabólica (SM) e sua relação com os parâmetros antropométricos, estresse oxidativo e aptidão cardiorrespiratória em militares do Exército Brasileiro. Participaram do estudo 83 indivíduos (faixa etária de 35 a 45 anos), alunos de uma escola de especialização do Exército Brasileiro. Os indivíduos foram separados em dois grupos a partir do resultado de um teste de corrida de 12 minutos: nível de aptidão cardiorrespiratória “bom” (n=20) e “excelente” (n=63). A amostra de sangue (soro) foi obtida em jejum de 12h para análise dos marcadores de SM e estresse oxidativo. Os parâmetros antropométricos, composição corporal e fisiológicos foram analisados segundo os protocolos convencionais. Os níveis de volume máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max.) foram obtidos no teste de corrida de 12 min (Cooper). O grupo “excelente” apresentou uma prevalência de 12% de portadores de SM, enquanto no grupo “bom” foi de 20%. Ademais, observou-se no grupo “excelente” melhores níveis em quase todos os marcadores estudados em comparação ao “bom”, sendo identificado nesse primeiro, VO<sub>2</sub>max 1,7 vezes maior. Os resultados evidenciam que níveis mais elevados de VO<sub>2</sub>max estão associados a um menor risco cardiovascular, especialmente por favorecer melhor aptidão aeróbica, atividade antioxidante total e um perfil metabólico mais saudável, que, consequentemente, contribui com a saúde e prontidão dos militares.

**Palavras-chave:** Militares. Síndrome Metabólica. Estresse Oxidativo. Aptidão Aeróbica. Parâmetros Antropométricos.

## ABSTRACT

Military personnel are deployed in situations requiring operational readiness, and for this, they must maintain a high level of physical fitness. This study assessed the prevalence of metabolic syndrome (MS) and its relationship with anthropometric parameters, oxidative stress, and cardiorespiratory fitness in Brazilian Army military personnel. The study included 83 individuals (aged 35 to 45) who were students at a Brazilian Army specialization school. Participants were divided into two groups based on the results of a 12-minute run test: "good" cardiorespiratory fitness level (n=20) and "excellent" (n=63). Blood samples (serum) were collected after a 12-hour fast for the analysis of MS markers and oxidative stress. Anthropometric parameters, body composition, and physiological metrics were analyzed using standard protocols. Maximum oxygen volume levels (VO<sub>2</sub>max) were obtained from the 12-minute run test (Cooper test). The "excellent" group showed a 12% prevalence of MS, compared to 20% in the "good" group. Additionally, the "excellent" group demonstrated better levels in almost all markers studied compared to the "good" group, with VO<sub>2</sub>max being 1.7 times higher in the "excellent" group. The results indicate that higher VO<sub>2</sub>max levels are associated with a reduced cardiovascular risk, particularly by promoting better aerobic fitness, total antioxidant activity, and a healthier metabolic profile, which consequently contributes to the health and readiness of military personnel.

**Keywords:** Military Personnel. Metabolic Syndrome. Oxidative Stress. Aerobic Fitness. Anthropometric Parameters.

Autores:<sup>1</sup>

### Marcio Antonio de Barros Sena

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: [mabsmarcio@gmail.com](mailto:mabsmarcio@gmail.com)

ORCID: [0000-0003-4671-5100](https://orcid.org/0000-0003-4671-5100)

### Paula Fernandez Ferreira

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: [paulafferr89@gmail.com](mailto:paulafferr89@gmail.com)

ORCID: [0000-0003-3742-1549](https://orcid.org/0000-0003-3742-1549)

### Renan Muniz-Santos

Gaffrée e Guinle University Hospital, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Email: [renanmuniz@edu.unirio.br](mailto:renanmuniz@edu.unirio.br)

ORCID: [0000-0002-3960-5299](https://orcid.org/0000-0002-3960-5299)

Received:	<b>30 Sep 2024</b>
Reviewed:	<b>Oct24/Jul25</b>
Received after revised:	<b>5 Aug 2025</b>
Accepted:	<b>2 Sep 2025</b>



**RAN**

**Revista Agulhas Negras**

eISSN (online) 2595-1084

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



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

<sup>1</sup> **Outros coautores:** Marcos de Sá Rego Fortes, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), [msrfortes@gmail.com](mailto:msrfortes@gmail.com), ORCID: [0000-0003-2038-5545](https://orcid.org/0000-0003-2038-5545); Danielli Braga de Mello, Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx) [daniellimello@gmail.com](mailto:daniellimello@gmail.com), ORCID: [0000-0003-3609-0004](https://orcid.org/0000-0003-3609-0004); Samir Ezequiel da Rosa, Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), [samirdarosa@hotmail.com](mailto:samirdarosa@hotmail.com), [0000-0003-3355-0626](https://orcid.org/0000-0003-3355-0626); Marcos Dias Pereira, Departamento de Bioquímica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, [marcosdpufri@gmail.com](mailto:marcosdpufri@gmail.com), ORCID: [0000-0001-5594-2255](https://orcid.org/0000-0001-5594-2255).

## 1 Introdução

Os militares do Exército Brasileiro (EB) são submetidos três vezes ao ano a realização do teste de aptidão física (TAF), o qual tem como objetivo verificar o condicionamento físico destes indivíduos, externando para o escalão superior o nível de preparo da tropa em caso de um eventual combate (Exército, 2008; 2015). A fim de se alcançar os índices exigidos no TAF, é compulsória a prática do treinamento físico militar (TFM) nos quartéis, que, além de preparar para a realização do TAF, corrobora na promoção de saúde dos militares, sendo essencial como prática na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), tais como a síndrome metabólica (SM) (Exército, 2015; Wedell-Neergaard; Krogh-Madsen; Petersen; Hansen *et al.*, 2018).

A SM representa um conjunto de condições inter-relacionadas, incluindo obesidade central, resistência à insulina, dislipidemia e hipertensão, que potencializam o desenvolvimento de DCNTs, como doenças cardiovasculares (DCV) e diabetes mellitus tipo 2 (Guembe; Fernandez-Lazaro; Sayon-Orea *et al.*, 2020; Wang; Chen; Zhu *et al.*, 2023). Entre as diversas conceituações estudadas e disponíveis sobre SM., para efeito de classificação, este estudo levou em consideração os conceitos abordados para homens pelo consenso mundial *Joint Interim Statement-JIS* realizado em 2009.

Neste consenso, o diagnóstico da SM se dá quando três dos cinco fatores seguintes são preenchidos (Sherling; Perumareddi; Hennekens, 2017): 1) perímetro da cintura (CC)  $\geq 90$  cm; 2) nível sérico de triglicerídeos (TG)  $\geq 150$  mg.dL<sup>-1</sup>; 3) lipoproteína de alta densidade (HDL-colesterol)  $< 40$  mg.dL<sup>-1</sup>; 4) glicemia em jejum  $\geq 100$  mg.dL<sup>-1</sup> e pressão arterial sistólica (PAS)  $\geq 130$  ou pressão arterial diastólica (PAD)  $\geq 85$  mm Hg ou 5) faz uso de medicamento anti-hipertensivo.

Ancorado na própria definição, a SM não é uma doença em si, mas sim um marcador de risco aumentado para o desenvolvimento de outras comorbidades. É, ainda, reconhecida a hipótese de que a obesidade e a resistência à insulina sejam pivôs na SM, não obstante a este dado, mais pesquisas são necessárias para o entendimento da fisiopatologia molecular desta síndrome e as possíveis interações epigenéticas que tornam determinados indivíduos mais suscetíveis (Wiebe; Stenvinkel; Tonelli, 2019).

