

ANAIIS DO VI WORKSHOP DE LEITURAS EXPLORATÓRIAS EM DESEMPENHO HUMANO OPERACIONAL

Organizadores
Helder Guerra de Resende
Gilberto Pivetta Pires



**ANAIS DO
VI WORKSHOP DE
LEITURAS EXPLORATÓRIAS EM DESEMPENHO
HUMANO OPERACIONAL**

EDUNITE 

Rio de Janeiro
2024

Todos os direitos desta edição reservados à Editora da Universidade da Força Aérea.
Proibida a reprodução total ou parcial em qualquer mídia sem a autorização escrita da Editora ou dos autores.
Os infratores estão sujeitos às penas da lei.
A Editora não se responsabiliza pelas opiniões emitidas nesta publicação.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFA

W926

Workshop de Leituras Exploratórias em Desempenho Humano Operacional (6.:2024: Rio de Janeiro, RJ).

Anais do VI Workshop de Leituras Exploratórias em Desempenho Humano Operacional / organizadores, Helder Guerra de Resende e Gilberto Pivetta Pires. Rio de Janeiro: EDUNIFA, 2024.

114 p.

ISBN: 978-65-89535-24-9

1. Anais. 2. Forças Armadas. 3. Desempenho Humano Operacional. 4. Pesquisa Científica. I. Resende, Helder Guerra de. II. Pires, Gilberto Pivetta, III. Universidade da Força Aérea. V. Título.

CDU: 61:355.1

2024

EDUNIFA

Editora da Universidade da Força Aérea
Av. Marechal Fontenelle, 1000 - Campo dos Afonsos
Rio de Janeiro - RJ - CEP 21740-000
Telefone: (21) 2157-2753
E-mail: editora.unifa@fab.mil.br

ANAIIS DO **VI WORKSHOP** DE LEITURAS EXPLORATÓRIAS EM DESEMPENHO HUMANO OPERACIONAL

Organizadores
Helder Guerra de Resende
Gilberto Pivetta Pires



Reitor da UNIFA

Maj Brig Ar Max Cintra Moreira, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Vice-Reitor da UNIFA

Cel Av R/1 Valdomiro Alves Fagundes, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Pró Reitor de Apoio à Pesquisa e ao Ensino

Cel Av R/1 Toni Roberto Carvalho Teixeira, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Coordenadora da Editora e Editora-Chefe

Prof^a. Dr^a. Karina Coelho Pires, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Conselho Editorial Científico

Prof. Dr. Amit Gupta, Forum of Federations, Ottawa, Canadá

Prof. Dr. Claudio Rodrigues Corrêa, CMG, Escola de Guerra Naval, EGN, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Eduardo Svartman, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Dr. Erico Duarte, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Dr. Fabio Walter, Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Paraíba, Brasil

Prof. Dr. Fernando de Souza Costa, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Flavio Neri Jasper, Cel Av R1, Secretaria de Economia e Finanças da Aeronáutica, SEFA, Distrito Federal, Brasil

Prof. Dr. Francisco Eduardo A. de Almeida, CMG, Escola de Guerra Naval, EGN, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. German Wedge Rodríguez Pirateque, Mayor Eng, Escuela de Postgrados de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, EPFAC, Bogota, Colombia

Prof. Dr. Gills Vilar Lopes, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Guilherme S. Góes, CMG, Escola Superior de Guerra, ESG, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Howard H. Hensel, United States Air Force, USAF, Alabama, Estados Unidos

Prof. Dr. João Roberto Martins Filho, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Joseph Devanny, King's College London, KCL, Londres, Inglaterra

Prof. Dr. Koshun Iha, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Lamartine N. F. Guimarães, Instituto de Estudos Avançados, IEAv, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Marcelo de A. Medeiros, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Pernambuco, Brasil

Prof. Dr. Marco Antonio S. Minucci, Cel Eng R1, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, IEAv, São Paulo, Brasil

Prof. Dr. Scott Tollefson, National Defense University, NDU, Washington, Estados Unidos

Prof. Dr. Stephen Burgess, United States Air Force, USAF, Alabama, Estados Unidos

Prof^a. Dr^a. Selma Lúcia de Moura Gonzales, TCel, Escola Superior de Defesa, ESD, Brasília, Brasil

Prof^a. Dr^a. Thais Russomano, King's College London, KCL, Londres, Inglaterra

Prof. Dr. Vantuil Pereira, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Vinícius Carvalho, King's College London, KCL, Londres, Inglaterra

Revisão Técnica

1º Ten BIB Leandro Henrique de Oliveira Spinola, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

2º Ten BIB Júlio César Carmelio da Costa, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

2º Ten BIB Nadjane Carvalho de Rezende, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Equipe de Edição

Diagramação

SO SDE Samuel Gonçalves Mastrange, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

SO SDE Edson Galvão, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

CB SGS Lessandro Augusto da Silva Queluci, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Pró-Reitor Pós-Graduação e Pesquisa

Cel Int R/1 Carlos Alberto Leite da Silva, Prof. Dr., Universidade da Força Aérea, UNIFA, Força Aérea Brasileira, FAB, Rio de Janeiro, Brasil

Comissão Organizadora

Prof. Dr. Alexander Barreiros Cardoso Bomfim, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Força Aérea Brasileira, FAB, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Helder Guerra de Resende, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Força Aérea Brasileira, FAB, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Força Aérea Brasileira, FAB, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Vinicius de Oliveira Damasceno, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Força Aérea Brasileira, FAB, Rio de Janeiro, Brasil

Prof.^a Ms^a. Raylene Barbosa Moreira, 2º Ten QOCon PED, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Comissão Científica

Profa. Dra. Ângela Nogueira Neves, Escola de Educação Física do Exército, EsEFEx, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Edison Martins Miron, Academia da Força Aérea, AFA, Pirassununga, Brasil

Profa. Dra. Fabrícia Geralda Ferreira, Escola Preparatória de Cadetes do Ar, EPCAR, Barbacena, Brasil

Prof. Dr. Guilherme Eugênio van Keulen, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Helder Guerra de Resende, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Profa. Dra. Míriam Raquel Meira Mainenti, Escola de Educação Física do Exército, EsEFEx, Rio de Janeiro, Brasil

Profa. Dra. Priscila dos Santos Bunn, CC, Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes, CEFAN, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Vinicius de Oliveira Damasceno, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Willian Carrero Botta, Maj Av, Centro de Preparação de Oficiais da Reserva da Aeronáutica de São José dos Campos, CPORAER-SJ, São José dos Campos, Brasil

Anais do VI Workshop de Leituras Exploratórias em Desempenho Humano Operacional (2024)

Organizadores

Prof. Dr. Helder Guerra de Resende, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Força Aérea Brasileira, FAB, Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Gilberto Pivetta Pires, Universidade da Força Aérea, UNIFA, Força Aérea Brasileira, FAB, Rio de Janeiro, Brasil

Sumário

Apresentação	9
Ponto de corte para o perímetro da cintura de adolescentes: revisão da literatura	11
Antônio Claudino Silva Junior (EPCAR - FAB)	
Fabírcia Geralda Ferreira (EPCAR - FAB)	
Uma análise do ultrassom portátil na avaliação da composição corporal	19
Daniela Nogueira Martins de Medeiros (HFAB - FAB)	
Alexander Barreiros Cardoso Bomfim (UNIFA - FAB)	
Problemas de saúde em controladores de tráfego aéreo devido a alterações no ciclo circadiano	29
Deyse Rocha de Freitas (HFAG - FAB)	
Gustavo Bernardes Fanaro (UNIFA - FAB)	
Relação entre distúrbio do sono e síndrome metabólica em militares: uma revisão integrativa	38
Evelyn Mattiuso Forseto Amancio (HFAB - FAB)	
Guilherme Eugênio van Keulen (UNIFA - FAB)	
Programa de treinamento físico específico para mulheres militares: uma revisão sistemática	47
Gabriel Pinto Neves Ângelo da Rocha (1ºBtl Inf Fuz Nav - MB)	
Bruno Ferreira Viana (CEFAN - MB)	
Priscila dos Santos Bunn (CEFAN - MB)	
Elementos de fricção e sucesso na formação militar em unidades altamente especializadas das Forças Armadas	59
Guilherme de Souza Barbosa (CIOpEsp - EB)	
Ângela Nogueira Neves (EsEFEx - EB)	
Conceitos e mecanismos homeostáticos para controle da temperatura em ambientes extremos (temperaturas altas) e o uso da roupa contra agentes Biológica, Nuclear, Química e Radiológica (BNQR): revisão narrativa	66
Laura Cabral Cruz Lopes da Silveira (2º/10º GAV - FAB)	
Paula Morisco de Sá (UNIFA - FAB)	
Vinícius de Oliveira Damasceno (UNIFA - FAB)	

Os testes físicos desenvolvidos para prever o desempenho operacional: a exploração das normas e publicações científicas	76
Marcos Antônio de Souza Filho (3ºBtl Inf Fuz Nav - MB)	
Alexander Barreiros Cardoso Bomfim (UNIFA - FAB)	
Condições de saúde e fatores de risco nos profissionais do controle do tráfego aéreo	86
Paola Costa dos Santos (HFASP - FAB)	
Fabrícia Geralda Ferreira (EPCAR/PPGDHO - FAB)	
Leonice Aparecida Doimo (UNIFA/PPGDHO - FAB)	
Estudo dos ângulos corporais relacionados a sustentação e transporte de carga e revisão literária de alinhamento postural	94
Pedro Antônio do Nascimento Bastos (EsEFEx - EB)	
Míriam Raquel Meira Mainenti (EsEFEx - EB)	
Impactos da fadiga psicofisiológica no desempenho de pilotos e na segurança de voo: uma revisão integrativa	109
Rafael Neves da Costa (AFA - FAB)	
Fábio Angioluci Diniz Campos (AFA - FAB)	
Memória de trabalho e desempenho em voo: uma revisão integrativa da literatura	120
Rennan Rodrigues de Souza Melo (AFA - FAB)	
Bruno Ferreira Viana (CEFAN - MB)	
Treinadores de voo da Academia da Força Aérea e <i>Simulator Sickness</i>: narração sobre suas aproximações	131
Tiago Moreira da Silveira (AFA - FAB)	
Adriano Percival Calderaro Calvo (UNIFA - FAB)	
Aptidão física e desempenho operacional de pilotos militares: uma revisão de estudos internacionais	139
Thamiris Antunes Dantas (GAP/AF - FAB)	
Wagner Jorge Ribeiro Domingues (UNIFA - FAB)	
Gilberto Pivetta Pires (UNIFA - FAB)	

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos os Anais do VI Workshop de Leituras Exploratórias em Desempenho Humano Operacional de 2024. Este evento reúne estudos de grande relevância voltados para a melhoria contínua da saúde, do desempenho profissional e operacional e do bem-estar dos militares das Forças Armadas Brasileira, abordando questões complexas que vão desde a saúde individual até a operacionalidade das tropas em diversos contextos.

Nesta sexta edição do Workshop de Leituras Exploratórias em Desempenho Humano Operacional foram apresentados 14 trabalhos de revisão da literatura, cujos textos acadêmicos estão sendo publicados.

Antônio Claudino Silva Junior e Fabrícia Geralda Ferreira abrem estas discussões com uma revisão sobre a ausência de um ponto de corte validado para o perímetro da cintura em adolescentes da EPCAR, enfatizando a necessidade de critérios adaptados à realidade militar para melhorar as avaliações de risco cardiometabólico.

Daniela Nogueira Martins de Medeiros e Alexander Barreiros Cardoso Bomfim exploram as vantagens do ultrassom portátil na avaliação da composição corporal de militares, fornecendo uma alternativa mais precisa ao tradicional Índice de Massa Corporal, especialmente em contextos de diagnóstico de obesidade.

Outro importante contributo vem de Deyse Rocha de Freitas e Gustavo Bernardes Fanaro, que investigam como as alterações no ciclo circadiano afetam a saúde dos Controladores de Tráfego Aéreo, identificando uma conexão entre a privação do sono e uma série de distúrbios de saúde que comprometem a eficiência operacional.

Evelyn Mattiuso Forseto Amancio e Guilherme Eugênio van Keulen realizam uma revisão integrativa sobre a relação entre distúrbios do sono e a síndrome metabólica em militares, sublinhando a importância de estratégias de promoção de saúde que contemplem o sono adequado e o gerenciamento do estresse.

Gabriel Pinto Neves Ângelo da Rocha, Bruno Ferreira Viana, e Priscila dos Santos Bunn apresentam uma revisão sistemática que destaca a necessidade de treinos físicos adequados para mulheres militares, orientados a fortalecer as diferenças fisiológicas e melhorar o desempenho em testes militares.

Guilherme de Souza Barbosa e Ângela Nogueira Neves exploram elementos de fricção e sucesso na formação de militares em unidades altamente especializadas, ressaltando a importância de aspectos físicos e psicológicos no sucesso dos cursos de elite.

Laura Cabral Cruz Lopes da Silveira, Paula Morisco de Sá e Vinícius de Oliveira Damasceno discutem os desafios da termorregulação em ambientes de alta temperatura,

principalmente em operações envolvendo trajes de proteção contra agentes BNQR, apontando soluções inovadoras como equipamentos de proteção mais leves e sistemas de resfriamento integrados.

Na área de desempenho operacional, Marcos Antônio de Souza Filho e Alexander Barreiros Cardoso Bomfim investigam os testes físicos específicos desenvolvidos para prever o desempenho militar em cenários de combate, enfatizando a importância de configurar testes que avaliem com precisão a prontidão dos militares.

Paola Costa dos Santos, Fabrícia Geralda Ferreira e Leonice Aparecida Doimo examinam os fatores de risco de saúde em controladores de tráfego aéreo, propondo medidas preventivas para aumentar a eficiência e segurança destes profissionais.

Pedro Antônio do Nascimento Bastos e Míriam Raquel Meira Mainenti estudam as implicações do transporte de carga no alinhamento postural, destacando o uso da fotogrametria como ferramenta para prevenir lesões e otimizar o desempenho físico de militares.

Rafael Neves da Costa e Fábio Angioluci Diniz Campos abordam a fadiga psicofisiológica em pilotos, oferecendo recomendações para mitigar seus efeitos na segurança de voo através de estratégias integradas de gestão de trabalho e monitoramento do estado de alerta.

Rennan Rodrigues de Souza Melo e Bruno Ferreira Viana exploram a importância da memória de trabalho no desempenho em voo, sugerindo que programas de treinamento cognitivo podem ser altamente benéficos para pilotos.

Tiago Moreira da Silveira e Adriano Percival Calderaro Calvo discutem os sintomas de Simulator Sickness em pilotos durante o uso de simuladores de voo, propondo uma abordagem abrangente para evitar esses sintomas e preservar a saúde dos pilotos.

O estudo de Thamiris Antunes Dantas, Wagner Jorge Ribeiro Domingues e Gilberto Pivetta Pires conclui esta coletânea com uma análise sobre a aptidão física de pilotos militares, destacando a necessidade de programas de treinamento específicos para enfrentar riscos de lesões e fadiga, assegurando a saúde dos pilotos e o desempenho eficaz das missões.

Este conjunto de trabalhos reflete não apenas a diversidade das pesquisas em curso por pesquisadores militares e civis da Força Aérea Brasileira, da Marinha do Brasil e do Exército Brasileiro nos campos da saúde física, mental e operacional, mas também a dedicação em melhorar as condições, capacidades e performances dos militares brasileiros. As discussões aqui apresentadas são fundamentais para o desenvolvimento contínuo e a inovação nas práticas de treinamento e operações militares.

Ponto de corte para o perímetro da cintura de adolescentes: revisão da literatura

Antônio Claudino Silva Junior (EPCAR - FAB)
Fabrícia Geralda Ferreira (EPCAR - FAB)

RESUMO

Atualmente, inexistente um ponto de corte para o perímetro da cintura, cientificamente validado, para classificação dos alunos da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR). Objetiva-se identificar estudos que estabeleceram ponto de corte para o perímetro de cintura de adolescentes, visando compreender a razão dos valores empregados.

Palavras-chave: Obesidade abdominal; circunferência da cintura; fatores de risco cardiometabólico.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de conceituação dos militares da Força Aérea Brasileira (FAB), acerca do quesito condicionamento físico, é mensurado a partir do Teste de Condicionamento Físico (TACF), cuja documentação regulatória é a NSCA 54-3, (Brasil, 2019). O referido teste, em 2019, sofreu uma revisão metodológica de aplicação e conceituação, cuja principal mudança foi a adoção da avaliação da medição do perímetro da cintura (PC).

A reformulação do TACF foi realizada a partir do estudo desenvolvido por Gabriel-Costa *et al.* (2020), respeitando o conceito de avaliação do condicionamento físico associado à saúde. Neste contexto, ocorreu a proposição de adoção da medição do PC como indicativo de risco cardiometabólico dos militares. Estudos de pesquisadores da área de epidemiologia apontam para o uso da medida do PC como preditor da gordura visceral e de doenças crônicas-degenerativas não transmissíveis (DCNT), sendo ainda que Klein *et al.* (2011); Savva *et al.* (2000); Lee *et al.* (2006), afirmam que o PC é uma medida prática, válida, acurada e confiável para avaliar o risco das DCNT.

Ressalta-se, entretanto, que o estudo de reformulação do TACF utilizou o espaço amostral composto por militares do efetivo da FAB com idade igual ou superior a 20 anos e que não estavam inseridos em Escolas de Formação. Assim, o referido estudo não contemplou os Alunos militares da Escola Preparatória de Cadetes do Ar (EPCAR) que possui em sua maioria menos de 20 anos. Apesar de não ter sido investigada essa faixa etária o TACF reformulado passou a ser

aplicado aos alunos da EPCAR em 2022, sendo definida de forma aleatória o ponto de corte do PC a ser empregado.

Conforme dados internos não publicados da Seção de Educação Física (SEF) da EPCAR, dos 422 Alunos matriculados no ano de 2023, apenas 27 (6,39%) não obtiveram nota máxima no quesito PC. Isto nos faz questionar se os valores utilizados realmente estão adequados e se realmente são capazes de discriminar Alunos em risco cardiometabólico.

Diante disso, inicialmente se faz-se necessário recorrer a literatura a fim de se revisar quais são os pontos de corte empregado para população adolescente. Essa busca poderá contribuir para um maior respaldo legal ao processo, uma vez que a classificação dos Alunos dentro de suas turmas sofre interferência da nota do TACF e o valor do PC contribui com 30% desta nota.

Diante do exposto, essa revisão de literatura tem como objetivo identificar os estudos que estabeleceram ponto de corte para o perímetro de cintura de adolescentes, visando compreender quais são os valores empregados que podem estar relacionados com risco cardiometabólico. Futuramente pretende-se realizar uma pesquisa com os alunos da EPCAR a fim de se estabelecer o ponto de corte a ser empregado em suas avaliações.

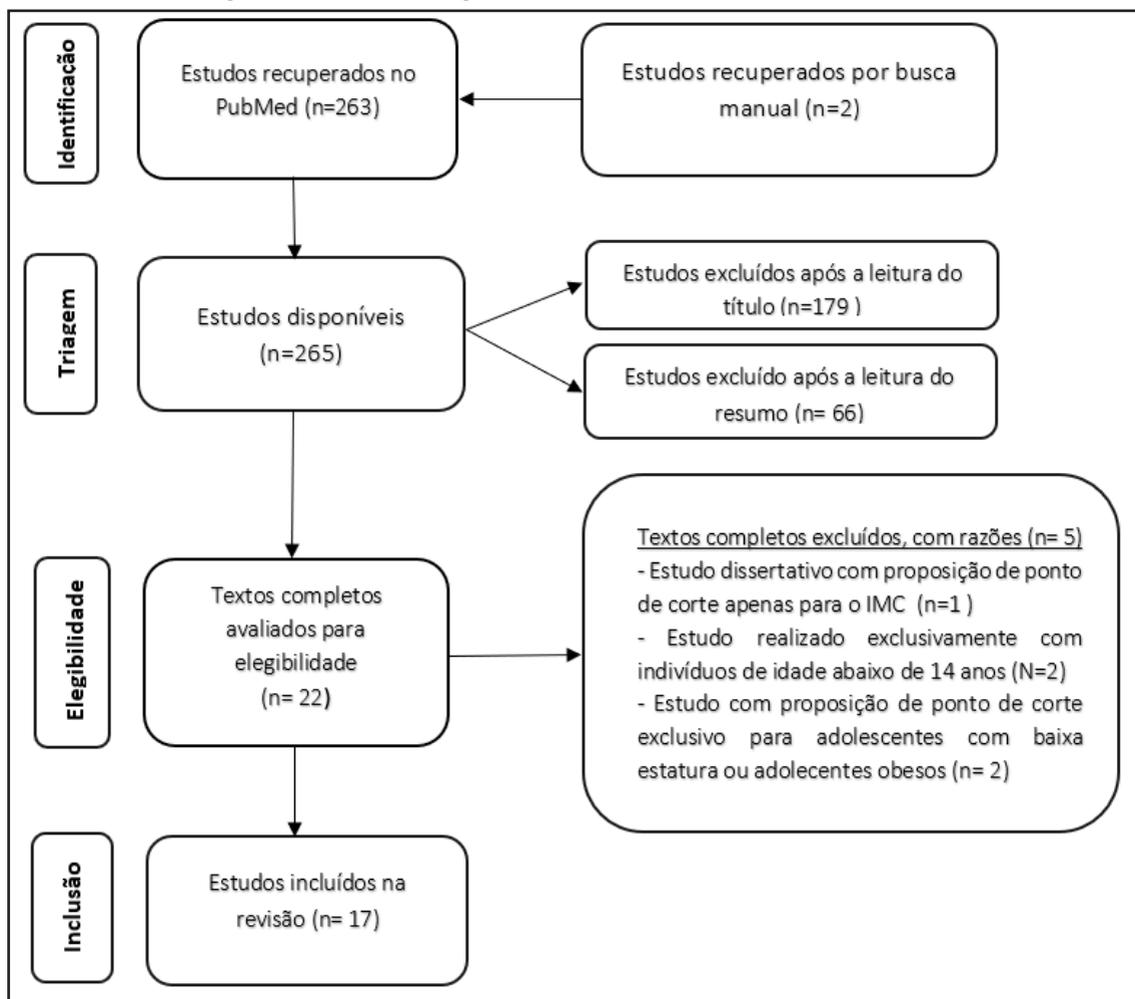
2. MÉTODO DE LEVANTAMENTO DA LITERATURA

Para a realização desta revisão narrativa, padronizou-se a condução das buscas dos artigos de forma sistematizada, a fim de que não fossem selecionados artigos apenas com base em critérios subjetivos ou na experiência dos autores. A pesquisa foi realizada na base científica eletrônica *National Library of Medicine* (MEDLINE) *via* PUBMED e complementada por busca manual de trabalhos citados nas referências dos artigos selecionados.

A partir de uma consulta junto aos descritores em ciência da saúde (DeCS), os descritores *waist circumference e adolescent* foram utilizados. Utilizamos também o termo *cutoff point*, que embora não seja um descritor, considerou-se sua utilização como fundamental para este trabalho. Diante disso, foi criada uma equação de busca com os referidos descritores separados pelo operador booleano AND, e a palavra-chave “*cutoff point*”.

Dessa forma, a equação de busca: *((waist circumference) AND (cutoff point)) AND (adolescent)* foi aplicada, em julho de 2024, na base de dados relatada. Não foram utilizados filtros de data de publicação, tipo de artigo, idioma ou forma de disponibilidade. Foram selecionadas apenas pesquisas que estavam relacionados ao objetivo do nosso estudo. Excluímos os trabalhos que não apresentaram ponto de corte para o PC da população adolescentes com idade superior a quatorze anos e os trabalhos que realizaram um estudo direcionado para um restrito grupo dentro da população adolescente, tais como: pontos de corte para adolescentes de baixa estatura e pontos de corte destinado apenas a adolescentes obesos. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma da estratégia de busca.

Figura 1 - Fluxograma da estratégia de busca.



Fonte: O autor

3. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Apesar do PC ser considerado um indicador consagrado e confiável do tecido adiposo abdominal (Moreno *et al.*, 2007), a inexistência de uma padronização internacional, acerca de pontos de corte para a classificação de adiposidade abdominal, específicos ao grupo de adolescentes, faz com que haja uma limitação nas recomendações de medidas da obesidade central na adolescência (Pereira, 2010).

Foram identificados estudos (Quadro 1) com adolescentes de diferentes idades, pertencentes a diversos países. Observou-se que a maioria dos trabalhos (n=11; 61%) propuseram adoção do ponto de corte baseado em percentil. Destes, seis trabalhos sugeriram utilização do percentil 85% como ponto de corte geral, ou relacionado a sobrepeso. Já o percentil 95 foi sugerido em quatro estudos como ponto de corte ideal para obesidade. O Percentil 90 que, atualmente, é a recomendação da IDF, foi citado três vezes.

Analisando os estudos que estabeleceram propostas para o ponto de corte com valores numéricos em centímetros, verificamos que, entre os 13 trabalhos, 11 estabeleceram valores para o público feminino, na faixa de 62,7 a 83 cm, enquanto para os meninos, a variação foi 70,25 a 80,5 cm.

Quadro 1 - Síntese dos registros selecionados

Autores / ano	N	Etnia	Variáveis de comparação	Local da medida do PC	Ponto de corte do PC
Santos <i>et al.</i> , 2019	557 (10 – 15 anos)	Brasileiros	PA, IMC, RCQ, RCE, PB, PB, Glicose, Triglicerídeos, Colesterol e questionário de autoavaliação do Estadiamento Puberal de Tanner	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Meninas pré-púberes 71,65 cm. - Meninas Púberes 67,90 cm. - Meninas Pós-púberes 70,25 m. - Meninos púberes 70,25 cm.
Perona <i>et al.</i> , 2018	981 (11 - 16 anos)	Espanhóis	PA, IMC, RCQ, RCE, BIO, Glicose, Triglicerídeos, Colesterol, AVI, BRI, BAI, BAIp e ABSI	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Meninos 75 cm. - Meninas 72 cm.
Bravo <i>et al.</i> , 2017	16.788 (10 – 16 anos)	Portugueses	IMC	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Tabela específica por sexo e idade, na qual utiliza os percentis 97 (meninos) e 87 (meninas) em referência ao padrão base da IDF.
Ramírez-Vélez <i>et al.</i> , 2017	7.954 (9 – 18 anos)	Colombianos	IMC e RCE	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Sobrepeso em meninos 62,7 cm. - Sobrepeso em meninas 62,8 cm. - Obesidade em meninos 73,8 cm. - Obesidade em meninas 76,6 cm.
Lee <i>et al.</i> , 2016	124.643 (15 anos)	Tawanese	PA, IMC, RCQ, Glicose, Triglicerídeos e Colesterol	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Meninos 78,9 cm. - Meninas 70,7 cm). - Utilização também do percentil 77 em relação ao padrão adulto da IDF para etnias asiáticas ao invés do percentil 90 atualmente usado.
Benmohammed <i>et al.</i> , 2016	1.100 (12 – 18 anos)	Argelinos	PA, IMC, Glicose, Triglicerídeos e Colesterol.	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	Em relação ao padrão IDF: - Percentil 95 homens. - Percentil 67 mulheres.
Gómez-Campos <i>et al.</i> , 2015	3.892 (6 – 18 anos)	Chilenos	IMC	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	Em relação ao padrão do CDC-2012: - Sobrepeso percentil 85. - Obesidade percentil 95. - Tabela com pontos de corte para sobrepeso e obesidade segundo sexo para 6 a 18 anos.
Moraes <i>et al.</i> , 2014	573 (12 – 19 anos)	Brasileiros	PA, IMC, BIO, Glicose, Triglicerídeos e Colesterol.	Menor circunferência	- Meninos 71 cm. - Meninas 66 cm.
Poh <i>et al.</i> , 2011	16.203 (6 – 17 anos)	Malaios	IMC	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Percentil 90 em relação ao padrão OMS. - Tabela com os pontos de corte conformes sexo e idade.
Rocco <i>et al.</i> , 2011	319 (10 -19 anos)	Brasileiros	PA, IMC, Glicose e IPAQ-8 (versão curta)	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Meninos 80,5 cm. - Meninas 83,0 cm.
Virani, 2011	320 (3 – 18 anos)	Etnias mistas da Índia	IMC	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	Baseado na referência adulta de Mohan <i>et al.</i> , (2007) para Obesidade: - Percentil 95 para meninos. - Percentil 96 para meninas. - Percentil 85 da mesma referência para Sobrepeso. - Estudo propôs também, uma tabela conforme idade e sexo.
Ma <i>et al.</i> , 2010	65.898 (7-18 anos)	Chineses	PA, IMC, Glicose, Triglicerídeos e Colesterol.	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Para o quesito PA: percentil 75. - Para os demais quesitos, percentil 90. - Propôs tabelas para cada sexo e idade.

Autores / ano	N	Etnia	Variáveis de comparação	Local da medida do PC	Ponto de corte do PC
Cheng-Ye <i>et al.</i> , 2010	160.225 (7 -18 anos)	Chineses	IMC	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	Em relação ao padrão adulto sugerido pelo CDC-2000: percentil 85 para ambos os sexos.
Pereira <i>et al.</i> , 2010	113 (14 – 19 anos)	Meninas Brasileras	BIO, IMC, Glicose, Triglicerídeos, Colesterol e questionário de autoavaliação do Estadiamento Puberal de Tanner	Menor circunferência	Ponto de corte de Mccarthy <i>et al.</i> , (2003). Adequados para predição de excesso de gordura corporal - Percentil 85 para Sobrepeso - Percentil 95 Obesidades Ponto de corte de Freedman <i>et al.</i> , (1999) - Percentil 90 considerado como mais adequado para predição de alterações bioquímicas em nível laboratorial.
Messiah <i>et al.</i> , 2008	2,581 (12 – 18 anos)	Americanos hispânicos, negros e brancos	PA, IMC, Glicose, Triglicerídeos e Colesterol	Ponto médio entre crista ilíaca e última costela	- Propôs uma tabela com valores específicos para o sexo e a idade de acordo com cada uma das três etnias: hispânicos, negros e brancos.
Weili <i>et al.</i> , 2008	4.224 (7 – 18 anos)	Chineses	IMC, PA, Glicose, Triglicerídeos e Colesterol.	Altura do umbigo	- Percentil 85 do padrão Chinês utilizado em adultos (Wildman <i>et al.</i> , 2004). - Tabela com os pontos de corte conformes sexo e idade.
Eisenmann, 2005	8.439 (7 – 15 anos)	Australianos	PC e Informações restridas do banco de dados da AHFS	Altura do umbigo	- Tabela por sexo e idade apresentando os percentis: 5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95. - Estudo não realizou nenhuma sugestão acerca de qual percentil deve ser utilizado como ponto de corte.

Legenda: PA: pressão arterial; IMC: Índice de Massa Corporal; RCQ: Relação Cintura-Quadril; RCE: Relação Cintura Estatura; PP: Perímetro do Pescoço; PC: perímetro da cintura; PB: Perímetro do Braço; BIO: Bioimpedância; AVI: *Abdominal Volume Index* (índice de Volume Abdominal - IVA); BRI: *Body Roundness Index* (Índice de Redondeza Corporal); BAI: *Body Adiposity Index* (Índice de Adiposidade Corporal); BAIp: *Paediatric Body Adiposity Index* (Índice de Adiposidade Corporal Pediátrico); ABSI: *Body Shape Index* (Índice de Forma Corporal); IDF: *International Diabetes Federation* (Federação Internacional de Diabetes); CDC: *Centers for Disease Control and Prevention* (Centros de Controle e Prevenção de Doenças); OMS: Organização Mundial da Saúde; IPAQ 8: *International Physical Activity Questionnaire 8* (Questionário Internacional de Atividade Física 8); e AHFS: *Australian Health and Fitness Survey*, 1985.

Fonte: O autor

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de pontos de corte dos estudos analisados pode ser reflexo das diferentes características de cada amostra analisada, bem como dos diferentes enfoques que os estudos propuseram acerca da comparação do perímetro da cintura com os desfechos propostos. A maioria dos estudos verificou o risco de desenvolvimento de síndrome metabólica. Apesar da diversidade de resultados, ficou evidente, em todos os estudos, que o ponto de corte para adolescentes deve ser diferente do estabelecido para adultos e, conforme observado, ser menor. A maior parte dos estudos sugerem adoção de ponto de corte baseado em percentil. Diante disso, é de suma importância que se desenvolvam pesquisas com amostras específicas dos alunos da EPCAR, que possuem rotina bem diferente dos adolescentes investigados nas pesquisas apresentadas.

REFERÊNCIAS

- BENMOHAMMED, Karima *et al.* Metabolic syndrome in adolescents: definition based on regression of IDF adult cut-off points. **Public Health**, v. 141, p. 88-94, dez. 2016.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Portaria COMGEP nº 32/3SC, de 25 de novembro de 2019. Aprova a edição da NSCA 54-3 “Teste de Avaliação do Condicionamento Físico no Comando da Aeronáutica”. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, n. 218, de 29 de nov. 2019.
- BRAVO, Jorge *et al.* Abdominal obesity in adolescents: Development of age-specific waist circumference cut-offs linked to adult IDF criteria. **American Journal of Human Biology**, v. 29, n. 6, p. e23036, jul. 2017
- EISENMANN, Joey C. Waist circumference percentiles for 7-to 15-year-old Australian children. **Acta Paediatrica**, v. 94, n. 9, p. 1182-1185, sep, 2005.
- FREEDMAN, David S. *et al.* Relation of circumferences and skinfold thicknesses to lipid and insulin concentrations in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, n. 2, p. 308-317, fev. 1999.
- GABRIEL-COSTA, Daniele *et al.* **Estudo Técnico para Reformulação e Atualização do Teste de Avaliação do Condicionamento Físico (TACF): Bases Científicas da Norma de Sistema do Comando da Aeronáutica - NSCA 54-3.** 2020. 59 f. Rio de Janeiro, 2020.
- GÓMEZ-CAMPOS, Rossana *et al.* Waist Circumferences of Chilean Students: Comparison of the CDC-2012 Standard and Proposed Percentile Curves. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 7, p. 7712-7724, jul. 2015.
- CHENG-YE, Ji I. *et al.* Waist circumference distribution of Chinese school-age children and adolescents. **Biomedical and environmental sciences**, v. 23, n. 1, p. 12-20, feb. 2010.
- KLEIN, Samuel. *et al.* Waist circumference and cardiometabolic risk: a consensus statement from Shaping America’s Health: Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, The Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association. **The American journal of clinical nutrition**, v. 85, n. 5, p. 1197–1202, may. 2007.
- LEE, Jason Jiunshiou *et al.* Is the 90th Percentile Adequate? The Optimal Waist Circumference Cutoff Points for Predicting Cardiovascular Risks in 124,643 15-Year-Old Taiwanese Adolescents. **PLOS ONE**, v. 11, n. 7, p. e0158818, 7 jul. 2016.

LEE, So-Jung *et al.* Waist circumference is an independent predictor of insulin resistance in black and white youths. **The Journal of Pediatrics**, v. 148, n. 2, p. 188-194, fev. 2006.

MA, Guan-Sheng *et al.* Waist circumference reference values for screening cardiovascular risk factors in Chinese children and adolescents. **Biomedical and environmental sciences**, v. 23, n. 1, p. 21-31, 2010.

MCCARTHY, H. David. Central overweight and obesity in British youth aged 11-16 years: cross sectional surveys of waist circumference. **British Medical Association**, v. 326, n. 7390, p. 624, 22, mar. 2003.

MESSIAH, Sarah E. *et al.* Body mass index, waist circumference, and cardiovascular risk factors in adolescents. **The Journal of pediatrics**, v. 153, n. 6, p. 845-850, dec. 2008.

MOHAN, Viswanathan. *et al.* Anthropometric cut points for identification of cardiometabolic risk factors in an urban Asian Indian population. **Metabolism**, v. 56, n. 7, p. 961-968, jul. 2007.

MORAES, Milena Miranda de; VEIGA, Gloria Valeria da. Acurácia da gordura corporal e do perímetro da cintura para predizer alterações metabólicas de risco cardiovascular em adolescentes. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 58, n. 4, p. 341-351, jun. 2014.

MORENO, Luis A. Secular trends in waist circumference in Spanish adolescents, 1995 to 2000-02. **Archives of Disease in Childhood**, v. 90, n. 8, p. 818-819, ago. 2005.

MORENO, Luis A. *et al.* Waist circumference for the screening of the metabolic syndrome in children. **Acta Paediatrica**, v. 91, n. 12, p. 1307-1312, 2 jan. 2007.

PEREIRA, Patrícia Feliciano *et al.* Circunferência da cintura como indicador de gordura corporal e alterações metabólicas em adolescentes: comparação entre quatro referências. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56, p. 665-669, 2010.

PERONA, Javier S. *et al.* Waist circumference and abdominal volume index are the strongest anthropometric discriminators of metabolic syndrome in Spanish adolescents. **European Journal of Clinical Investigation**, p. e13060, dez. 2018.

POH, Bee Koon *et al.* Waist circumference percentile curves for Malaysian children and adolescents aged 6.0–16.9 years. **International Journal of Pediatric Obesity**, v. 6, n. 3-4, p. 229-235, aug. 2011.

RAMÍREZ-VÉLEZ, Robinson *et al.* Using LMS tables to determine waist circumference and waist-to-height ratios in Colombian children and adolescents: the FUPRECOL study. **BMC Pediatrics**, v. 17, n. 1, 11 jul. 2017.

ROCCO, Eloa R. *et al.* Optimal cutoff points for body mass index, waist circumference and HOMA-IR to identify a cluster of cardiometabolic abnormalities in normal glucose-tolerant Brazilian children and adolescents. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 55, p. 638-645, nov. 2011.

SANTOS, Ivete Alves dos *et al.* Pontos de corte de circunferência da cintura de acordo com o estadiamento puberal para identificar sobrepeso em adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, n. 1, p. 49-57, jan. 2019.

SAVVA, Savvas C *et al.* Waist circumference and waist-to-height ratio are better predictors of cardiovascular disease risk factors in children than body mass index. **International Journal of Obesity**, v. 24, n. 11, p. 1453-1458, nov. 2000.

TAYLOR, Rachael W. *et al.* Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3–19 y. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 2, p. 490-495, ago. 2000.

VIRANI, Nikhil. Reference curves and cut-off values for anthropometric indices of adiposity of affluent Asian Indian children aged 3–18 years. **Annals of Human Biology**, v. 38, n. 2, p. 165-174, mar. 2011.

WILDMAN, Rachel P. *et al.* Appropriate body mass index and waist circumference cutoffs for categorization of overweight and central adiposity among Chinese adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 80, n. 5, p. 1129-1136, nov. 2004.

YAN, Weili *et al.* Waist circumference cutoff points in school-aged Chinese Han and Uygur children. **Obesity**, v. 16, n. 7, p. 1687-1692, jul.2008.

Uma análise do ultrassom portátil na avaliação da composição corporal

Daniela Nogueira Martins de Medeiros (HFAB - FAB)
Alexander Barreiros Cardoso Bomfim (UNIFA - FAB)

RESUMO

Apesar de sua imprecisão para verificar o estado nutricional do indivíduo, o Índice de Massa Corporal (IMC) é utilizado nas inspeções de saúde na Força Aérea Brasileira (FAB). O objetivo do estudo é verificar as características do ultrassom portátil em substituição ao IMC, naqueles diagnosticados portadores de obesidade.

Palavras-chave: Índice de massa corporal; militar; obesidade.

1. INTRODUÇÃO

A obesidade é um problema significativo entre os militares em serviço ativo. Os resultados apontam que 38,73% dos sujeitos estudados são obesos ou com excesso de gordura, afetando não apenas sua saúde, mas também sua capacidade de executar tarefas diárias, especialmente aquelas relacionadas à atividade física (Neves, 2008; Ferreira *et al.*, 2024). Em uma Organização Militar (OM) operacional da Força Aérea Brasileira (FAB), Ribot Filho (2005) constatou que 34% dos indivíduos examinados estavam com sobrepeso e 16% estavam obesos, com 53% desses indivíduos sofrendo de alguma patologia cardiovascular. Portanto, é de fundamental importância que a população de militares da ativa esteja saudável, operacional e pronta para as ações de combate.

A obesidade não só está associada ao aumento dos riscos de doenças crônicas e dos custos nos cuidados de saúde, mas também pode ameaçar a carreira dos militares, a prontidão operacional e a segurança nacional (Shams-White *et al.*, 2020). Devido às suas exigências operacionais, as tropas militares necessitam de indivíduos com boa resistência muscular e cardiorrespiratória, a qual pode ser comprometida pelo excesso de gordura corporal (Cawley, 2012). Indivíduos nessa situação têm maior probabilidade de falhar em atividades militares comparadas àquelas com peso saudável (Bohner *et al.*, 2005). Um melhor condicionamento físico torna os militares mais resistentes a doenças e lesões, além de melhorar seu desempenho operacional (Nesto, 2005).

A participação em operações aéreas militares, especialmente como piloto de caça, é prejudicada pela obesidade. Além de diminuir a capacidade de resistir a baixos níveis de oxigênio (hipóxia), o excesso de peso dificulta a rápida mobilização do piloto para a aeronave em alerta e sua movimentação dentro do *cockpit*, potencialmente afetando o desempenho do voo. Esse impacto é ainda mais significativo em aeronaves de combate, devido ao espaço limitado disponível nelas (Muniz, 2010).

A obesidade pode aumentar o risco de doença de descompressão (DDC) em pilotos, especialmente em operações de alta altitude (McCallum, *et al.*, 1984). O tecido adiposo possui uma maior capacidade de armazenar nitrogênio, o que aumenta o risco de formação de bolhas de gás durante a descompressão. Além disso, a circulação comprometida em indivíduos obesos pode dificultar a eliminação eficiente do nitrogênio, elevando o risco de DDC durante descidas rápidas ou despressurização inadequada. A combinação desses fatores torna essencial a manutenção de um peso saudável para minimizar os riscos em operações aéreas (Ånell, *et al.*, 2021).

No Brasil, são escassos os estudos que analisam a obesidade entre os militares e os impactos decorrentes dela. Ao avaliar o estado nutricional de militares do Comando da Aeronáutica (COMAER), Bomfim, Resende e Doimo (2016), com base no Índice de Massa Corporal (IMC), revelou que os militares quando comparados com a população brasileira em geral apresentaram melhores resultados. No entanto, observa-se uma tendência ao aumento de peso com avanço da idade.

Sabe-se que, assim como ocorre com outras doenças, a prevenção é uma estratégia que pode mitigar o excesso de peso e contribuir com economia de recursos. No meio militar, a prevenção pode também reduzir gastos com tratamentos de saúde, além de conservar a disponibilidade do militar para o trabalho operacional (Poffo, 2010).

Os militares adotam padrões antropométricos no ingresso na carreira como uma forma de prevenção e controle, visando selecionar indivíduos fisicamente mais aptos e com menor probabilidade de desenvolver doenças no futuro.

A determinação da composição corporal com precisão é tema de interesse para as Forças Armadas (Heinrich *et al.*, 2008; Ferreira *et al.*, 2021), o desafio é adotar métodos de fácil mensuração, válidos e confiáveis, além de viabilidade logística para grandes populações e em diferentes cenários.

Na Força Área Brasileira (FAB), a análise da composição corporal do militar é tratada na Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA 160-6) que normatiza às inspeções regulares de saúde (Brasil, 2023).

Durante as inspeções regulares, os militares são avaliados quanto ao requisito físico da massa corporal, com base na classificação do Índice de

Massa Corporal (IMC). Aqueles que apresentarem um IMC entre 30,00 a 39,99 kg/m² serão considerados “APTO”, porém receberão a observação de que são portadores de obesidade. A validade da inspeção de saúde para os diagnosticados com obesidade é reduzida, com a indicação de buscar tratamento especializado para evitar restrições na próxima inspeção de saúde (Brasil, 2023).

Embora o IMC seja utilizado como critério na Força Aérea, parece não ser o protocolo mais adequado. De acordo com Bora (2020), o IMC apresenta falhas por não considerar a composição corporal, o que pode resultar em restrições nas inspeções de saúde tanto de pessoas obesas quanto de indivíduos musculosos, neste último caso, desejáveis para o serviço militar.

O IMC é comumente empregado em estudos epidemiológicos para avaliar o estado nutricional, como mencionado por Oliveira e colaboradores (2012). No entanto, a imprecisão do IMC para determinar a composição corporal do indivíduo é relatada em estudos, como o de Grecco (2012). Dessa forma, há uma necessidade de métodos mais precisos para avaliar a composição corporal em indivíduos classificados com obesidade, em especial para aqueles resultados menores que 34kg/m² de IMC. Novos instrumentos devem ser utilizados para mitigar a imprecisão apresentada (Ferreira; Silva; Bomfim, 2024).

A determinação de um prazo menor das inspeções regulares impacta o próprio sistema de saúde da FAB. Novas inspeções perderiam essa necessidade caso existisse equipamentos de baixo custo, fácil manuseio e alto poder de validade e precisão para avaliar a composição corporal dos militares dentro dos hospitais da FAB, quando estes recebessem o diagnóstico de obesidade pelo resultado do IMC (Ferreira; Silva; Bomfim, 2024).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Métodos que avaliam a composição corporal

Visando reduzir erros nas medições durante os exames de rotina aos quais eles frequentemente são submetidos, é importante identificar métodos alternativos que sejam mais precisos e eficientes para avaliar a composição corporal.

Para diagnosticar corretamente a obesidade, é necessário realizar uma avaliação da composição corporal. É um processo que envolve a medição das proporções de diferentes componentes corporais, como massa magra (músculos, ossos, órgãos) e massa gorda, com o objetivo de compreender a distribuição de gordura e músculos por todo o corpo. Existem vários métodos para avaliar a composição corporal, divididos em três categorias principais: métodos diretos, indiretos e os métodos duplamente indiretos (Tritschler, 2003; Behnke, 1974; Malina, 2004).

O método direto tem elevada precisão, mas não tem aplicação prática, pois só pode ser realizado através da dissecação de cadáveres, sendo utilizado como referência para outros métodos (Benito *et al.*, 2019). Quando tratamos do método indireto, observamos que são métodos mais complexos, de natureza laboratorial, envolvendo duas etapas de medição ou estimativa para chegar à composição corporal e que oferecem estimativas precisas. Dentre os métodos indiretos incluímos: absorciometria radiológica de feixe duplo (DXA), tomografia computadorizada (TC), plestimografia, ressonância magnética (RM) e pesagem hidrostática. Os testes indiretos são comumente utilizados para validar os métodos duplamente indiretos (Ribeiro *et al.*, 2022; Guedes, Guedes, 2003).

Em relação aos métodos duplamente indiretos, estes baseados em equações de predição envolvendo medidas antropométricas (perímetros corporais e dobras cutâneas); na bioimpedância elétrica (BIA) e na ultrassonografia, sendo um método comumente utilizado justamente por seu baixo custo e por apresentar dados fidedignos. Podem ser utilizados em campo, na maioria das vezes sendo eles resultados de equações de regressão preditivas para estimar a composição corporal, com base em métodos indiretos (Oliveira *et al.*, 2012; Glaner, 2005; Kasper *et al.*, 2021).

Todos esses métodos de avaliação possuem suas vantagens e desvantagens, como: aplicabilidade, manuseio do equipamento, custo, portabilidade, necessidade de qualificação profissional, validade e confiabilidade (Kendler *et al.*, 2013). Dentre todos os citados, optou-se pelo aprofundamento das características da ultrassonografia.

2.2 O ultrassom portátil (US-P): aplicações e estudos realizados

A ultrassonografia é um exame de imagem que utiliza ondas sonoras de alta frequência, inaudíveis pelo ouvido humano, e permite gerar imagens, objetivando visualizar qualquer órgão ou tecido do corpo, possibilitando a determinação do tamanho, da forma e da consistência de variadas estruturas no organismo humano. É reconhecida na medicina como exame diagnóstico versátil, simples e barato, além de ser validado como instrumento de orientação de conduta do corpo clínico, com melhora significativa na assistência, reduzindo custos e a mortalidade (Gómez; Mayo, 2021).

Introduzido na década de 1950 para avaliar a composição corporal, o ultrassom pode medir a espessura da gordura em várias partes do corpo e pode ser uma técnica eficaz para estimar o percentual de gordura corporal (%G) (Intelamatrix, 2020).

Existem duas medidas acústicas mais comuns para a realização de exames, o modo amplitude (Modo-A), e a segunda, o modo brilho (Modo-B). O Modo-A é o mais utilizado, e possui uma exibição mais simples, calcula a amplitude das ondas em relação ao tempo, avalia a profundidade de estruturas anatômicas no corpo e mede distâncias para determinar a espessura e o tamanho dos órgãos.

Já o Modo-B cria uma imagem bidimensional (2D), permitindo a visualização em tempo real das estruturas anatômicas ao longo do tempo, auxilia nos diagnósticos de gravidez e possui sensibilidade para avaliar órgãos internos, as estruturas são representadas por diferentes tons de cinza. Pode ser considerada uma das modalidades mais rápidas e realistas, na qual fornecem imagens e movimentos de maneira eficiente, utilizado na maior parte das vezes para diagnósticos e gravidez (Manual MSD, 2021).

O ultrassom portátil em Modo-A (US-P), para avaliação da composição corporal está inserido na categoria de métodos duplamente indiretos, e tem oferecido resultados promissores e apresenta-se como uma alternativa viável para avaliação da composição corporal (Ferreira *et al.*, 2021).

Dentre os dispositivos para avaliação da composição corporal por ultrassom, destaca-se o *BodyMetrix*, um aparelho portátil conectado a um microcomputador via porta USB, permitindo o uso em diversos ambientes. Apresenta custo relativamente baixo (aproximadamente \$ 3.050,00) e facilidade de uso, permitindo a avaliação da composição corporal em 10 minutos. É recomendado para medir a espessura das camadas de gordura e músculo, semelhante ao método de dobras cutâneas (Neves *et al.*, 2013; Intelamatrix, 2020).

O software *BodyView* é recomendado para calcular o percentual estimado de gordura corporal total, a espessura da camada de gordura localizada e a espessura da camada muscular localizada. O software também permite monitorar mudanças nas medições e gerar relatórios de composição corporal (Intelamatrix, 2020).

O US-P emite um sinal sonoro que penetra nos tecidos em profundidade. O eco desse som retorna ao aparelho, que interpreta os dados e gera a imagem de ultrassom com base na densidade dos tecidos encontrados. Essa imagem delimita as fâscias que separam a gordura subcutânea do músculo e o músculo do osso (Intelamatrix, 2020).

Através das imagens geradas pelo ultrassom, o profissional consegue visualizar na tela do computador a espessura muscular e a espessura da capa de gordura em imagem com precisão milimétrica, podendo submeter essas imagens a comparações futuras em forma de relatório de imagens.

O método de avaliação ultrassônica, utilizado há décadas, é reconhecido por sua alta confiabilidade na mensuração da gordura subcutânea. Além disso é considerado uma referência prática de baixo custo para a análise da composição corporal, destacando-se como uma opção acessível e eficaz em contextos clínicos e de pesquisa (Wagner, 2013; Ripka *et al.*, 2016; Schoenfeld *et al.*, 2017).

Segundo o fabricante, um dos diferenciais do US-P além da precisão do método, é a não necessidade de preparo prévio do paciente.

Buscando verificar a confiabilidade do protocolo de US-P para avaliação da composição corporal, estudos foram realizados, com o uso da absorciometria de raios-X de dupla energia (DXA) e a pletismografia por deslocamento de ar (PDA) como padrões de referência (Ferreira *et al.*, 2022).

De acordo com os pontos de corte apresentados por Koo e Li (2016), esses resultados indicaram uma excelente confiabilidade para os testes de repetibilidade

e reprodutibilidade, com um coeficiente de correlação intraclasse (CCI) superior a 0,96 (Carvalho; Bomfim, 2023; Smith-Ryan *et al.*, 2014; Totosy de Zepetnek *et al.*, 2021; Wagner; Cain; Clark, 2016).

Segundo Carvalho *et al.* (2023) a confiabilidade do uso do ultrassom portátil foi comprovada nos testes realizados. A amostra apresentou uma média de idade de $34,07 \pm 5,56$ anos e um IMC de $25,67 \pm 6,5$ kg/m². O US-P demonstrou excelente consistência nos resultados repetidos pelo mesmo avaliador (ICC=0,97, com P=0,0001) e boa consistência entre diferentes avaliadores (ICC=0,869, com P=0,0001).

Outros estudos com o uso do US-P indicam boa reprodutibilidade e repetibilidade (confiabilidade) nos testes realizados tanto por diferentes avaliadores quanto pelo mesmo avaliador (Wagner; Cain; Clark, 2016; Smith-Ryan *et al.*, 2014; Baranauskas *et al.*, 2017; Hendrickson *et al.*, 2019, Carvalho *et al.*, 2023; Ferreira; Silva; Bomfim, 2022). Estudos sugerem que o US-P pode ser útil em ambientes clínicos para monitorar mudanças na composição corporal ao longo do tempo (Wagner; Cain; Clark, 2016; Schoenfeld *et al.*, 2017).

Quanto a confiabilidade entre os métodos, os valores do %G mensurados pelo DXA foram subestimados pelo US-P, como o estudo de Smith Ryan *et al.* (2014), que analisou adultos com sobrepeso e obesidade. Ao analisar seus resultados nas equações de regressão, Ripka *et al.*, (2016), Bielemann *et al.* (2016) e Totosy de Zepetnek (2021), apresentaram melhor desempenho do US-P, confirmado pelo Teste de Bland-Altman, com erros médios próximos a zero, porém, todos os resultados apresentam alta variabilidade, com intervalos de confiança que chegaram a superar os 16 pontos percentuais do % G.

Destaca-se, a amplitude do intervalo de confiança para o desfecho mensurado, superiores a doze pontos percentuais (IC=-6,21 – 6,17) do % G, o que deve ser visto com ressalvas. Estes resultados corroboram com os achados de Totosy de Zepetnek *et al.* (2021), que encontram uma diferença média de -0,32 (IC=-7,87 e 7,22); Ripka *et al.* (2016), 0 (IC=-7,0 – 7,0) e Bielemann *et al.* (2016), 0,1 (IC=-6,5 – 6,7).

A avaliação da confiabilidade entre os métodos, o US-P e o padrão da referência foi confirmada por recente revisão sistemática com metanálise publicada por Ferreira, Silva e Bomfim (2024). No estudo, os resultados apontam para um pequeno tamanho de efeito entre os métodos, devido ao acaso (ME=0,207 [-0,796 – 1,212], P=0,686) e baixa heterogeneidade também devida ao acaso (I²=19,44%, P=0,253) sem apresentar viés de publicação, demonstrando-se uma ferramenta promissora para a avaliação da composição corporal.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como uma medida substitutiva para o IMC, naqueles com suspeita de obesidade, o US-P parece ser um equipamento válido e confiável para a avaliação da composição corporal.

REFERÊNCIAS

- ÅNELL, R.; GRÖNKVIST, M.; GENNSER, M.; EIKEN, O. High-altitude decompression strain can be reduced by an early excursion to moderate altitude while breathing oxygen. **European Journal of Applied Physiology**, v. 121, n. 11, p. 3225-3232, nov. 2021.
- BARANAUSKAS, M. N.; JOHNSON, K. E.; JUVANCIC-HELTZEL, J. A.; KAPPLER, R. M.; RICHARDSON, L.; JAMIESON, S.; OTTERSTETTER, R. Seven-site versus three-site method of body composition using BodyMetrix ultrasound compared to dual-energy X-ray absorptiometry. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 3, p. 317–321, maio 2017.
- BEHNKE, A. R.; WILMORE, J. H. **Evaluation and Regulation of Body Build and Composition**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1974.
- BENTO, P. J.; GÓMEZ-CANDELA, C.; CABAÑAS, M. D.; SZENDREI, B.; CASTRO, E. A. Comparison between different methods for measuring body fat after a weight loss program. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, n. 6, p. 474–479, 2019.
- BIELEMANN, R. M.; Gonzalez M. C.; Barbosa-Silva T. G.; Orlandi S. P.; Xavier M. O.; Bergmann R. B. Assunção MC Estimation of body fat in adults using a portable A-mode ultrasound. **Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)**, v. 32, n. 4, p. 441–446, abr. 2016.
- BOHNER, B. K.; Sack D. M.; Wedierhold L.; Malakooti M. Navy physical readiness test scores and body mass index (Spring 2002 cycle). **Military Medicine**, v. 170, n. 10, p. 851–854, out. 2005.
- BOMFIM, A. B. C.; RESENDE, H. G.; DOIMO, L. A. Estado nutricional de militares da aeronáutica com base no IMC. In: **XXXIX Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, Anais... São Paulo, 2016.
- BORA, Luciana. **A obesidade em militares: prevenção e consequências**. Rio de Janeiro, 2019. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Aplicações Complementares às Ciências Militares) – Escola de Saúde do Exército, Exército Brasileiro, 2019.
- CARVALHO, André Justino de; MAINENTI, Miriam; PIERRE JUNIOR, Gelson Luiz; SANTOS, André Luiz Campos Martins dos; ROSA, Samir Ezequiel da; BOMFIM, Alexander Barreiros Cardoso. **Confiabilidade do ultrassom portátil na avaliação da composição corporal de militares**. In: Anais do Simpósio Internacional de Ciências do Esporte e Atividade Física. Rio de Janeiro: [s.n.], 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br//anais/simposiocelafiscs/410863-confiabilidade-do-ultrassom-portatil-na-avaliacao-da-composicao-corporal-de-militares>. Acesso em: 24 mar. 2024.

CARVALHO, André Justino de. **Validade e confiabilidade do Ultrassom Portátil na avaliação da composição corporal**. 2023. 75 f. Dissertação (Mestrado em Desempenho Humano Operacional) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro. Orientador: Prof. Dr. Alexander Barreiros Cardoso Bomfim; Coorientador: Prof. Dr. Samir Ezequiel da Rosa.

CAWLEY, J.; MACLEAN, J. C. Unfit for service: the implications of rising obesity for US military recruitment. **Health Economics**, v. 21, n. 11, p. 1348–1366, nov. 2012.

FERREIRA, L. F.; SILVA, E. B.; BOMFIM, A. B. C. Validity and reliability of portable A-mode ultrasound in measuring body fat percentage: A systematic review with meta-analysis. **PLoS One**, v. 19, n. 2, p. e0292872, 08 fev. 2024.

FERREIRA, Luiz Fernando. **Mensuração da composição corporal pelo Ultrassom Portátil e suas possíveis implicações nas normas de saúde do Comando da Aeronáutica**. 2022. 75 f. Dissertação (Mestrado em Desempenho Humano Operacional) – Universidade da Força Aérea, Rio de Janeiro. Orientador: Prof. Dr. Alexander Barreiros Cardoso Bomfim.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Instruções Técnicas das Inspeções de Saúde na Aeronáutica**, 2023. Disponível em: <<https://www.fab.mil.br/ingresso/arquivos/ICA%20160-6.pdf>>.

GLANER, M. F. Índice de massa corporal como indicativo da gordura corporal comparado às dobras cutâneas. **Rev Bras Med Esporte.**, v. 11, no 4 – Jul/Ago, 2005.

GÓMEZ, J. L. D.; MAYO, P. H. Point-of-Care Ultrasonography, *The New England Journal of Medicine*. October 2021. 385:1593-602. Disponível em : DOI: 10.1056/NEJMr1916062.

GRECCO, M. S. M. Validação de Índice de Massa Corporal (IMC) ajustado pela massa gorda obtido por impedância bioelétrica. 2012. Tese (Doutorado em Clínica Médica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/17/17138/tde-13072012.../Tese.pdf. Acesso em: 01 mai. 2024.

GUEDES, D. P.; GUEDES, J. E. R. **Controle do Peso Corporal: Composição Corporal, Atividade Física e Nutrição**. Londrina: Midiograf, 2003. p. 69-103.

HEINRICH, K. M.; JITNARIN, N.; SUMINSKI, R. R.; BERKEL, L.; HUNTER, C. M.; ALVAREZ, L.; BRUNDIGE, A. R.; PETERSON, A. L.; FOREYT, J. P.; HADDOCK, C. K.; POSTON, W. S. Obesity classification in military personnel: a comparison of body fat, waist circumference, and body mass index measurements. **Military Medicine**, v. 173, n. 1, p. 67–73, jan. 2008.

- HENDRICKSON, N.; DAVISON, J.; SCHILLER, L.; WILLEY, M. Reliability and Validity of A-Mode Ultrasound to Quantify Body Composition. **Journal of Orthopaedic Trauma**, v. 33, n. 9, p. 472–477, set. 2019.
- INTELAMETRIX. **BodyMetrix by IntelaMetrix**. 2020. Disponível em: <<https://bodymetrix.com.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2024.
- KASPER, A. M.; LANGAN-EVANS, C.; HUDSON, J. F.; BROWNLEE, T. E.; HARPER, L. D.; NAUGHTON, R. J.; MORTON, J. P.; CLOSE, G. L. Come Back Skinfolts, All Is Forgiven: A Narrative Review of the Efficacy of Common Body Composition Methods in Applied Sports Practice. **Nutrients**, v. 13, n. 4, p. 1075, 25 mar. 2021.
- KENDLER, D. L. BORGES, J. L.; FIELDING, R. A.; ITABASHI, A.; KRUEGER, D.; MULLIGAN, K.; CAMARGOS, B.M.; SABOWITZ, B.; WU, C. H.; YU, E. W.; SHEPHERD, J. The Official Positions of the International Society for Clinical Densitometry: Indications of Use and Reporting of DXA for Body Composition. **Journal of Clinical Densitometry: The Official Journal of the International Society for Clinical Densitometry**, v. 16, n. 4, p. 496–507, dez. 2013.
- KOO, T. K; LI, M. Y. A Guideline of Selecting and Reporting Interclass Correlation Coefficients for Reliability Research. **Journal of Chiropractic Medicine**, v. 15, n. 2, p. 155-163, 2016.
- MALINA, R. M.; BOUCHARD, C. **Growth, Maturation and Physical Activity**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 2004.
- MANUAL MSD – Versão para profissionais de saúde. Direitos autorais © 2023 Merck & Co., Inc., Rahway, NJ, EUA e suas afiliadas. Todos os direitos reservados. Disponível em: <<https://www.msdmanuals.com/pt-pt/professional/resourcespages/about-the-manuals>>. Acesso em: 17 ago. 2024.
- McCALLUM, R. I.; PETRIE, A. Optimum weights for commercial divers. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 41, n. 2, p. 275-278, maio 1984. DOI: 10.1136/oem.41.2.275. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/oem.41.2.275>. Acesso em: 16 set. 2024.
- MUNIZ, G. R.; BASTOS, F. I. P. M. Prevalência de obesidade em militares da força aérea brasileira e suas implicações na medicina aeroespacial. Prevalence of obesity among the military from **Brazilian Air Force and its implications for aerospace medicine** [Internet]. 2010. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/2263>>. Acesso em: 03 abr. 2024.
- NESTO, R. W. Obesity: a major component of the metabolic syndrome. **Texas Heart Institute Journal**, v. 32, n. 3, p. 387–389, 2005.
- NEVES, E. B. Prevalência de sobrepeso e obesidade em militares do exército brasileiro: associação com a hipertensão arterial. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 13, p. 1661–1668, out. 2008.

- OLIVEIRA, L. P. M.; QUEIROZ, V. A. DE O.; SILVA, M. C. M.; PITANGUEIRA, J. C. D.; COSTA, P. R. F.; DEMÉTRIO, F.; ANJOS, M. C. G.; ASSIS, A. M. O. Índice de massa corporal obtido por medidas autorreferidas para a classificação do estado antropométrico de adultos: estudo de validação com residentes no município de Salvador, estado da Bahia, Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 21, n. 2, p. 325-332, jun. 2012.
- POFFO, M. A. Proposta de prevenção da obesidade em militares da ativa. **EsSEX: Revista Científica**, v. 1, n. 1, p. 51-55, 2010.
- RIBEIRO, V. A.; SILVA, B. R.; JORDÃO, A. A.; MIALICH, M. S. Ultrassom como ferramenta de avaliação da composição corporal. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**. São Paulo, v. 16, n. 101, p. 512-529. Nov./ Dez. 2022.
- RIPKA, W. L.; ULBRICHT, L.; MENGHIN, L.; GEWEHR, P. M. Portable A-Mode Ultrasound for Body Composition Assessment in Adolescents. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 35, n. 4, p. 755-760, abr. 2016. DOI: 10.7863/ultra.15.02026. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28027608>.
- RIBOT FILHO, W. C. B. **Obesidade em militares da ativa: fatores intervenientes**. 2005. Monografia (CCEM) – Escola de Comando e Estado-Maior, Rio de Janeiro, 2005.
- SCHOENFELD, B. J.; ARAGON, A. A.; MOON J.; KRIEGER, J. W.; TIRYAKI-SONMEZ, G. Comparison of amplitude-mode ultrasound versus air displacement plethysmography for assessing body composition changes following participation in a structured weight-loss programme in women. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 6, p. 663–668, nov. 2017.
- SHAMS-WHITE, M. M. CHUI, K.; DEUSTER, P. A.; MCKEOWN, N. M.; MUST, A. Comparison of Anthropometric Measures in US Military Personnel in the Classification of Overweight and Obesity. **Obesity**, v. 28, n. 2, p. 362–370, 2020.
- SMITH-RYAN, A. E.; FULT, S. N.; MELVIN, M. N.; WINGFIELD, H. L.; WOESSNER, M. N. Reproducibility and Validity of A-Mode Ultrasound for Body Composition Measurement and Classification in Overweight and Obese Men and Women. **PLoS One**, v. 9, n. 3, p. e91750, 11 mar. 2014.
- TOTOSY DE ZEPETNEK, J. O.; LEE, J. J.; BOATENG, T.; PLASTINA, S. E.; CLEARY, S.; HUANG, L.; KUCAB, M.; PATERAKIS, S.; BRETT, N. R.; BELLISSIMO, N. Test-retest reliability and validity of body composition methods in adults. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 41, n. 5, p. 417–425, set. 2021.
- TRITSCHLER, K. **A Medida e Avaliação em Educação Física e Esportes**. Barueri-SP: Manole, 2003.
- WAGNER, D. R.; CAIN, D. L.; CLARK, N. W. Validity and Reliability of A-Mode Ultrasound for Body Composition Assessment of NCAA Division I Athletes. **PLoS One**, v. 11, n. 4, p. e0153146, 2016.

Problemas de saúde em controladores de tráfego aéreo devido a alterações no ciclo circadiano

Deyse Rocha de Freitas (HFAG - FAB)

Gustavo Bernardes Fanaro (UNIFA - FAB)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre a relação entre o trabalho de controlador de tráfego aéreo com o surgimento de doenças como síndrome metabólica e doenças neurodegenerativas.

Palavras-chave: Síndrome metabólica; ciclo circadiano; controladores de tráfego aéreo; nutrição.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui em seu território aproximadamente 22 milhões de km² de espaço aéreo e toda a extensão é administrada pelas competências da Força Aérea Brasileira, através do sistema do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e através de outras organizações militares que são encarregadas em dar suporte na cobertura de todo território brasileiro (Brasil, 2024).

O Controlador de Tráfego Aéreo (CTA) é o profissional responsável por manter de forma organizada e efetiva a seguridade do tráfego aéreo. Sabe-se que uma colisão pode provocar a morte de centenas de pessoas, o que aumenta o senso de responsabilidade, tensão constante e autocobrança dos CTAs (Brasil, 2009).

Uma das principais características que a atividade dos CTAs exige é ter a habilidade em lidar com diferentes demandas simultaneamente desempenhando ações assertivas para tomadas de decisões rápidas. Para isso é preciso manter-se em concentração, raciocínio ágil e lógico, memória de alta capacidade, visão espacial, capacidade de comunicação entre as equipes e saber gerenciar as prioridades no momento de fazer o controle dos voos pelas telas. Todas as imprevisibilidades e incertezas da função e as responsabilidades delegadas aos CTAs, torna o tipo de trabalho altamente estressante (Freitas *et al.*, 2017).

Os CTAs trabalham em turnos rotacionais e interruptos, e seus horários variam de acordo com a escala de serviço dos aeroportos, estando o período noturno presente na rotina desses profissionais (Brasil, 2024). Uma característica do turno de trabalho desta profissão é que ela é rotativa entre manhã, tarde e noite. Isso faz-se compreender que os CTA não conseguem manter uma rotina de sono adequada, considerando que momentos estão trabalhando no período noturno e outros em período diurno, alterando o ciclo circadiano (Araújo e Mendes, 2000).

O ciclo circadiano é um ritmo endógeno, com duração de 24 h e que acontece por um mecanismo neuroquímico que envolve ativação e inibição do tronco encefálico e córtex cerebral, cruciais para que o organismo sincronize com as mudanças ambientais diárias, como luz e temperaturas, orquestrando vários processos fisiológicos, como o sono-vigília, temperatura corporal, secreção hormonal, metabolismo e funções cardiovasculares (Benkli, 2023).