Tratando-se dos militares, a presença de fatores de risco associados à SM é particularmente importante, uma vez que pode não só comprometer a saúde, mas também o desempenho físico e a prontidão operacional, fatores essenciais para atender demandas inerentes à tropa (Wood & Swain, 2021). Os estudos envolvendo militares e a associação com fatores de risco da SM e DCNTs vêm crescendo, como, por exemplo, uma pesquisa com militares da Marinha do Brasil concluiu que a idade, o tabagismo e o baixo nível de atividade física são variáveis de risco independentes para a ocorrência de SM (Costa; Montenegro; Lopes *et al.*, 2011). Entretanto, é reconhecido que o

conhecimento científico nesta área permanece escasso, com poucos estudos avaliando a prevalência desses fatores de risco na população militar.

Ainda nesse contexto, é importante ressaltar um estudo que verificou a prevalência da SM em militares dos EUA, advertindo a necessidade de mais pesquisas para avaliar a SM em relação ao desempenho das tarefas inerentes ao militar (Janak; Pérez; Alamgir *et al.*, 2017). Em um levantamento realizado entre os anos de 2014 e 2016 em militares do EB e integrantes dos contingentes de missão de paz da Organização das Nações Unidas (ONU), a prevalência da SM foi de 15% (Rosa; Lippert; Marson *et al.*, 2018). Outro estudo, com 2.719 militares do EB, encontrou uma prevalência de 12,2% (Fortes; Rosa; Coutinho *et al.*, 2019).

Apesar de se esperar que os altos níveis de treinamento físico de militares proporcionem proteção contra o desenvolvimento da SM, a extrema demanda física e mental exige capacidades fisiológicas robustas que podem sobrecarregar diversos sistemas. Como exemplo, a combinação de exposição a longos períodos de treinamento intenso, com alimentação, hidratação e recuperação por vezes inadequada, e fatores de estresse psicológico, podem predispor essa população ao desenvolvimento de distúrbios metabólicos (Amawi; Alkasasbeh; Jaradat *et al.*, 2023; Che; Yan; Tian *et al.*, 2021; Kuo; Bratzke; Oakley *et al.*, 2019). Além disso, o impacto do estresse oxidativo, frequentemente exacerbado por exercícios prolongados de alta intensidade em condições ambientais adversas, pode ser um fator de interação com os parâmetros metabólicos (Kawamura & Muraoka, 2018).

A partir dos estudos citados, verifica-se que a análise de fatores de risco da SM, juntamente com avaliação da aptidão aeróbica, parâmetros antropométricos e estresse oxidativo, oferece uma visão abrangente da saúde metabólica e do risco cardiovascular. Imerso nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar a prevalência de fatores de risco para a SM em militares do 1º ano do curso de Comando e Estado-Maior (ECEME) do EB, comparando os dados coletados entre os grupos que receberam menções E (excelente) e B (bom) no TAF. Neste estudo, ainda, foi realizada a correlação entre as variáveis antropométricas, bioquímicas e fisiológicas, com especial atenção para a aptidão aeróbica e os marcadores de estresse oxidativo.

## 2 Percurso Metodológico

### 2.1 Desenho de estudo e amostra

Esta investigação, classificada como observacional analítica transversal, foi baseada na análise de um grupo específico de indivíduos, ranqueados com conceitos E e B nos resultados do TAF e aos seus fatores de risco da SM. específico, em plena atividade de suas funções para

identificar potenciais diferenças entre dois grupos, separados por índices no TAF, em relação aos fatores de risco da SM. Essa amostra, então, foi constituída de 83 militares do sexo masculino, voluntários, na faixa etária entre 35 e 45 anos, oriundos do 1º ano do curso da ECENE do EB.

É importante detalhar que essa amostra foi dividida em dois grupos separados de acordo com o resultado do TAF relativo à corrida de 12 minutos em conceito bom (n=20) e excelente (n=63). Os critérios de inclusão foram a realização do teste de 12 minutos do TAF e todas as outras análises usuais envolvidas nesse processo. Foram excluídos aqueles indivíduos que não cumpriram uma dessas etapas, além dos grupos “Muito Bom”, “Regular” e “Insuficiente”, pois o número de indivíduos com tais menções foi pequeno ou inexistente.

Este estudo atendeu às Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012 e a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 306/2004 – ANVISA para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi assinado pelos voluntários do estudo. A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos (CEP) do Hospital Naval Marcílio Dias com o número 47835615.5.0000.5256.

## 2.2 Procedimentos de coleta de dados

A coleta de todos os dados ocorreu na ECENE na cidade do Rio de Janeiro. Foi realizada uma intervenção aguda, por meio de coletas de sangue, as quais ocorreram em uma única manhã, após a realização de um jejum de 12 horas, sendo permitida apenas a ingestão de água. Os militares avaliados foram recomendados a não fazerem uso de suplementos vitamínicos, alimentos e/ou bebidas que contenham alto teor de antioxidantes uma semana antes da coleta de sangue, bem como não praticarem exercícios físicos no dia anterior.

Para coleta das amostras de sangue foi utilizado 1 (um) tubo à vácuo de capacidade de 8 mL, com gel separador e sem anticoagulante. As amostras foram coletas por punção da veia braquial, utilizando sistema a vácuo, seguindo os protocolos clínicos convencionais. Imediatamente após as coletas, o sangue foi centrifugado a 2.800 rotações por minuto por 10 minutos e analisado no Laboratório de Análises Clínicas do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), seguindo as orientações do manual de coleta da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica e Medicina Laboratorial (SBPC/ML) (Sumina 2020). Após a finalização dos procedimentos pré-analíticos, utilizou-se o analisador automatizado bioquímico da marca BT 3000 (Wiener Lab., Argentina) para a determinação dos seguintes biomarcadores clínicos sorológicos: HDL-c, TG e a glicose. Ambas as análises seguiram as recomendações dos kits comerciais (Wiener lab., Argentina).

Para determinação dos biomarcadores de estresse oxidativo, a saber, proteína carbonilada (PC), peroxidação lipídica (PL), grupamento sulfidrilas totais (GS totais) e atividade antioxidante total (AAT), uma alíquota de 1,5 mL de soro foi congelada e armazenada a -80 °C para análise posterior no Laboratório de Citotoxicidade e Genotoxicidade (LaCiGen) do Departamento de Bioquímica, Instituto de Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A PC foi analisada pelo método que envolve a derivatização dos grupos carbonila com 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), que leva à formação do produto 2,4-dinitrofenil (DNP), uma hidrazona estável (Dalle-Donne; Rossi; Giustarini *et al.*, 2003).

Os resultados foram expressos em unidade arbitrárias obtidas das densidades do *imunoblotting* referentes aos níveis de PC dos voluntários. A PL foi avaliada através da formação de espécies reativas do ácido tiobarbitúrico (TBARS) durante uma reação em aquecimento, tendo como subproduto formado nela o malondialdeído (MDA) (Steels; Learmonth; Watson, 1994). Os GS totais foram analisados conforme o método baseado na velocidade de redução de ácido 5,5-ditiobis-2-nitrobenzóico (DTNB - Sigma Aldrich, D-8130) (Faure & Lafond, 1995). A AAT foi determinada pelo método de captura do radical livre estável 2,2-difenil-1-hidrazila (DPPH) por antioxidantes (Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995).

As medidas antropométricas obtidas de cada voluntário, foram realizadas contando com a colaboração de dois profissionais de Educação Física, segundo procedimentos antropométricos descritos pela *International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)* (Silva & Vieira, 2020), sendo elas: circunferências da cintura (CC), do abdome (CA) e do quadril (CQ); relação cintura-quadril (RCQ); estatura e massa corporal (MC). A CC, CA e CQ foram mensuradas em centímetros, com os voluntários permanecendo em posição ortostática (PO) e a fita para aferição foi colocada em um plano horizontal após a linha da última costela. O material utilizado para esta finalidade foi uma trena antropométrica 2M, modelo Sanny Medical, Starret, modelo: SN 4010, fabricada em aço flexível, com medidas em centímetros e polegadas.