Sonos inferiores a 6 h por noite, assim como também, a mudança de modelos de horários, carga de trabalho, tempo gasto no local de trabalho e ao estilo de vida menos saudável, como por exemplo dieta pobre em nutrientes e rica em gorduras, sedentarismo, uso de bebidas alcoólicas e cigarros são listados como fortes colaboradores da fadiga e estresse. No entanto, a qualidade do sono mantém o equilíbrio entre o ciclo circadiano e o metabolismo, que estão claramente relacionados (Burgos *et al.*, 2015).

Burgos *et al.* (2015) observaram que o sono é um restaurador do metabolismo humano, e a privação ou a falta da rotina do mesmo, pode estar relacionada a geração de fadiga e outros danos para a saúde, como alteração de peso e gordura corporal. Outras alterações conhecidas que estão associadas ao distúrbio do sono são: doenças cardiovasculares, redução dos estímulos visuais e auditivos, transtorno de humor, problemas digestivos, ansiedade e em casos mais graves, a depressão (Lima *et al.*, 2008), além de doenças neurodegenerativas (Schrader *et al.*, 2024). Devido a correlação entre sono e surgimento de doenças, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão narrativa sobre doenças que podem ser causadas devido ao ciclo circadiano alterado em controladores de tráfego aéreo.

2. MÉTODOS

Para a realização desta revisão bibliográfica narrativa, foram selecionados artigos científicos publicados a partir de 2008, com preferência por estudos recentes, publicados nos últimos três anos. A pesquisa foi conduzida nas bases de dados PUBMED, SCIELO, LILACS, VIA BVS E PEDRO, utilizando os descritores: “*Behavior, Eating*”, “*Behavior*”, *Feeding-Related, Diet Habit, Dietary Habit, Eating Behavior, Eating Habit, Feeding Pattern Food Habit, Patterns, Feeding, Restrictions, Faith-based Dietary, Faith-based Dietary Restrictions, Shift Work Schedule, Sleep Disorders, Circadian Rhythm, Night Shift, Work Rotating Shift Work, Schedule, Shift Work e Delayed Sleep-Phase Syndromes*.

Os critérios de inclusão abrangeram estudos experimentais e revisões de literatura que abordassem hábitos alimentares, doenças metabólicas, escalas de serviço e ciclo circadiano, publicados nas línguas portuguesa e inglesa. Foram excluídos trabalhos que não apresentassem rigor metodológico adequado ou cujas amostras não fossem representativas do público-alvo.

Ao final do processo de seleção artigos foram considerados relevantes para compor esta revisão. Todos os artigos selecionados 25 foram analisados criticamente quanto à qualidade metodológica, consistência teórica e aplicabilidade dos resultados.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Ciclo circadiano

O ciclo circadiano (CC) é um ritmo biológico interno que segue um padrão entre 20 e 28 h, controlando diversos processos fisiológicos e comportamentais nos organismos. O funcionamento do relógio circadiano depende de um ciclo de retroalimentação no qual genes específicos, como os genes Período e Criptocromo regulam sua própria expressão, resultando em oscilação que controlam as atividades celulares. Esse ritmo é majoritariamente regulado por um relógio biológico central, localizado no núcleo supraquiasmático (SCN) (Tomioka, 2022).

Pela manhã, ao abrir os olhos a luz do sol atinge as células fotorreceptoras na retina que enviam sinais ao SCN no cérebro. Este processo desencadeia uma série de respostas hormonais, incluindo o aumento da produção de cortisol, que possui papel fundamental no aumento do estado de alerta. Ao mesmo tempo, a exposição à luz natural também suprime a produção de melatonina, o hormônio responsável por nos deixar sonolentos, ajudando a regular o ciclo sono-vigília (Tomioka, 2022).

Com ausência de luz no período noturno a estimulação das células fotorreceptoras na retina diminui. Com menos luz chegando ao SCN ocorre uma queda nos níveis de cortisol e aumento na produção de melatonina. Esse processo nos prepara para o descanso, sinalizando ao corpo que é hora de relaxar e se preparar para dormir, mantendo o ciclo circadiano em equilíbrio (Niu, 2023).

O relógio circadiano possui modelo em dois processos, sendo o processo circadiano (Processo C) e Processo S (homeostase sono-vigília). As entradas fóticas relacionadas à luz, e as não fóticas, como a temperatura, horários das refeições e interações sociais, desempenham um papel crucial no ritmo circadiano, demonstrando o quão é importante os sinais externos na regulação do relógio biológico interno.

Entretanto, a exposição a luz, mesmo que artificial no período noturno, tende a suprir a produção de melatonina. Tomioka (2022) compararam a luz azul, emitida por dispositivos eletrônicos, tais como smartphone e computadores, e outros tipos de luz, e concluíram que a luz azul pode ter impactos negativos maiores se usados antes de dormir, perturbando desta forma o CC e conseqüentemente o sono.

O trabalho noturno é outro fator importante na alteração do CC e conseqüentemente influência nos padrões metabólicos e endócrinos do profissional. Além disso, trabalhadores noturnos se sentem, na maioria das vezes, desestimulados em se alimentar bem e a praticar atividade física em seu horário de descanso pós trabalho. Ainda, como efeito de mérito pelo cansaço, querem se alimentar de produtos prontos e processados que normalmente são ricos em gorduras e açúcares, para agradar ao paladar, e em suas concepções, uma compensação pelo estresse do dia de trabalho (Farha e Alefishat, 2018).

As perturbações no CC podem levar ao distúrbio do sono, que por sua vez, traz como consequência a insônia e/ou sonolências diurnas excessivas, afetando a qualidade de vida do indivíduo e duração geral do sono (Niu,2023).

Outra observação importante é o metabolismo energético, considerando que há diferença na resposta metabólica, quando comparado trabalhadores de turnos diurnos, com trabalhadores de turnos invertidos e turnos rotacionais, tendo os dois últimos grupos de escala uma resposta metabólica negativa em relação ao primeiro grupo. Essa resposta negativa do metabolismo energético reflete diretamente no metabolismo lipídico, e nas alterações do Índice de Massa Corporal (IMC). Grupos que trabalham em períodos noturnos são mais propícios a cultivar hábitos inadequados, devido as características comportamentais apresentadas em vários estudos anteriores, relacionados as escalas invertidas de trabalho (Barros e Tavares, 2023).

Recentemente, pesquisadores afirmaram que a privação do sono pode levar a disbiose intestinal afetando a microbiota e a saúde do intestino. Isso acontece porque sonos perturbados resultam na diminuição da secreção de peptídeos antimicrobianos como a defensina humana 5 pelas células de Paneth destruindo as bactérias benéficas, potencialmente levando a inflamações crônicas, alterações de peso e do metabolismo energético. No entanto, as pesquisas demonstram a importância de abordar a qualidade e os padrões do sono, tornando-se essencial na prevenção da disbiose intestinal e problemas de saúde associados (Liu *et al.*, 2023).

As alterações no ciclo circadiano têm impactos significativos na saúde geral, incluindo desequilíbrios metabólicos que contribuem para o ganho de peso e resistência à insulina, além de afetar negativamente o humor e a saúde mental, resultando em depressão, ansiedade e diminuição da acuidade mental (Niu, 2023). A redução da qualidade e quantidade de sono aumenta a fadiga e o estresse, dificultando a restauração do sistema imunológico e levando a quadros inflamatórios, como a obesidade (Ribas e Castro, 2009). Esses distúrbios aumentam o risco de doenças crônicas, como obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes *mellitus*, além de afetar a motivação no trabalho, a vida social e familiar, e comprometer a funcionalidade e a segurança em operações críticas, como a navegação aérea, ao reduzir o estágio de atenção e a capacidade de raciocínio rápido (Souza e Couzzi, 2009).

Considerando as alterações submetidas ao ciclo circadiano que os CTAs enfrentam devido a escala de trabalho diurno/noturno, somando ao estresse ocasionado pela atividade exercida, estes profissionais podem enfrentar problemas de saúde devido a qualidade do sono.

3.2 Ciclo circadiano e doenças neurodegenerativas

O CC é fundamental para manter a homeostase e coordenar os ritmos biológicos. Compreender que o impacto da perturbação do estado sono-vigília leva a alterações no metabolismo e o início ou progresso de distúrbios neurodegenerativos, aumentando a suscetibilidade a doença de Alzheimer e doença de Parkinson (Smith e Musiek, 2020).

As evidências apontam que embora a doença de *Alzheimer* (DA) é a doença neurodegenerativa mais comum em pessoas com idade superior a 65 anos, tem fortes relações com a interrupção do CC e dos padrões de sono. É caracterizada por neurodegeneração cortical, reduzindo o campo neural de forma progressiva e gradual, levando à demência (Canaver *et al.*, 2023).

O sono *Rapid Eye Movement* (REM) e o sono *No Rapid Eye Movement* (Não REM) são duas fases diferentes do ciclo do sono caracterizadas por distintas atividades cerebrais e respostas fisiológicas. Estudos demonstram uma relação imutável entre a duração do sono Não REM e a intensidade dos períodos do sono REM. Porém, pacientes com DA, apresentam quantidades diminuídas de ambos, sendo o relato de diminuição da eficiência do sono e aumento dos cochilos diurnos mais frequentes (Magalhães e Mataruna, 2007).

As alterações do CC somado a baixa eficiência do sono, resultando em fracionamento do estado sono-vigília estão associados ao aumento do risco de demência incidente, que já seria uma indicação de DA pré-clínica para a sintomática, onde ocorrem perdas críticas de neurônios no núcleo supraquiasmático (Canaver *et al.*, 2023).

A doença de *Parkinson* (DP) é um distúrbio que inicia com a degeneração dos núcleos do tronco cerebral, caracterizada por alterações motoras, como bradicinesia, tremor em repouso, instabilidade postural e marcha arrastada (Canaver *et al.*, 2023). Na DP, um dos sintomas marcantes relacionados ao sono é a sinucleinopatia, que se manifesta pela ausência de atonia muscular normal durante o sono REM. Isso faz com que os pacientes experimentem sonhos de maneira abrupta, e frequentemente, apresentem alterações na qualidade do sono, além de sonolência diurna excessiva (Chahine *et al.*, 2017). As alterações nos relógios circadianos quando relacionadas a DP são relevantes, e pode levar a diminuição da amplitude de atividade e secreção de melatonina (Breen *et al.*, 2014).

A interrupção dos padrões de sono e relógio circadiano tem sido associado em doenças neurodegenerativas e compreender a regulação das vias metabólicas pelo relógio biológico, é essencial para desenvolver estratégias terapêuticas de conciliação com os ritmos naturais do corpo, para melhorar eficácia e reduzir riscos deletérios à saúde, expandindo os tratamentos (Smith e Musiek, 2023).

3.3 Ciclo circadiano e síndrome metabólica

A síndrome metabólica (SM) é um distúrbio caracterizado por um conjunto de alterações do metabolismo, incluindo duas ou mais das seguintes anormalidades: obesidade, circunferência abdominal elevada, hipertensão arterial, hiperglicemia, dislipidemia e resistência à insulina. Associa-se a SM ao risco aumentado de doenças cardiovasculares e diabetes tipo II (Bethell e Brodie, 2023).

Itane (2009), em um estudo realizado com pilotos e CTAs que trabalham em turnos rotacionais, constatou que o percentual de gordura corporal de homens e mulheres se encontram acima da normalidade.

Sabe-se que o tecido adiposo possui adipocinas que são fatores que contribuem no processo de diabetes *mellitus* tipo 2, resistência à insulina, aterosclerose, hipertensão arterial sistêmica e dislipidemia, que conseqüentemente leva ao quadro de SM, sendo um fator de risco para doenças cardiovasculares (Kloting e Bluher, 2014). No entanto, a conduta nutricional é um fator de educação em saúde indispensável não somente no tratamento, como também na prevenção da SM, adequando o consumo macronutrientes. Seguir uma dieta balanceada é a principal medida a ser adotada, direcionando sempre para a perda de gordura visceral, reduzindo desta forma os riscos de doenças cardíacas (Souza e Couzzi, 2009).

Diversas pesquisas de expressão genômica demonstraram que gêneses relacionadas ao metabolismo da glicose, ao metabolismo lipídico, da biossíntese do heme e a produção de adenosina trifosfato (ATP) nas mitocôndrias apresentam um padrão de expressão que segue o ritmo circadiano. É relevante notar que vários fatores transcricionais, fundamentais para a regulação das vias metabólicas também exigem padrão de expressão que segue o ritmo circadiano. Os receptores ativados por proliferadores de peroxissomos (PPAR) constituem um grupo de proteínas receptoras nucleares que desempenham papéis cruciais na regulação do metabolismo da glicose e dos lipídeos. A transcrição do Ppar α , um dos isótipos de PPAR, pode ser ativada pelo complexo CLOCK:BMAL1 através de uma região intrônica rica e-box. Por outro lado, a expressão do Ppar γ é influenciada por produtos de dois genes que são regulados pelo relógio circadiano, a proteína de ligação ao promotor de albumina do sítio D (Dbp) e a proteína de ligação ao promotor E4 (E4bp4). Essas proteínas atuam em conjunto para induzir a expressão circadiana de um subtipo de Ppar γ é regulado pelo relógio circadiano (Sato & Corsi, 2022).

O equilíbrio energético desempenha um papel crucial na regulação do ritmo circadiano e da homeostase metabólica. O sistema circadiano é vital para adaptar-se ao ambiente, antecipando mudanças e reconhecendo o estado nutricional do organismo por meio de certos fatores sensoriais. As proporções intracelulares de AMP/ATP e NAD^+ /NADH refletem o estado energético e nutricional do corpo. Estudos indicam que tanto a proteína quinase ativada por AMP (AMPK) quanto a SIRT1 funcionam como sensores nutricionais, transmitindo informações metabólicas ao sistema circadiano (Hart, 2019).

A composição da dieta, especialmente em dietas ricas em gordura *High Fat Diet* (HFD) e cetogênicas, desempenha um papel crucial na modulação do relógio circadiano e no metabolismo energético. A ingestão prolongada de HFD está associada ao desenvolvimento de distúrbios metabólicos, como obesidade e resistência à insulina, além de provocar alterações significativas na expressão gênica circadiana nos tecidos periféricos. Estudos mostram que a HFD enfraquece a atividade dos genes centrais do relógio biológico e provoca mudanças nas oscilações de novos genes periféricos, afetando processos metabólicos fundamentais, como a lipogênese no fígado (Kim *et al.*, 2018).

Em suma, a composição dietética, especialmente quando se trata de uma dieta rica em gorduras, tem um impacto profundo na reprogramação do ritmo

circadiano e na regulação metabólica. Isso afeta a expressão de genes, a atividade de receptores nucleares e a microbiota intestinal, com implicações significativas para o surgimento de doenças metabólicas (Sato e Corsi, 2022).

Guilherme *et al.* (2020) ressaltaram que a intervenção em grupos, através da promoção em saúde, por ações educativas, pode sensibilizar os indivíduos para adoção de hábitos e estilo de vida mais saudáveis, como a manutenção da rotina dietética e atividade física, poderiam colaborar para a melhora dos parâmetros desejáveis dos grupos submetidos a escalas de trabalho, em especial a escala noturna.

A nutrição desempenha um papel crucial na regulação do ciclo circadiano, influenciando diretamente o ritmo biológico e a qualidade do sono, especialmente em profissionais submetidos a jornadas de trabalho irregulares e escalas noturnas. A escolha adequada dos alimentos, respeitando os horários das refeições e optando por nutrientes que favoreçam a síntese de melatonina e a estabilidade glicêmica, pode ajudar a atenuar os efeitos adversos das mudanças nos padrões de sono. Além disso, a educação nutricional direcionada para esses profissionais pode não apenas melhorar seu desempenho e estado de alerta durante o trabalho, mas também contribuir para a longevidade e bem-estar geral, minimizando o impacto do estresse e da fadiga associados a suas funções.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a construção desta revisão bibliográfica foi verificada que a alteração do ciclo circadiano promovido pelos horários de trabalho somados com o alto nível de estresse e hábitos de vida não saudáveis encontrados nesta população está associado a uma maior probabilidade de surgimento de doenças crônicas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R.; MENDES, R. **O trabalho na aviação e as práticas de saúde sob o olhar do controlador de tráfego aéreo.** 2000. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BARROS, A.; TAVARES, M. Consequências metabólicas das alterações do ciclo circadiano. **Bionorte**, v. 12, suppl 2, p, 22–30, 2023.
- BENKLI, B.; KIM, S. Y.; KOIKE, N.; HAN, C.; TRAN, C.; SILVA, E.; YAN, Y.; YAGITA, K.; CLEN, Z.; YOO, S. H.; BURISH, M. J. Circadian characteristic of headache in headache and migraine. **Neurology**, v. 100, n. 22, p. e2224-e2236, 2023.
- BETHELL, H. J. N.; BRODIE, D. The Metabolic Syndrome. In: BETHELL, H. J. N.; BRODIE, D. **Exercise: a scientific and clinical overview.** [s.l]: CABI, 2023.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria do Departamento de Controle do Espaço (DECEA) nº227/DGCEA, de 17 de outubro de 2016. Aprova a reedição da Instrução de Comando da Aeronáutica (ICA) 100-12 sobre as Regras do Ar. **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 182, 24 de outubro de 2016.
- BURGOS, L. G. A. **Efeitos do trabalho noturno nos ritmos circadianos de marcadores do processo inflamatório.** 2015. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CANEVER, J. B.; QUEIROZ, L. Y.; SOARES, E. S.; AVELAR, N. C. P.; CIMAROSTI, H. I. Circadian rhythm alterations affecting the pathology of neurodegenerative diseases. **Journal of Neurochemistry**, v. 168, p. 1475-1489, 2024.
- FARHA, R.; ALEFISHAT, E. Shift work and the risk of cardiovascular diseases and metabolic syndrome among Jordanian employees. **Oman Medical Journal**, v. 33, n. 3, p. 235-242, 2018.
- FREITAS, A. M.; PORTUGES, M. W.; RUSSOMANO, T.; FREITAS, M.; SILVELLO, S. L. S.; COSTA, J. C. Effects of an alternating work shift on air traffic controllers and the relationship with excessive daytime sleepiness and stress. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 75, n. 10, p. 711-717, 2017.
- GUILHERME, L.; REIS P.; RODRIGUES A.; FARIA A.; FIGUEIREDO M.; CALISTO A.; SONATI J. Utilização do guia alimentar para a população brasileira como instrumento de intervenção nutricional para a promoção da qualidade de vida em grupo de adultos. **Revista CPAQV – Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 12, n. 3, p. 1-9, 2020.
- HART, G. W. Nutrient regulation of signaling and transcription. **Journal of Biological Chemistry**, v. 294, n. 7, p. 2211-2231, 2019.
- ITANE, A. Saúde e gestão na aviação: a experiência de pilotos e controladores de tráfego aéreo. **Psicologia & Sociedade**, v. 21, n. 2, p. 203-212, 2009.

- KIM, D. H.; KIM, J.; KWON, J. S.; SANDHU, J.; TONTONOZ, P.; LEE, S.K.; LEE, S.; LEE, J.W. Critical roles of the histone methyltransferase MLL₄/KMT₂D in murine hepatic steatosis directed by ABL₁ and PPAR γ ₂. **Cell Reports**, v. 17, n. 6, p 1671-1682, 2011.
- KLOTING, N.; BLUHER, M. Adipocyte dysfunction, inflammation and metabolic syndrome. **Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders**, v, 15, n. 4, p. 277-287, 2014.
- LIMA, A.; SOARES, C.; SOUZA, A. Efeitos da inversão dos turnos de trabalho sobre capacidade aeróbia e respostas cardiovasculares ao esforço máximo. **Revista Brasileira de Medicina no Esporte**, v. 14, n. 3, p. 201-204, 2008.
- LIU, C.; TANG, X.; GONG, Z.; ZENG, W.; HOU, Q.; LU, R. Circadian rhythm sleep disorders: genetics, mechanisms, and adverse effects on health. **Frontiers in Genetics**, v. 13, p. 875342, 2022.
- MAGALHÃES, F.; MATARUNA, J. Sono. In: JANSEN, J. M.; LOPES, A. J.; JANSEN, U.; CAPONE, D.; MAEDA, T. Y.; NORONHA, A.; MAGALHÃES, G. **Medicina da noite: da cronobiologia à prática clínica**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2007.
- NIU, X. Progress in Diseases Related to the Circadian Clock. **Highlights in Science, Engineering and Technology**, v. 54, p. 321-327, 2023.
- RIBAS, V.; CASTRO, R. **Efeitos do estresse na resposta imunológica e na atenção de controladores de tráfego aéreo: estudo de caso**. 2009. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SATO, T.; CORSI, P. S. Nutrition, Metabolism, and epigenetics: pathways of circadian reprogramming. **EMBO reports**, v. 23, n. 5, p. e52412, 2022.
- TOMIOKA, K. General feature of circadian rhythms. In: NUMATA, H., TOMIOKA, K. **Insect Chronobiology**. Singapura: Springer, 2023.
- SHRADER, L. A.; RONNEKLEIV-KELLY, S. M.; HOGENESCH, J. B.; BRADFIELD, C. A.; MALECKI, K. M. C. Circadian disruption, clock genes, and metabolic health. **Journal of Clinical Investigation**, v. 134, n. 14, p. e170998, 2024.
- SMITH, S. K.; MUSIEK, E. S. Impact of circadian and diurnal rhythms on cellular metabolic function and neurodegenerative diseases. **International Review of Neurobiology**, v. 154, p. 393-412, 2020.
- SOUZA, A.; COUZZI G. Conduta nutricional promove alteração do quadro de síndrome metabólica na obesidade. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 3, n. 13, p. 18-29, 2009.
- WORLD HEALTH STATISTICS – WHO. **World health statistics 2024: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals**. Geneva: World Health Organization, 2024.

Relação entre distúrbio do sono e síndrome metabólica em militares: uma revisão integrativa

Evelyn Mattiuso Forseto Amancio (HFAB - FAB)
Guilherme Eugênio van Keulen (UNIFA - FAB)

RESUMO

Avaliou-se a relação do Distúrbio do Sono (DS) com Síndrome Metabólica (SM) em militares. Foram analisados estudos das bases SCOPUS, COCHRANE e PUBMED, com os descritores: DS, SM e militares. Os DS favorecem o surgimento de componentes da SM em população civil e militar.

Palavras-chave: Sono; síndrome metabólica; militarismo.

1. INTRODUÇÃO

O sono é um estado fisiológico que ocorre de maneira cíclica, sendo dividido em NREM (sem movimentos oculares rápidos), com relaxamento muscular parcial, e REM (com movimentos oculares rápidos), com atonia muscular (Fernandes, 2006). Sua qualidade pode ser avaliada através de questionários, como por exemplo o Índice de Qualidade do Sono de *Pittsburg* (PSQI), por actigrafia e por polissonografia (Nevels *et al.*, 2023). O sono é crucial para a regulação de processos fisiológicos, como a homeostase metabólica, e seu distúrbio pode aumentar o risco da Síndrome Metabólica (SM) (Nevels *et al.*, 2023).

Os Distúrbios do Sono (DS) são comuns e afetam negativamente a saúde através de alterações metabólicas e endócrinas. A prevalência de sono insuficiente é crescente, com mais de um terço dos adultos de 18 a 64 anos dormindo menos do que é o recomendado (Frimpong *et al.*, 2023).

A duração insuficiente do sono afeta o desempenho físico e cognitivo do indivíduo (Teece *et al.*, 2023), sendo que a restrição do sono pode estar associada a problemas metabólicos, como obesidade, diabetes, Síndrome Metabólica (SM) e mortalidade, devido a alterações no ritmo circadiano e na atividade neuronal a estímulos alimentares (Kim *et al.*, 2020; ST-Onge *et al.*, 2012).

A restrição do sono aumenta o estresse, o que eleva os níveis de colesterol total e lipoproteína de baixa densidade (LDL), diminui a tolerância à glicose e compromete a sensibilidade à insulina (Gangwisch *et al.*, 2010; Gangwisch, 2014). A duração curta de sono pode aumentar os níveis noturnos de cortisol e diminuir a utilização de glicose cerebral. O aumento da carga no pâncreas, da resistência à insulina e da intolerância à glicose podem acarretar o diabetes tipo 2 (Gangwisch *et al.*, 2007; McNeil; Doucet; Chaput, 2013). Desta maneira, o sono insuficiente acarreta alterações no organismo

que favorecem a SM, como obesidade, aumento de triglicerídeos, diminuição de colesterol HDL, elevação da pressão arterial e da glicemia em jejum.

A SM tem prevalência estimada de 25% a 37% entre adultos (Nevels *et al.*, 2023). Ela representa um conjunto de fatores de risco cardiometabólicos (Chaput *et al.*, 2013) e tem potencial aumento na mortalidade cardiovascular em 2,5 vezes, demandando mudanças no estilo de vida com vistas à manutenção da saúde (Fraga *et al.*, 2021). As doenças cardiometabólicas são a principal causa de morbidade, mortalidade e incapacidade no homem (Matricciani *et al.*, 2021).

A I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da SM recomenda o uso dos critérios do *National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III* (NCEP-ATP III) como parâmetro de avaliação. O diagnóstico da SM requer a combinação de pelo menos três indicadores (Fraga *et al.*, 2021), entre os cinco apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Indicadores da Síndrome Metabólica.

INDICADORES	PARÂMETROS
Obesidade: Circunferência abdominal	> 102 cm para homens > 88 cm para mulheres
Triglicerídeos	≥ 150 mg/dL
Colesterol HDL (lipoproteína de alta densidade)	< 40 mg/dL para homens < 50 mg/dL para mulheres
Hipertensão arterial sistêmica	≥ 130 mmHg (sistólica); ≥ 85 mmHg (diastólica)
Glicemia de jejum	> 100 mg/dL

Fonte: Fraga *et al.* (2021).

Estudos mostram que diabetes e obesidade demonstraram atuar como fatores mediadores na associação entre a curta duração do sono e o desenvolvimento da hipertensão (Gangwisch, 2014). O trabalho em turnos, que acarreta alterações no sono e reversão circadiana, também tem sido apontado como um fator de risco para hipertensão (Oishi *et al.*, 2005; Koshakhlagh *et al.*, 2023). Trabalhadores noturnos tendem a consumir mais calorias em horários inadequados, o que eleva o risco de obesidade (Kim *et al.*, 2020).

No contexto militar, particularmente entre soldados, o tempo de sono não é garantido devido às operações de treinamento e missões de vigilância noturna (Kim, *et al.*, 2016). Esses cronogramas não convencionais de trabalho estão associados ao aumento da morbidade (Lopez-Santamarina *et al.*, 2023). Embora os militares sejam encorajados a adotar estilo de vida saudável durante o serviço ativo, incluindo exercício e dieta (Rostami *et al.*, 2019), algumas características ocupacionais podem ter influência negativa no seu estado de saúde e no desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como a SM (Fraga *et al.*, 2021; Rostami *et al.*, 2019).

A SM é uma ameaça à atividade militar, pois impacta a saúde, a prontidão e o custo do Sistema de Saúde Militar. Os fatores de risco mais prevalentes em registros de saúde dos militares são pressão arterial elevada, baixo colesterol HDL e triglicerídeos elevados. Outros fatores de risco incluem obesidade abdominal e elevação da glicemia em jejum (McCarthy *et al.*; 2023).

Assim, as doenças metabólicas podem causar um impacto relevante no desempenho dos militares, visto que sua saúde é um fator crítico para o exercício pleno de suas capacidades. Essas doenças podem causar redução da aptidão física, aumento de lesões musculoesqueléticas, diminuição da disponibilidade para o serviço, além de acréscimo no gasto de recurso médico e no sistema de saúde. Diante do exposto, o objetivo da revisão de literatura foi investigar a relação entre DS e SM em militares.

2. DESENVOLVIMENTO

Foi realizada uma revisão integrativa, com busca eletrônica de artigos fundamentados em evidências científicas, disponíveis sobre o tema SM e DS em militares. A pesquisa das publicações foi realizada utilizando o operador booleano AND e técnicas de truncamento, nas seguintes bases de dados: SCOPUS, COCHRANE e PUBMED.

Foram encontrados 274 artigos, todos online e com acesso gratuito, disponíveis em inglês ou português, publicados nos últimos 10 anos (entre 2015 e 2024). Foram excluídos 19 duplicatas e 235 artigos que não respondiam à questão norteadora (título e resumo).

2.1 Discussão

Os principais achados desta revisão integrativa foram: 1) predominância de estudo transversal; 2) o principal grupo analisado foi militares das forças armadas; 3) o principal instrumento utilizado para medir a qualidade de sono foi o questionário de Índice de Qualidade do Sono de Pittsburg (PSQI); 4) o critério mais empregado para diagnóstico da síndrome metabólica foi o *National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III* (NCEP-ATP III); 5) observou-se quantidade reduzida de publicações que demonstraram a relação entre DS e SM em militares.

Em uma revisão sistemática e meta-análise, Rostami *et al.* (2019) observaram baixa prevalência de SM nas forças armadas, com estimativa de 8,3%, o que poderia ser explicada pelo estilo de vida militar. Em um estudo transversal com 2.179 militares da Força Aérea Colombiana observou que a prevalência da SM entre os aviadores era menor que a da população em geral, porém os perfis lipídicos são piores e o risco cardiovascular e de diabetes mellitus são aumentados (Malpica, 2023). Herzog *et al.* (2015) descreveram a prevalência de SM em militares da ativa e observaram uma tendência decrescente, maior nos homens, com os militares ativos da Força Aérea apresentando prevalência inferior à da população dos Estados Unidos, em 2010.

O serviço militar pode gerar algumas condições de saúde adversas, como risco elevado para doenças cardiovasculares (Henderson *et al.*, 2021). Um estudo com 98 veteranos da Guerra do Golfo, realizado por Chao *et al.* (2016), demonstrou que estes apresentaram pior qualidade do sono, maior gravidade da insônia e da apneia do sono em comparação aos veteranos que não participaram da guerra. Uptegraft e Stahlman (2018 *apud* Maguire *et al.*, 2023) compararam as condições de saúde do militar no início e nos últimos seis meses de serviço ativo e relataram que o DS foi uma das doenças mais notificadas no final de carreira. Já no estudo realizado por Devine *et al.* (2020) com

582.031 soldados da ativa do Exército norte-americano, observou-se que quase metade da amostra foi diagnosticada com problemas de sono, impactando negativamente a prontidão médica. E, num estudo realizado por Maguire *et al.* (2023), com 26.014 submarinistas dos EUA, observou-se que o DS foi a segunda doença mais prevalente. Foster *et al.* (2016) relataram que os DS são problemas de saúde mais frequentes nos militares da ativa e, se não tratados, podem resultar em deficiências físicas e mentais.

A *National Sleep Foundation* recomenda que adultos saudáveis durmam de 7 a 9 horas por noite para evitar déficits neurocomportamentais cumulativos no desempenho diurno, no entanto, quase um terço dos adultos não atinge essas recomendações (Kuhn; Heisz, 2022; Sargent *et al.*, 2014). Corroborando com estes achados, Bollue e Kaur (2019) demonstraram que 33 a 50% da população adulta apresentam sintomas de insônia. Estudo transversal realizado na China por Wang *et al.* (2017), com 8.017 participantes, mostrou associação independente entre insônia e SM em homens e pessoas de meia-idade. Análises dos componentes individuais da SM revelaram que a insônia foi associada à pressão arterial elevada e colesterol HDL baixo.

Horários de sono irregulares também podem contribuir para a insônia. Mesmo com tentativas de compensação diurna, a insônia crônica está associada a elevação da pressão arterial sistólica noturna (Gangwisch, 2014). Ulmer *et al.* (2015) realizaram estudo com 1.855 militares da ativa e veteranos dos conflitos no Iraque e no Afeganistão e destacaram que DS estão relacionados a riscos cardiovasculares, incluindo hipertensão, obesidade, diabetes tipo 2 e níveis elevados de colesterol.

Em outro estudo, realizado por Rhee *et al.* (2015), com 911 aviadores da Força Aérea Coreana, observou-se baixa prevalência de SM (9,9%). Porém, a prevalência dos componentes foi mais relevante: 31,7% pressão arterial elevada, 25,3% circunferência da cintura elevada, 19,0% tolerância à glicose diminuída, 16,6% triglicerídeos elevados, 7,9% redução de HDL. A prevalência global estimada de alguns fatores de risco cardiometabólicos foi estimada como sendo maior em militares, com o triglicérides elevado e HDL baixo (Baygi *et al.*, 2020).

Um estudo transversal realizado por Hruby, Lieberman e Smith (2018) em 27.034 militares da ativa observou associações entre comportamentos de saúde, principalmente a curta duração do sono, e condições médicas, como hipertensão, sobrepeso e obesidade. Isso reforça a importância do sono adequado nessa população. Numa revisão narrativa, Zarei e Zijoud (2020) descreveram que a apneia obstrutiva do sono, um tipo de distúrbio do sono, pode causar complicações cardiovasculares e hipertensão no militar.

Demiralp e Özel (2021), na Turquia, apoiaram a conclusão de que SM e DS são comuns em trabalhadores em turnos. Outros estudos apontaram que os trabalhadores em turnos noturnos, por terem conflito na sincronização dos ritmos biológicos e no ciclo vigília/sono, estão significativamente associados ao risco de SM, aumento do risco de diabetes tipo 2 e da pressão arterial (Viana, 2019; Kim *et al.*, 2020; Lopez-Santamarina *et al.*, 2023).

Allani, Amiri e Ammar (2021) observaram alta prevalência de SM em militares da ativa da Tunísia, apesar dos critérios médicos terem sido feitos antes da incorporação. Estudo retrospectivo com 98.264 militares tailandeses realizado por Sakboonyarat,

Rangsin e Mittleman (2022) apontou que a SM é um problema, especialmente após os 35 anos. Chatripour *et al.* (2022) encontraram prevalência de 13,49% de SM em militares. 41,17% dos civis apresentavam de três a cinco fatores de risco para SM.

A revisão sistemática e meta-análise de Zhang *et al.* (2021) mostrou que pacientes com insônia tem risco 1,41 vezes maior de hipertensão, 1,29 vezes maior de hiperglicemia e 1,31 vezes maior de hiperlipidemia. A interrupção do ritmo circadiano também parece aumentar o risco de obesidade e doença metabólica (Ali *et al.*, 2020). Estudo brasileiro realizado por Ferreira *et al.* (2023) revelou que aproximadamente metade dos pilotos militares tem qualidade de sono ruim e a razão cintura/estatura e o percentual de gordura apresentaram correlações positivas com a baixa qualidade de sono. Indivíduos com maior interrupção de seu ritmo circadiano têm maior risco de obesidade (Kim *et al.*, 2020).