A MC foi mensurada com o militar avaliado-mantendo-se na PO, descalço, usando somente traje de banho (sunga). Para a obtenção da MC o militar ficou sobre a balança digital, da marca EKS, com um incremento de 0,1%, devidamente calibrada e aferida. A estatura foi medida com um estadiômetro metálico, marca GPM, com tolerância de  $\pm 5$  mm provido de uma escala métrica graduada em centímetros e polegadas. Os voluntários ficaram em pé, posição ereta, com os braços estendidos e unidos ao tronco, pés unidos e mantendo o contato com o estadiômetro pelo calcanhar e obedecendo o Plano de Frankfurt. Os mesmos foram orientados, no momento da avaliação, a ficarem em apneia respiratória, com o objetivo de minimizar possíveis instabilidades na coluna vertebral. A

medida foi executada com o cursor no ângulo de 90°, tendo a única exigência que o avaliado estivesse descalço.

O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pela razão entre a MC (em quilogramas) e a medida da estatura (em metros) estatura elevada a segunda potência. A PAS e a PAD de repouso foram mensuradas de acordo com o que prescreve as Diretrizes Brasileiras de Medidas da Pressão Arterial Dentro e Fora do Consultório (Feitosa; Barroso; Mion Junior *et al.*, 2024). Estimamos o cálculo do percentual de gordura corporal (%GC) conforme previamente descrito (Salem, 2008).

Para estimar o VO<sub>2</sub>max usou-se o teste de 12 minutos de Cooper (Cooper, 1968). Foi utilizado o resultado do primeiro TAF, para dividir os grupos e investigar a associação dos fatores de risco cardiovascular com menções recebidas. Com a análise dos resultados séricos, antropométricos e pressão arterial foi verificado a presença de fatores de risco para SM e, sua respectiva prevalência na amostra investigada.

### 2.3 Tratamento estatístico

O teste *Shapiro-Wilk* confirmou a distribuição normal dos dados. Os dados estão apresentados como média e desvio padrão. A comparação entre os grupos foi verificada através do teste *t de Student* para amostras independentes, visando comparar os parâmetros antropométricos, fisiológicos, fatores de risco da SM e marcadores de estresse oxidativo. Foram considerados estatisticamente significantes os resultados com  $p < 0,05$ . A análise estatística foi processada com auxílio do software STATISTICA® 12.0.

Para produzir matrizes de correlação das variáveis avaliadas, os dados brutos foram analisados utilizando a correlação não paramétrica de ordem de classificação de *Spearman* utilizando o software *Jamovi*. Os dados foram visualizados usando a biblioteca *PyPlot* do *Python* (ver. 3.1.2). A cor de cada célula foi, então, determinada pela interpolação linear da correlação (vermelho para positiva e azul para negativa). As entradas na diagonal representam autocorrelações, e as entradas fora da diagonal representam correlações diretas positivas ou negativas entre pares de variáveis (a matriz de correlação é simétrica). Para este artigo, foram discutidas as correlações com  $p$  valor  $< 0,01$ .

## 3 Resultados

Os resultados das aferições das variáveis antropométricas e fisiológicas para os grupos E e B estão mostrados na Tabela 1. Observa-se que houve uma diferença significativa em todas as variáveis pesquisadas indicando que os voluntários do grupo E apresentavam algumas variáveis, tais como massa corporal, IMC, %GC e VO<sub>2</sub>max compatíveis com melhores condições de saúde. Além disso,



os militares do grupo E apresentaram idade e estatura inferiores aos apresentados pelos militares do grupo B. Embora nossa análise tenha mostrado que as variáveis antropométricas do grupo E foram melhores do que a do grupo B, uma, em especial, chamou atenção, o VO<sub>2</sub>max do grupo E ser aproximadamente 1,7 vezes maior quando comparado com o grupo B.

**Tabela 1:** Teste de diferenças de médias (test *t*) entre as características das variáveis dos participantes do estudo, divididos em grupos B e E.

Variável	GRUPOS	
	Bom (n=20)	Excelente (n=63)
<b>Idade (anos)</b>	39,3 ± 2,6 <sup>a</sup>	37,9 ± 2,0 <sup>b</sup>
<b>Massa corporal (Kg)</b>	89,6 ± 9,1 <sup>a</sup>	80,7 ± 10,4 <sup>b</sup>
<b>Estatura (cm)</b>	179,3 ± 4,9 <sup>a</sup>	175,7 ± 6,9 <sup>b</sup>
<b>Índice de massa corporal (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	27,9 ± 3,3 <sup>a</sup>	25,8 ± 3,1 <sup>b</sup>
<b>Percentual de gordura corporal (%)</b>	22,6 ± 6,4 <sup>a</sup>	18,8 ± 4,1 <sup>b</sup>
<b>VO<sub>2</sub>max</b>	31,2 ± 12,7 <sup>a</sup>	54,3 ± 2,6 <sup>b</sup>

VO<sub>2</sub>max: volume máximo de oxigênio máximo.

*p* significativo <0,05.

Letras diferentes significam que houve diferença significativa entre as variáveis.

Letras iguais significam que não houve diferença entre as variáveis.

A Tabela 2 mostra os resultados das médias das variáveis utilizadas para definir a presença de SM em um indivíduo. Observa-se uma diferença significativa em algumas destas variáveis pesquisadas, tais como a CC, TG e HDL-c entre os grupos E e B, reforçando que o grupo E apresentou melhores condições de saúde. Por outro lado, a glicemia, PAS e PAD não apresentaram diferença significativa. Quatro militares do grupo B (20% do respectivo grupo) e oito do grupo E (12% do respectivo grupo) apresentaram resultados compatíveis com a classificação de SM.

**Tabela 2:** Parâmetros utilizados na classificação da síndrome metabólica ( $\mu \pm DP$ ).

Variável	GRUPOS	
	Bom (n=20)	Excelente (n=63)
<b>Circunferência da cintura (CC)</b>	94,5 ± 9,6 <sup>a</sup>	87,8 ± 6,8 <sup>b</sup>
<b>Glicose (mg/dL)</b>	79,8 ± 7,7 <sup>a</sup>	86,3 ± 17,0 <sup>a</sup>
<b>Triglicerídeos (mg/dL)</b>	112,1 ± 44,5 <sup>a</sup>	82,3 ± 35,4 <sup>b</sup>
<b>HDL-c (mg/dL)</b>	42,3 ± 5,0 <sup>a</sup>	47,8 ± 9,4 <sup>b</sup>
<b>Pressão arterial sistólica (mmHg)</b>	123,5 ± 11,4 <sup>a</sup>	121,4 ± 12,4 <sup>a</sup>
<b>Pressão arterial diastólica (mmHg)</b>	83,5 ± 8,1 <sup>a</sup>	82,5 ± 10,1 <sup>a</sup>

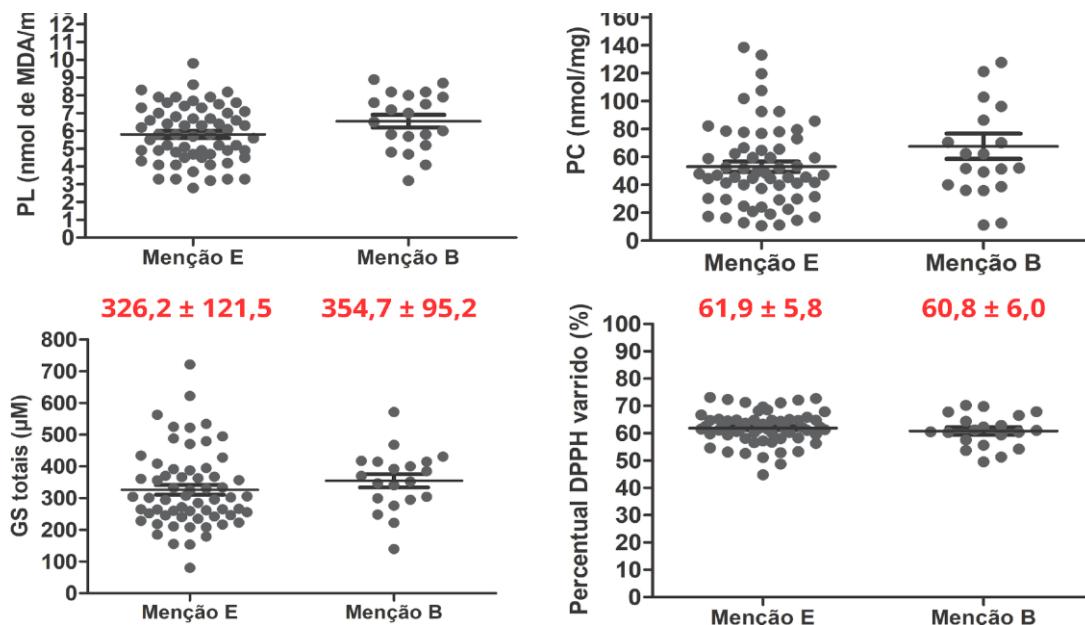
*p* significativo <0,05.

Letras diferentes significam que houve diferença significativa entre as variáveis.

Letras iguais significam que não houve diferença entre as variáveis

Para analisar a diferença no perfil de marcadores de estresse oxidativo entre os grupos E e B estudados, foram determinados os níveis de PL, PC, GS totais e AAT. Os resultados dos marcadores de estresse oxidativo evidenciam que não houve diferença estatisticamente significativa entre tais em qualquer dos marcadores analisados (Figura 1).

**Figura 1.** Cada círculo fechado representa o valor obtido de cada voluntário do estudo. PL = Peroxidação lipídica; PC = Proteínas carboniladas; GS totais = Grupamento sulfidrilas totais; AAT = Atividade antioxidante total (%DPPH varrido).

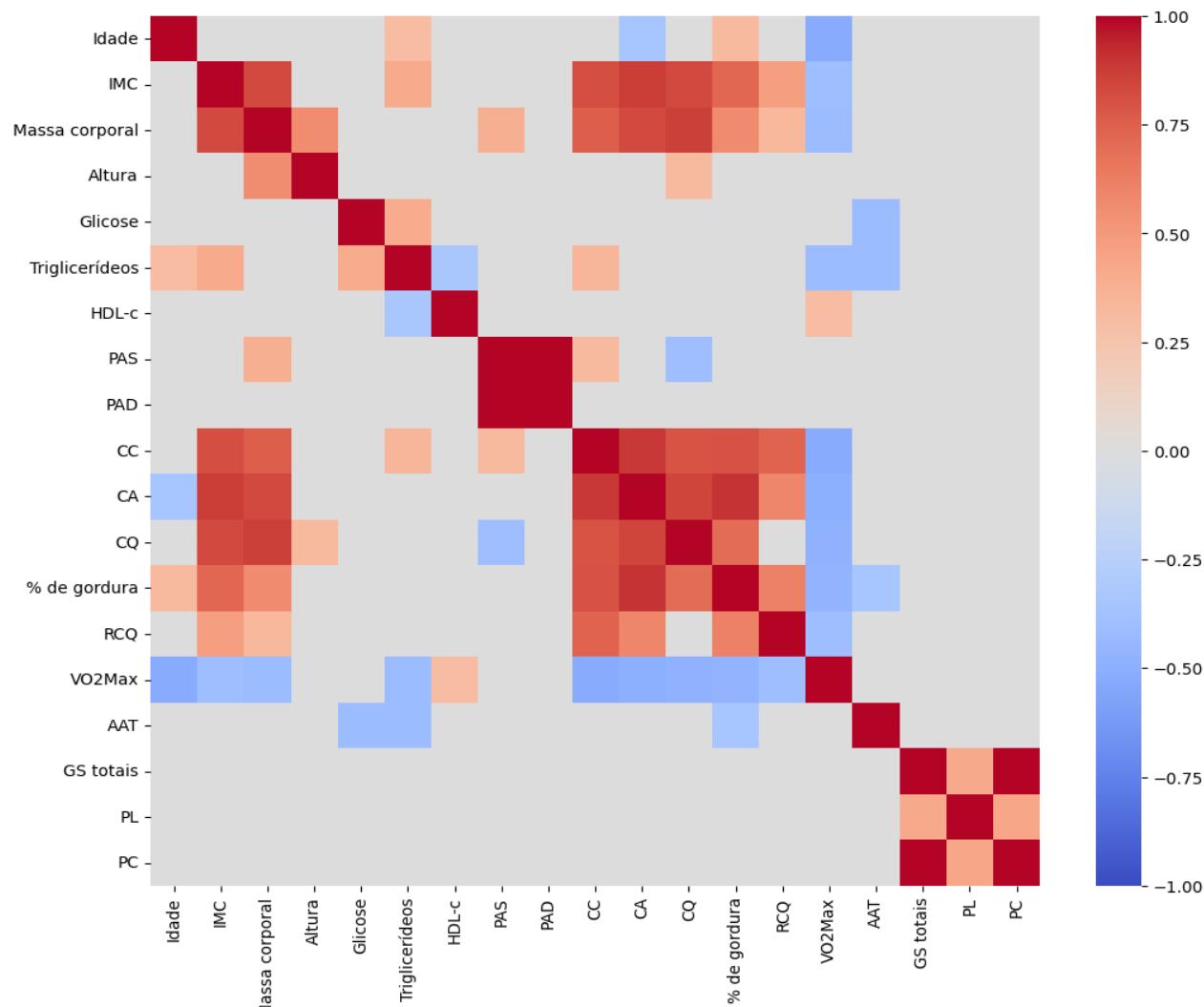


Para analisar de maneira holística o comportamento de todas as variáveis mensuradas, uma matriz de correlação foi representada graficamente em um mapa de calor, no qual filtramos as representações para correlações com  $p < 0,01$  (Figura 2).

Conforme esperado, o IMC apresentou forte correlação positiva com MC. Ademais, IMC e MC apresentaram correlações fortemente positivas com as outras variáveis antropométricas. Os TG apresentaram correlação positiva com a glicemia, CC e o IMC indicando que conforme esses parâmetros antropométricos aumentam, os níveis de TG tendem a se mostrar elevados. Em contrapartida, foi observada uma correlação negativa entre os TG com AAT e HDL-c, sugerindo que níveis mais elevados de TG podem estar associados a um prejuízo no sistema antioxidante e HDL-c. O VO<sub>2</sub>max, mostrou correlações negativas com vários parâmetros antropométricos, como IMC, CC, CA e %GC. Por outro lado, dentre as variáveis da bioquímica do sangue, o VO<sub>2</sub>max apresentou correlação positiva com HDL-c e negativa com os níveis de TG.

Com relação a AAT, estimada pela varredura de radicais livres DPPH•, foi observada, também, uma correlação negativa com os níveis de glicose e %GC. Os outros marcadores de estresse oxidativo, tais como GS totais, PC e PL, não se correlacionaram significativamente com os parâmetros antropométricos e bioquímicos, mas mostraram correlações positivas entre si, destacando uma possível interação entre esses biomarcadores de estresse celular.

**Figura 2.** A matriz de correlações de Spearman para as variáveis mensuradas, filtradas com  $p$  valor  $< 0.01$ . A cor de cada célula foi definida pela interpolação linear da correlação (vermelho para correlação positiva e azul para negativa). Ou seja, quanto mais intenso o tom de vermelho, mais forte é a correlação positiva entre os analitos. Da mesma forma, quanto mais intenso o tom de azul, mais forte é a correlação negativa. Células não hachuradas referem a correlações que não apresentaram significância estatística. As entradas na diagonal mostram autocorrelações, enquanto as fora da diagonal indicam correlações diretas entre pares de variáveis, resultando em uma matriz de correlação simétrica. IMC = Índice de massa corporal; PAS = Pressão arterial sistólica; PAD = Pressão arterial diastólica; CC = Circunferência de cintura; CQ = Circunferência de quadril; RCQ = Relação cintura/quadril; AAT = Atividade antioxidante total (%DPPH varrido); GS totais = Grupamento sulfidrilas totais; PL = Peroxidação lipídica; PC = Proteínas carboniladas.