A prevalência de obesidade nas forças armadas reflete uma tendência crescente entre militares da ativa, com uma prevalência de 13-18% (Nadolsky, 2018; Meyer; Cole, 2019). Esta condição impacta no desempenho físico, estando associado a lesões musculoesqueléticas (Teyhen *et al.*, 2016; Krauss *et al.*, 2017) e condições crônicas de saúde, como hipertensão e alteração do metabolismo da glicose (Rush; Leardmann; Crum-Cianflone, 2016; Lavie *et al.*, 2016; Hruby *et al.*, 2015).

Pesquisa realizada por Ramsey *et al.* (2023) com 1073 militares veteranos nos EUA mostrou que a obesidade foi mais prevalente em indivíduos com insônia e depressão comparados a aqueles apenas com insônia. A ocorrência de obesidade foi maior em indivíduos com insônia em comparação com aqueles sem insônia. O sono inadequado demonstrou aumentar o estresse, o que aumenta os níveis de colesterol total e LDL (Gangwisch *et al.*, 2010).

E, num estudo realizado por Ettore, Gabriele e Pellicani (2020) destacou-se a eficácia de Programa de Promoção da Saúde no local de trabalho para mitigar o impacto do trabalho por turnos e prevenir o desalinhamento entre o ritmo sono-vigília e o trabalho. Outra pesquisa conduzida por Wardian *et al.* (2018) também demonstrou a eficácia do Programa de Prevenção de Diabetes entre militares dos EUA, com melhorias clínicas e redução da incidência de pré-diabetes, obesidade e SM.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sono é um comportamento modificável e deve ser promovido como parte importante da saúde e bem-estar no militar. O tratamento de DS contribui para prevenir alterações metabólicas, melhorar a saúde dos militares e aumentar sua prontidão.

Esta revisão mostrou que existem vários estudos que correlacionam os DS e a SM, porém, poucos analisam a relação com o militarismo. Apesar da baixa prevalência da síndrome nessa subpopulação, estudos adicionais devem ser projetados para identificar fatores de risco e revelar os melhores preditores nos militares.

Conclui-se que elucidar a relação entre SM e DS em militares é fundamental para aumentar o controle de fatores de risco e a precisão das intervenções, como treinamento em medicina ocupacional, alocação de recursos e desenvolvimento de políticas de segurança ocupacional.

REFERÊNCIAS

- ALI, Y. A. M. *et al.* Impact of social jetlag and circadian patterns on patients with metabolic and nocturnal eating syndromes. **Chronobiology in Medicine**, v. 2, n. 4, p. 175–183, 2020.
- ALLANI, R.; AMIRI, N.; AMMAR, H. Determinants of metabolic syndrome: a population survey at Bizerte military garrison in 2015-2017. **La Tunisie Medicale**, v. 66, n. 6, p. 662–668, 2015.
- BAYGI, F. *et al.* Global prevalence of cardiometabolic risk factors in the military population: a systematic review and meta-analysis. **BMC Endocrine Disorders**, v. 20, n. 1, 2020.
- BOLLU, P. C.; KAUR, H. Sleep medicine: insomnia and sleep. **Missouri Medicine**, v. 116, n. 1, p. 68–75, 2019.
- CHAO, L. L. *et al.* Insomnia severity, subjective sleep quality, and risk for obstructive sleep apnea in veterans with gulf war illness. **Military Medicine**, v. 181, n. 9, p. 1127–1134, 2016.
- CHAPUT, J. P. *et al.* Short sleep duration as a risk factor for the development of the metabolic syndrome in adults. **Preventive Medicine**, v. 57, n. 6, p. 872–877, 2013.
- CHATRIPOUR, R. *et al.* Comparison of the prevalence of metabolic syndrome in military and non-military (civilian) personnel and its relationship with lifestyle. **Journal of Military Medicine**, v. 23, n. 4, p. 358–366, 2022.
- DEMIRALP, N.; ÖZEL, F. Evaluation of metabolic syndrome and sleep quality in shift workers. **Occupational Medicine** (Oxford, England), v. 71, n. 9, p. 453–459, 2021.
- DEVINE, J. K. *et al.* Sleep disturbances and predictors of nondeployability among active-duty army soldiers: an odds ratio analysis of medical healthcare data from fiscal year 2018. **Military Medical Research**, v. 7, n. 1, 2020.
- ETTORRE, D.; GABRIELE; PELLICANI, V. Preventing shift work disorder in shift health-care workers. **Safety and Health at Work**, p. 244–247, 2020.
- FERNANDES, R. M. F. O sono normal. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP. Medicina, Ribeirão Preto, **Simpósio: Distúrbios Respiratórios do Sono**, v. 39, n. 2, p. 157–168, 2006.
- FERREIRA, F. G. *et al.* Qualidade de sono, nível de sonolência e suas relações com indicadores de obesidade em pilotos militares brasileiros. **Coleção Meira Mattos: Revista das Ciências Militares**, v. 59, p. 201–215, 2023.
- FOSTER, S. N. *et al.* Sleep disorders related to deployment in active duty service members and veterans. **Current Pulmonology Reports**, v. 5, n. 2, p. 101–110, 2016.

FRAGA, A. S. *et al.* Prevalência e fatores de risco relacionados à síndrome metabólica em militares do exército brasileiro na guarnição de Santa Maria-RS. **RBONE-Revista brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, p. 210–224, 2021.

FRIMPONG, E. *et al.* Acute evening high-intensity interval training may attenuate the detrimental effects of sleep restriction on long-term declarative memory. **Sleep**, v. 46, n. 7, 2023.

GANGWISCH, J. E. A review of evidence for the link between sleep duration and hypertension. **American Journal of Hypertension**, v. 27, n. 10, p. 1235–1242, 2014.

GANGWISCH, J. E. Sleep duration as a risk factor for diabetes incidence in a large US sample. **Sleep**, p. 1667–1673, 2007.

GANGWISCH, J. E. *et al.* Short sleep duration as a risk factor for hypercholesterolemia: analyses of the National Longitudinal Study of Adolescent Health. **Sleep**, v. 33, n. 7, p. 956–961, 2010.

HENDERSON, K. N. *et al.* The cardiometabolic health benefits of sauna exposure in individuals with high-stress occupations: a mechanistic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, p. 1105, 2021.

HERZOG, C. M. *et al.* Metabolic syndrome in the military health system based on electronic health data, 2009–2012. **Military Medicine**, v. 180, n. 1, p. 83–90, 2015.

HRUBY, A.; LIEBERMAN, H. R.; SMITH, T. J. Self-reported health behaviors, including sleep, correlate with doctor-informed medical conditions: data from the 2011 Health Related Behaviors Survey of U.S. Active Duty Military Personnel. **BMC Public Health**, v. 18, n. 1, 2018.

KHOSHAKHLAGH, A. H. *et al.* Global prevalence and associated factors of sleep disorders and poor sleep quality among firefighters: a systematic review and meta-analysis. **Heliyon**, v. 9, n. 2, p. e13250, 2023.

KIM, H. J. *et al.* Association between misalignment of circadian rhythm and obesity in Korean men: Sixth Korea National Health and Nutrition Examination Survey. **Chronobiology International**, v. 37, n. 2, p. 272–280, 2020.

KIM, T. K. *et al.* The combined effect of sleep duration and quality on mental health among republic of Korea armed forces. **Military Medicine**, v. 181, n. 11, p. 1581–1589, 2016.

KRAUSS, M. R. *et al.* Excess stress fractures, musculoskeletal injuries, and health care utilization among unfit and overweight female army trainees. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 2, p. 311–316, 2017.

- KUHN, T.; HEISZ, J. Cardiorespiratory fitness may protect memory for poorer sleepers. **Frontiers in Psychology**, v. 13, 2022.
- LAVIE, C. J. *et al.* Obesity and prevalence of cardiovascular diseases and prognosis: the obesity paradox updated. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 58, n. 5, p. 537–547, 2016.
- LOPEZ-SANTAMARINA, A. *et al.* Effects of unconventional work and shift work on the human gut microbiota and the potential of probiotics to restore dysbiosis. **Nutrients**, v. 15, n. 13, p. 3070, 2023.
- MAGUIRE, B. J. *et al.* Health conditions among navy submariners at the end of active duty: a retrospective cohort study. **Military Medicine**, v. 188, n. 7, p. 2347–2355, 2023.
- MALPICA, D. Metabolic syndrome, hyperlipidemias, and associated clinical markers among military airmen. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 94, n. 8, p. 604–609, 2023.
- MATRICCIANI, L. *et al.* Sleep and cardiometabolic risk: a cluster analysis of actigraphy-derived sleep profiles in adults and children. **Sleep**, v. 44, n. 7, 2021.
- MCCARTHY, M. S. *et al.* A randomized controlled trial of precision nutrition counseling for service members at risk for metabolic syndrome. **Military Medicine**, v. 188, p. 606–613, 2023. Suplemento.
- MCNEIL, J.; DOUCET, É.; CHAPUT, J.-P. Inadequate sleep as a contributor to obesity and type 2 diabetes. **Canadian Journal of Diabetes**, v. 37, n. 2, p. 103–108, 2013.
- MEYER, S.; COLE, R. Army Body Composition Program study results concerning: enrollees are more over fat than expected. **Military Medicine**, v. 184, p. 400–408, 2019. Suplemento.
- NADOLSKY, K. Z. Rationale for utilization of obesity pharmacotherapy in the active duty population. **Military Medicine**, v. 183, n. 3–4, p. 45–50, 2018.
- NEVELS, T. L. *et al.* The role of sleep and heart rate variability in metabolic syndrome: evidence from the midlife in the United States study. **Sleep**, v. 46, n. 5, 2023.
- OISHI, M. *et al.* A longitudinal study on the relationship between shift work and the progression of hypertension in male Japanese workers. **Journal of Hypertension**, v. 23, n. 12, p. 2173–2178, 2005.
- RAMSEY, C. M. *et al.* Depression, insomnia, and obesity among post-9/11 veterans: eating pathology as a distinct health risk behavior. **Military Medicine**, v. 188, n. 5–6, p. 921–927, 2023.
- RHEE, C. *et al.* Clinical markers associated with metabolic syndrome among military aviators. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 86, n. 11, p. 970–975, 2015.

- ROSTAMI, H. *et al.* Metabolic syndrome prevalence among armed forces personnel (military personnel and police officers): a systematic review and meta-analysis. **Military Medicine**, v. 184, n. 9–10, p. e417–e425, 2019.
- RUSH, T.; LEARDMANN, C. A.; CRUM-CIANFLONE, N. F. Crum-Cianflone NF: Obesity and associated adverse health outcomes among US military members and veterans: findings from the millennium cohort study. **Obesity** (Silver Spring), v. 24, n. 7, p. 1582–1589, 2016.
- SAKBOONYARAT, B.; RANGSIN, R.; MITTLEMAN, M. A. Incidence and risk factors of metabolic syndrome among Royal Thai Army personnel. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.
- SARGENT, C. *et al.* The impact of training schedules on the sleep and fatigue of elite athletes. **Chronobiology International**, v. 31, n. 10, p. 1160–1168, 2014.
- ST-ONGE, M.-P. *et al.* Sleep restriction leads to increased activation of brain regions sensitive to food stimuli. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 95, n. 4, p. 818–824, 2012.
- TEECE, A. R. *et al.* Daytime naps improve afternoon power and perceptual measures in elite rugby union athletes—a randomized cross-over trial. **Sleep**, v. 46, n. 12, 2023.
- TEYHEN, D. S. *et al.* Association of physical inactivity, weight, smoking, and prior injury on physical performance in a military setting. **Journal of Athletic Training**, v. 51, n. 11, p. 866–875, 2016.
- ULMER, C. S. *et al.* Associations between sleep difficulties and risk factors for cardiovascular disease in veterans and active duty military personnel of the Iraq and Afghanistan conflicts. **Journal of Behavioral Medicine**, v. 38, n. 3, p. 544–555, 2015.
- VIANA, M. Qualidade de vida e sono de enfermeiros nos turnos hospitalares. **Revista Cubana de Enfermería**, n. 2, 2019.
- WANG, Y. *et al.* Association between insomnia and metabolic syndrome in a Chinese Han population: a cross-sectional study. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, 2017.
- WARDIAN, J. L. *et al.* Evaluation of the group lifestyle balance program in a military setting: an investment worth expanding. **Military Medicine**, v. 183, n. 1–2, p. 138–143, 2018.
- ZAREI, S.; ZIJOU, S. S. H. Sleep Disorders and their consequences on the military personnel: a narrative review. **International Journal of Medical Reviews**, v. 7, p. 1-6, 2020.
- ZHANG, Y. *et al.* The association between insomnia and the risk of metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Clinical Neuroscience**, v. 89, p. 430–436, 2021.

Programa de treinamento físico específico para mulheres militares: uma revisão sistemática

Gabriel Pinto Neves Ângelo da Rocha (1ºBtl Inf Fuz Nav - MB)
Bruno Ferreira Viana (CEFAN - MB)
Priscila dos Santos Bunn (CEFAN - MB)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática para fornecer uma análise robusta sobre treinamento físico para mulheres militares, com o intuito de desenvolver diretrizes para a elaboração de protocolos de treinamento físico específicos para mulheres combatentes.

Palavras-chave: Recrutas, desempenho humano operacional, sexo, desempenho físico.

1. INTRODUÇÃO

A admissão das mulheres nas Forças Armadas (FFAA) tem sido um tema de discussão por muitos anos, principalmente em funções de combate. Tradicionalmente, as instituições militares têm sido consideradas predominantemente masculinas, portanto, durante maior parte da história foi uma profissão reservada exclusivamente para homens (Amir; Zaid, 2023; Karska; Karski; Wnorowski, 2023). Com o passar do tempo as mulheres ganharam espaço nas FFAA (Clarfield, 2022; Mariani, 2023), e as demandas físicas das novas funções apresentaram novos desafios para a preparação física das militares. Funções de combate são tipicamente exigentes, e precisam, muitas vezes, envolver o carregamento de cargas pesadas por longos períodos, assim como levantar equipamentos pesados (Knapik; Reynolds; Harman, 2004; Vaara *et al.*, 2022).

Em 1980, o Almirante de Esquadra Maximiano Eduardo da Silva Fonseca, propôs a criação do Corpo Auxiliar Feminino da Reserva da Marinha, tornando a Marinha do Brasil (MB) pioneira na participação das mulheres nas FFAA do Brasil (Brasil, 1980; Mariani, 2023). Com o passar dos anos, a inserção da mulher na MB foi sendo ampliada e, partir de 2024, o Curso de Formação de Soldados Fuzileiros Navais (C-FSD-FN) passou a formar soldados do sexo feminino (SDF).

Apesar da admissão de mulheres em funções de combate na MB, existem diferenças fisiológicas entre homens e mulheres que podem resultar em desafios para as SDF, especialmente em relação às exigências físicas impostas pelo ambiente operacional.

Homens, devido a níveis mais elevados de testosterona, possuem músculos maiores, com maior potencial para ganho muscular absoluto, assim como apresentam maior proporção de fibras de contração rápida, contribuindo para a superioridade na força muscular (Bassett *et al.*, 2020). Diferenças na estrutura cardíaca, hemoglobina e consumo máximo de oxigênio desfavorecem a capacidade aeróbica feminina (Martins *et al.*, 2023; Raberin *et al.*, 2024).

O sexo feminino é apontado como um fator de risco para lesões no contexto militar, especialmente fraturas por estresse e lesões por sobrecarga (Schram *et al.*, 2022). Contudo, ao ajustar os dados para aptidão física e composição corporal, essa relação deixa de ser significativa (Bell *et al.*, 2000). Isso indica que a maior propensão feminina a lesões está mais ligada à aptidão física do que ao sexo, destacando a importância do treinamento físico.

Essas diferenças fisiológicas impõem desafios às mulheres em funções de combate, por conta disso, talvez seja necessário que se desenvolvam estratégias, na preparação física, para aumentar a probabilidade de uma integração bem-sucedida das SDF do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN).

A revisão de Nevin e Jones (2023) sobre a otimização do desempenho para combatentes, recomenda a periodização em blocos, combinada com ondulatória diária para microciclos semanais. O treinamento concorrente deve ocorrer 2-3 vezes por semana, com carregamento de carga progressivo a cada 7-14 dias e a inclusão de sessões específicas de combate na mesma frequência. Sessões extremas de condicionamento são sugeridas 1-2 vezes por semana, junto ao uso de tecnologias avançadas para monitorar a carga e estratégias eficazes de recuperação. A revisão não diferencia o preparo físico entre sexos.

Embora homens tenham maiores ganhos absolutos em hipertrofia e força após o treinamento resistido, estudos mostram que, quando ajustado pela massa corporal total (MCT), os ganhos de performance entre homens e mulheres são equivalentes (Roberts; Nuckols; Krieger, 2020). No treinamento para capacidade aeróbica, ambos os sexos também apresentam ganhos relativos semelhantes, embora os homens tenham resultados absolutos maiores (Woo *et al.*, 2006). Uma revisão sistemática sobre as mudanças no desempenho físico ao longo de um período de treinamento militar concluiu que, geralmente, as adaptações ao treinamento são equivalentes entre os sexos, embora homens apresentem melhor desempenho pré e pós-treinamento (Varley-Campbell *et al.*, 2018).

No entanto, Nindl (2015), em outra revisão de literatura, argumenta que as diferenças fisiológicas, especialmente de força e potência em membros superiores (MMSS), podem ser mitigadas com treinamento adequado, recomendando programas periodizados de pelo menos seis meses, combinando treinamento resistido (3-8 repetições máximas) e aeróbico, com foco no desenvolvimento de força. Treinamento intervalado de alta intensidade e periodização não-linear são sugeridos para enfrentar a imprevisibilidade do ambiente militar.

Em revisão de literatura, Greeves (2015) aborda estratégias de mitigação de risco para mulheres em funções de combate. A revisão destaca que as diferenças entre os sexos exigem maior esforço físico das mulheres para realizar as mesmas tarefas. Sugere-se reduzir a quilometragem das corridas no treinamento para prevenir lesões nos membros inferiores e treinar recrutas com níveis de aptidão semelhantes para otimizar resultados e reduzir riscos. Programas de força e resistência focados em MMSS são essenciais para melhorar o desempenho em tarefas como levantar cargas pesadas, e a educação em técnicas de levantamento e fortalecimento de MMSS ajuda a prevenir lesões comuns em atividades militares.

Dyches *et al.* (2023) reforçam a importância do treinamento de força de MMSS em mulheres combatentes, recomendando a combinação de força e resistência. Estudos indicam que um mínimo de 35 kg de massa magra pode ser necessário para que soldados, homens e mulheres, obtenham benefícios do treinamento militar (Foulis; Hughes; Friedl, 2020; Molloy *et al.*, 2012).

A literatura pertinente apresenta pontos comuns entre as revisões, porém esses dados devem ser interpretados com cautela. Revisões narrativas têm menor rigor metodológico e maior risco de viés, enquanto a única revisão sistemática disponível se baseou, predominantemente, em estudos observacionais, que carecem de randomização. Diante dessas limitações, este trabalho visa realizar uma revisão sistemática exclusivamente com estudos experimentais, para investigar os efeitos de programas de treinamento físico no desempenho de testes militares em mulheres, oferecendo uma análise mais robusta e confiável.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Método

A presente revisão sistemática foi redigida de acordo com as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Page *et al.*, 2021) e foi registrada no *Open Science Framework* previamente conforme link: <https://osf.io/43qgm/>

2.2 Critérios de Elegibilidade

Os estudos incluídos na presente revisão atenderam aos seguintes critérios, de acordo com a estratégia PICOS:

- População: mulheres.
- Intervenção: novo programa de treinamento proposto.
- Comparação: treinamento tradicional.
- Outcome: desempenho em testes físicos militares.
- Desenho dos estudos: ensaios randomizados ou ensaios randomizados por cluster que avaliaram efeitos de programas de treinamento.

2.3 Estratégia de busca

Uma busca foi realizada em abril de 2024 nas bases de dados da Biblioteca Nacional de Medicina (MEDLINE), SCOPUS, SPORTDiscus, Índice Cumulativo de Enfermagem e Ciências Aliadas à Saúde (CINAHL) e Embase. A frase de busca foi obtida usando os operadores booleanos “AND” entre os descritores e “OR” entre os sinônimos. Não houve filtros de idioma ou de tempo na busca. Uma estratégia de busca sistemática foi desenvolvida pela agrupação de termos-chave (descritores *Medical Subject Headings* (MeSH) e seus sinônimos) “pessoal militar”, “mulher” e “exercício”, seguindo a estratégia PICOS.

2.4 Seleção dos estudos

Dois pesquisadores selecionaram os estudos de forma independente. Inicialmente, os estudos foram exportados para a plataforma *Rayyan*. A primeira etapa foi a seleção de títulos e resumos. As duplicatas foram removidas antes de serem selecionadas por título e resumo. Após a definição dos estudos potencialmente elegíveis, os textos completos foram analisados quanto à elegibilidade. As discordâncias foram resolvidas por meio de uma reunião de consenso ou decididos por um terceiro revisor.

2.5 Processo de coleta de dados

Dois pesquisadores coletaram independentemente as características dos estudos e organizaram as informações em tabelas. Foram extraídos os seguintes dados: autor, ano, país, Força de Segurança envolvida, perfil dos participantes, tamanho da amostra, desenho do estudo, características dos grupos controle e intervenção. Autores serão contatados para obter dados ausentes.

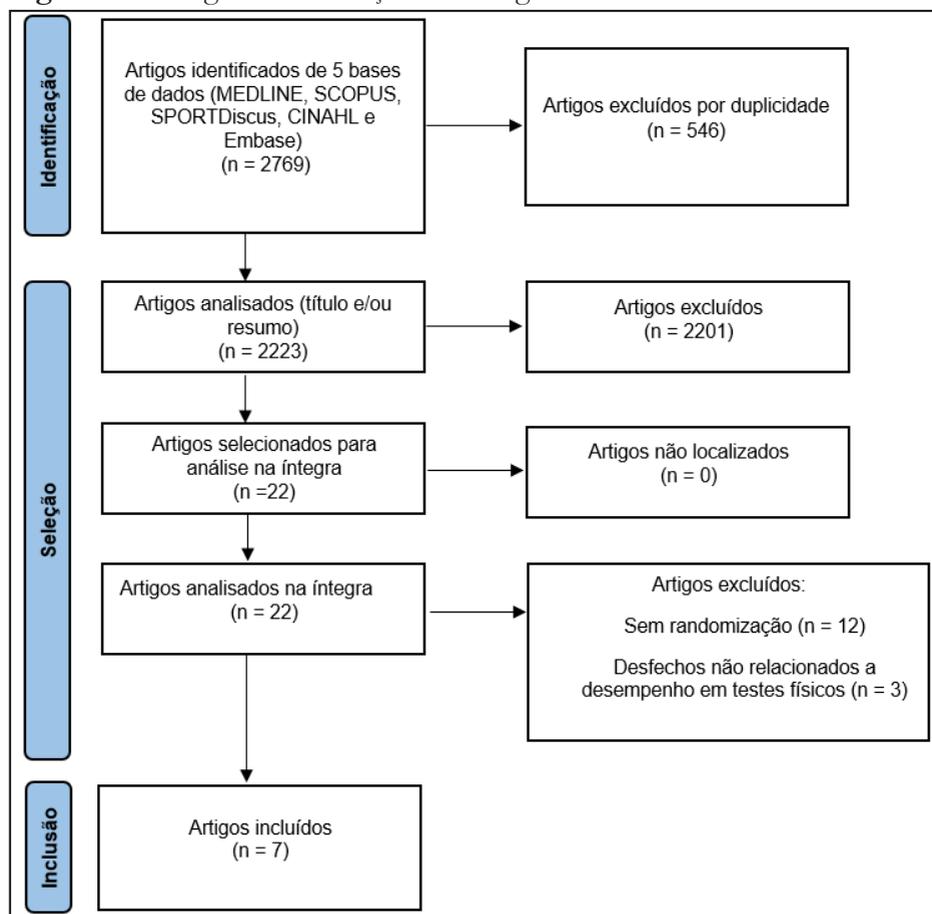
2.6 Risco de viés e avaliação metodológica dos estudos

O risco de viés será avaliado usando a escala *Cochrane* (ROB 2.0) (Sterne *et al.*, 2019).

3. RESULTADOS

O resultado do processo de busca, triagem e elegibilidade dos estudos está exposto na Figura 1. Já as características das amostras, intervenções e a síntese dos principais achados dos registros selecionados estão nos Quadros 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 1: Fluxograma de seleção dos artigos.



Fonte: Os autores.

Quadro 1: Características das amostras.

Estudo	País	Força	N	Idade(anos)	Altura(cm)	Peso(kg)	IMC(kg,m ⁻²)
(Marcinik <i>et al.</i> , 1985)	EUA	Marinha	115M	17-34			
(Kraemer <i>et al.</i> , 2001)	EUA		93M	23 ± 4			
(Peck <i>et al.</i> , 2017)	EUA	Exército	906H 162M	17-23			
(Dicks <i>et al.</i> , 2021)	EUA	Exército	16H 6M	20,6 ± 1,65	176,6±8,9	78,2 ± 11,3	25,2 ± 2,5
(Newman; Armonda; Braun, 2022)	EUA	Exército	35H 10M	19,8 ± 1,3 18-23	GI: 175 ± 8 GC: 172 ± 4	GI: 75,9 ± 8,5 GC:73,2±12,5	GI: 24,7 ± 2,1 GC:24,6± 3,4
(Smith <i>et al.</i> , 2023)	Austrália	Exército	13H 4M	GI: 24,9 ± 3,8 GC: 30,9± 9,4	GI:178,9 ± 9,3 GC:172,7±6,7	GI: 75,9 ± 9,5 GC:78,4±12,9	GI: 23,8 ± 2,6 GC: 26,3 ± 4
(Cintineo <i>et al.</i> , 2024)	EUA	Exército	33H 19M	H: 20,6 ± 1,5 M: 19,6 ± 1,5	H: 178 ± 5 M: 165 ± 1,9	H: 81,7 ± 12,3 M: 62,7 ± 7	

GI: Grupo Intervenção. GC: Grupo Controle. H:Homens. M:Mulheres.

Fonte: Os autores.

Quadro 2: Características das intervenções.

Estudo	GC	GI	Duração	Frequência	Desfechos/ performance
(Marcinik <i>et al.</i> , 1985)	Treinamento neuromuscular + Treinamento aeróbico		8 semanas	GC: 3 dias/semana corrida+calistenia GI: 3 dias/semana corrida 3 dias/semana academia	1RM supino reto, desenvolvimento, <i>pulldown</i> , rosca direta, <i>leg press</i> , cadeira extensora. 1RM cadeira extensora. Força máx de puxada alta em dinamômetro. Teste de fadiga 60% de 1RM em supino e <i>leg press</i> . Teste máx de carga progressiva em ciclo ergômetro.
	Aerobic/ Calisthenic (A/CAL): 20 minutos de exercícios de flexibilidade e calistênicos.	Aerobic/Circuit Weight Training 40 (CWT40): 20 exercícios a 40% de 1 RM. Aerobic/Circuit Weight Training 70 (CWT70) Idêntico ao CWT40, porém a 70% de 1RM.			
(Kraemer <i>et al.</i> , 2001)	Programas periodizados em dois mesociclos. Todos os GI: 25-35 minutos de aeróbico após as sessões neuromusculares. Grupo <i>AEROBIC</i> : corrida de 35-40 minutos duas vezes por semana e 25-35 minutos de outro exercício aeróbico.		24 semanas	3 dias/semana	Teste pliométrico. 1RM agachamento, supino e remada alta. Potência de supino e agachamento. Teste de fadiga em agachamento (45,5kg). 1RM levantamento de caixa. Levantamento repetitivo de caixa. 3,2km de carregamento de carga (34,1kg). 3,2km de corrida. Máx de flexão de braço. Máx de abdominal.
	Aerobic Exercícios com bandas de resistência muito leve.	Total/força/ hipertrofia			
		Total/força/potência			
		MMSS/força/ hipertrofia			
		MMSS/força/ potência			
Field Exercícios pliométricos e resistência com outros indivíduos.					
(Peck <i>et al.</i> , 2017)	Exercícios de força, resistência e treinos de alta intensidade.		6 semanas	10-12min/dia Intervenção pré- treino. 30-90min/dia Sessão de treino. 3-4dias/semana.	3,2km de corrida. Máx de flexão de braço. Máx de abdominal.
	Programa preventivo pré-treino: Foco em alinhamento de MMII, equilíbrio e força de core.	Programa de aquecimento pré- treino: Aquecimento padrão do exército americano.			
(Dicks <i>et al.</i> , 2021)	Circuitos com peso corporal, exercícios de resistência muscular e corridas de 3-5 km.		4 semanas	2 dias/semana Treinamento intervalado. 2 dias/semana Outras sessões.	3 min corrida. 3,2km de carregamento de carga. 0,4km de carregamento de carga.
	Treinamento intervalado de corrida.	Treinamento intervalado de corrida ou intervalado de carregamento de carga.			

Estudo	GC	GI	Duração	Frequência	Desfechos/ performance
(Newman; Armonda; Braun, 2022)	Treinamento de força, corrida e calistenia. DoD Programa da Publicação de Treinamento do Exército dos EUA.	HIFT circuitos de alta intensidade com movimentos funcionais e implementos.	10 semanas	60 min/dia 3 dias/semana.	3 RM levantamento terra. Lançamento de <i>medicine ball</i> . Máx flexão de braço Correr-arrastar-carregar. Máx elevação de pernas. 3,2km de corrida. Pista de obstáculos. 1,6km de carregamento de carga (9kg).
(Smith <i>et al.</i> , 2023)	Treinamento resistido, corrida intervalada e marcha com 24 kg, com aumento progressivo da distância. 4 séries de 8-12 repetições de agachamento, desenvolvimento, levantamento terra e supino. 4 séries de 10-12 repetições de abdominais e remadas verticais.	Sessões individualizadas pelo software Sparta, com base no CMJ e perfil de Sparta. Seis exercícios diários (3 × 2), com 3–20 repetições.	5 semanas	1 dia/semana Corrida. 1 dia/semana Carregamento de carga. 2 dias/semana Treinamento resistido.	Salto contramovimento. Equilíbrio. Estabilidade do core (prancha). Assimetria Inter membros. Máx flexões de braço. Teste de Vaivém. 3RM agachamento, supino e levantamento terra. 5km de carregamento de carga (24kg).
(Cintineo <i>et al.</i> , 2024)	Treinamento resistido tradicional (TRAD) Máquinas em academia.	Treinamento com equipamento mínimo (MIN) Exercícios com peso livre e calistenia. Treinamento com restrição de fluxo e equipamento mínimo (MIN+BFR)	6 semanas	70 min/dia 4 dias/semana	3 RM levantamento terra e supino. Lançamento de <i>medicine ball</i> . Máx flexão de braço. Correr-arrastar-carregar. Máx elevação de pernas 3,2km de corrida. Salto contramovimento. Teste de VO ² máx em esteira.

Fonte: Os autores.

Quadro 3: Síntese dos principais achados dos registros selecionados.

Estudo	Principais achados
(Marcinik <i>et al.</i> , 1985)	O programa padrão de calistenia da Marinha não melhorou a força dinâmica de MMSS. No entanto, o treinamento a 70% de 1RM proporcionou ganhos superiores em força dinâmica de MMSS em relação ao treinamento com calistenia ou a 40% de 1RM. O estudo sugere que o treinamento com pesos em circuito é mais eficaz para aprimorar a força, relevante para as exigências do trabalho naval.
(Kraemer <i>et al.</i> , 2001)	O treinamento resistido resultou em aumentos de 1-RM em agachamento, supino e levantamento terra. Os grupos de treinamento total e de MMSS apresentaram melhorias em força, potência muscular e tarefas militares. O treinamento resistido aprimorou o desempenho feminino em atividades como levantamento de caixas e carregamento de carga, permitindo que mulheres dos grupos de treinamento total e MMSS atingissem níveis semelhantes aos homens. Após seis meses, as diferenças de desempenho físico entre sexos foram reduzidas, destacando a importância do treinamento de força para aumentar a capacidade das mulheres. Os grupos de MMSS e total mostraram melhorias equivalentes em tarefas ocupacionais, evidenciando a contribuição de MMSS.
(Peck <i>et al.</i> , 2017)	O GI completou a corrida de 2 milhas mais rápido que o GC. O GI teve pontuações superiores no APFT para flexão de braço, sem diferença nos abdominais, e obteve pontuações totais do APFT maiores. Programas preventivos curtos podem ser implementados em larga escala gerando benefícios.
(Dicks <i>et al.</i> , 2021)	Embora o grupo de treinamento com carga tenha mostrado melhorias menores que o grupo de HIT tradicional, ambos os grupos apresentaram aumentos em velocidade crítica, carregamento de carga e $v\text{VO}_2\text{max}$, indicando que o HIT é suficiente para aprimorar a performance em tarefas militares.
(Newman; Armonda; Braun, 2022)	Ambos os grupos melhoraram o desempenho no ACFT, mas não houve diferenças nos resultados entre os grupos. Não houve diferença entre os escores nas tarefas militares simuladas.
(Smith <i>et al.</i> , 2023)	O treinamento físico individualizado foi viável em ambiente militar, com resultados semelhantes ao programa padrão. O GI apresentou uma melhora maior na força do levantamento terra (3RM). Não houve diferenças em outros parâmetros de desempenho entre os grupos, exceto para o tempo de marcha com carga, onde o GC teve uma melhora maior. Alterações visuais favoráveis nos perfis de CMJ foram observadas no GI, sugerindo uma melhoria no equilíbrio e potencial de redução de risco de lesão. Nenhuma lesão foi relatada no GI, enquanto três lesões ocorreram no GC.
(Cintineo <i>et al.</i> , 2024)	Todos os grupos melhoraram em testes de desempenho físico ocupacionais, indicando que o treinamento com equipamento mínimo pode ser eficaz para o contexto militar. O grupo TRAD apresentou maiores melhorias em força muscular (3RM de levantamento terra e supino) em comparação aos outros grupos. A adição de BFR ao treinamento não resultou em benefícios adicionais no desempenho ou na composição corporal, contrariando a hipótese inicial. Os grupos com equipamento mínimo, relataram níveis mais altos de esforço e carga de trabalho em relação ao TRAD, apesar de resultados semelhantes. Melhorias das mulheres em alguns testes de força, foram menores em comparação com os homens. As mulheres no grupo TRAD melhoraram no teste de supino, enquanto no grupo MIN+BFR não houve melhora, ao contrário dos homens, que melhoraram nesse grupo. Ambos os sexos apresentaram redução da gordura corporal e aumento da massa magra, sendo essas mudanças mais expressivas nos homens.