#### 4 Discussão

Este estudo avaliou a prevalência da SM e sua associação com variáveis antropométricas, perfil lipídico, glicemia, aptidão aeróbica e marcadores de estresse oxidativo em militares da ativa. O exercício físico agudo pode ser visto como um modelo de estresse metabólico e oxidativo, a variar em função de parâmetros como intensidade ou duração (Bassini & Cameron, 2014; Furrer; Hawley; Handschin, 2023). Todavia, a adoção de programas estruturados de exercícios físicos promove diversas adaptações e sinalizações benéficas, tanto para performance atlética quanto para a saúde (Muniz-Santos; França; Jurisica *et al.*, 2023).

Com relação a SM, é evidente que a prática de exercícios físicos regulares apresenta um impacto favorável sobre seus marcadores (Amin; Kerr; Atiase *et al.*, 2023; Myers; Kokkinos; Nyelin, 2019). Nesse sentido, é importante ressaltar que a prevalência de SM de 14% encontrada na população total dos militares estudados foi consideravelmente menor do que a prevalência relatada na população brasileira geral em estudos anteriores (Oliveira; Santos; Machado *et al.*, 2020). Mesmo o grupo B, que apresentou uma prevalência maior em comparação ao grupo E (20% vs. 12%), ainda apresenta índices inferiores à população geral. Para comparação, um estudo transversal populacional com dados laboratoriais da Pesquisa Nacional de Saúde estimou a prevalência da SM em 38,4% na população brasileira (Oliveira; Santos; Machado *et al.*, 2020).

De fato, os participantes avaliados no presente estudo são considerados fisicamente ativos, o que contribui para a promoção de benefícios advindos da prática de exercícios físicos, como redução da MC, pressão sanguínea, TG e aumento do HDL-c e pode justificar a menor prevalência de SM em relação à população brasileira (Omura; Bellissimo; Watson *et al.*, 2018; Pucci; Alcidi; Tap *et al.*, 2017). Destaca-se que a população estudada oscila dentro da faixa etária masculina em que ocorre significativos aumentos nos fatores de risco de SM (entre 34 e 50 anos), conforme previamente descrito (Ceppa; Merens; Burnat *et al.*, 2008).

Nossos resultados indicaram que o grupo com menção B no TAF apresentou maior prevalência para SM (1,6 vezes superior à observada no grupo E) e, portanto, maior suscetibilidade ao desenvolvimento de DCNTs. Nesse sentido, sugere-se que o melhor condicionamento físico dos indivíduos com menção E no TAF proporciona benefícios adicionais à saúde, quando comparados aos do grupo B, que por sua vez já apresentam resultados melhores em relação à população brasileira. Nossos dados corroboram com o estudo realizado por Lavie *et al.* (2019), no qual foi abordado que o treinamento físico leva a melhores níveis de aptidão cardiorrespiratória, trazendo consigo a prevenção de DCNTs (Barrón-Cabrera; Ramos-Lopez; González-Becerra *et al.*, 2019).

A idade, MC, IMC e %GC apresentaram uma diferença significativa entre os grupos, com o grupo B apresentando valores superiores ao grupo E (Tabela 1). O grupo B apresentou média de idade superior, parâmetro reconhecido por influenciar as distâncias a serem percorridas no TAF, fato que determina que indivíduos com idade mais avançada percorram distâncias menores nesse teste (Exército, 2008; 2015). De fato, na amostra estudada, encontramos uma correlação negativa entre a idade e o VO<sub>2</sub>max, o que já é amplamente descrito em comparações entre populações mais distintas, como idosos e adultos (Kim; Wheatley; Behnia *et al.*, 2016; Letnes; Nes; Wisløff, 2023). Além disso, a combinação entre maiores massas corporais e %GC são fatores que influenciam nos piores resultados apresentados pelo grupo com menção B no TAF e nos marcadores bioquímicos sanguíneos (Herrmann; Graf; Karsegard *et al.*, 2019).

Os resultados observados no teste de corrida demonstraram que o grupo E apresentou um condicionamento físico melhor do que o grupo B, e VO<sub>2</sub>max 1,7 vezes superior. O VO<sub>2</sub>max constitui-se um indicador de desempenho, sinalizando a capacidade máxima do corpo em transportar e metabolizar o oxigênio durante a prática de exercícios físicos aeróbicos (Peker; As; Kaya *et al.*, 2024). Um estudo de 2018, com indivíduos com mais de 45 anos de idade, mostrou que os níveis de VO<sub>2</sub>max estão associados com mortalidade, mesmo após o controle de outras variáveis confundidoras (Clausen; Marott; Holtermann *et al.*, 2018). Ademais, o VO<sub>2</sub>max elevado contribui para maior produção energética das células alvo, o que justificaria, em parte, o melhor desempenho no TAF no grupo que apresentou o maior deste índice (Astorino; Edmunds; Clark *et al.*, 2018).

Nesse sentido, o VO<sub>2</sub>max está diretamente relacionado ao desempenho atlético de indivíduos, sobretudo praticantes de exercícios físicos aeróbicos (Ma; Cao; Zhu *et al.*, 2023). Apesar da forte contribuição genética na determinação do VO<sub>2</sub>max, os exercícios aeróbicos podem aumentá-lo e também atrasar sua queda natural com o avanço da idade (Scribbans; Vecsey; Hankinson *et al.*, 2016). Este fato corrobora nossa hipótese de que indivíduos do grupo E receberam maiores benefícios fisiológicos quando comparado ao grupo B. Além de se relacionar, com parâmetros de performance atlética, o VO<sub>2</sub>max foi negativamente correlacionado com variáveis antropométricas preditoras de risco cardiovascular e SM, como CC, CA, RCQ, IMC, %GC e MC.

As variáveis CC, TG e HDL-c também mostraram diferenças significativas entre os grupos, com o grupo B apresentando valores mais elevados de CC e TG e níveis mais baixos de HDL-c. No entanto, a glicemia e a pressão arterial não mostraram diferenças significativas (Tabela 2). Esses achados são consistentes com estudos anteriores, que demonstraram que exercícios aeróbicos combinados com treinamento resistido (como exemplo o exercício performado no TAF) melhoram fatores de risco cardiovascular em indivíduos com SM, como a CC, glicemia, TG e a pressão arterial (Wewege; Thom; Rye *et al.*, 2018). De maneira similar, já foi relatado que o treinamento resistido,

por si só, também pode beneficiar a saúde de indivíduos com obesidade mórbida, resultando em melhorias nos parâmetros avaliados neste estudo, como CC, TG e pressão arterial. (Delgado-Floody; Latorre-Román; Jerez-Mayorga *et al.*, 2019). Neste cenário, à prática de exercício físico aeróbico combinado com o resistido (concorrente) podem sinergisticamente melhorar parâmetros da composição corporal e marcadores bioquímicos sanguíneos (Prieto-González & Sedlacek, 2022). Embora, não seja objeto deste estudo, convém destacar que durante a prática do TFM, preconiza-se a realização de exercícios resistidos (Exército, 2008; 2015).

Vale ressaltar que os dados recentes indicam uma influência maior da CC do que o IMC na avaliação do risco cardiometabólico, com uma correlação positiva à elevação do TG (Cibičková; Langová; Vaverková *et al.*, 2019). No entanto, cabe destacar, ainda, que as diversas medidas antropométricas aqui avaliadas apresentaram correlações positivas entre si, podendo ser usadas como co-preditores na avaliação do risco cardiometabólico. Neste estudo, foi observada uma diferença significativa na CC entre os grupos, onde a média do grupo B foi mais elevada do que o valor de normalidade estabelecido pela IDF, justificando parcialmente os outros resultados desfavoráveis encontrados nos parâmetros antropométricos e bioquímicos neste grupo.

Adicionalmente, a associação entre a SM e o estresse oxidativo tem sido foco de estudos por diversos grupos de pesquisa (Dziegielewska-Gęsiak; Wysocka; Fatyga *et al.*, 2024; Kim; Kang; Go, 2024; Mathew; Li; Byun *et al.*, 2018; Rojo; Pérez; Millán *et al.*, 2024). É importante ressaltar que o estresse oxidativo também desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da SM, sendo um preditor, isto é, um evento primário que leva ao surgimento da SM (Masenga; Kabwe; Chakulya *et al.*, 2023; Spahis; Borys; Levy, 2017; Vona; Gambardella; Cittadini *et al.*, 2019). Não obstante, é sabido que o desequilíbrio a favor de compostos oxidantes vs. AAT no organismo, conceito clássico de estresse oxidativo, contribui para o comprometimento do controle e da sinalização *redox* e/ou danos às biomoléculas, incluindo a membrana plasmática, proteínas e ácido desoxirribonucleico (DNA) (Sies, 2018).

Nos últimos anos, o papel desses oxidantes, conhecidos na literatura da área como espécies reativas de oxigênio (EROs), vem ganhando relevância, com destaque na associação das EROs com a etiologia das principais DNCTs (Carrier, 2017). Os avanços atuais sugerem que a SM é uma doença também caracterizada por modificações epigenéticas de genes vitais diante de um quadro de estresse oxidativo (Yara; Lavoie; Levy, 2015). Neste mesmo cenário, convém salientar que a prática de exercícios físicos recomendada como intervenção nestes quadros patológicos deve ser minuciosamente prescrita por um profissional de Educação Física considerando as variáveis do treinamento físico como intensidade, volume e duração, sabendo que podem aumentar agudamente a

produção das EROs e, desta forma, ampliar o dano celular e a resposta inflamatória (Powers; Nelson; Hudson, 2011).

Todavia, não encontramos correlações entre níveis de PC ou PL com os preditores antropométricos e bioquímicos de DCNTs. Foi observado que a AAT se correlaciona positivamente com VO<sub>2</sub>max e negativamente com TG, %GC e glicose. Cabe ressaltar que níveis sanguíneos elevados de TG e glicemia podem sinalizar aumento de peroxidação lipídica e produção de agentes glicantes associados à progressão da diabetes (Ayala; Muñoz; Argüelles, 2014; Mengstie; Chekol Abebe; Behaile Teklemariam *et al.*, 2022). Dessa forma, mostrando que indivíduos com melhor aptidão cardiorrespiratória tendem a apresentar melhor resposta antioxidante e melhor perfil lipídico.

## 5 Conclusão

O estudo avaliou a prevalência da SM e sua relação com aptidão aeróbica e estresse oxidativo em militares do Exército Brasileiro, comparando grupos com desempenho físico excelente (E) e bom (B) no TAF. Os resultados indicaram que o grupo E apresentou menor prevalência de SM, melhores parâmetros de composição corporal e VO<sub>2</sub>max superior, evidenciando um menor risco para o desenvolvimento de DCNTs. No entanto, ressaltamos que ambos os grupos estão sob menor risco que a população geral, apresentando uma prevalência consideravelmente menor de SM. Além disso, foi observada uma correlação significativa entre um perfil metabólico mais saudável e maior atividade antioxidante. Apesar disso, não foram encontradas diferenças significativas em marcadores de dano oxidativo entre os dois grupos. O estudo reforça a importância de programas de treinamento físico intenso e a influência da aptidão aeróbica na saúde metabólica e, consequentemente, prontidão dos militares.

## Referências

- AMAWI, A.; ALKASASBEH, W.; JARADAT, M.; ALMASRI, A. *et al.* Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. **Front Nutr**, 10, p. 1331854, 2023. Disponível em: [10.3389/fnut.2023.1331854](https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1331854).
- AMIN, M.; KERR, D.; ATIASE, Y.; ALDWIKAT, R. K. *et al.* Effect of Physical Activity on Metabolic Syndrome Markers in Adults with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports (Basel)**, 11, n. 5, May 09 2023. Disponível em: [10.3390/sports11050101](https://doi.org/10.3390/sports11050101).
- ASTORINO, T. A.; EDMUNDS, R. M.; CLARK, A.; KING, L. *et al.* Increased cardiac output and maximal oxygen uptake in response to ten sessions of high intensity interval training. **J Sports Med Phys Fitness**, 58, n. 1-2, p. 164-171, 2018. Disponível em: [10.23736/S0022-4707.16.06606-8](https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06606-8).
- AYALA, A.; MUÑOZ, M. F.; ARGÜELLES, S. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. **Oxid Med Cell Longev**, 2014, p. 360438, 2014. Disponível em: [10.1155/2014/360438](https://doi.org/10.1155/2014/360438).
- BARRÓN-CABRERA, E.; RAMOS-LOPEZ, O.; GONZÁLEZ-BECERRA, K.; RIEZU-BOJ, J. I. *et al.* Epigenetic Modifications as Outcomes of Exercise Interventions Related to Specific Metabolic Alterations: A Systematic Review. **Lifestyle Genom**, 12, n. 1-6, p. 25-44, 2019. Disponível em: [10.1159/000503289](https://doi.org/10.1159/000503289).
- BASSINI, A.; CAMERON, L. C. Sportomics: building a new concept in metabolic studies and exercise science. **Biochem Biophys Res Commun**, 445, n. 4, p. 708-716, Mar 21 2014. Disponível em: [10.1016/j.bbrc.2013.12.137](https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.12.137).
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, 28, n. 1, p. 25-30, 1995. Disponível em: [10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
- CARRIER, A. Metabolic Syndrome and Oxidative Stress: A Complex Relationship. **Antioxid Redox Signal**, 26, n. 9, p. 429-431, Mar 20 2017. Disponível em: [10.1089/ars.2016.6929](https://doi.org/10.1089/ars.2016.6929).
- CEPPA, F.; MERENS, A.; BURNAT, P.; MAYAUDON, H. *et al.* Military community: a privileged site for clinical research: Epidemiological Study of Metabolic Syndrome Risk Factors in the Military Environment. **Mil Med**, 173, n. 10, p. 960-967, Oct 2008. Disponível em: [10.7205/milmed.173.10.960](https://doi.org/10.7205/milmed.173.10.960).
- CHE, T.; YAN, C.; TIAN, D.; ZHANG, X. *et al.* The Association Between Sleep and Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Front Endocrinol (Lausanne)**, 12, p. 773646, 2021. Disponível em: [10.3389/fendo.2021.773646](https://doi.org/10.3389/fendo.2021.773646).
- CIBIČKOVÁ, L.; LANGOVÁ, K.; VAVERKOVÁ, H.; LUKEŠ, J. *et al.* Superior Role of Waist Circumference to Body-Mass Index in the Prediction of Cardiometabolic Risk in Dyslipidemic Patients. **Physiol Res**, 68, n. 6, p. 931-938, Dec 30 2019. Disponível em: [10.33549/physiolres.934176](https://doi.org/10.33549/physiolres.934176).
- CLAUSEN, J. S. R.; MAROTT, J. L.; HOLTERMANN, A.; GYNTELBERG, F. *et al.* Midlife Cardiorespiratory Fitness and the Long-Term Risk of Mortality: 46 Years of Follow-Up. **J Am Coll Cardiol**, 72, n. 9, p. 987-995, Aug 28 2018. Disponível em: [10.1016/j.jacc.2018.06.045](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.06.045).
- COOPER, K. H. A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. **JAMA**, 203, n. 3, p. 201-204, Jan 15 1968.
- COSTA, F. F. D.; MONTENEGRO, V. B.; LOPES, T. J. A.; COSTA, E. C. Combinação de fatores de risco relacionados à síndrome metabólica em militares da Marinha do Brasil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, 97, 2011. Disponível em: [10.1590/S0066-782X2011005000113](https://doi.org/10.1590/S0066-782X2011005000113).
- DALLE-DONNE, I.; ROSSI, R.; GIUSTARINI, D.; MILZANI, A. *et al.* Protein carbonyl groups as biomarkers of oxidative stress. **Clin Chim Acta**, 329, n. 1-2, p. 23-38, Mar 2003. Disponível em: [10.1016/s0009-8981\(03\)00003-2](https://doi.org/10.1016/s0009-8981(03)00003-2).
- DELGADO-FLOODY, P.; LATORRE-ROMÁN, P.; JEREZ-MAYORGA, D.; CAAMAÑO-NAVARRETE, F. *et al.* Feasibility of incorporating high-intensity interval training into physical education programs to

improve body composition and cardiorespiratory capacity of overweight and obese children: A systematic review. **J Exerc Sci Fit**, 17, n. 2, p. 35-40, Jan 20 2019. Disponível em: [10.1016/j.jesf.2018.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jesf.2018.11.003).