Fonte: Os autores

Os achados para o estudos (Dicks *et al.*, 2021; Newman; Armonda; Braun, 2022; Peck *et al.*, 2017; Smith *et al.*, 2023) female = 5 são para homens e mulheres, os dados dos estudos não estão segregados por sexo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão sistemática analisou os efeitos de diferentes programas de treinamento físico em desfechos ocupacionais militares para mulheres, com base em sete estudos selecionados. Os achados corroboram a literatura apresentada na introdução, destacando as diferenças fisiológicas entre homens e mulheres, especialmente em força e potência de MMSS, conforme observado por Epstein *et al.* (2013) e Friedl (2005). Os estudos sugerem a necessidade de protocolos específicos para mulheres, focando em treinamento de força, como indicado por Nindl (2015), para melhorar o desempenho em tarefas militares. Além disso, Dicks *et al.* (2021) evidenciam que o treinamento intervalado de alta intensidade é eficaz tanto para tarefas militares quanto para resistência aeróbica.

Entretanto, uma limitação desta revisão é que alguns estudos não apresentaram dados segregados para mulheres, o que limita a robustez das conclusões. Será necessário contatar os autores para solicitar dados estratificados por sexo, permitindo uma análise mais precisa dos efeitos dos programas de treinamento físico.

Conclui-se que programas específicos para mulheres, voltados para o desenvolvimento de força, prevenção de lesões e melhoria da resistência aeróbica, são essenciais para a integração eficaz das mulheres em funções de combate. A coleta de dados adicionais poderá aprimorar a precisão das diretrizes propostas, proporcionando robustez para o treinamento físico feminino no contexto militar.

REFERÊNCIAS

- AMIR, D.; ZAID, S. Integration of Women in Combat Operations and Warfare: Possibilities of Integration into Pakistan Armed Forces Integrace žen do bojových operací a vedení války: možnosti integrace do pákistánských ozbrojených sil. **Vojenské rozhledy**, v. 32, mar. 2023.
- BASSETT, A. J. *et al.* The Biology of Sex and Sport. **JBJS reviews**, United States, v. 8, n. 3, p. e0140, mar. 2020.
- BELL, N. S. *et al.* High injury rates among female army trainees: a function of gender? **American journal of preventive medicine**, Netherlands, v. 18, n. 3 Suppl, p. 141–146, abr. 2000.
- BRASIL. Lei nº 6.807, de 7 de julho de 1980. Cria o Corpo Auxiliar Feminino da Reserva da Marinha (CAFRM), e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1980.
- CINTINEO, H. P. *et al.* Effects of Minimal-Equipment Resistance Training and Blood Flow Restriction on Military-Relevant Performance Outcomes. **Journal of strength and conditioning research**, United States, v. 38, n. 1, p. 55–65, 1 jan. 2024.
- CLARFIELD, A. M. Women have long been involved in wars. **Journal of the American Geriatrics Society**, United States, v. 70, n. 8, p. 2448, ago. 2022.
- 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**, England, v. 64, n. 6, p. 733–743, jun. 2021.
- DYCHES, K. D. *et al.* Physiology of Health and Performance: Enabling Success of Women in Combat Arms Roles. **Military medicine**, England, v. 188, n. Suppl 4, p. 19–31, 25 jul. 2023.
- EPSTEIN, Y. *et al.* Physiological employment standards IV: integration of women in combat units physiological and medical considerations. **European journal of applied physiology**, Germany, v. 113, n. 11, p. 2673–2690, nov. 2013.
- FOULIS, S. A.; HUGHES, J. M.; FRIEDL, K. E. New Concerns About Military Recruits with Metabolic Obesity but Normal Weight (“Skinny Fat”). **Obesity (Silver Spring, Md.)**, United States, v. 28, n. 2, p. 223, fev. 2020.
- FRIEDL, K. E. Biomedical research on health and performance of military women: accomplishments of the Defense Women’s Health Research Program (DWHRP). **Journal of women’s health (2002)**, United States, v. 14, n. 9, p. 764–802, nov. 2005.
- GREEVES, J. P. Physiological Implications, Performance Assessment and Risk Mitigation Strategies of Women in Combat-Centric Occupations.

- Journal of strength and conditioning research**, United States, v. 29 Suppl 11, p. S94-100, nov. 2015.
- KARSKA, E.; KARSKI, K.; WNOROWSKI, K. The Status of Women in the Armed Forces: Polish Solutions in the Light of Human Rights Standards Defined by Selected International Organizations. **International Community Law Review**, v. 25, p. 605–626, nov. 2023.
- KNAPIK, J. J.; REYNOLDS, K. L.; HARMAN, E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. **Military medicine**, England, v. 169, n. 1, p. 45–56, jan. 2004.
- KRAEMER, W. J. *et al.* Effect of resistance training on women's strength/power and occupational performances. **Medicine and science in sports and exercise**, United States, v. 33, n. 6, p. 1011–1025, jun. 2001.
- MARCINIK, E. J. *et al.* Fitness changes of Naval women following aerobic based programs featuring calisthenic or circuit weight training exercises. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, Germany, v. 54, n. 3, p. 244–249, 1985.
- MARIANI, T. A. Mulheres nas Forças Armadas: protagonismo, trajetórias e desafios. **Revista do Ministério Público Militar**, v. 49, n. 36, p. 313–328, out. 2023.
- MARTINS, H. A. *et al.* Sex Differences in Maximal Oxygen Uptake Adjusted for Skeletal Muscle Mass in Amateur Endurance Athletes: A Cross Sectional Study. **Healthcare (Basel, Switzerland)**, Switzerland, v. 11, n. 10, 22 maio 2023.
- MOLLOY, J. M. *et al.* Physical training injuries and interventions for military recruits. **Military medicine**, England, v. 177, n. 5, p. 553–558, maio 2012.
- NEVIN, J.; JONES, M. I. Human Performance Optimization (HPO) for the Warfighter—Keeping It Simple in a Complex Age: A Narrative Review. **Strength & Conditioning Journal**, v. 45, n. 5, 2023. Disponível em: https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2023/10000/human_performance_optimization__hpo__for_the.6.aspx.
- NEWMAN, A.; ARMONDA, A.; BRAUN, B. Evaluation of Two Training Programs Designed to Enhance Performance on the Army Combat Fitness Test Among ROTC Cadets. **Military medicine**, England, v. 187, n. 9–10, p. e1030–e1036, 25 ago. 2022.
- NINDL, B. C. Physical Training Strategies for Military Women's Performance Optimization in Combat-Centric Occupations. **Journal of strength and conditioning research**, United States, v. 29 Suppl 11, p. S101-106, nov. 2015.
- PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ (Clinical research ed.)**, England, v. 372, p. n71, 29 mar. 2021.

PECK, K. Y. *et al.* Effect of a Lower Extremity Preventive Training Program on Physical Performance Scores in Military Recruits. **Journal of strength and conditioning research**, United States, v. 31, n. 11, p. 3146–3157, nov. 2017.

RABERIN, A. *et al.* Fitness Level- and Sex-Related Differences in Pulmonary Limitations to Maximal Exercise in Normoxia and Hypoxia. **Medicine and science in sports and exercise**, United States, v. 56, n. 8, p. 1398–1407, 1 ago. 2024.

ROBERTS, B. M.; NUCKOLS, G.; KRIEGER, J. W. Sex Differences in Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of strength and conditioning research**, United States, v. 34, n. 5, p. 1448–1460, maio 2020.

SCHRAM, B. *et al.* Injury rates in female and male military personnel: a systematic review and meta-analysis. **BMC women's health**, England, v. 22, n. 1, p. 310, 25 jul. 2022.

SMITH, C. *et al.* Impact of a 5-Week Individualised Training Program on Physical Performance and Measures Associated with Musculoskeletal Injury Risk in Army Personnel: A Pilot Study. **Sports (Basel, Switzerland)**, Switzerland, v. 11, n. 1, 3 jan. 2023.

STERNE, J. A. C. *et al.* RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. **BMJ (Clinical research ed.)**, England, v. 366, p. 14898, 28 ago. 2019.

VAARA, J. P. *et al.* Physical training considerations for optimizing performance in essential military tasks. **European journal of sport science**, Germany, v. 22, n. 1, p. 43–57, jan. 2022.

VARLEY-CAMPBELL, J. *et al.* Sex-Specific Changes in Physical Performance Following Military Training: A Systematic Review. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, New Zealand, v. 48, n. 11, p. 2623–2640, nov. 2018.

WOO, J. S. *et al.* The influence of age, gender, and training on exercise efficiency. **Journal of the American College of Cardiology**, United States, v. 47, n. 5, p. 1049–1057, 7 mar. 2006.

Elementos de fricção e sucesso na formação militar em unidades altamente especializadas das Forças Armadas

Guilherme de Souza Barbosa (CIOpEsp - EB)

Ângela Nogueira Neves (EsEFEx - EB)

RESUMO

O treinamento de tropas especiais nas Forças Armadas coloca o militar voluntário em inúmeras situações de extrema dificuldade, expondo aquele indivíduo a simulações que imitam o combate real em ritmo de operações continuadas. Sendo assim, em função do alto índice de desistência desse tipo de curso, este estudo visa sistematizar, com uma revisão de escopo, os elementos de fricção e sucesso na formação.

Palavras-chave: Operações especiais; comandos; Forças Especiais; *Navy SEALs*; *ranger*.

1. INTRODUÇÃO

Os conflitos armados fazem parte da história da humanidade (Pinker, 2011). Ao pensar nesse fenômeno, talvez a representação mais recorrente seja a de conflitos convencionais, pelas marcas deixadas pelas duas Grandes Guerras. Todavia, desde então, os conflitos armados não convencionais foram os mais frequentes (Themnér; Wallensteen, 2014). Reconhecemos que, historicamente, a estratégia “não ortodoxa” certamente não é um fenômeno novo: a guerra de guerrilha tem sido há muito tempo a tática dos “irregulares” combatendo os “regulares”. Todavia no século XXI, “irregular” tende a estar associado a grupos não estatais ou quase-estatais; e “regular” com as forças armadas permanentes e profissionais dos governos e atores políticos legítimos (Laqueur, 2017).

Frente a este cenário, no final do século XX, tornou-se quase prática padrão entre as forças armadas em todo o mundo incluir unidades de combate de elite em algum lugar dentro de sua estrutura organizacional (Luttrell; Robinson, 2011). Em geral, a razão de ser para qualquer uma dessas unidades de elite era apoiar os objetivos da estratégia convencional e complementar as atividades das forças militares convencionais. No entanto, ao longo da última década, as Forças Especiais gradualmente se desenvolveram em um componente potente e indispensável das forças armadas modernas fora e separadas das estruturas e doutrinas convencionais (Laqueur, 2017).

As operações especiais referem-se a atividades conduzidas por unidades militares especialmente preparadas, treinadas e equipadas, realizadas em

ambientes hostis, negados ou politicamente sensíveis, com o objetivo de alcançar metas militares, políticas, psicossociais e/ou econômicas, utilizando habilidades militares específicas que não são comuns nas forças convencionais. Essas operações podem ser realizadas de forma individual, conjunta ou combinada, geralmente em coordenação com outras agências, e em qualquer parte do espectro de conflitos (Brasil, 2017).

Neste sentido, devido à grande importância das Tropas de Operações Especiais no cenário atual, torna-se importante verificar as características e aprimorar o processo de seleção dos voluntários para realização dos cursos que capacitam ao ingresso nessa vertente.

A formação militar acarreta um custo substancial para os contribuintes, sendo crítico o gasto despendido entre os candidatos que não concluem com êxito os requisitos do curso (Benedict *et al.*, 2023), por isso o processo de seleção e preparação dos candidatos a quaisquer cursos de elite tem que ser mais objetivo e criterioso.

1.1. Objetivo

Realizar uma revisão de escopo sobre os elementos de fricção e sucesso em cursos militares de tropas especiais.

2. DESENVOLVIMENTO

Esse trabalho é uma revisão de escopo com foco na busca pelos preditores de sucesso e fracasso em cursos de especialização de elite das Forças Armadas.

Os documentos selecionados para o presente trabalho foram encontrados nos bancos de dados do *PubMed*, do acervo da Escola de Comando e Estado Maior do Exército (ECEME) e da Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO), além de manuais e legislações internos do Exército. A busca ocorreu por meio, principalmente, das expressões: Forças Especiais, Comandos, *Navy SEALs*, *Special Forces*, *Ranger*, curso militar, *military course*.

Além disso, de modo a abarcar a maior gama possível de conteúdos científicos existentes, foram utilizadas outras duas plataformas de inteligência artificial. Na plataforma *elicit*, foram feitas as seguintes perguntas: “quais são os fatores de sucesso na formação de militares em cursos de elite?” e “quais são os fatores de fracasso na formação de militares em cursos de elite?”. A partir dos artigos relevantes ali encontrados, na segunda plataforma, *research rabbit*, foram identificados os artigos relacionados àqueles anteriormente identificados.

Os artigos encontrados foram selecionados inicialmente por seu título, em um segundo momento por seu resumo, e em um terceiro momento por seu conteúdo completo, empregando os critérios de inclusão e exclusão selecionados.

Os critérios de escolha usados para os documentos dessa revisão de literatura foram: similaridade com o assunto da revisão (cursos militares de elite) e com a população (tropas militares especiais). Os critérios de exclusão: se tratava de

forças auxiliares; se tratava de exercícios no terreno (e não um curso específico de formação), se tratava de análise de alguma missão de uma tropa de elite.

2.1. Resultados

A busca por trabalhos científicos existentes chegou, inicialmente, ao número de 1.831 publicações. Após uma depuração acerca daqueles que continham elementos de sucesso e fracasso em treinamentos militares, esse número caiu para 153. Entretanto, quando se fez uma seleção mais apurada e restrita por cursos militares vocacionados a tropas de elite, excluindo-se, por exemplo, cursos de Forças Auxiliares ou treinamento de tropas especiais já formadas, esse número caiu para 22 artigos selecionais, dos quais 3 tratavam exclusivamente de fatores de fricção e fracasso (Morgan *et al.*, 2009; Mita Lovalekar *et al.*, 2017; Diskma *et al.*, 2022), 3 tratavam tanto de sucesso quanto de fracasso (Saxon *et al.*, 2020; Barret *et al.*, 2022; Tourinho, 2023) e dezesseis exclusivamente dos fatores de sucesso (McDonald *et al.*, 1990; Van Hoof *et al.*, 1992; Bartone, 2008; Gruber *et al.*, 2009; Hartmann *et al.*, 2009; Moran *et al.*, 2011; Carlson *et al.*, 2012; Gayton *et al.*, 2015; Colosio *et al.*, 2016; Farina *et al.*, 2019; Hormeño-Holgado *et al.*, 2019; Farina *et al.*, 2022; Huijzer *et al.*, 2022; Smith, 2022; Benedict *et al.*, 2023; Hunt *et al.*, 2023).

2.1.1. Preditores de sucesso em cursos de especialização de elite das Forças Armadas

A capacidade física aparece como um aspecto fundamental para o sucesso em cursos militares de operações especiais, principalmente em tarefas cardiopulmonares (corridas e marchas) e de levantamento do próprio corpo (flexão na barra e flexão de braço), como verificado por Carlson *et al.* (2012) sobre as Forças Especiais do Canadá, por Hunt *et al.* (2013) e Farina *et al.* (2019) sobre Forças Especiais dos EUA, por Barret *et al.* (2022) sobre os Fuzileiros Navais de Reconhecimento dos EUA, e por Tourinho (2023) sobre os Comandos Anfíbios do Brasil. Em contrapartida, outros estudos revelaram somente o aspecto cardiopulmonar como relevante, sendo apontado por Moran *et al.* (2011) nas Forças Especiais de Israel, por Hormeño-Holgado *et al.* (2019) nas Forças Especiais da Espanha, e por Benedict *et al.* (2023) na Escola de *Rangers* dos EUA. Já Colosio *et al.* (2016) apontaram somente a flexão na barra fixa como preditor para os *Rangers*, na Itália. Por outro lado, Gayton e Kehoe (2015) não encontraram diferença significativa em testes físicos entre aprovados e reprovados para as Forças Especiais da Austrália.

Na sequência, a composição corporal também apresenta papel importante, na qual os menores percentuais de gordura corporal estão associados a um melhor desempenho nos cursos para *Navy SEALs* dos EUA (Moran *et al.*, 2011; Colosio *et al.*, 2016; Smith, 2022) e Forças Especiais dos EUA (Farina *et al.*, 2022; Tourinho, 2023). Em contraponto, os estudos de McDonald *et al.* (1990) sobre os *Navy SEALs* dos EUA, e de Van Hoof *et al.* (1992) nas Forças Especiais da Bélgica não apresentaram nenhuma influência da composição corporal nos resultados dos cursos.

O aspecto emocional também aparece com grande importância para a conclusão bem-sucedida de cursos operacionais, já que permitem ao indivíduo superar as dificuldades e se manter focados no objetivo final, tendo como mais relevantes em estudos: a relação interpessoal, nos *Navy SEALs* e nos Fuzileiros Navais de Reconhecimento, ambos dos EUA (McDonald *et al.*, 1990; Saxon *et al.*, 2020); a estabilidade emocional nas Forças Especiais da Noruega; a relação social e a autoeficácia, nas Forças Especiais dos EUA (Bartone, 2008; Gruber *et al.*, 2009; Moran *et al.*, 2011; Gayton e Kehoe, 2015; Smith, 2022). Todavia, os elementos emocionais não foram identificados de forma unânime como elementos importantes na conclusão dos cursos, conforme apontado por Hartmann *et al.* (2009) nas Forças Especiais Navais da Noruega, e Huijzer *et al.* (2022), nas Forças Especiais dos Países Baixos.

Com relação ao fator demográfico ficou constatado que os militares mais novos, com grau de escolaridade de nível superior (completo ou incompleto) e menos de 1 ano de serviço tinham maior predição ao sucesso em cursos de tropas especiais (Farina *et al.*, 2019; Smith *et al.*, 2022; Barrett *et al.*, 2022; Benedict *et al.*, 2023; Tourinho, 2023). Mas ressalta-se que McDonald *et al.*, (1990) não encontraram diferença significativa entre aprovados e reprovados no *Navy SEALs* dos EUA e nenhum dos fatores demográficos analisados.

2.1.2. Preditores de fricção e fracasso em cursos de especialização de elite das Forças Armadas

Tratando dos preditores de fracasso, a literatura também aponta itens importantes que podem direcionar para uma seleção mais apurada e menos custosa ou para uma preparação otimizada e orientada dos candidatos a realizar cursos de operações especiais.

Olhando pelo aspecto psicológico, o sintoma de dissociação, ou seja, reduzida capacidade de resposta positiva ao estresse, aparece como um vilão relevante. Quanto maior for número de sintomas de dissociação endossada na linha de base, maior a probabilidade de fracasso de soldados no Curso de Qualificação das Forças Especiais dos EUA o *Special Forces Assessment and Selection* (SFAS) (Morgan *et al.*, 2009). Neste estudo, por meio do preenchimento da parte de autorrelato da Escala de Sintomas Dissociativos, o *Clinician Administered Dissociative States Scales* (CADSS), pode-se verificar uma relação entre o sintoma e a probabilidade de fracasso no curso.

Quanto as lesões musculoesqueléticas em cursos operacionais, a preparação inadequada pode acarretar a saída precoce de um militar vocacionado para a atividade, por isso o conhecimento sobre o nível de exigência adotada no curso é fundamental para a melhor orientação ao candidato, além de seu prosseguimento na carreira. No curso de Forças Especiais Navais da Holanda (Dijksma *et al.*, 2022) afirmou que um em cada quatro militares abandona por lesões no pé, joelho, perna e costas. Em outro estudo sobre as principais tropas de elite navais dos EUA constatou-se que lesões de extremidade superior foi o mais comum em *Navy SEALs* dos EUA, enquanto de extremidade inferior foi comum nos

outros grupos. As sublocalizações anatômicas de lesões musculoesqueléticas mais frequentes variaram entre os grupos—SEAL: ombro, 21,6%; Treinamento de Qualificação SEAL: pé e dedos, 17,0%; Operadores de Tripulação de Embarcações de Combate Especial: coluna lombo pélvica, 21,7%; e Treinamento de Qualificação de Tripulante: joelho, 30,3%(Mita Lovalekar *et al.*, 2017).

Em se tratando do meio aquático na realização de cursos para tropas de elite, existe uma grande desvantagem para aqueles candidatos que não são afetos a água, tendo em vista a estafa física e mental antecipada causada pela falta de controle corporal. No estudo de Saxon *et al.*(2020) sobre o Curso de Fuzileiros Navais de Reconhecimento dos EUA foi verificado que a maioria das desistências voluntárias ocorreu relacionado a um evento de treino aquático, sugerindo que estes eventos causam dúvidas, angústia e falta de confiança significativas. E Barrett *et al.*(2022), em análise do mesmo curso, afirmaram que o rigor desse tipo de treinamento é motivo da queda em cerca de 30% de alunos. Já Tourinho, (2023) incluiu a apneia dinâmica como fator de fricção do Curso de Comandos Anfíbios, uma vez que combinado com outras variáveis, pode ser determinante para o resultado final.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estima-se que para o êxito na conclusão de cursos de elite das Forças Armadas os candidatos tenham: bom condicionamento físico, principalmente cardiopulmonar e capacidade de levantamento e sustentação do próprio corpo, além de possuir habilidades aquáticas; viés psicológico de coragem e positividade, sem sintomas de dissociação; ser jovem (anos iniciais da carreira); ter ou estar cursando grau superior de escolaridade; realizar preparação para evitar lesões recorrentes no curso desejado.

Com o estudo levantado pode-se criar a hipótese sobre as características necessárias para a conclusão de cursos operacionais de maneira geral, entretanto, tendo em vista a peculiaridade de cada curso estudado, fica em aberto a possibilidade de ser feita uma verificação mais profunda dos aspectos de sucesso e fricção específicas para o Curso de Ações de Comandos do Exército Brasileiro.

Diante do exposto, com intuito de otimizar a seleção e preparação dos candidatos ao ingresso nas Operações Especiais do Exército Brasileiro, sugerimos que a investigação quanto aos elementos de sucesso e fricção no Curso de Ações de Comandos seja de grande relevância.

REFERÊNCIAS

- BARTONE, P. T. *et al.* Psychological hardiness predicts success in US Army Special Forces candidates. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SELECTION AND ASSESSMENT*, v. 16, n. 1, p. 78–81, Mar 2008.
- BARRETT, T. J. *et al.* Diverse predictors of early attrition in an elite Marine training school. *Military Psychology*, v. 34, n. 4, p. 388–397, 4 jul. 2022.
- BENEDICT, T. M. *et al.* Demographic, psychosocial, and physical fitness predictors of successful graduation from U.S. Army Ranger School. *Military Psychology*, v. 35, n. 2, p. 180–191, 4 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério da defesa. **Manual de Campanha - Operações Especiais**. 3. ed. Brasília, DF: Comando de Operações Terrestres, 2017.
- CARLSON, M. J.; JAENEN, S. P. The development of a preselection physical fitness training program for Canadian Special Operations Regiment applicants. *Journal of strength and conditioning research*, v. 26 Suppl 2, p. S2-14, Jul 2012.
- COLOSIO, A. L.; FONTANA, F. Y.; POGLIAGHI, S. Attrition in Italian Ranger trainees during special forces training program: a preliminary investigation. *Sport Sciences for Health*, Cited By: 1Export Date: 24 April 2019, v. 12, n. 3, p. 479–483, 2016.
- DIJKSMA, I. *et al.* One out of four recruits drops out from elite military training due to musculoskeletal injuries in the Netherlands Armed Forces. *BMJ Military Health*, v. 168, n. 2, p. 136–140, abr. 2022.
- FARINA, E. *et al.* Higher Usual Energy Intake, Body Mass, Body Mass Index, and Fat Free Mass Index Are Associated with Lower Attrition from an Arduous Military Selection Course (P23-005-19). *Current Developments in Nutrition*, v. 3, p. nzz043.P23-005-19, jun. 2019.
- FARINA, E. K. *et al.* Anthropometrics and Body Composition Predict Physical Performance and Selection to Attend Special Forces Training in United States Army Soldiers. *Military Medicine*, v. 187, n. 11–12, p. 1381–1388, 29 out. 2022.
- GAYTON, Scott D. e KEHOE, E. James. A Prospective Study of Character Strengths as Predictors of Selection Into the Australian Army Special Force. *Military medicine*, v. 180, n. 2, p. 151–157, Fev 2015.
- GRUBER, Kerry e KILCULLEN, Robert N e ISO-AHOLA, Seppo E. Effects of Psychosocial Resources on Elite Soldiers' Completion of a Demanding Military Selection Program. *MILITARY PSYCHOLOGY*, v. 21, n. 4, p. 427–444, 2009.
- HARTMANN, Ellen e colab. Psychological measures as predictors of military training performance. *Journal of personality assessment*, v. 80, n. 1, p. 87–98, Fev 2003.
- HORMEÑO-HOLGADO, A. J.; NIKOLAIDIS, P. T.; CLEMENTE-SUÁREZ, V. J. Psychophysiological Patterns Related to Success in a Special Operation Selection Course. *Frontiers in Physiology*, v. 10, p. 867, 10 jul. 2019.

- HUIJZER, R. *et al.* Personality traits of special forces operators: Comparing commandos, candidates, and controls. **Sport, Exercise, and Performance Psychology**, v. 11, n. 3, p. 369–381, 2022.
- HUNT, A. P.; ORR, R. M.; BILLING, D. C. Developing Physical Capability Standards That are Predictive of Success on Special Forces Selection Courses. **Military Medicine**, v. 178, n. 6, p. 619–624, 1 jun. 2013.
- LAQUEUR, Walter. **Guerrilla warfare: A historical and critical study**. Abingdon: Routledge, 2017.
- LUTTRELL, Marcus; ROBINSON, Patrick. **O Único Sobrevivente**. São Paulo: Planeta, 2011.
- MCDONALD, D. G.; NORTON, J. P.; HODGDON, J. A. Training success in U.S. Navy special forces. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 61, n. 6, p. 548–554, jun. 1990.
- MITA LOVALEKAR *et al.* Epidemiology of musculoskeletal injuries sustained by Naval Special Forces Operators and students. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 20, 1 nov. 2017.
- MORAN, D. S. *et al.* Prediction model for attrition from a combat unit training program. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 2963–2970, Nov 2011.
- MORGAN, C. A. *et al.* Baseline Dissociation And Prospective Success In Special Forces Assessment And Selection. **Journal of Special Operations Medicine**, v. 09, n. 2, p. 87, 2009.
- PINKER, Steven. **The better angels of our nature: The decline of violence in history and its causes**. Londres: Penguin, 2011.
- SAXON, L. *et al.* Continuous Measurement of Reconnaissance Marines in Training With Custom Smartphone App and Watch: Observational Cohort Study. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 8, n. 6, p. e14116, 15 jun. 2020.
- SMITH, C. *et al.* Effect of Exercise Training Programs on Physical Fitness Domains in Military Personnel: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Military Medicine**, v. 187, n. 9–10, p. 1065–1073, 25 ago. 2022.
- THEMNÉR, Lotta; WALLENSTEEN, Peter. Armed conflicts, 1946–2013. **Journal of Peace Research**, v. 51, n. 4, p. 541-554, 2014.
- TOURINHO, P. **A Influência da Fase de Treinamento Físico do Curso Especial de Comandos Anfíbios e a Predição de Aprovação por meio do Condicionamento Físico**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Humano Operacional, Mestrado. Universidade da Força Aérea – UNIFA. Rio de Janeiro. 2023.
- VAN HOOFF, R. *et al.* Predictability of the Individual Outcome of a Physical Training Program of an Army Special Forces Unit. **Military medicine**, v. 157, n. 4, p. 207–210, Abr1992.

Conceitos e mecanismos homeostáticos para controle da temperatura em ambientes extremos (temperaturas altas) e o uso da roupa contra agentes Biológica, Nuclear, Química e Radiológica (BNQR): revisão narrativa

Laura Cabral Cruz Lopes da Silveira (2º/10º GAV - FAB)

Paula Morisco de Sá (UNIFA - FAB)

Vinícius de Oliveira Damasceno (UNIFA - FAB)

RESUMO

Este estudo tem por objetivo revisar os conceitos básicos e mecanismos de controle homeostáticos e o uso de roupa contra agentes Defesa Biológica, Nuclear, Química e Radiológica (DBNQR) na termorregulação e na tolerância ao calor do corpo humano.

Palavras-chave: DBNQR; equipamento de proteção individual; homeostase; termorregulação; aviação militar.

1. INTRODUÇÃO

O perfil do militar, conforme estabelecido pela Estratégia Nacional de Defesa, exige uma ampla gama de capacidades, incluindo a prontidão para atuar em cenários tanto de paz, como em operações de manutenção da paz, ações humanitárias e conflitos armados (Brasil, 2024). Para isso, é necessário que as Forças Armadas (FA) preparem militares para atuarem nos quesitos de pronta-resposta, proteção, dissuasão, coordenação e controle entre outras exigindo não apenas habilidades técnicas e físicas, mas também colocar a nação e seus cidadãos acima de interesses pessoais e bem-estar individual (Brasil, 2024).

A Força Aérea Brasileira (FAB) atua neste cenário por meio dos diversos profissionais e aeronaves multi-missões disponíveis, cumprindo tarefas como controle aeroespacial, inteligência, vigilância e reconhecimento, sustentação ao combate, proteção da força, apoio às ações de Estado (Brasil, 2020). Dentro deste escopo, a Evacuação Aeromédica (EVAM) e a Defesa Biológica, Nuclear, Química e Radiológica (DBNQR) utilizam meios de força aérea para cumprir os seus objetivos. A EVAM tem por objetivo remover pessoas feridas ou doentes de um local para outro em que haja melhor assistência médica e a DBNQR em reconhecer, identificar e descontaminar pessoal, material, viaturas e aeronaves, atuando na prevenção das ameaças biológicas, nucleares, químicas e radiológicas (BNQR) (Brasil, 2022a).

A EVAM, que pode ser realizada tanto por helicópteros como por aviões, é

um componente estratégico das operações da FAB, garantindo a preservação da vida de militares e civis (Brasil, 2020). Entre as ocorrências previstas para a EVAM estão as missões que envolvem riscos de contaminação BNQR. Para estes casos, a Instrução de Preparo (INPREP/PEVOP/14C) define um treinamento específico para os militares do 3º/8º Grupo de Aviação (GAV), Esquadrão Puma (Brasil, 2022a). Esta Unidade Aérea (UAE) utiliza a aeronave de asas rotativas H-36 Caracal e os tripulantes passam, não só pelo treinamento específico de EVAM em DBNQR, como também por outros treinamentos, que incluem adaptação diurna e noturna, voo por instrumentos, voo em área restrita, navegação aérea, içamento na água, busca e salvamento em combate, infiltração e exfiltração de tropas, etc. (Brasil, 2022a).

A Diretriz do Comando da Aeronáutica 1-6 (DCA 1-6) estabelece que em situações de EVAM em DBNQR, sejam utilizados EPIs específicos, como macacão apropriado, máscara de proteção, botas e luvas, conforme o tipo de proteção, que podem ser definidos, de acordo com o documento, em quatro níveis: A, B, C ou D (cada um adequado a um tipo de operação). Sendo o nível de proteção A, proteção máxima, totalmente encapsuladas. Proteção nível B, roupas encapsuladas ou não, destinadas à proteção cutânea e das vias respiratórias. Proteção nível C, roupas para proteção cutânea e das vias respiratórias em nível avançado. Proteção nível D: roupas para proteção parcial contra partículas sólidas ou respingos de produtos líquidos (Brasil, 2014).

No caso do uso do EPI por tripulações da FAB, é requerido o uso de macacão de proteção BNQR, máscara (compatível com o sistema de fonia), equipamentos de respiração, botas e luvas, que correspondem à proteção nível C (Brasil, 2014). Este nível de proteção é preconizado pelas tripulações envolvidas em missões de DBNQR e o uso do EPI é realizado por cima do uniforme, quando operando em níveis C e B, conforme recomenda a Organização do Tratado do Atlântico Norte, OTAN ou também conhecida pela sigla NATO, advindo da tradução do inglês, *North Atlantic Treaty Organization* (NATO, 2004; Martins *et al.*, 2023). Esta configuração de proteção aumenta a segurança e o isolamento térmico contra os agentes BNQR, dificultando assim, a dissipação do calor corporal e, conseqüentemente, elevando o risco de doenças relacionadas ao calor, como edema de calor e câibras, exaustão por calor e insolação (intermação) (Brasser, 2010; Blacker, 2013; Ghiaysi *et al.*, 2020). Além disso, o uso desse traje reduz a mobilidade, agilidade, coordenação e destreza (NATO, 2004; Castle *et al.*, 2009; Bein, 2023).

Outro fator a ser considerado, em relação às vestimentas contra agentes BNQR, são as condições climáticas. Por exemplo, em condições de altas temperaturas e umidade, a evaporação do suor torna-se dificultada, podendo levar a um aumento rápido da temperatura corporal e aumentar o desconforto térmico para as pessoas que utilizam o EPI em DBNQR (NATO, 2004; Baker *et al.*, 2019; Klompmaker *et al.*, 2023). Este é o caso do Rio de Janeiro-RJ, cidade sede do 3º/8º GAV, que de forma geral, possui um clima muito úmido, com uma média de temperatura mínima entre 19°C e 24°C e uma temperatura máxima média de 25°C a 31°C,

de acordo com o site *Weather Sparks*. Posto isso, para que seja possível avaliar as consequências do EPI em DBNQR no indivíduo, é necessário considerar as demandas físicas e como o corpo mantém o equilíbrio térmico.

A manutenção da temperatura corporal é regulada pela região do cérebro denominada hipotálamo, que atua como um termostato interno que recebe sinais do corpo e ajusta as respostas fisiológicas para manter a temperatura ideal (Power; Howley, 2014). Quando o corpo está acima da temperatura desejada, existem alguns recursos de regulação, como o resfriamento da pele por meio do suor (McArdle; Katch, e Katch; 2016; Power; Howley, 2014). Por outro lado, quando a temperatura está abaixo do ideal, o corpo pode gerar calafrios para aumentar o metabolismo e gerar calor. Esses mecanismos garantem com que o corpo mantenha o equilíbrio térmico mesmo diante de diferentes condições ambientais (McArdle; Katch, e Katch; 2016; Power; Howley, 2014; Brown; Miller; Eason, 2006).

Conforme estudo de Yokota *et al.* (2014), não existem atualmente parâmetros seguros de utilização do EPI em DBNQR, e sim o gerenciamento do risco associado, por meio do tipo de proteção, descanso, hidratação e métodos de resfriamento antes do exercício. Dessa forma, caso o indivíduo não seja capaz de regular a temperatura para uma situação aceitável, podem ocorrer complicações decorrentes da falha na compensação cardiovascular frente ao estresse térmico, incluindo câibras, exaustão por calor e intermação, que são as principais manifestações em ordem crescente de gravidade. É essencial compreender e identificar também sinais anormais de estresse térmico, como sede, cansaço, sensação de embriaguez e distúrbios visuais, para prevenir a evolução para enfermidades induzidas pelo calor e conhecer os limites dos tripulantes em voo de DBNQR (McArdle; Katch, e Katch; 2016).