DZIĘGIELEWSKA-GĘSIAK, S.; WYSOCKA, E.; FATYGA, E.; MUC-WIERZGOŃ, M. Relationship of SOD-1 Activity in Metabolic Syndrome and/or Frailty in Elderly Individuals. **Metabolites**, 14, n. 9, Sep 23 2024. Disponível em: [10.3390/metabo14090514](https://doi.org/10.3390/metabo14090514).

EXÉRCITO, B. E. M. D. **Diretriz para o Treinamento Físico Militar do Exército e sua Avaliação**. 2008.

EXÉRCITO, B. E. M. D. **Manual de Campanha EB-20-MC10.350 Treinamento Físico Militar**. Manual de Campanha EB-20-MC10.350 Treinamento Físico Militar, 2015.

FAURE, P.; LAFOND, J.-L., 1995, **Measurement of plasma sulphydryl and carbonyl groups as a possible indicator of protein oxidation**. In: Favier, A.E., Cadet, J., Kalyanaraman, B., Fontecave, M., Pierre, JL. (eds) Analysis of Free Radicals in Biological Systems. Birkhäuser Basel. Disponível em: [10.1007/978-3-0348-9074-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-0348-9074-8_17).

FEITOSA, A. D. M.; BARROSO, W. K. S.; MION JUNIOR, D.; NOBRE, F. *et al.* Brazilian Guidelines for In-office and Out-of-office Blood Pressure Measurement - 2023. **Arq Bras Cardiol**, 121, n. 4, p. e20240113, Feb 2024. Disponível em: [10.36660/abc.20240113](https://doi.org/10.36660/abc.20240113).

FORTES, M. D. S. R.; ROSA, S. E. D.; COUTINHO, W.; NEVES, E. B. Epidemiological study of metabolic syndrome in Brazilian soldiers. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, 63, 2019. Disponível em: [10.20945/2359-3997000000115](https://doi.org/10.20945/2359-3997000000115).

FURRER, R.; HAWLEY, J. A.; HANDSCHIN, C. The molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals. **Physiol Rev**, 103, n. 3, p. 1693-1787, Jul 01 2023. Disponível em: [10.1152/physrev.00017.2022](https://doi.org/10.1152/physrev.00017.2022).

GUEMBE, M. J.; FERNANDEZ-LAZARO, C. I.; SAYON-OREA, C.; TOLEDO, E. *et al.* Risk for cardiovascular disease associated with metabolic syndrome and its components: a 13-year prospective study in the RIVANA cohort. **Cardiovasc Diabetol**, 19, n. 1, p. 195, Nov 22 2020. Disponível em: [10.1186/s12933-020-01166-6](https://doi.org/10.1186/s12933-020-01166-6).

HERRMANN, F. R.; GRAF, C.; KARSEGARD, V. L.; MARESCHAL, J. *et al.* Running performance in a timed city run and body composition: A cross-sectional study in more than 3000 runners. **Nutrition**, 61, p. 1-7, May 2019. Disponível em: [10.1016/j.nut.2018.10.022](https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.10.022).

JANAK, J. C.; PÉREZ, A.; ALAMGIR, H.; ORMAN, J. A. *et al.* U.S. military service and the prevalence of metabolic syndrome: Findings from a cross-sectional analysis of the Cooper Center Longitudinal Study, 1979-2013. **Prev Med**, 95, p. 52-58, Feb 2017. Disponível em: [10.1016/j.ypmed.2016.11.017](https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.11.017).

KAWAMURA, T.; MURAOKA, I. Exercise-Induced Oxidative Stress and the Effects of Antioxidant Intake from a Physiological Viewpoint. **Antioxidants (Basel)**, 7, n. 9, Sep 05 2018. Disponível em: [10.3390/antiox7090119](https://doi.org/10.3390/antiox7090119).

KIM, C. H.; WHEATLEY, C. M.; BEHNIA, M.; JOHNSON, B. D. The Effect of Aging on Relationships between Lean Body Mass and VO<sub>2</sub>max in Rowers. **PLoS One**, 11, n. 8, p. e0160275, 2016. Disponível em: [10.1371/journal.pone.0160275](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160275).

KIM, H.; KANG, S.; GO, G. W. Exploring the multifaceted role of ginkgolides and bilobalide from. **Food Sci Biotechnol**, 33, n. 13, p. 2903-2917, Oct 2024. Disponível em: [10.1007/s10068-024-01656-3](https://doi.org/10.1007/s10068-024-01656-3).

KUO, W. C.; BRATZKE, L. C.; OAKLEY, L. D.; KUO, F. *et al.* The association between psychological stress and metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis. **Obes Rev**, 20, n. 11, p. 1651-1664, Nov 2019. Disponível em: [10.1111/obr.12915](https://doi.org/10.1111/obr.12915).

LETNES, J. M.; NES, B. M.; WISLØFF, U. Age-related decline in peak oxygen uptake: Cross-sectional vs. longitudinal findings. A review. **Int J Cardiol Cardiovasc Risk Prev**, 16, p. 200171, Mar 2023. Disponível em: [10.1016/j.ijcrp.2023.200171](https://doi.org/10.1016/j.ijcrp.2023.200171).

MA, X.; CAO, Z.; ZHU, Z.; CHEN, X. *et al.* VO<sub>2</sub>max (VO<sub>2</sub>peak) in elite athletes under high-intensity interval training: A meta-analysis. **Heliyon**, 9, n. 6, p. e16663, 2023. Disponível em: [10.1016/j.heliyon.2023.e16663](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16663).

MASENGA, S. K.; KABWE, L. S.; CHAKULYA, M.; KIRABO, A. Mechanisms of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome. *Int J Mol Sci*, 24, n. 9, Apr 26 2023. Disponível em: [10.3390/ijms24097898](https://doi.org/10.3390/ijms24097898).

MATHEW, A. V.; LI, L.; BYUN, J.; GUO, Y. *et al.* Therapeutic Lifestyle Changes Improve HDL Function by Inhibiting Myeloperoxidase-Mediated Oxidation in Patients With Metabolic Syndrome. *Diabetes Care*, 41, n. 11, p. 2431-2437, Nov 2018. Disponível em: [10.2337/dc18-0049](https://doi.org/10.2337/dc18-0049).

MENGSTIE, M. A.; CHEKOL ABEBE, E.; BEHAILE TEKLEMARIAM, A.; TILAHUN MULU, A. *et al.* Endogenous advanced glycation end products in the pathogenesis of chronic diabetic complications. *Front Mol Biosci*, 9, p. 1002710, 2022. Disponível em: [10.3389/fmolb.2022.1002710](https://doi.org/10.3389/fmolb.2022.1002710).

MUNIZ-SANTOS, R.; FRANÇA, A.; JURISICA, I.; CAMERON, L. C. From Microcosm to Macrocosm: The -Omics, Multiomics, and Sportomics Approaches in Exercise and Sports. *OMICS*, 27(11):499-518, 2023. Disponível em: [10.1089/omi.2023.0169](https://doi.org/10.1089/omi.2023.0169).