Sendo assim, para garantia da eficiência da missão e segurança de voo, é necessário que todos os tripulantes estejam bem fisiologicamente, psicologicamente e cognitivamente (Brasil, 2022b). Ademais, a falta de estudos que levem em consideração condições ambientais locais e questões operacionais tornam-se essências para compreender os aspectos envolvidos em missão de EVAM em DBNQR e ampliar o conhecimento sobre o uso do EPI em relação aos efeitos fisiológicos dos indivíduos.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é realizar revisão conceitual e narrativa, bem como descrever e compreender os conceitos e os mecanismos homeostáticos para controle da temperatura em ambientes extremos (temperaturas altas), relacionando-a com o uso da roupa contra agentes BNQR.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Método

Para esse estudo foram utilizadas literaturas aliadas a partir de livros de fisiologia do exercício e literatura crítica, para encontrar os efeitos do uso do EPI de DBNQR sobre o controle homeostático da temperatura, a partir das

seguintes bases científicas eletrônicas de pesquisa: National Library of Medicine (MEDLINE) e Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde. Na primeira busca, definiu-se como variável independente o EPI em DBNQR e como variáveis dependentes fatores relacionados à fadiga mental e física; na segunda, utilizou-se como variável independente a homeostase e termorregulação do corpo e como variáveis dependentes, fatores relacionados à exposição a ambientes de altas temperaturas. Os descritores foram obtidos a partir de consultas nas bases Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e Medical Subject Headings (MeSH).

2.2. Conceitos de fisiologia

No âmbito deste estudo, é importante estabelecer a definição de homeostase, que é o processo que garante a estabilidade do ambiente interno do corpo, mantendo as condições ideais para o funcionamento dos sistemas fisiológicos (Power; Howley, 2014). Diversas variáveis fisiológicas corporais, como glicemia, pressão arterial, concentrações de oxigênio e gás carbônico e temperatura corporal, servem de parâmetro para avaliar a manutenção ou estabilidade da homeostasia (Power; Howley, 2014; McArdle; Katch, e Katch; 2016).

A termorregulação, processo auxiliar a homeostase, representa a capacidade do corpo humano de regular a temperatura para condições ideais, que fica em média de 36,6°C (Périard *et al.*, 2020). Segundo a literatura, valores abaixo de 35°C são denominados de hipotermia (Power; Howley, 2014), enquanto acima de 40,5°C, denominados de hipertermia (Savioli *et al.*, 2022), que também pode ser definida por quando a produção de calor supera a capacidade do organismo de dissipar o calor (De Camargo, 2011). Para a mensuração da temperatura corporal, os autores McArdle; Katch, e Katch; 2016, salientam a necessidade de considerar que:

A temperatura oral não mede de forma acurada a temperatura central após um exercício extenuante. A temperatura retal após uma corrida de 14 milhas em um clima tropical era, em média, de 39,7°C, enquanto a temperatura oral se mantinha surpreendentemente normal em 36,6°C. Parte da discrepância reside nos efeitos do resfriamento evaporativo da boca e das vias respiratórias sobre a temperatura oral durante os altos níveis de ventilação pulmonar do exercício. (McArdle; Katch, e Katch; 2016, p. 948)

O sistema regulatório homeostático do corpo humano é complexo e fundamentado, em grande parte, no feedback negativo (Guyton; Hall, 2014; Power; Howley, 2014). Esse sistema é composto por receptores, denominados aferentes, localizados na pele e em órgãos viscerais que são sensíveis à temperatura central do corpo (Cramer *et al.*, 2022), além do hipotálamo, que centraliza essas informações e desempenha um papel crucial na termorregulação (McArdle; Katch e Katch, 2016). Os efetores são estruturas ou órgãos que respondem aos sinais do hipotálamo para promover a conservação ou a dissipação de calor, sendo fundamentais para manter a temperatura corporal dentro de limites adequados (Savioli *et al.*, 2022).

Quando o sistema de termorregulação funciona de maneira eficaz, é previsto que haja pequenas oscilações na temperatura interna do organismo, de forma a manter o todo estável (Power; Howley, 2014). Os meios de transferência do calor ocorrem por meio de trocas secas, como a radiação (emissão de calor pelo corpo por ondas eletromagnéticas), condução (contato entre as moléculas) e convecção (movimentação de água ou ar) e por meio de trocas úmidas, como a evaporação, que se dá principalmente pelo suor (De Camargo; Furlan, 2011). Em conjunto, esses processos garantem a manutenção da temperatura corporal em condições adequadas (Savioli *et al.*, 2022).

Em ambientes com exposição a altas temperaturas, é comum a retenção de calor pelo corpo, levando ao aumento da temperatura corporal e a danos agravados por hipóxia relativa, devido ao aumento das demandas metabólicas (Savioli *et al.*, 2022; Cramer *et al.*, 2022). Nesse cenário, o sistema termorregulatório atua por meio dos sistemas passivo e ativo para prevenir um aumento excessivo de temperatura. O sistema passivo comprime as estruturas anatômicas para modular as taxas de fluxo de calor nos tecidos, na pele e no ambiente, enquanto o sistema ativo, por sua vez, promove a vasodilatação e o suor (Cramer *et al.*, 2022; Laitano *et al.*, 2019).

Quando a produção de energia corporal ultrapassa a zona de equilíbrio térmico, surgem condições de estresse térmico, que podem ocorrer com elevações da temperatura corporal central menor que 1°C, evidenciadas por sintomas como vasodilatação periférica, sudorese, alterações cardíacas (taquicardia, aumento do débito cardíaco), “estresse renal” (decorrente de desidratação) e disfunção orgânica (devido à redução do fluxo sanguíneo) (Parolin *et al.*, 2009; Bein, 2023). Esses sintomas relacionados ao calor refletem em doenças como edema de calor e câibras, exaustão por calor e insolação, ao passo que podem ser categorizadas conforme a temperatura corporal central (Bein, 2023).

Os estágios de estresse induzido por calor podem ser descritos em um espectro, no qual a tensão térmica conduz à exaustão, lesões e, por fim, insolação e/ou intermação (Laitano *et al.*, 2019). A progressão da doença nem sempre segue um padrão claro e linear. A resposta do ser humano às sensações corporais ainda requer discussões mais aprofundadas, especialmente em circunstâncias extremas, como estresse térmico, traumas, nas quais os mecanismos de termorregulação podem resultar em danos severos ou fatais (MacDonald *et al.*, 2023).

Os sintomas associados a temperaturas corporais centrais inferiores a 38,3°C incluem inchaço nas extremidades, pele úmida, câibras, aumento da circulação sanguínea na superfície da pele, sudorese, início de edema cerebral, hiperatividade muscular e desequilíbrio de fluidos e eletrólitos (Cramer *et al.*, 2022). Para temperaturas entre 38,3°C e 40°C, indicativas de exaustão induzida por calor, os sintomas englobam síncope, tontura, perda temporária de consciência, náusea, vômito, taquicardia, pele fria e úmida, com vasodilatação periférica pronunciada e disfunção orgânica incipiente como reações fisiológicas (Cramer *et al.*, 2022).

Por fim, em temperaturas superiores a 40°C, que caracterizam a insolação (ou intermação), surgem sintomas como distúrbios qualitativos e quantitativos

da consciência, convulsões, coma, taquicardia, hiperventilação, entre outros, com falhas graves na termorregulação, vazamento de endotoxinas, Síndrome da Resposta Inflamatória Sistêmica (SIRS), apoptose celular e disfunção multiorgânica (Bein, 2023). “A intermação, a mais séria e complexa das enfermidades devido ao estresse induzido pelo calor, requer assistência médica imediata” (McArdle; Katch, e Katch; 2016, p. 947).

2.3 Efeito do EPI em DBNQR sobre a temperatura

As atividades desenvolvidas pelos tripulantes a bordo de uma aeronave vão além das habilidades psicomotoras, abrange as habilidades técnicas e não técnicas. No caso do 3º/8º GAV, em relação aos pilotos, além de pilotar a aeronave, eles gerenciam sistemas, planejam rotas, monitoram condições meteorológicas, comunicam-se com o controle de tráfego aéreo e gerenciam a cabine. Em relação aos tripulantes, como o mecânico e o operador de equipamento, são os responsáveis por auxiliar os pilotos em questões técnicas da aeronave, orientá-los em relação a pousos e decolagens, devido a maior mobilidade (podendo até colocar o corpo para fora do helicóptero e visualizar melhor os obstáculos), e gerenciar a movimentação na cabine de carga/passageiros. Todos cumprindo as suas respectivas atividades de acordo com a formação e manutenção operacional (Brasil, 2022a).

No caso das habilidades desenvolvidas pelos tripulantes para voos específicos de EVAM em DBNQR, é necessário além do que foi descrito acima, uma ambientação com o tipo de vestimenta, que é o caso do macacão em carvão ativado, botas, luvas, e máscara de oxigênio (Brasil, 2022a). Este EPI é utilizado por cima do EPI de voo convencional (macacão anti-chamas), o que está relacionado ao fator de proteção, constatado em estudos com combinações das peças dos uniformes e EPIs (Bogerd; Langenberg; DenHartog, 2018).

A eficácia do uso de roupa de proteção por cima do EPI convencional de voo foi observado em testes realizados com quatro variações de trajes, são eles: próxima a pele (com proteção em DBNQR), uniforme de batalha (com proteção em DBNQR), próxima a pele (com proteção em DBNQR) mais uniforme de batalha (com proteção em DBNQR) e próxima a pele (com proteção em DBNQR) mais uniforme convencional de batalha (sem proteção em DBNQR); sendo constatado que quanto maior o fator de proteção na combinação de camadas de uniforme, maior o risco associado a enfermidades de altas temperaturas (Bogerd; Langenberg; DenHartog, 2018). Sendo assim, a combinação de uniformes pode ser pensada quando se coloca em pauta o risco associado de contaminação e o teatro de operações.

O macacão de carvão ativado utilizado pela FAB como EPI é da marca *Saratoga Blücher Technologies* e protege contra todos os agentes de guerra química conhecidos que danificam e penetram na pele (Blücher, 2013). Além disso, esse macacão de proteção em DBNQR é fabricado a partir de um composto têxtil de duas camadas de tecido permeável ao ar, a camada externa e a camada interna. Na camada externa, é impregnado tratamento de repelência a óleo e

água e a camada interna (laminado filtrante), que é um compósito laminado, ainda é subdividido em mais três camadas: de cobertura, mais próxima ao tecido externo, de esferas de carbono ativado (camada adsorvente) e a de tecido de malha tricotada, mais próxima à pele (Blücher, 2013).

Além do uso em camadas de uniforme e de tecidos, este tipo de EPI aumenta o isolamento do corpo com o meio externo devido a característica de baixa a permeabilidade do ar, o que dificulta a ventilação do ar entre a pele e o ambiente. Quanto menor essa permeabilidade, menor será a capacidade de autorregulação da temperatura corporal (Brasser, 2010; Havenith; Den Hartog; Martini, 2011). Importante consideração tendo em vista a variação climática no ambiente operacional.

O tempo de tolerância ao uso do EPI é inversamente proporcional ao perfil de trabalho a ser executado e a carga de trabalho, não confirmando a relação com a temperatura externa e umidade, segundo Martins *et al.* (2023). Entretanto, Parolin *et al.* (2009, p. 226) estabelece que “a troca de calor com o ambiente depende do gradiente de temperatura e umidade, à medida que a temperatura ambiente e a umidade aumentam, a eficácia na transferência de calor é reduzida”, bem como Butler *et al.* (2023) afirma que o exercício e esforço físico em ambientes quentes e úmidos impacta na performance e coloca o indivíduo em situação de risco para intermação.

Cabe ainda destacar que a hidratação é um fator relevante quanto ao tempo de tolerância operando com o uso do EPI proposto, mesmo que não seja possível repor os eletrólitos com o traje em DBNQR, devido às máscaras utilizadas em cada traje. Os estudos de Mclellan e Cheung (2000) demonstraram que a reidratação antes da atividade tem influência positiva direta na tolerância ao uso do EPI, entretanto possui resultado marginal quando é feita durante o esforço para estados físicos em que não é possível compensar a indução do calor por altas temperaturas.

Para tentar reduzir os efeitos do uso do EPI em DBNQR, Kenny *et al.* (2011) realizaram um estudo com coletes de resfriamento por gelo, por meio de um protocolo em que os voluntários realizaram uma caminhada em esteira dentro de uma câmara a 35°C e 65% de umidade relativa por 120 minutos. Os resultados mostraram que com roupas leves, todos terminaram o experimento, com o EPI em DBNQR apenas 4 terminaram, e com o EPI em DBNQR mais o equipamento de resfriamento, 9 conseguiram terminar o teste.

Os autores Maley *et al.* (2020) também avaliaram a possibilidade de resfriamento do corpo antes e durante a caminhada em esteira com 35°C e 50% de umidade e obtiveram um resultado positivo em relação ao grupo controle. As tentativas avaliaram tanto o resfriamento da roupa por gelo (-18°C) ou água (10°C), como a ingestão de gelo (-2°C) antes do esforço e também um sistema de resfriar a roupa durante o uso (14°C). Todos os experimentos trouxeram um aumento no tempo de tolerância com o uso do EPI.

Outro recurso estudado foi o da aclimação, em que foram comparados os valores obtidos em testes de antes e depois da aclimação de cinco dias com o

uso do EPI de DBNQR. A pesquisa demonstra uma melhora nos parâmetros fisiológicos (como temperatura da pele, percepção subjetiva de esforço, perda de peso e temperatura retal) em relação ao primeiro para o quinto dia; entretanto, as respostas do corpo quando operando com trajés em DBNQR não surtiram efeito considerável fisiológico ou benefício percentual (Seo *et al.*, 2018).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo buscou-se identificar as relações base do entendimento acerca do funcionamento do corpo humano e o uso de equipamentos de proteção específico para a atividade de DBNQR. Buscou-se associar conceitos de fisiologia como a homeostase e a termorregulação a respostas do funcionamento do corpo humano frente ao uso do EPI, a diferentes conceitos de confecção do material protetivo, bem como a fatores relacionados ao ambiente, a hidratação, a aclimatação e a adaptação à roupa.

REFERÊNCIAS

- BAKER, L. B. Physiology of sweat gland function: The roles of sweating and sweat composition in human health. **Temperature**, v. 6, n. 3, p. 211–259, 2019.
- BEIN, T. Pathophysiologie und Management der Hitzeerkrankung. **Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin**, v. 119, n. 5, p. 373–380, 2024.
- BLÜCHER. **Instruction Manual CBRN Protective Coverall**, Issue 2013. Disponível em: <<https://www.saratoga.gr/wp-content/uploads/2019/06/Instruction-Manual-PP12-with-CE-certification.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2024.
- BOGERD, C. P.; LANGENBERG, J. P.; DENHARTOG, E. A. A novel adjustable concept for permeable gas/vapor protective clothing: Balancing protection and thermal strain. **Annals of Work Exposures and Health**, v. 62, n. 2, p. 232–242, 2018.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-6: Doutrina de preparo e emprego da FAB em missões de transporte na defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear (DQBRN)**. Brasília, DF, 2014.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **DCA 1-1: Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira - Volume 2**. Brasília, DF, 2020.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Instrução do Comando de Preparo sobre o Programa de Elevação Operacional nº 14C (INPREP/PEVOP/14C) - **Programa de Elevação Operacional - PEVOP H-36**. Brasília, DF, 2022a.

- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **MCA 3-10: Manual do Facilitador de CRM (Corporate Resource Management)** da Força Aérea Brasileira. Brasília, DF, 2022b.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Política nacional de defesa**. Estratégia nacional de defesa. Brasília, DF, 2024.
- BROWN, S. P.; MILLER, W. C.; EASON, J. M. **Exercise Physiology: Basis of human movement in health and disease**. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. 489 p.
- BRASSER, P. Optimizing the protection against the physiological burden of CBRN clothing. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**: JOSE, v. 16, n. 2, p. 153–168, 2010.
- BUTLER, C. *et al.* Current clinical concepts: Heat tolerance testing. **Journal of Athletic Training**, v. 58, n. 2, p. 84–90, 2023.
- CRAMER, M. N. *et al.* Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury. **Physiological Reviews**, v. 102, n. 4, p. 1907–1989, 2022.
- DE CAMARGO, M. G.; FURLAN, M. M. D. Resposta Fisiológica do Corpo às Temperaturas Elevadas: Exercício, Extremos de Temperatura e Doenças Térmicas. **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 2, 2011.
- HAVENTH, G.; DEN HARTOG, E.; MARTINI, S. Heat stress in chemical protective clothing: porosity and vapour resistance. **Ergonomics**, v. 54, n. 5, p. 497–507, 2011.
- KENNY, G. P. *et al.* Ice cooling vest on tolerance for exercise under uncompensable heat stress. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 8, n. 8, p. 484–491, 2011.
- KLOMPMAKER, J. O. *et al.* Long-term exposure to summer specific humidity and cardiovascular disease hospitalizations in the US Medicare population. **Environment International**, v. 179, n. 108182, p. 108182, 2023.
- LAITANO, O. *et al.* Controversies in exertional heat stroke diagnosis, prevention, and treatment. **Journal of Applied Physiology**, v. 127, n. 5, p. 1338–1348, 2019.
- MACDONALD, R. C. *et al.* Consideration of the importance of measuring thermal discomfort in biomedical research. **Trends in Molecular Medicine**, v. 29, n. 8, p. 589–598, 2023.
- MALEY, M. J. *et al.* Extending work tolerance time in the heat in protective ensembles with pre- and per-cooling methods. **Applied Ergonomics**, v. 85, n. 103064, p. 103064, 2020.
- MARTINS, F. K. *et al.* Fatores associados ao tempo de permanência em atividades dos militares trajando Equipamentos de Proteção

Individual contra Agentes Nucleares, Biológicos, Químicos e Radiológicos. **Coleção Meira Mattos**. Rio de Janeiro, v. 17, n.59, p. 237-257, 2023.

MCARDLE, W.; KATCH, I.; KATCH, L. **Fisiologia do Exercício: Nutrição, Energia e Desenvolvimento Humano**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

MCLELLAN, T. M.; CHEUNG, S. S. Impact of fluid replacement on heat storage while wearing protective clothing. **Ergonomics**, v. 43, n. 12, p. 2020–2030, 2000.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. ATP-65 - The effect of wearing NBC individual protection equipment on individual and unit performance during military operations. **NATO Standardization Agency (NSA)**, 2004.

PAROLIN, M. B. *et al.* Insuficiência hepática fulminante por intermação induzida por exercício. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 3, p. 224–227, 2009.

PÉRIARD, J. D.; EIJSVOGELS, T. M. H.; DAANEN, H. A. M. Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. **Physiological Reviews**, v. 101, n. 4, p. 1873–1979, 2021.

POWERS, S.; HOWLEY, E. **Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 8. ed. Barueri: Manole, 2014.

SAVIOLI, G. *et al.* Heat-related illness in emergency and critical care: Recommendations for recognition and management with medico-legal considerations. **Biomedicines**, v. 10, n. 10, p. 2542, 2022.

SEO, Y. *et al.* Effects of 5-Day Heat Acclimation on Workers Wearing Personal Protective Clothing. **Journal of Exercise and Nutrition**, 2018.

YOKOTA, M.; KARIS, A. J.; THARION, W. J. Thermal-work strain in law enforcement personnel during chemical, biological, radiological, and nuclear (CBRN) training. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 20, n. 2, p. 126–133, 2014.

Os testes físicos desenvolvidos para prever o desempenho operacional: a exploração das normas e publicações científicas

Marcos Antônio de Souza Filho (3ºBt Inf Fuz Nav - MB)
Alexander Barreiros Cardoso Bomfim (UNIFA - FAB)

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi de mapear os métodos de desenvolvimento de testes físicos que possam prever o desempenho operacional de militares, comparando-os com o estabelecido pelo Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil.

Palavras-chave: Desempenho Humano Operacional, militares; teste de esforço; desempenho profissional.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação dos aspectos físicos e de saúde é crucial para assegurar que os militares desempenhem suas funções com segurança e eficácia, além de identificar riscos à saúde e lesões potenciais, permitindo tratamento precoce antes que esses problemas se tornem crônicos (Wise; Trigg, 2020). Essa avaliação pode ser realizada por meio de testes físicos, que se dividem em três categorias: Genéricos, que avaliam capacidades físicas gerais sem se relacionarem diretamente com funções específicas do trabalho; Específicos, que se referem a tarefas militares, mas não necessariamente a uma tarefa específica, podendo envolver variações menos exigentes ou com alguma semelhança com o trabalho; e Tarefas Simuladas (TS), que recriam situações reais de combate, baseando-se em tarefas específicas (Payne; Harvey, 2010).

Forças Armadas e Auxiliares exigem a realização regular de testes de aptidão física para seus militares (Panichkul *et al.*, 2007) Esses testes fornecem aos comandantes informações cruciais sobre os níveis de aptidão física e a eficácia dos regimes de treinamento, incentivando a manutenção da prontidão física e da preparação individual. No entanto, frequentemente, esses testes se limitam apenas a avaliações genéricas (Knapik; Sharp, 1998; Kraemer *et al.*, 2001).

Embora existam evidências de que diferentes variáveis de aptidão possam estar associadas ao desempenho em tarefas ocupacionais, ainda não há consenso sobre a adequação dos testes utilizados para medir esses atributos e se há uma conexão entre essas medidas e tarefas específicas do desempenho militar (Orr *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2020). Além disso, os testes genéricos têm sido criticados por suas limitações na avaliação da aptidão para combate, pois podem não refletir com precisão ou ter baixa correlação com habilidades físicas cruciais relacionadas as Tarefas de Combate Fisicamente Exigentes (TCFE), que são definidas como um conjunto de técnicas, habilidades e desempenho crítico para o desempenho de uma função operacional e prontidão de uma tropa (Vaara *et al.*, 2022).

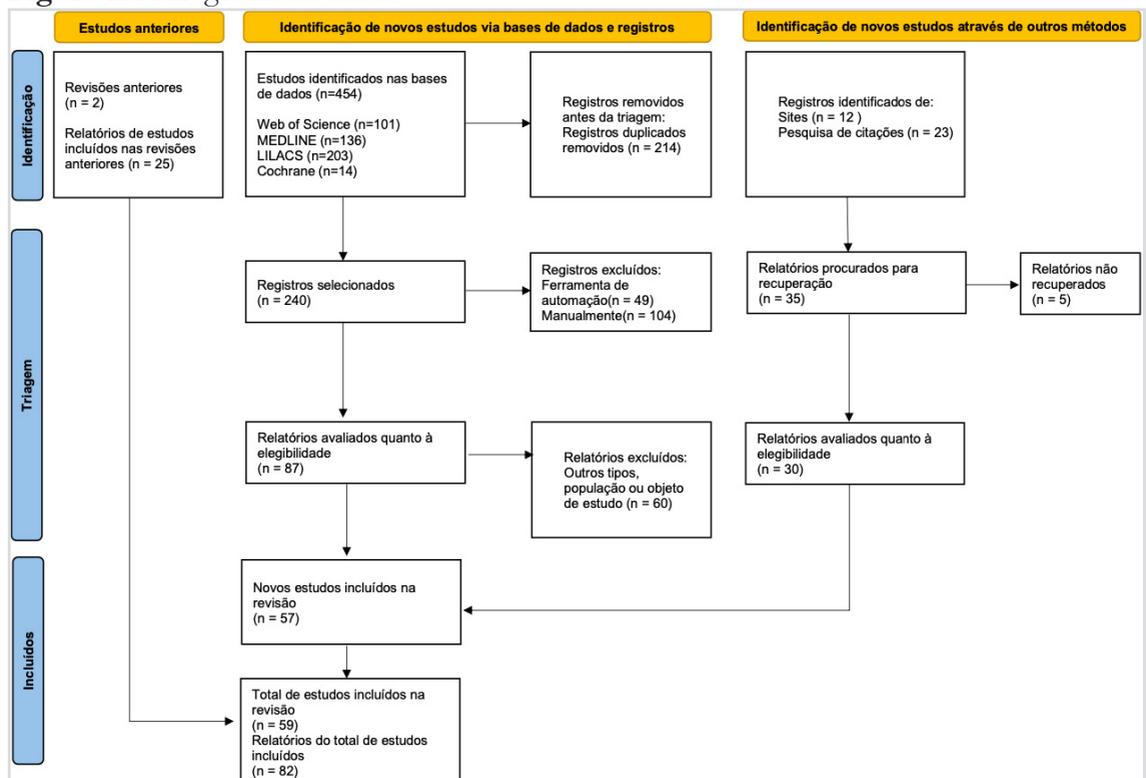
Considerando a variedade de testes físicos e seus diferentes propósitos definidos por cada Força Armada ou Auxiliar ao utilizá-los para avaliar seus combatentes, o presente estudo teve como objetivo mapear os métodos de desenvolvimento de testes físicos que possam prever o desempenho operacional de militares, comparando-os com o estabelecido pelo Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Fontes de informação e estratégia de busca

Foi realizada uma busca nas bases de dados WEB OF SCIENCE, MEDLINE, LILACS e COCHRANE, utilizando os bancos de dados através da internet, além de consultadas as páginas oficiais de outras forças. E para as TCFE de militares Fuzileiros Navais de Infantaria foi utilizado o repositório de publicações normativas do CFN. Os descritores para busca nas plataformas foram elencados através das bases Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e *Medical Subject Headings* (MeSH), sendo: “*Physical Fitness Test*”, “*military personnel*” e “*Task Performance*” e as equações de busca foram elaboradas com os operadores de lógica booleana AND (entre os descritores) e OR (entre os sinônimos “*Exercise Test**”, “*Fitness Test**” e “*Physical Fitness*”; “*Military*”, “*Soldier**” e “*Tactical athlete*”; e “*Military tasks*” respectivamente). 59 estudos foram incluídos na revisão, conforme o fluxograma da Figura 1. E para as TCFE do CFN foi realizada uma busca por trechos indicativos de tarefas ou capacidades essenciais, por exemplo: “o combatente deverá” e “estar familiarizado”, nos principais manuais que versam sobre o militar Fuzileiro Naval de infantaria e suas atribuições.

Figura 1: Fluxograma de busca



Fonte: os autores

2.2 Dados extraídos da literatura científica

Um dos primeiros registros encontrados de um teste físico de combate foi realizado pela Guarda de Defesa do Aeródromo da Austrália em colaboração com a Universidade de *Ballarat*. O estudo visava identificar testes que melhor previssem as demandas físicas enfrentadas pelos soldados, seguindo um processo semelhante ao que seria descrito mais tarde por Reilly e colaboradores (2015). Esse processo incluiu a revisão de pesquisas existentes sobre tarefas militares, análises de declarações de competência e manuais, além de questionários com especialistas e visitas técnicas. Durante o estudo, foram identificadas e analisadas as tarefas, demandas físicas e efeitos cognitivos, além dos riscos de lesão e critérios para os testes de desempenho físico (Harvey, 2006).

Para aprimorar a previsão das capacidades funcionais militares e incluir aspectos anteriormente não avaliados, o *Combat Fitness Test* (CFT) foi introduzido em 2008 como um complemento ao *Physical Fitness Test* (PFT) no *US Marine Corps* (USMC). Enquanto o PFT permaneceu com a avaliação da aptidão física geral, o CFT passou a avaliar a capacidade funcional (Keefer; Debeliso, 2020). O Exército Alemão, seguiu uma abordagem semelhante ao implementar seu teste físico voltado para a saúde em 2010, e mais tarde desenvolvendo um teste de combate para avaliar a aptidão para atividades operacionais. Os estudos começaram em 2015 e o teste foi implementado em 2019 (Rohde; Rütter; Leyk, 2017; Streitkräftebasis, 2019).

Paralelamente, o Exército dos Estados Unidos da América (EUA) iniciou o desenvolvimento de um novo teste em 2012, que culminou na implementação do *Army Combat Fitness Test* (ACFT) em 2022. Com estudos importantes, como o de Redmond e colaboradores (2015) que mapeou as TCFE do exército americano, encontrou 32 tarefas e forneceu conceitos importantes de tais tarefas, como definição e demandas físicas mais exigidas em cada uma, e outros estudos que mostraram que o *Army Physical Fitness Test* (APFT) tinha uma correlação de 30% a 40% com as exigências de combate, enquanto o ACFT alcançou mais de 80%. Por fim, uma revisão sistemática e as recomendações do Conselho de Supervisão de Segurança da Defesa dos EUA ajudaram a identificar as características físicas associadas às tarefas críticas e os treinamentos necessários, resultando na seleção dos testes mais eficazes para prever o desempenho nas atividades militares (Freitas, 2019).

O Exército Britânico também adotou uma abordagem semelhante em 2014, entretanto, com isenção de gênero para fornecer padrões comuns para todos os militares, diferentemente do ACFT. Dentre as TS, foram utilizadas tarefas de elevação, uma tarefa de transporte, tarefas repetitivas de elevação e transporte e tarefas de marcha carregada. E para prever tais TS, foram avaliados antropometria, composição corporal, força estática, força dinâmica, resistência muscular e potência aeróbica (Rayson; Holliman; Belyavin, 2000).

Já no Canadá, o *FORCE Program* foi implementado em 2013 para avaliar anualmente as capacidades físicas dos militares. O teste *FORCE*, que inclui medidas de circunferência abdominal e estimativa do VO2 máx, visa fornecer

um perfil fitness completo, levando em consideração subtestes específicos relacionados às TS (Botta; Campos, 2020; Gagnon *et al.*, 2015).

De um total de 52 instituições encontradas na busca nas bases de dados e páginas oficiais das Forças, 30 realizam testes físicos voltados para a Capacidade Funcional, a saber: *US ARMY Ranger*, Forças Armadas da Austrália, Noruega, República Tcheca, Filipinas, Holanda, Finlândia, Nova Zelândia, Áustria, Academia da força Aérea da Coreia, *Philippine Army Officer Candidate School*, Polícia da Nova Zelândia, *Royal Canadian Mounted Police* (Canadá), *Government Nova Scotia* (Canadá) *Dutch Police*, Polícia dos EUA, *Special Weapons and Tactics* (SWAT), Bombeiros dos EUA, Bombeiros do Canadá, Bombeiro de São Paulo, *Federal Bureau of Investigation* (FBI), Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, além das instituições citadas nos parágrafos anteriores, juntamente a sua história de desenvolvimento do teste. Esses testes, por vezes realizados com o uniforme de combate ou uniforme utilizado para as tarefas específicas foram implementados a partir do ano 2000 e refletem uma tendência recente de criar critérios funcionais específicos para a avaliação de desempenho (Angeltveit *et al.*, 2016; Barringer *et al.*, 2019; Dawes *et al.*, 2022; Kärki 2023; *Federal Bureau of Investigation* (FBI), (2024); *New Zealand Defence Force* (NZDF), 2015; *Australian Defence Force*, 2024; Highsmith *et al.*, 2016; Koedijk *et al.*, 2020; Lockie *et al.*, 2018; Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2006; *Philippine Army Officer Candidate School* (PAOCS), 2024; Scotia, 2024; Shin e Jee, 2019; Siddall *et al.*, 2018; Stanish; Wood e Campagna, 1999; Winkelmann *et al.*, 2019).

Em meio ao desenvolvimento dos testes supracitados, uma reunião, com 20 especialistas da Força Aérea, Exército, USMC, Marinha e acadêmicos dos EUA, foi realizada para discutir o estado dos testes de desempenho físico em todo o mundo. Os especialistas classificaram 9 tarefas militares comuns (saltar obstáculos, mover-se com agilidade, transportar cargas pesadas, arrastar cargas pesadas, correr longas distâncias, mover-se rapidamente em distâncias curtas, escalar obstáculos, levantar objetos pesados, carregar) e avaliaram quais componentes da aptidão física (aptidão aeróbica, força muscular, resistência muscular, flexibilidade, composição corporal, velocidade, agilidade, potência, coordenação, equilíbrio e tempo de reação) eram mais determinantes em cada uma dessas tarefas. Além disso, o estudo sugere testes genéricos para avaliar cada um dos componentes da aptidão física (Nindl *et al.*, 2015).

Achados importantes foram fornecidos por uma revisão sistemática com meta-análise, a partir de 27 estudos selecionados, foram geradas mais de 500 correlações entre testes de condicionamento físico e 12 categorias comuns de TS. Os testes de condicionamento físico foram agrupados em componentes predominantes de condicionamento físico relacionados à saúde e regiões do corpo: resistência cardiorrespiratória; resistência muscular da parte superior do corpo, tronco e parte inferior; força muscular da parte superior do corpo, tronco e parte inferior; e flexibilidade (Hauschild *et al.*, 2014).

Além dos estudos citados anteriormente, há 2 revisões sobre o assunto, com o objetivo de compreender como as TS têm sido utilizadas entre

militares em todo o mundo e identificar os métodos de treinamento físico que melhoraram a prontidão física dos militares por meio da avaliação de tarefas de combate. Na primeira revisão, a partir de 17 estudos encontrados, concluiu-se que TS envolvendo carregamento de peso, corridas curtas, deslocamentos em pistas de obstáculos, descarga de peso em trechos curtos e tarefas relacionadas ao resgate e transporte de vítimas foram mais frequentes. Outros achados importantes foram que circuitos compostos por diversas tarefas pode ser a forma mais eficaz de avaliar os profissionais, e que testes também devem ser pensados utilizando roupas e cargas usados nas missões reais (Botta; Santos; Borin, 2022). Na segunda revisão, a partir de 8 estudos selecionados, foram identificadas outras formas de avaliar o desempenho em combate, por exemplo: teste de uma repetição máxima (1RM) de elevação de caixa, corrida com carga, marcha com carga, fogo e movimento Simulados, resgate de vítimas, corridas curtas, *sprints*, arrastar, carregar, circuito operacional (Magraner; Botta; Borin, 2024).

2.3. Dados extraídos dos documentos normativos

Para encontrar as TCFE do CFN, foram analisados os principais manuais sobre Infantaria do CFN, a saber: série CGCFN-31, CGCFN-1003 - MANUAL BÁSICO DO FUZILEIRO NAVAL; CGCFN-1004 - MANUAL DO COMBATENTE ANFÍBIO; e NORFORESQ N° 30-05F - Apêndice I ao anexo A - REQUISITOS MÍNIMOS INDIVIDUAIS DE ADESTRAMENTO COMUNS A TODOS OS FN DA FFE (Brasil, 2021; Brasil, 2020a; Brasil, 2020b; Brasil, 2020c; Brasil, 2008a; Brasil, 2008b; Brasil, [s.d.]).

Não foi localizada nenhuma seção específica sobre as TCFE exigidas dos Fuzileiros Navais, dessa forma, foi realizada uma busca por trechos indicativos de tarefas ou capacidades essenciais, obtendo os seguintes resultados: “utiliza-se a marcha normal”, “recordar os procedimentos para o transbordo”, “aproveitando cobertas e abrigos”, “usando fogo e movimento”, avançar tão rapidamente quanto possível para as novas posições de tiro “, “arrastando-se ou rastejando”, “correrá em zigue-zague”, “jogar-se-á ao solo e rolará para um dos lados”, “(realizar) limpeza de campos de tiro”, “cavar posições defensivas”, “praticar os procedimentos de abandono (de embarcações)”, “esteja familiarizada com o procedimento a ser utilizado por ocasião do transbordo”, “(realize) transposição de obstáculos, particularmente de cursos d’água”, “(ser capaz de) natação utilitária”, “(ser capaz de) remover as baixas”, “(realizar) transporte (carregar e movimentar o) de feridos”, “realização de trabalhos de organização do terreno ([...] colocação de sacos de areia)”, “deitar-se para observar”, “deverá aferrar”, “deslocar-se por lanços curtos”, “correndo ou rastejando”, “progredir com a maior rapidez possível”, “(deverá) caminhar agachado”, “(deverá) buscar seus suprimentos” e “lançar granadas”.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Parece haver uma tendência de atualização de testes físicos a fim de prever a capacidade funcional com base nas TCFE de cada instituição. Os trechos referentes às TCFE do CFN descritos nos manuais aproximam-se das tarefas militares comuns descritas na literatura, o que pode facilitar a escolha e definição de possíveis TS e testes físicos capazes de prever tais TCFE em estudos futuros. Não obstante, algumas TCFE não foram encontradas na literatura, como as tarefas aquáticas e de transbordo, e não existe uma seção específica sobre as TCFE nos manuais, dessa forma, sugere-se uma confirmação por especialistas a fim de gerar validade de conteúdo às TCFE do CFN, uma vez que sua estrita definição caracteriza uma das fases iniciais da atualização de um teste existente ou desenvolvimento de um complemento.

REFERÊNCIAS

- ANGELTVEIT, A.; PAULSEN, G.; SOLBERG, P.A.; RAASTAD, T. Validity, Reliability, and Performance Determinants of a New Job-Specific Anaerobic Work Capacity Test for the Norwegian Navy Special Operations Command. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 487–496, fev. 2016.
- AUSTRALIAN DEFENCE FORCE. **Fitness requirements**. Disponível em: <https://www.adfcareers.gov.au/careers/joining/fitness-requirements>. Acesso em: 14 ago. 2024
- BARRINGER, N. D.; MCKINNON, C. J.; O'BRIEN, N. C; KARDOUNI, J. R. Relationship of Strength and Conditioning Metrics to Success on the Army Ranger Physical Assessment Test. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 4, p. 958–964, abr. 2019.
- BOTTA, W.; CAMPOS, F. Validation of physical tests to predict combat tasks performed by Brazilian Air Force Infantry cadets. jul. 2020.
- BOTTA, W.; SANTOS, J.; BORIN, J. Physical tests based on combat tasks: a systematic review. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 28, p. e10220012622, 2022.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **Normas sobre treinamento físico militar e testes de avaliação física na Marinha do Brasil. Comando geral do corpo de fuzileiros navais**. Rio de Janeiro - RJ, 2021.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **31.1 - Manual do Batalhão de Infantaria de Fuzileiros Navais. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais**. Rio de Janeiro - RJ, 2020a.

- BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **31.2 - Manual da Companhia de Infantaria de Fuzileiros Navais. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais.** Rio de Janeiro - RJ, 2020b.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **31.3 - Manual do Pelotão de Infantaria de Fuzileiros Navais. Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais.** Rio de Janeiro - RJ, 2020c.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-1003 - Manual Básico do Fuzileiro Naval.** Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. Rio de Janeiro - RJ, 2008a.
- BRASIL. Marinha do Brasil. Comando-Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. **CGCFN-1004 - Manual do Combatente Anfíbio.** Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. Rio de Janeiro - RJ, 2008b.
- BRASIL. **NORFORESQ N° 30-05F - Apêndice I ao Anexo A - Requisitos Mínimos Individuais de Adestramento Comuns a Todos os FN da FFE.** Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais. Rio de Janeiro - RJ, [s.d.].
- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Coletânea de manuais técnicos de bombeiros: manual de condicionamento físico.** 1. ed. São Paulo: CBPMESP, 2006. v. 31.
- DAWES, J. J. SCOTT, J.; CANETTI, E. F. D; LOCKIE, R. G; SCHRAM, B; ORR, R. M.. Profiling the New Zealand Police Trainee Physical Competency Test. **Frontiers in Public Health**, v. 10, fev. 2022.
- FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION (FBI). *Special agents physical requirements.* Disponível em: <https://fbijobs.gov/special-agents/physical-requirements>. Acesso em: 4 jul. 2024.
- FREITAS, A. C. DE. O novo teste de aptidão de combate do Exército dos EUA. **Doutrina Militar Terrestre em Revista.** Publicação do Exército Brasileiro, v. 7 n. 17, p. 62–69, 2019.
- GAGNON, P.; SPIVOCK, M.; REILLY, T.; MATTIE, P; STOCKBRUGGER, B.. The FORCE Fitness Profile—Adding a Measure of Health-Related Fitness to the Canadian Armed Forces Operational Fitness Evaluation. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. Supplement 11, p. S192–S198, nov. 2015.
- HARVEY, W. P.; NORMAS, J. **Normas de emprego físico de defesa projeto - Infantaria e Guardas de Defesa do Aeródromo. Relatório 9: Análise de tarefa de comércio: Infantaria e ADG.** Relatório DPESP. Universidade de Ballarat, set. 2006.

HAUSCHILD, V.; DEGROOT, D.; HALL, S.; DEEVER, K.; HAURET, K.; GRIER, T.; JONES, B. Correlations between Physical Fitness Tests and Performance of Military Tasks : A Systematic Review and Meta-Analyses. **PHR No. 12-02-0614**, jun. 2014.

HIGHSMITH, M. J.; KAHLE, J. T.; MIRO, R. M.; LURA, D. J.; CAREY, S. L.; WERNKE, M. M.; KIM, S. H.; QUILLEN, W. S.. Differences in Military Obstacle Course Performance Between Three Energy-Storing and Shock-Adapting Prosthetic Feet in High-Functioning Transtibial Amputees: A Double-Blind, Randomized Control Trial. **Military Medicine**, v. 181, p. 45–54, 2016.

KÄRKI, J. **Fyysinen toimintakyky avainasemassa sotilaalla.** (2023) Disponível em: <https://maavoimat.fi/-/fyysinen-toimintakyky-avainasemassa-sotilaalla>. Acesso em: 4 jul. 2024.

KEEFER, M.; DEBELISO, M. A Comparison of United States Marine Corps Physical Fitness Test and Combat Fitness Test Results. **International journal of exercise science**, v. 13, n. 4, p. 1741–1755, 2020.

KNAPIK, J. J.; SHARP, M. A. Task-specific and generalized physical training for improving manual-material handling capability. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 22, n. 3, p. 149–160, 1998.

KOEDIJK, M.; STUURMAN, H. F.; RENDEN, P. G.; HUTTER, R. I.; STRATING, M.; OUDEJANS, R. R. D.. The physical competence test of the Dutch National Police: The effects of wearing a police uniform on test performance. **Police Practice and Research**, v. 21, n. 3, p. 264–278, maio 2020.

KRAEMER, W. J.; MAZZETTI, S. A.; NINDL, B. C.; GOTSHALK, L. A.; VOLEK, J. S.; BUSH, J. A.; MARX, J. O.; DOHI, K.; GÓMEZ, A. L.; MILES, M.; FLECK, S. J.; NEWTON, R. U.; HÄKKINEN, K.. Effect of resistance training on women's strength/power and occupational performances. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 6, p. 1011–1025, jun. 2001.

LOCKIE, R.; DAWES, J.; BALFANY, K.; GONZALES, C.; BEITZEL, M.; DULLA, J.; ORR, R.. Physical Fitness Characteristics That Relate to Work Sample Test Battery Performance in Law Enforcement Recruits. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 11, p. 2477, nov. 2018.

MAGRANER, J. M.; BOTTA, W.; BORIN, J. P. Combat tasks and physical readiness of military personnel: a systematic review. **Motriz Revista de Educação Física**, v. 30, n. 1, p. e10240157, 1 abr. 2024.

NINDL, B. C.; ALVAR, B.A.; DUDLEY, J. R.; FAVRE, M.W.; MARTIN, G.J.; SHARP, M.A.; WARR, B.J.; STEPHENSON, M. D.; KRAEMER, W. J..Executive Summary From the National Strength and Conditioning Association's Second Blue Ribbon Panel on Military Physical Readiness. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. Supplement 11, p. S216–S220, nov. 2015.

NEW ZEALAND DEFENCE FORCE (NZDF) **Firefighter Physical Fitness Maintenance Program (FF PFMP)**. fev. 2015. Disponível em: <https://www.health.nzdf.mil.nz/your-health/body/nzdf-testing-and-sports/army-service-testing/>. Acesso em: 14 ago. 2024.

ORR, R.; SAKURAI, T.; SCOTT, J.; MOVSHOVICH, J.; DAWES, J.J.; LOCKIE, R.; SCHRAM, B. The Use of Fitness Testing to Predict Occupational Performance in Tactical Personnel: A Critical Review. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 14, 2021.

PANICHKUL, S.; HATTACHOTE, P.; NAPRADIT, P.; KHUNPHASEE, A.; NATHALANG, O.. Systematic Review of Physical Fitness Testing to Evaluate the Physical Combat Readiness of Royal Thai Armed Forces. **Military Medicine**, v. 172, n. 12, p. 1234–1238, dez. 2007.

PAYNE, W.; HARVEY, J. A framework for the design and development of physical employment tests and standards. **Ergonomics**, v. 53, n. 7, p. 858–871, jul. 2010.

PHILIPPINE ARMY OFFICER CANDIDATE SCHOOL (PAOCS) **Official page**. Disponível em: https://www.facebook.com/PhilippineArmyOfficerCandidateSchool?_rdc=2&_rdr. Acesso em: 14 ago. 2024.

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, jan. 2000.

REDMOND, J. E.; FOULIS, S.; WARR, B.; SAUERS, S.; WALKER, L.; CANINO, M.; HYDREN, J.; ZAMBRASKI, E.; FRYKMAN, P.; SHARP, M. **Development of a Physical Employment Testing Battery for Infantry Soldiers: 11B Infantryman and 11C Infantryman - Indirect Fire**. US Army Research Institute of Environmental Medicine Natick United States Technical Report, dez. 2015.

REILLY, T.J.; GEBHARDT, D.L.; BILLING, D.C.; GREEVES, J.P.; SHARP, M.A.. Development and Implementation of Evidence-Based Physical

Employment Standards. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. Supplement 11, p. S28–S33, nov. 2015.

ROHDE, U.; RÜTHER, T.; LEYK, D. Basic Military Fitness Tool (BMFT): A reliable field uniform-test for performance prediction of strength-related common military tasks. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, p. S170, nov. 2017.

SCOTIA, G. N. **Official page**. Disponível em: https://novascotia.ca/just/court_services/recruitment/copat.asp. Acesso em: 4 jul. 2024.

SHIN, S. e JEE, H. ACTN-3 Genotype, Body Composition, Fitness, and +G(z) Tolerance in Senior Cadets. **Aerospace medicine and human performance**, v. 90, n. 12, p. 1055–1060, 2019.

SIDDALL, A. G.; STEVENSON, R.; TURNER, P.; BILZON, J.. Physical and Physiological Performance Determinants of a Firefighting Simulation Test. **Journal of Occupational & Environmental Medicine**, v. 60, n. 7, p. 637–643, jul. 2018.

SILVA R. T.; CAMPOS F. A. D.; CAMPOS L. C. B.; TAKITO M. Y.; MIRON E. M.; PELLEGRINOTTI Í. L.; FRANCHINI E. Anthropometrical and Physical Fitness Predictors of Operational Military Test Performance in Air Force Personnel. **International journal of exercise science**, v. 13, n. 4, p. 1028–1040, 2020.

STANISH, H. I.; WOOD, T. M.; CAMPAGNA, P. Prediction of Performance on the RCMP Physical Ability Requirement Evaluation. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 41, n. 8, p. 669–677, ago. 1999.

STREITKRÄFTEBASIS, K. **Handanweisung Soldaten-Grundfitness-Tool „SGT“, Ausbildungssteuerungstool für Militärisches Fitnessstraining**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: https://wmm.pic-mediaserver.de/z202003/downloads/SGT_Handanweisung_190404_Intranet.pdf. Acesso em: 14 ago. 2024.

VAARA J. P.; GROELLER H.; DRAIN J.; KYRÖLÄINEN H.; PIHLAINEN K.; OJANEN T.; CONNABOY C.; SANTTILA M.; AGOSTINELLI P.; NINDL B.C. Physical training considerations for optimizing performance in essential military tasks. **European journal of sport science**, v. 22, n. 1, p. 43–57, 2022.

WINKELMANN, Z. K.; ROGERS, S. M.; EBERMAN, L.; GAMES, K. E.. The effect of structural firefighter protective clothing systems on single-legged functional hop test scores. **Work**, v. 62, n. 3, p. 497–505, mar. 2019.

WISE, S. R.; TRIGG, S. D. Optimizing Health, Wellness, and Performance of the Tactical Athlete. **Current Sports Medicine Reports**, v. 19, n. 2, p. 70–75, fev. 2020.

Condições de saúde e fatores de risco nos profissionais do controle do tráfego aéreo

Paola Costa dos Santos (HFASP - FAB)
Fabrícia Geralda Ferreira (EPCAR/PPGDHO - FAB)
Leonice Aparecida Doimo (UNIFA/PPGDHO - FAB)

RESUMO

Este trabalho de revisão de literatura teve como objetivo levantar estudos sobre as condições de saúde e os fatores de risco associados que acometem os Controladores de Tráfego Aéreo (CTAs), identificados em artigos publicados em bases de dados.

Palavras-chave: Doenças ocupacionais; trabalho por turnos; estresse ocupacional; fadiga; militares.

1. INTRODUÇÃO

A função de controlador de tráfego aéreo (CTA) é fundamental para garantir a segurança e a eficiência das operações no espaço aéreo. Os controladores são responsáveis por monitorar, orientar e coordenar o tráfego de aeronaves, garantindo o cumprimento dos planos de voo, o gerenciamento das autorizações de manobra e o provimento de socorro em situações de emergência. Para desempenhar essas funções, os CTAs necessitam lidar com condições meteorológicas adversas, avaliar limitações operacionais das aeronaves e tomar decisões rápidas e precisas (De Carvalho e Ferreira, 2012)Mass.. A complexidade das tarefas e a exigência constante de atenção e precisão fazem do trabalho desses profissionais uma atividade de alta demanda cognitiva, envolvendo potenciais riscos tanto para a saúde física quanto para a mental (Soares; Pinheiro e Sousa, 2011).

Segundo Costa (2000), as habilidades da profissão incluem a capacidade de decisões rápidas, atenção constante, controle emocional, percepção espacial precisa, eficiência com terminologia técnica, proficiência em inglês e um profundo entendimento das regulamentações que governam o controle de tráfego aéreo. A natureza altamente exigente e estressante de seu trabalho, pode ter um impacto significativo em sua saúde física e mental. O trabalho de controle do tráfego aéreo foi classificado como a quarta atividade laboral mais estressante para o homem (Borghini *et al.*, 2020; Makara-Studzińska *et al.*, 2022).

Somado a esses fatores, a necessidade de jornadas ininterruptas, 24 horas por dia, sete dias por semana, implica no trabalho por turnos, um fator que tem sido associado por vários autores a diversas condições de saúde adversas, como distúrbios do sono, fadiga crônica e aumento do risco de doenças cardiovasculares (Borghini *et al.*, 2020; Edwards *et al.*, 2016; Kirchner; Laurig,

1971; Lima; Soares; Souza, 2008; Marcolino; Siqueira; De Lima Barroso, 2015; Soares; Pinheiro e Sousa, 2011).

Considerando as características e a relevância da profissão, esse trabalho se propôs a analisar as condições de saúde dos CTAs e os principais fatores de risco que podem interferir não apenas na saúde, mas também no desempenho operacional desses profissionais, tão importantes para a segurança da aviação civil e militar.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta revisão, a busca dos artigos foi realizada conforme a *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* - PRISMA.

Foi conduzida uma pesquisa de literatura nas bases de dados SCIELO, LILACs, PUBMED, GOOGLE SCHOLAR e busca manual de estudos de interesse, a partir das referências bibliográficas dos artigos obtidos nas bases de dados.

Para tanto, foram definidos descritores em inglês e português, a partir dos “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCS) e seus sinônimos, e conforme o “*Medical Subject Headings*” (MeSH), quais sejam: “*Air Traffic Controllers*”, “*Occupational Health*”, “*Occupational Exposure*”, “*Work-related Stress*”, “*Mental Health*”, “*Psychosocial Risk*”, “*Shift Work Schedule*”, “*Workload*”, “*Ergonomics*” e “*Occupational Diseases*”

Foi criada uma equação de busca com os descritores encontrados e seus sinônimos, de modo combinado ou isolado, em português ou inglês, utilizando os operadores booleanos OR (entre os sinônimos) e AND (entre os diferentes descritores): “*Air Traffic Controllers*” OR “*Air Traffic Control Specialists*” AND “*Occupational Health*” OR “*Occupational Medicine*” AND “*Work-related Stress*” OR “*Occupational Stress*” OR “*Psychosocial Risk*” AND “*Shift Work Schedule*” OR “*Shift Work*” AND “*Occupational Diseases*” OR “*Workload*” OR “*Fatigue*” AND “*Mental Health*” OR “*Ergonomics*” OR “*Occupational Exposure*”.

Não foram utilizados filtros de data de publicação, tipo de artigo, idioma ou forma de disponibilidade.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta o total de artigos encontrados (AE) e os artigos selecionados (AS) em cada base de dados consultada.

Tabela 1: Quantitativo de artigos encontrados e selecionados nas diferentes bases de dados

Bases de dados consultadas	SCIELO		LILAC		PUBMED		GOOGLE SCHOLAR		TOTAL	
	AE	AS	AE	AS	AE	AS	AE	AS	AE	AS
Registros	16	4	19	1	359	50	293	24	687	79

Fonte. Os autores

De um total de 79 artigos selecionados (AS) para leitura, foram incluídos no presente trabalho 17 artigos.

4. SÍNTESE DOS RESULTADOS RELEVANTES DOS ESTUDOS SELECIONADOS

A saúde dos CTAs é questão de grande relevância devido ao seu papel na segurança da aviação civil e militar do país. Vários estudos têm se dedicado a investigar as condições de saúde desses profissionais, revelando uma série de fatores de risco associados à sua rotina de trabalho.

4.1 Análise das condições de saúde do controlador do tráfego aéreo

O primeiro serviço de tráfego aéreo surgiu nos Estados Unidos, em 1936, e no Brasil, há relatos que ocorreram no final da década de 30. Devido ao rápido crescimento da aviação no país, coube ao Comando da Aeronáutica montar e gerir as regras do controle do espaço aéreo na esfera militar e também na aviação civil (Pessoa *et al.*, 2020). As características peculiares da profissão descritas por Kirchner e Laurig (1971), e a sua importância para a segurança da aviação, evidenciou ao longo dos anos a necessidade de selecionar e acompanhar as condições de saúde física e mental desses profissionais.

Diante da rotina laborativa exigente, o estresse ocupacional é motivo constante de pesquisa. Tang *et al.* (2022), em um estudo recente com 487 controladores chineses, concluiu que uma grande proporção, 81,84% dos trabalhadores, apresentava desequilíbrio entre as demandas do trabalho e os recursos psicofísicos individuais necessários para enfrentá-las, destacando que o estresse ocupacional é uma característica predominante entre os CTAs. Entretanto, o estresse estava associado não apenas aos fatores relativos ao trabalho, mas também a condições individuais como estado civil, idade, tempo de serviço e também as características próprias da profissão como por exemplo, às possibilidades de ocorrências emergenciais ou acidentes aeronáuticos.

O estresse contínuo gera consequências à saúde, conforme foi observado no estudo conduzido por Freitas *et al.* (2017), foi constatado que o estresse afeta significativamente as respostas imunológicas dos controladores, especialmente aqueles com mais de dez anos de experiência. Essa descoberta é particularmente relevante, pois indica que a exposição prolongada ao estresse pode levar ao comprometimento do sistema imunológico, aumentando a suscetibilidade a doenças e, potencialmente, afetando a longevidade da carreira dos CTAs.

A pesquisa conduzida por Sonati *et al.* (2016), evidenciou inatividade física, excesso de peso, acúmulo de gordura corporal e privação de sono, especialmente entre aqueles que operam em diferentes turnos de trabalho. Tais fatores de risco são preocupantes, pois podem levar ao desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis e ao comprometimento do desempenho laboral. Ming *et al.* (2004) descreve o acompanhamento de 20 anos de controladores originalmente normotensos e hipertensos no estágio I, concluindo que o aumento da reatividade

da pressão arterial sistólica ao estresse, durante o trabalho, está associado ao risco do desenvolvimento de hipertensão a longo prazo.

O estudo de Borghini et al. (2020) teve como objetivo avaliar o estresse em CTAs por meio da combinação de sinais neurofisiológicos e comunicações de rádio. A pesquisa destacou os riscos associados ao estresse prolongado, que pode levar a uma ativação excessiva do sistema nervoso, comprometendo funções cognitivas essenciais, como memória, atenção e, conseqüentemente, resultando em degradação do desempenho geral. Para isso, dezesseis controladores participaram de uma simulação de controle de tráfego aéreo, durante a qual foram coletados dados comportamentais (comunicações de rádio), subjetivos (percepção de estresse) e neurofisiológicos (atividade cerebral e condução elétrica da pele). Os resultados mostraram alterações significativas em todos os parâmetros durante condições de alto estresse. Em particular, houve um aumento dos ritmos cerebrais teta, alfa e beta em todas as regiões do cérebro ($p < 0,05$), assim como níveis mais elevados de condutância da pele, evidenciando o impacto do estresse sobre a neurofisiologia dos CTAs.

Costa (2000) observou que os distúrbios mais frequentemente relatados pelos CTAs tinham um componente psicossomático, envolvendo os sistemas digestivo, neuropsíquico e cardiovascular. No entanto, a prevalência desses distúrbios foi considerada menor ou semelhante à registrada na população em geral, exceto no caso de doenças cardíacas isquêmicas, que apresentaram uma prevalência ligeiramente maior entre os controladores. Contrapondo esses achados epidemiológicos, o autor destaca que a saúde dos controladores é, em geral, satisfatória, sugerindo que os procedimentos de seleção e os cuidados médicos regulares, como as inspeções de saúde regulares, podem desempenhar um papel importante na manutenção da saúde desses profissionais.

Em outro estudo, Martinussen e Richardsen (2006), investigaram os sinais do esgotamento ocupacional de CTAs noruegueses, comparando-os com outras profissões. Os resultados indicaram que os controladores não apresentavam altos níveis de esgotamento em comparação com jornalistas, construtores de edifícios e policiais. O esgotamento ocupacional é definido como o estado psicossomático do trabalhador, caracterizado por sua baixa identificação com os valores do trabalho, bem como a uma falta de confiança para um desempenho eficaz do trabalho (Makara-Studzínska *et al.*, 2022). Apesar dos baixos níveis de esgotamento em comparação com outras profissões, Martinussen e Richardsen (2006), reforçam que existe um impacto evidente na saúde dos controladores relacionado às demandas do trabalho.

A análise da literatura revela que, apesar das condições estressantes de trabalho, a saúde dos controladores de tráfego aéreo apresenta características mistas. Enquanto fatores como inatividade física, privação de sono e estresse ocupacional são preocupantes, alguns estudos indicam que tais profissionais tendem a cuidar melhor de sua saúde em comparação com a população em geral, possivelmente devido aos rigorosos procedimentos de seleção e às avaliações médicas regulares a que são submetidos. No entanto, o estresse contínuo, a alta

carga mental e o impacto prolongado do trabalho em turnos permanecem como desafios significativos que podem comprometer a saúde e o bem-estar dos CTAs ao longo do tempo.

4.2 Investigação dos fatores de risco ocupacionais dos controladores de tráfego aéreo

A atividade de controle de tráfego aéreo é reconhecida por ser uma ocupação de extrema complexidade e responsabilidade. Entre os principais fatores de risco ocupacionais que afetam esses profissionais, destacam-se a carga cognitiva elevada, a pressão do tempo, o estresse ocupacional, a privação de sono, e os efeitos prejudiciais do trabalho em turnos, especialmente os noturnos. Esses fatores são responsáveis por afetar a saúde física e mental dos controladores de tráfego aéreo.

A função dos controladores é essencialmente cognitiva, com grandes responsabilidades e uma carga mental de trabalho elevada. Essa combinação de fatores já impõe um estresse significativo ao trabalhador (Soares; Pinheiro; Sousa, 2011). Além disso, a jornada de trabalho em turnos alternados, especialmente durante a noite e madrugada, é apontada como um dos principais fatores de risco que interferem na saúde dos CTAs, alterando seus ritmos circadianos e aumentando o estado de fadiga (Edwards *et al.*, 2016). O trabalho em turnos, principalmente o noturno, é conhecido por interferir diretamente no ciclo sono-vigília, influenciando negativamente tanto a saúde quanto às relações sociais e familiares dos controladores. Para lidar com esses desafios, muitos controladores recorrem a estratégias para alívio do estresse, como assistir TV, praticar atividades físicas e dormir, mas, ainda assim, a adaptação a essa rotina é uma tarefa desafiadora, com impactos variáveis na qualidade de vida desses profissionais (Da Silva; Borges, 2010).

Em consonância com essa visão, Marcolino; Siqueira e Barroso (2015), destacam que esses trabalhadores vivem, muitas vezes, na contramão da sociedade diurna. Não apenas durante as jornadas noturnas, mas também em horários vespertinos, fins de semana e feriados. A irregularidade nos horários de trabalho resulta em inconstância nas tarefas domésticas, familiares e sociais, o que, por sua vez, gera consequências negativas na vida pessoal e social desses trabalhadores. Além disso, sugere que esse tipo de organização ocupacional favorece o processo saúde-doença, aumentando os riscos para a saúde dos trabalhadores e contribuindo para perturbações sócio familiares. Lima; Soares e Souza (2008) apontam que a inversão nos turnos de trabalho altera não apenas o ciclo circadiano das variáveis cardiovasculares, mas também traz prejuízos à capacidade funcional, podendo comprometer o desempenho das atividades ocupacionais.

Costa; Sartori e Åkerstedt (2006) corroboram essas observações, destacando que o estresse relacionado ao trabalho é um fator influente no bem-estar dos CTAs e nas suas interações sociais. A alta demanda por atenção, os turnos rotativos e a responsabilidade excessiva são elementos que contribuem para

uma percepção negativa da qualidade de vida entre os controladores. O estresse crônico decorrente dessas condições pode, eventualmente, manifestar-se em problemas de saúde física e mental, bem como em distúrbios psicossomáticos.

Apesar de todos os fatores de risco da profissão, Costa (2000) adiciona uma perspectiva interessante ao apontar que, embora o trabalho em turnos seja considerado um fator de risco, a prevalência de distúrbios psicossomáticos entre os CTAs não é significativamente maior do que na população em geral. Contudo, os distúrbios relacionados ao estresse, como hipertensão e doenças cardíacas isquêmicas, são mais comuns entre os controladores que atuam em centros regionais e em posições de radar, onde a carga de trabalho e a responsabilidade são maiores. No mesmo estudo, Costa (2000) também sugere que a seleção rigorosa e os exames médicos regulares podem mitigar alguns desses riscos, ao garantir que apenas trabalhadores saudáveis e aptos sejam mantidos na função.

Apesar de tratar-se de profissão com atuação nas 24 horas do dia, a adoção de sistemas rotativos de turnos atua positivamente na melhoria das condições de saúde do CTA. Rodrigues *et al.* (2021) combinou no seu estudo medidas de autorrelato com biomarcadores, para rastrear o estresse entre os controladores. Os resultados mostraram que a sintomatologia do estresse aumenta ligeiramente, do início ao fim do turno, mostrando que uma maior ativação fisiológica deletéria ocorre durante os turnos de trabalho, diferentemente do que ocorre entre turnos e dias de folga, onde se observa uma boa recuperação orgânica. As evidências fornecem pistas importantes sobre o impacto do estresse na saúde, particularmente a reatividade cardíaca e a identificação de biomarcadores quantitativos de estresse como indicadores diagnósticos, fornecendo uma fonte mais confiável para monitoramento de estresse do que somente as medidas comportamentais ou subjetivas atuais. Esse estudo aponta que o sistema de trabalho, com períodos de pausa/descanso incluídos, atua efetivamente como um período de recuperação. As descobertas são importantes para colaborar no desenho de programas de gerenciamento de estresse e ações de prevenção para evitar os efeitos negativos à saúde.

A investigação dos fatores de risco ocupacionais aponta para uma combinação de elementos estressores relacionados à carga de trabalho cognitiva, ao trabalho em turnos alternados, à privação de sono, ao estresse ocupacional e à responsabilidade excessiva. Embora alguns fatores possam ser mitigados com estratégias individuais, como a prática de atividades físicas e a busca por um equilíbrio entre trabalho e vida pessoal, o gerenciamento e controle da carga de trabalho por parte das autoridades responsáveis é fundamental. Afinal a exposição constante a essas condições continua a representar um desafio significativo para a saúde, bem-estar e desempenho desses profissionais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste estudo ressalta a complexidade das condições de saúde enfrentadas pelos controladores de tráfego aéreo (CTAs).

Embora a profissão apresenta riscos ocupacionais significativos, como estresse elevado, privação de sono, trabalho em turnos e alta carga cognitiva, os estudos também indicam que procedimentos rigorosos de seleção, cuidados médicos regulares e estratégias individuais de gerenciamento de estresse desempenham papéis cruciais na manutenção da saúde desses profissionais.

No entanto, o impacto do estresse ocupacional e das condições de trabalho irregulares ainda são fatores de risco que podem comprometer a saúde física e mental a longo prazo. A exposição prolongada ao estresse, como observado, pode resultar em problemas crônicos como hipertensão, doenças cardiovasculares, patologias digestivas e distúrbios psicossomáticos. Embora algumas adaptações e práticas individuais ajudem a mitigar os danos crônicos à saúde, é essencial um acompanhamento constante, além de programas específicos de prevenção e recuperação, para garantir o bem-estar desses trabalhadores e a continuidade de seu desempenho na segurança da aviação.

REFERÊNCIAS

BORGHINI, Gianluca *et al.* Stress assessment by combining neurophysiological signals and radio communications of air traffic controllers. In: **2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)**. IEEE, 2020. p. 851-854.

COSTA, Giovanni; Working and health conditions of Italian air traffic controllers. **Int J Occup Saf Ergon**, 6, n. 3, p. 365-382, 2000.

COSTA, Giovanni; SARTORI, Samantha; ÅKERSTEDT, Torbjorn. Influence of flexibility and variability of working hours on health and well-being. **Chronobiology international**, v. 23, n. 6, p. 1125-1137, 2006.

DA SILVA, Renata; BORGES, Cássia. O impacto psicológico causado por um evento traumático na atividade de controle de tráfego aéreo. **Revista Conexão Sipaer**, v. 2, n. 1, p. 58-96, 2010.

EDWARDS, Tamsyn *et al.* Multifactor interactions and the air traffic controller: the interaction of situation awareness and workload in association with automation. **Cognition, Technology & Work**, v. 19, p. 687-698, 2017.

FREITAS, Ângela *et al.* Effects of an alternating work shift on air traffic controllers and the relationship with excessive daytime sleepiness and stress. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 75, p. 711-717, 2017.

KIRCHNER, J.-H.; LAURIG, W. The human operator in air traffic control systems. **Ergonomics**, v. 14, n. 5, p. 549-556, 1971.

- LIMA, Anna; SOARES, Cláudia; SOUZA, Alexandre. Efeito da inversão dos turnos de trabalho sobre capacidade aeróbia e respostas cardiovasculares ao esforço máximo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, p. 201-204, 2008.
- MAKARA-STUDZIŃSKA, Marta *et al.* Profiles of occupational burnout in the group of representatives of high-risk professions in Poland. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 10, p. 6297, 2022.
- MARCOLINO, Alisson; SIQUEIRA, Joseana Celiza; BARROSO, Barbara. Efeitos do trabalho em turnos nos controladores de tráfego aéreo: uma revisão sistemática baseada no método PRISMA. **Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar**, v. 23, n. 2, p. 393, 2015.
- MARTINUSSEN, Monica; RICHARDSEN, Astrid. Air traffic controller burnout: survey responses regarding job demands, job resources, and health. **Aviation, space, and environmental medicine**, v. 77, n. 4, p. 422-428, 2006.
- MING, Eileen *et al.* Cardiovascular reactivity to work stress predicts subsequent onset of hypertension: the Air Traffic Controller Health Change Study. **Psychosomatic Medicine**, v. 66, n. 4, p. 459-465, 2004.
- PESSOA, Yldry *et al.* Cargas de Trabalho na Saúde do Controlador de Tráfego Aéreo. **Revista Psicologia Organizações e Trabalho**, v. 20, n. 1, p. 899-905, 2020.
- RODRIGUES, Susana *et al.* Implementing a quantified occupational health sensing platform in the aviation sector: an exploratory study in routine air traffic control work shifts. In: **2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)**. IEEE, 2021. p. 7162-7165.
- SOARES, Charlene; PINHEIRO, Gilson; SOUSA, Pamella. A influência das variabilidades na carga de trabalho dos controladores de tráfego aéreo. **Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, v. 31, p. 1-13, 2011.
- SONATI, Jaqueline *et al.* Quality of life, sleep, and health of air traffic controllers with rapid counterclockwise shift rotation. **Workplace Health & Safety**, v. 64, n. 8, p. 377-384, 2016.
- TANG, Li-Hua *et al.* Occupational stress of air traffic controllers and its influencing factors. **Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases**, v. 40, n. 9, p. 668-673, 2022.