MYERS, J.; KOKKINOS, P.; NYELIN, E. Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness, and the Metabolic Syndrome. *Nutrients*, 11, n. 7, Jul 19 2019. Disponível em: [10.3390/nu11071652](https://doi.org/10.3390/nu11071652).

OLIVEIRA, L. V. A.; SANTOS, B. N. S. D.; MACHADO, I. E.; MALTA, D. C. *et al.* Prevalência da Síndrome Metabólica e seus componentes na população adulta brasileira. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25, 2020. Disponível em: [10.1590/1413-812320202511.31202020](https://doi.org/10.1590/1413-812320202511.31202020).

OMURA, J. D.; BELLISSIMO, M. P.; WATSON, K. B.; LOUSTALOT, F. *et al.* Primary care providers' physical activity counseling and referral practices and barriers for cardiovascular disease prevention. *Prev Med*, 108, p. 115-122, Mar 2018. Disponível em: [10.1016/j.ypmed.2017.12.030](https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2017.12.030).

POWERS, S. K.; NELSON, W. B.; HUDSON, M. B. Exercise-induced oxidative stress in humans: cause and consequences. *Free Radic Biol Med*, 51, n. 5, p. 942-950, Sep 01 2011. Disponível em: [10.1016/j.freeradbiomed.2010.12.009](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.12.009).

PRIETO-GONZÁLEZ, P.; SEDLACEK, J. Effects of Running-Specific Strength Training, Endurance Training, and Concurrent Training on Recreational Endurance Athletes' Performance and Selected Anthropometric Parameters. *Int J Environ Res Public Health*, 19, n. 17, Aug 29 2022. Disponível em: [10.3390/ijerph191710773](https://doi.org/10.3390/ijerph191710773).

PUCCI, G.; ALCIDI, R.; TAP, L.; BATTISTA, F. *et al.* Sex- and gender-related prevalence, cardiovascular risk and therapeutic approach in metabolic syndrome: A review of the literature. *Pharmacol Res*, 120, p. 34-42, Jun 2017. Disponível em: [10.1016/j.phrs.2017.03.008](https://doi.org/10.1016/j.phrs.2017.03.008).

ROJO, M.; PÉREZ, H.; MILLÁN, A. L.; PAUTASSO, M. C. *et al.* Relationship of Mitochondrial DNA Oxidation and Content with Metabolic Syndrome and Cardiovascular Risk in Obesity Phenotypes. *J Obes*, 2024, p. 3008093, 2024. Disponível em: [10.1155/2024/3008093](https://doi.org/10.1155/2024/3008093).

ROSA, G. Acute effect of concurrent training on hematological and hepatic profile, and muscle injury markers in trained individuals. *Retos*, 69, 690-698, 2025. Disponível em: [10.47197/retos.v69.110879](https://doi.org/10.47197/retos.v69.110879).

ROSA, S. E. D.; LIPPERT, M. A.; MARSON, R. A.; FORTES, M. D. S. R. *et al.* Physical performance, body composition and metabolic syndrome in military personnel from the Brazilian army. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24, 2018. Disponível em: [10.1590/1517-869220182406189325](https://doi.org/10.1590/1517-869220182406189325).

SALEM, M. **Desenvolvimento e validação de equações e índices para a determinação da gordura corporal relativa, em militares brasileiros, a partir de medidas antropométricas.** 2008. 104 f. (Doutorado em Saúde Pública) -, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

SCRIBBANS, T. D.; VECSEY, S.; HANKINSON, P. B.; FOSTER, W. S. *et al.* The Effect of Training Intensity on VO<sub>2</sub>max in Young Healthy Adults: A Meta-Regression and Meta-Analysis. *Int J Exerc Sci*, 9, n. 2, p. 230-247, 2016. Disponível em: [10.70252/HHBR9374](https://doi.org/10.70252/HHBR9374).

SHERLING, D. H.; PERUMAREDDI, P.; HENNEKENS, C. H. Metabolic Syndrome. **J Cardiovasc Pharmacol Ther**, 22, n. 4, p. 365-367, Jul 2017. Disponível em: [10.1177/1074248416686187](https://doi.org/10.1177/1074248416686187).

SIES, H. On the history of oxidative stress: Concept and some aspects of current development. **Current Opinion in Toxicology**, 7, p. 122-126, 2018. Disponível em: [10.1016/j.cotox.2018.01.002](https://doi.org/10.1016/j.cotox.2018.01.002).

SILVA, V. S. D.; VIEIRA, M. F. S. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) Global: international accreditation scheme of the competent anthropometrist. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, 22, 2020. Disponível em: [10.1590/1980-0037.2020v22e70517](https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e70517).

SPAHLIS, S.; BORYS, J. M.; LEVY, E. Metabolic Syndrome as a Multifaceted Risk Factor for Oxidative Stress. **Antioxid Redox Signal**, 26, n. 9, p. 445-461, Mar 20 2017. Disponível em: [10.1089/ars.2016.6756](https://doi.org/10.1089/ars.2016.6756).

STEELS, E. L.; LEARMONT, R. P.; WATSON, K. Stress tolerance and membrane lipid unsaturation in *Saccharomyces cerevisiae* grown aerobically or anaerobically. **Microbiology (Reading)**, 140 ( Pt 3), p. 569-576, Mar 1994. Disponível em: [10.1099/00221287-140-3-569](https://doi.org/10.1099/00221287-140-3-569).

SUMINA NM. et al. Recomendações da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial (SBPC/ML): Boas práticas em laboratório clínico. Editora Manole. 2020;(1):1-592.

VONA, R.; GAMBARDELLA, L.; CITTADINI, C.; STRAFACE, E. et al. Biomarkers of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome and Associated Diseases. **Oxid Med Cell Longev**, 2019, p. 8267234, 2019. Disponível em: [10.1155/2019/8267234](https://doi.org/10.1155/2019/8267234).

WANG, Z.; CHEN, J.; ZHU, L.; JIAO, S. et al. Metabolic disorders and risk of cardiovascular diseases: a two-sample mendelian randomization study. **BMC Cardiovasc Disord**, 23, n. 1, p. 529, Oct 31 2023. Disponível em: [10.1186/s12872-023-03567-3](https://doi.org/10.1186/s12872-023-03567-3).

WEDELL-NEERGAARD, A. S.; KROGH-MADSEN, R.; PETERSEN, G. L.; HANSEN, Å. et al. Cardiorespiratory fitness and the metabolic syndrome: Roles of inflammation and abdominal obesity. **PLoS One**, 13, n. 3, p. e0194991, 2018. Disponível em: [10.1371/journal.pone.0194991](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194991).

WEWEGE, M. A.; THOM, J. M.; RYE, K. A.; PARMENTER, B. J. Aerobic, resistance or combined training: A systematic review and meta-analysis of exercise to reduce cardiovascular risk in adults with metabolic syndrome. **Atherosclerosis**, 274, p. 162-171, Jul 2018. Disponível em: [10.1016/j.atherosclerosis.2018.05.002](https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2018.05.002).

WIEBE, N.; STENVINKEL, P.; TONELLI, M. Associations of Chronic Inflammation, Insulin Resistance, and Severe Obesity With Mortality, Myocardial Infarction, Cancer, and Chronic Pulmonary Disease. **JAMA Netw Open**, 2, n. 8, p. e1910456, Aug 02 2019. Disponível em: [10.1001/jamanetworkopen.2019.10456](https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.10456).

WOOD, D. E.; SWAIN, D. P. Influence of Body Mass on Fitness Performance in Naval Special Warfare Operators. **J Strength Cond Res**, 35, n. 11, p. 3120-3127, Nov 01 2021. Disponível em: [10.1519/JSC.00000000000003249](https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003249).

YARA, S.; LAVOIE, J. C.; LEVY, E. Oxidative stress and DNA methylation regulation in the metabolic syndrome. **Epigenomics**, 7, n. 2, p. 283-300, 2015. Disponível em: [10.2217/epi.14.84](https://doi.org/10.2217/epi.14.84).