Estudo dos ângulos corporais relacionados a sustentação e transporte de carga e revisão literária de alinhamento postural

Paola Costa dos Santos (HFASP - FAB)
Fabrícia Geralda Ferreira (EPCAR/PPGDHO - FAB)
Leonice Aparecida Doimo (UNIFA/PPGDHO - FAB)

RESUMO

Este estudo tem por objetivo investigar os efeitos da sustentação e do transporte de carga sobre o alinhamento postural ortostático, focando em jovens e adultos saudáveis, além de estudar os ângulos corporais envolvidos na sustentação de carga.

Palavras-chave: Postura; marcha; ângulos.

1. INTRODUÇÃO

A Capacidade Física (CF) é um elemento essencial no preparo dos militares para o cumprimento eficaz de missões de combate. Este desenvolvimento é alcançado através do Treinamento Físico Militar (TFM), realizado de forma sistemática, gradual e progressiva. Atividades complementares, como pistas de aplicações militares, marchas a pé e acampamentos, também são cruciais para aumentar a rusticidade e resistência dos indivíduos, permitindo-lhes suportar situações de desgaste e estresse. (COTER, 2019a)

A marcha a pé, em particular, é realizada em diversas situações, como em terrenos táticos que exigem tal deslocamento, na ausência de transporte disponível, ou para fins de treinamento físico da tropa. (COTER, 2019b) O transporte de carga durante essas marchas é uma tarefa fundamental, reforçando a importância da CF para a durabilidade e eficácia em operações militares (Knapik *et al.*, 2004).

Em 2019, uma revisão sistemática com meta-análise foi conduzida para investigar os efeitos da sustentação e do transporte de carga sobre o equilíbrio e o alinhamento postural ortostático (Falcão, 2019). O presente estudo tem como objetivo dar continuidade a essa investigação, visando atualizá-la, com um foco específico no impacto do transporte de carga sobre o alinhamento postural de jovens e adultos saudáveis, assim como verificar os ângulos corporais relacionados a sustentação de carga.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Alinhamento Postural: Conceitos Básicos

2.1.1 Alinhamento Postural

O termo “postura” é usado para definir tanto o alinhamento físico do corpo quanto sua orientação dentro do ambiente circundante (Shumway-Cook; Woollacott, 2010). No contexto morfológico, postura representa “uma posição ou atitude do corpo, o arranjo relativo das partes corporais para uma atividade específica, ou uma maneira característica pela qual alguém mantém seu corpo” (Kisner; Colby, 1987).

A finalidade do alinhamento corporal é manter o corpo equilibrado, ou seja, projetar o centro de gravidade na base de sustentação, administrando assim, a força gravitacional (Ferreira, 2005). O alinhamento ideal permite ao corpo a manutenção do equilíbrio com o menor gasto de energia interna (Shumway-Cook; Woollacott, 2010).

Em uma postura perfeitamente alinhada, a linha vertical da gravidade desce pela linha média do corpo e passa por vários pontos anatômicos (Basmajian; DeLuca, 1985). Qualquer desvio de curvaturas e acidentes anatômicos em relação a linha de gravidade, caracteriza um desalinhamento postural (Fernandes Filho *et al.*, 2019).

Alterações no alinhamento postural podem resultar em tensões excessivas em articulações e músculos, aumentando o risco de lesões musculoesqueléticas. Dessa maneira, a forma mais vantajosa de prevenir e corrigir as deficiências posturais é através da educação física e das atividades esportivas. Se detectadas precocemente, antes de produzirem alterações estruturais nos tecidos, na maioria dos casos as referidas deficiências podem ser corrigidas e até prevenidas através de programas normais de educação física (Kendall, 2007).

Consequentemente, compreender a importância do alinhamento postural é um aspecto crucial não somente para a saúde, mas também para o desempenho físico geral.

2.1.2 Formas de avaliação

A avaliação postural consiste em determinar e registrar os desvios posturais ou atitudes posturais erradas dos indivíduos (Fernandes Filho *et al.*, 2019).

Existem várias formas de avaliar o alinhamento postural, que podem ser realizadas através de métodos qualitativos e quantitativos (Kandasamy *et al.*, 2020). Aqui estão algumas das principais formas:

2.1.2.1 Métodos tácticos

2.1.2.1.1 Régua flexível

Envolve a aplicação manual de uma régua flexível ao longo dos contornos ou curvas da coluna vertebral, seguida pela transferência dessas medidas para o papel, onde os ângulos são traçados e calculados (Kandasamy *et al.*, 2020).

2.1.2.1.2 Goniômetro

Utiliza um goniômetro para quantificar variáveis posturais com valor de zero a 360 graus (Kandasamy *et al.*, 2020).

2.1.2.2 Métodos não táticos

2.1.2.2.1 Fio de Prumo

É possível avaliar a postura de acordo com o alinhamento do fio de prumo. Essa alternativa é ideal para a medição dos planos sagital e frontal (Kendall *et al.*, 2007). Kendall *et al.* afirma que o alinhamento ideal da postura no plano sagital é quando o fio de prumo cruza o lóbulo da orelha, passando pela articulação do ombro; depois, pelo trocânter maior do quadril, logo à frente da articulação do joelho; e finalmente ligeiramente à frente do maléolo lateral do tornozelo antes de atingir o chão.

2.1.2.2.2 Radiografia

Uma imagem é capturada quando um feixe de raios X passa pela coluna. A quantidade de radiação que emerge do outro lado é registrada. Como os ossos da coluna absorvem a radiação e os tecidos moles permitem sua passagem, uma imagem nítida da coluna é capturada (Kandasamy *et al.*, 2020).

2.1.2.2.3 Fotogrametria

Primeiramente ocorre a localização e demarcação dos pontos anatômicos. Em seguida os sujeitos são fotografados nos planos sagital ou coronal (ou ambos). Para garantir a mesma base de sustentação em todas as fotografias a superfície onde a amostra se posiciona contém marcações para o posicionamento do pé, enquanto as câmeras ficam fixas e com a mesma configuração do obturador para todas as capturas (Ferreira, 2005).

2.1.3 Para que serve a avaliação do Alinhamento Postural?

Avaliação postural é um método amplamente utilizado na área da saúde como instrumento para se compreender o alinhamento dos segmentos corporais, influenciando na conduta adotada pelo profissional. Um dos métodos não invasivos de mensuração é a fotogrametria, ferramenta de avaliação quantitativa e que apresenta muitas vantagens (Nascimento e Flausino, 2015).

2.1.4 Fotogrametria

Das ferramentas para avaliação postural mencionadas anteriormente, focaremos na fotogrametria. Nas últimas duas décadas, o método fotogramétrico de avaliação postural e sua aplicabilidade tem sido amplamente divulgado na literatura (Furlanetto *et al.*, 2016).

A fotogrametria é uma opção viável para profissionais de saúde e pesquisadores da área de postura (Carman *et al.*, 1990), possivelmente porque permite uma avaliação quantitativa sucinta e precisa, registrando mudanças sutis na postura em geral (Dunk *et al.*, 2005)

Primeiramente, é importante destacar suas vantagens e desvantagens:

2.1.4.1 Vantagens:

2.1.4.1.1 Não Invasiva

Não envolve contato físico profundo ou exposição à radiação, tornando-o seguro para repetidas avaliações (Carman *et al.*, 1990).

2.1.4.1.2 Custo Acessível

Comparado a métodos mais avançados como radiografias ou escaneamento 3D, a fotogrametria tende a ser mais acessível economicamente (Kandasamy *et al.*, 2020).

2.1.4.1.3 Facilidade de Uso

Com o advento de softwares específicos, a fotogrametria se tornou relativamente fácil de usar, permitindo que profissionais de saúde realizem análises posturais com treinamento mínimo (Furlanetto *et al.*, 2016).

2.1.4.1.4 Documentação Visual

As fotografias permitem uma documentação visual clara e objetiva da postura do paciente, que pode ser utilizada para monitorar progressos ao longo do tempo. Reconhecida como um instrumento válido e reprodutível para monitorar a progressão do tratamento, tanto na prática clínica quanto na pesquisa (Furlanetto *et al.*, 2012).

2.1.4.1.5 Aplicação Ampla

Pode ser usada em diversas situações e para diferentes grupos populacionais, incluindo crianças, adultos e idosos (Furlanetto *et al.*, 2016).

2.1.4.2 Desvantagens

2.1.4.2.1 Subjetividade

Mesmo com os avanços tecnológicos e contar com medidas objetivas, a interpretação das fotos (escolha da marcação dos pontos) inclui um componente subjetivo, dependendo da experiência do avaliador (Kandasamy *et al.*, 2020).

2.1.4.2.2 Precisão Limitada

Apesar de já ter se mostrado um método confiável, conforme estudos de Braz *et al.* (2008) e Souza *et al.* (2011), a fotogrametria pode ter uma precisão limitada na identificação de estruturas ósseas internas e ângulos articulares. Toda medida está sujeita a erro: erro instrumental, erro na aplicação do teste e variabilidade do que está sendo medido (Jackson *et al.*, 1995).

2.1.4.2.3 Dependência de Marcos Anatômicos

A precisão da fotogrametria depende da colocação exata de marcos anatômicos na pele, o que pode ser afetado por erros humanos. A localização de alguns pontos anatômicos pode gerar erro de medida e algumas medidas podem ser vulneráveis às características antropométricas (Ferreira, 2005).

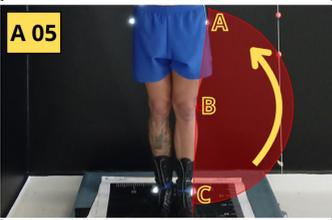
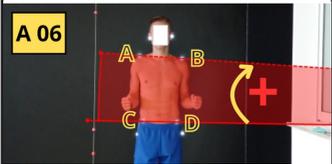
2.2. Ângulos corporais de interesse no estudo da sustentação e transporte de carga

Acredita-se que a carga que os militares transportam compromete a estabilidade e modifica a cinemática das costas e da pelve. Nesse cenário, a marcha carregando equipamento e armamento exige uma adaptação fisiológica e biomecânica específica para enfrentar os desafios das missões sem prejudicar o alinhamento postural (Strube *et al.*, 2017).

Inúmeros estudos avaliam os efeitos da sustentação de carga na cinemática e na postura do indivíduo. Nesse sentido, cresce o interesse nos efeitos que a sustentação de carga pode causar no alinhamento postural do militar. Os quadros 1 e 2 elencam alguns ângulos que foram escolhidos para serem avaliados, dentre aqueles apresentados por Ferreira (2005), pois estão presentes em estudos previamente publicados da área ou porque os segmentos corporais que os descrevem parecem ser recrutados durante a sustentação de carga:

Quadro 1. Ângulos corporais relacionados a sustentação e transporte de carga – vista anterior.

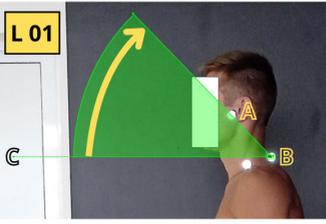
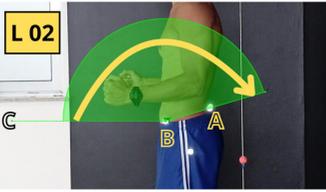
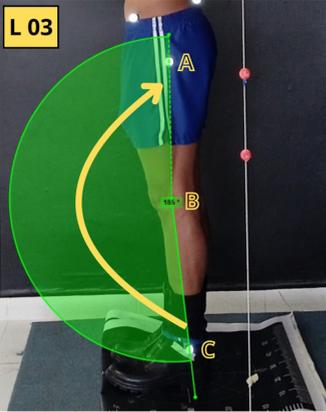
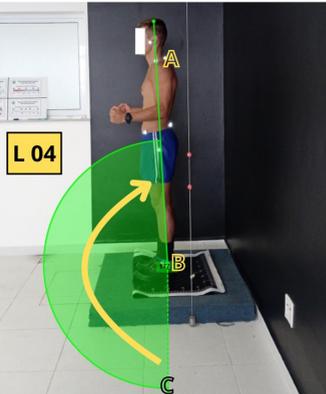
NOME ÂNGULO	ÂNGULO	MARCOS ANATÔMICOS	LINHAS	INTERPRETAÇÃO DOS VALORES
Ângulo de Inclinação Lateral da Cabeça		(A) Trago Direito (B) Trago Esquerdo	<u>Linha AB:</u> entre os dois Tragos <u>linha AC:</u> horizontal	Valor negativo refere-se à inclinação à esquerda da amostra
Ângulo de Inclinação Lateral da Cintura Escapular		(A) Acrômio Direito (B) Acrômio Esquerdo	<u>Linha AB:</u> entre os dois Acrômios <u>linha AC:</u> horizontal	Sinal negativo descreve inclinação à esquerda da amostra
Ângulo de Inclinação Lateral da Cintura Pélvica		(A) Espinha Iliaca Ântero-superior Direita (B) Espinha Iliaca Ântero-superior Esquerda	<u>Linha AB:</u> entre a Espinha Iliaca Ântero-superior Direita e Esquerda <u>linha AC:</u> horizontal	Sinal negativo descreve inclinação à esquerda
Valgo do Joelho Direito		(A) Trocânter Maior do Fêmur ¹ (B) Linha Articular do Joelho ¹ (C) Maléolo Lateral ¹	<u>Linha Ab:</u> entre Trocânter Maior Do Fêmur E Linha Articular Do Joelho <u>linha Bc:</u> entre Linha Articular Do Joelho E Maléolo Lateral	Quanto menor, mais valgo Quanto maior, mais varo

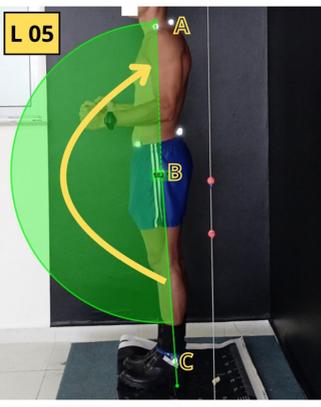
<p>Valgo do Joelho Esquerdo</p>		<p>(A) Trocânter Maior do Fêmur² (B) Linha Articular do Joelho² (C) Maléolo Lateral²</p>	<p><u>Linha Ab:</u> entre Trocânter Maior Do Fêmur E Linha Articular Do Joelho <u>linha Bc:</u> entre Linha Articular Do Joelho E Maléolo Lateral</p>	<p>Quanto menor, mais valgo Quanto maior, mais varo</p>
<p>Ângulo de Inclinação Entre as Cinturas Escapular e Pélvica</p>		<p>(A), (B) Acrômios (C), (D) Espinha Ilíaca Ântero-superior</p>	<p><u>Linha Ab:</u> entre Os Dois Acrômios <u>linha Cd:</u> entre A Espinha Ilíaca Ântero-superior Direita E Esquerda</p>	<p>Sinal POSITIVO descreve inclinação à esquerda da amostra, em relação a linha da espinha ântero-superior</p>
<p>Ângulo de Inclinação Entre as Cinturas Escapular e Pélvica</p>		<p>(A), (B) Acrômios (C), (D) Espinha Ilíaca Ântero-superior</p>	<p><u>Linha Ab:</u> entre Os Dois Acrômios <u>linha Cd:</u> entre A Espinha Ilíaca Ântero-superior Direita E Esquerda</p>	<p>Sinal NEGATIVO descreve inclinação à direita da amostra, em relação a linha da espinha ântero-superior</p>

Legenda: ¹Lado direito da amostra; ²Lado esquerdo da amostra.

Fonte: Os autores

Quadro 2. Ângulos corporais relacionados a sustentação e transporte de carga – vista lateral.

NOME ÂNGULO	ÂNGULO	MARCOS ANATÔMICOS	LINHAS	INTERPRETAÇÃO DOS VALORES
Ângulo de Flexo-extensão da Cabeça		(A) Trago ¹ (B) Processo Espinhoso De C7 ¹	<u>Linha AB:</u> entre Trago e Processo Espinhoso C7 <u>linha BC:</u> horizontal	Verifica o posicionamento da cabeça em termos de flexão e extensão Quanto menor, cabeça flexionada Quanto maior, cabeça estendida
Ângulo de Ante/Retroversão Pélvica		(A) Espinha Íliaca Pósterosuperior ¹ (B) Espinha Íliaca Anterosuperior ¹	<u>Linha AB:</u> entre Espinha Íliaca Anterosuperior e espinha Íliaca Pósterosuperior <u>linha BC:</u> horizontal	Quanto menor, anteversão Quanto maior, retroversão
Ângulo de Flexo-extensão do Joelho		(A) Trocânter Maior do Fêmur ¹ (B) Linha Articular do Joelho ¹ (C) Maléolo Lateral ¹	<u>Linha AB:</u> entre Trocânter Maior Do Fêmur e Linha Articular do Joelho <u>linha BC:</u> entre Linha Articular do Joelho e Maléolo Lateral	Quanto maior, flexão do joelho Quanto menor, extensão do joelho Obs: 180° “neutro”
Ângulo de Inclinação Antero-posterior do Corpo		(A) Acrômio ¹ (B) Maléolo Lateral ¹	<u>Linha AB:</u> entre Acrômio e Maléolo Lateral <u>linha BC:</u> vertical	Verifica a inclinação do corpo no sentido antero-posterior Quanto menor, mais anterior Quanto maior, mais posterior

<p>Ângulo de Inclinação Antero-posterior do Tronco</p>		<p>(A) Acrômio¹ (B) Trocâter Maior do Fêmur¹ (C) Maléolo Lateral¹</p>	<p><u>Linha AB:</u> entre Acrômio e Trocâter Maior do Fêmur</p> <p><u>linha BC:</u> entre Trocâter Maior do Fêmur e Maléolo Lateral</p>	<p>Quanto menor, maior flexão do tronco Quanto maior, maior extensão do tronco</p>
--	---	--	---	--

Legenda: ¹Lado esquerdo da amostra

Fonte: Os autores.

2.3. Revisão sistemática da literatura em andamento: alinhamento postural, sustentação e transporte de carga

Com o objetivo de verificar os efeitos da sustentação e do transporte de carga sobre o equilíbrio e o alinhamento postural ortostático, foi iniciada uma revisão sistemática anteriormente na nossa escola (Falcão, 2019). Na tabela 1. são apresentados e descritos os estudos até agora incluídos na revisão que utilizam a fotogrametria como ferramenta para avaliação do alinhamento postural.

A população incluída nos estudos foi majoritariamente composta por estudantes saudáveis, com idades variando de 18 a 30 anos. Três pesquisas analisaram ambos os sexos (Abaraogu *et al*, 2017, Dahl *et al*, 2016 e Devroey, 2007), outras três apenas o sexo masculino (Li & Chow, 2016, Al-Khabbaz *et al*, 2008 e Thomas, 1959) e um estudo não especificou o gênero de sua amostra (O`SHEA *et al*, 2006). O tamanho das amostras também foi diverso, sendo no mínimo 10 e no máximo 30 indivíduos. Todos avaliaram os ângulos de alinhamento postural.

Apenas um estudo (Thomas, 1959) adotou cargas fixas, os demais elegeram a carga como porcentagem do peso corporal (BW). No meio militar pesquisas com carga fixa podem ser mais fidedignas, pois o equipamento e armamento individual conduzido é o mesmo para todos, independente das características morfológicas do combatente. Quem dita a necessidade de carga a ser sustentada é a operação (Knapik, 2004).

Tabela 1. Síntese narrativa dos achados.

Nº	AUTOR, ANO, PAÍS, REVISTA	OBJETIVO	TAMANHO DA AMOSTRA	ÂNGULOS MEDIDOS	PRINCIPAIS RESULTADOS
1	Abaraogu <i>et al.</i> , 2017, Nigéria	Examinar a influência das diferentes cargas da mochila em três ângulos posturais	15H; 15M; Estudantes; Idade: $21,40 \pm 1,77$ anos; Peso: $66,10 \pm 9,07$ kg; Altura: $1,77 \pm 0,07$; Saudáveis.	Cranio-vertebral angle (CVA); Sagittal shoulder angle (SSA); Trunk forward lean (TFL).	SSA de adultos jovens não apresentou variação significativa com carga até 15%BW; e Carga 15%BW levou a uma <u>postura mais avançada da cabeça</u> .
2	Dahl <i>et al.</i> , 2016, EUA, <i>Gait & Posture</i>	Avaliar as alterações posturais na coluna entre uma mochila tradicional e uma mochila com carga colocada bilateralmente .	12H; 12M; Estudantes; Idade: $22,5 \pm 2,5$ anos; Saudáveis.	Ângulo da Cabeça; Ângulo do tronco.	Mochila bilateral permitiu ao usuário manter uma postura mais ereta do que a mochila tradicional. Postura mais ereta facilitada pela mochila bilateral pode reduzir os efeitos potencialmente negativos da má postura.
3	Li & Chow, 2016, China, <i>Ergonomics</i>	Investigar a carga de mochila mais crítica para estudantes universitários do sexo masculino, avaliando simultaneamente as mudanças nas alterações da curvatura da coluna vertebral ao longo de toda a coluna.	10H Estudantes; Idade: $22,4 \pm 2,5$ anos; Peso: $66,1 \pm 5,7$ kg; Altura: $1,74 \pm 0,05$ m. Saudáveis.	Lordose cabeça-pescoço (HNL); Cifose torácica superior (UTK); Cifose torácica inferior (LTK); e Lordose lombar (LBL).	Carga mais crítica da mochila é de 13%BW para estudantes universitários saudáveis do sexo masculino;

4	Al-Khabbaz <i>et al.</i> , 2008, Japan, <i>Gait & Posture</i>	Analisar as atividades musculares do tronco e membros inferiores e as alterações posturais do tronco durante o transporte de mochilas.	19H; Estudantes; Idade: 21±3 anos; Peso: 59,7±5kg; Altura: 1,70±0,004m; Saudáveis.	Eretores da espinha (extensor do tronco); Reto abdominal (flexor do tronco); Vasto medial (extensor do joelho); Bíceps femoral (flexor do joelho).	Atividades dos músculos retos abdominais aumentaram progressiva e desproporcionalmente à medida que o peso da mochila aumentava. Mochila com 20%BW causa as alterações musculares e posturais mais significativas, por isso deve ser evitada.
5	Devroey, 2007, Bélgica, <i>Ergonomics</i>	Testar duas hipóteses H1: aumento da carga da mochila provoca alterações significativas nas variáveis de deformação. H2: tensão física difere entre carregar cargas no nível torácico em comparação ao nível lombar.	12H; 8M; Estudantes; Idade: 23,9±2,59 anos; Peso: 69,41±7,68kg; Altura: 1,76±0,07m; Saudáveis	Ângulos médios analisados (com base na média das duas medidas estáticas, antes e depois de 1 minuto): Cabeça; Pescoço; Tórax; Coluna; Pelve; e Quadril direito e esquerdo.	Aumentos significativos na flexão do tórax para condições de carga de 10%BW e acima com a colocação lombar da mochila.
6	O'SHEA <i>et al.</i> , Reino Unido, 2006	Explorar as mudanças que ocorreram na forma tridimensional das costas em resposta a dois tipos de carga assimétrica: Transportada em um ombro; Transportada através do corpo.	21 Indivíduos; Idade: 26,5±3,5anos; Estudantes; Saudáveis.	Acrômio; Escápula; líaco pósterosuperior; Coluna vertebral Ápice cervical;	Carregar uma carga assimétrica de 15%BW tem um impacto significativo na forma tridimensional das costas de adultos jovens normais. Carga cruzada tem menos impacto geral na postura do que a carga do mesmo lado.

7	Thomas, Reino Unido, 1959	Mensurar o efeito do transporte de carga e da posição de carga sobre a postura ortostática normal de adultos jovens do sexo masculino	10H; Estudantes; Idade: 19,5±1,5anos. Peso: De 59,75 a 84,75kg; Altura: De 1,70 a 1,88cm.	Ombro; Quadril; Joelho; Tornozelo.	Mudança essencial ocorre acima do nível dos quadris, sendo o tronco deslocado progressivamente para frente com o aumento da carga. Tronco atua como um contrapeso, alterando sua inclinação de acordo com o local da carga nas costas.
---	---------------------------	---	---	------------------------------------	--

Fonte: Os autores.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A continuidade da revisão sistemática está sendo realizada utilizando a Plataforma Rayyan, com o objetivo de identificar estudos que examinam os efeitos da sustentação e do transporte de carga sobre o alinhamento postural ortostático. É importante destacar que, apesar dos avanços, há uma necessidade contínua de mais pesquisas para avaliar de forma abrangente o impacto da sustentação de carga no alinhamento postural.

REFERÊNCIAS

- ABARAOGU, U. O.; EZENWANKWO, E. F.; NWADILIBE, I. B.; NWAFOR, G. C.; UGWUELE, B. O.; UZOH, P. C.; ANI, I.; AMARACHINEKE, K.; ATUMA, C.; EWELUNTA, O. Immediate responses to backpack carriage on postural angles in young adults: A crossover randomized self-controlled study with repeated measures. **Work**, v. 57, n. 1, p. 87-93, 2017.
- AL-KHABBAZ, Y.S.S.M.; SHIMADA, T.; HASEGAWA, M. The effect of backpack heaviness on trunk-lower extremity muscle activities and trunk posture. **Gait & posture**, v. 28, n. 2, p. 297-302, 2008.
- BASMAJIAN J.V.; DELUCA C.J. *Muscles Alive: Their functions revealed by electro-myography*. 5th ed. **Baltimore**, Williams and Wilkins, 1985.
- BRAZ, R. G.; GOES, F. P. D. C.; CARVALHO, G. A. Confiabilidade e validade de medidas angulares por meio do software para avaliação postural. **Fisioterapia em Movimento (Physical Therapy in Movement)**, v. 21, n. 3, 2008.

CARMAN, D. L.; BROWNE, R. H.; BIRCH, J. G. **Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation.** The Journal of bone and joint surgery. American volume, v. 72, n. 3, p. 328–333, 1990.

COTER - COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES. **Programa-Padrão de Instrução Individual Básica EB70-P-11.011.** 2ª Edição, Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2019a.

COTER - COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES. **Manual de Campanha Marchas A Pé EB70-MC-10.304.** 3ª Edição, Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2019b.

DAHL, K. D.; WANG, H.; POPP, J. K.; DICKIN, D. C. **Load distribution and postural changes in young adults when wearing a traditional backpack versus the BackTpack.** Gait & posture, v. 45, p. 90-96, 2016.

DEVROEY, C.; JONKERS, I.; BECKER, A.; LENAERTS, G.; SPAEPEN, A. **Evaluation of the effect of backpack load and position during standing and walking using biomechanical, physiological and subjective measures.** Ergonomics, v. 50, n. 5, p. 728-742, 2007.

DO NASCIMENTO, F. C.; FLAUSINO, T. C. Biofotogrametria: a utilização do software de avaliação postural (SAPO). **Revista Eletrônica Saúde e Ciência**, v. 5, n. 1, 2015.

DUNK, N. M.; CALLAGHAN, J.P. **Gender-based differences in postural responses to seated exposures.** Clinical biomechanics, v. 20, n. 10, p. 1101-1110, 2005.

DUARTE, M.; FERREIRA, E. A.; MALDONADO, E. P.; FREITAS, A. Z. **Documentação sobre o SAPO–Software para avaliação postural.** Universidade Federal do ABC. Laboratório de Biomecânica e Controle Motor, 2005.

FALCÃO, R. A. **Implicações da sustentação de cargas externas e do seu transporte por longas distâncias sobre o controle postural** Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019.

FERNANDES FILHO, J.; FERNANDES, P. R.; CARNAVAL, P. E. **Avaliação física: cineantropometria e aptidão cardiorrespiratória.** 1. Ed. Belo Horizonte: Casa da Educação Física, 2019.

FERREIRA, E. A. **Postura e controle postural: desenvolvimento e aplicação de método quantitativo de avaliação postural.** 2005. Tese (Doutorado em Fisiopatologia Experimental) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

FERREIRA, E. A. G.; DUARTE, M.; MALDONADO, E. P.; BURKE, T. N.; MARQUES, A. P. **Postural assessment software (PAS/SAPO): validation and reliability**. Clinics, v. 65, n. 7, p. 675-681, 2010.

FORTIN, C.; FELDMAN, D. E.; CHERIET, F.; LABELLE, H. **Clinical methods for quantifying body segment posture: a literature review**. Disability and rehabilitation, v. 33, n. 5, p. 367-383, 2011.

FURLANETTO, T.S.; CANDOTTI, C.T.; COMERLATO, T.; LOSS, J. F. **Validating a postural evaluation method developed using a Digital Image-based Postural Assessment (DIPA) software**. Computer methods and programs in biomedicine, v. 108, n. 1, p. 203-212, 2012.

FURLANETTO, T. S.; SEDREZ, J. A.; CANDOTTI, C. T.; LOSS, J. F. **Photogrammetry as a tool for the postural evaluation of the spine: A systematic review**. World journal of orthopedics, v. 7, n. 2, p. 136, 2016.

JACKSON, A. W.; DISCH, J. G.; MOOD, D. P. **Measurement and Evaluation in Human Performance**. Champaign: Human Kinetics, 1995.

KANDASAMY, G.; BETTANY-SALTIKOV, J.; VAN SCHAİK, P. Posture and back shape measurement tools: A narrative literature review. **Spinal Deform. Adolesc. Adults Older Adults**, London, 2021.

KISNER, C.; COLBY, L. A. **Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques**, 6. ed. FA Dav S. Com. Philadelphia, 1987.

KNAPIK, J. J.; REYNOLDS, K. L.; HARMAN, E. **Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects**. Military medicine, v. 169, n. 1, p. 45-56, 2004.

KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G. **Músculos: provas e funções com postura e dor**. 5ª ed. São Paulo: Manole, 2007.

KRAWCZKY, B.; MAINENTI, M. R. M.; PACHECO, A.G. F. **The impact of pilates exercises on the postural alignment of healthy adults**. Revista Brasileira de Medicina do Esporte, v. 22, p. 485-490, 2016.

LI, S. S. W.; CHOW, D. H. K. **Multi-objective analysis for assessing simultaneous changes in regional spinal curvatures under backpack carriage in young adults**. Ergonomics, v. 59, n. 11, p. 1494-1504, 2016.

METHENY, E. **Body dynamics**, 1. Ed. New York, 1952.

O SHEA, C.; BETTANY-SALTIKOV, J. A.; WARREN, J. G. **Effect of same-sided and cross-body load carriage on 3D back shape in young adults**. Studies in health technology and informatics, v. 123, p. 159, 2006.

- PERRY, J. **Gait analysis: technology and the clinician.** Journal of rehabilitation research and development, v. 31, n. 1, p. vii, 1994.
- SOUZA, J. A.; PASINATO, F.; BASSO, D.; CORRÊA, E. C. R.; SILVA, A. M. T. Biofotogrametria confiabilidade das medidas do protocolo do software para avaliação postural (SAPO). **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 13, p. 299-305, 2011.
- SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Controle motor: teoria e aplicações práticas.** 3. ed. Barueri: Manole, 2010.
- STRUBE, E. M.; SUMNER, A.; KOLLOCK, R.; GAMES, K. E.; LACKAMP, M. A.; MIZUTANI, M.; SEFTON, J. E. M. **The effect of military load carriage on postural sway, forward trunk lean, and pelvic girdle motion.** International Journal of Exercise Science, v. 10, n. 1, p. 25, 2017.
- THOMAS, D. P. **The effect of load carriage on normal standing in man.** Journal of Anatomy, v. 93, n. Pt 1, p. 75, 1959.

Impactos da fadiga psicofisiológica no desempenho de pilotos e na segurança de voo: uma revisão integrativa

Rafael Neves da Costa (AFA - FAB)

Fábio Angioluci Diniz Campos (AFA - FAB)

RESUMO

Este estudo objetiva realizar um levantamento da literatura, utilizando uma metodologia integrativa sobre efeitos da fadiga fisiológica e cognitiva no desempenho de pilotos, investigando seus impactos na segurança das operações aéreas, a fim de compreender melhor os fatores psicofisiológicos e os riscos associados.

Palavras-chave: Desempenho cognitivo; erro humano; fadiga de voo; segurança de voo.

1. INTRODUÇÃO

O termo ‘fadiga’, embora amplamente utilizado para descrever um estado de exaustão física e mental, transcende essa definição, tornando-se muito mais abrangente (Mota, Cruz, Pimenta, 2005). A fadiga tem sido identificada como um fator contribuinte para acidentes, ferimentos e mortes em uma variedade de cenários, com a implicação de que pessoas cansadas são menos propensas a realizar ações seguras e manter um desempenho adequado. Com as constantes mudanças e evoluções nas características das aeronaves, contextos e missões, a exaustão dos pilotos tornou-se uma preocupação crescente em diversas áreas, tanto civis quanto militares (Williamson *et al.*, 2009).

A literatura aponta que fontes de estresse podem se originar das características específicas do voo e da carga de trabalho, que, quando combinadas com sobrecargas autoprovocadas, como o uso de medicamentos sem supervisão médica, consumo de álcool, tabagismo, desequilíbrio na atividade física, padrões de sono irregulares e alimentação inadequada, podem acelerar o processo de exaustão (Brasil, 2019).

Quanto aos fatores psicológicos, a fadiga está associada à redução do tempo de reação, diminuição da vigilância e comprometimento na tomada de decisões, o que pode se tornar crítico durante voos de alta complexidade (Kandera *et al.*, 2019).

No ano de 2020, uma revisão sistemática conduzida pelos pesquisadores Salaheddine Bendak e Hamad S.J. Rashid (2020) identificou os principais fatores causadores de fadiga humana. Entre eles, destacaram-se o sono inadequado, as anormalidades do ritmo circadiano, o cansaço induzido pela

longa exposição a tarefas extenuantes, tanto mental quanto fisicamente, a duração da jornada de trabalho, o horário de início do dia útil, o tempo de recuperação e fatores ambientais, como baixa iluminação, poucos estímulos, alta vibração ou ruídos, dentre outros.

Portanto, aumentar o conhecimento sobre as condições de fadiga contribuirá para a prevenção de erros que podem resultar em acidentes aeronáuticos catastróficos, especialmente quando associados a fatores humanos, como falta de atenção, baixa percepção, julgamento falho e lentidão de raciocínio, considerados pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos de grande risco à atividade aérea.

2. OBJETIVO

Esta revisão integrativa tem como objetivo realizar um levantamento da literatura sobre os impactos da fadiga no desempenho de pilotos e suas consequências, investigando os fatores contribuintes para esse estado, com o intuito de compreender melhor os aspectos psicofisiológicos e dos riscos à segurança de voo.

3. MÉTODOS DE LEVANTAMENTO DE LITERATURA

Foi realizada uma revisão de literatura, com abordagem qualitativa, apropriada para pesquisas de revisões exploratórias. A metodologia adotada nesta revisão integrativa baseou-se nos artigos “*The integrative review: updated methodology*” (Whittemore, Knafl, 2005) e “*Integrative review: what is it? How to do it?*” (Souza, Silva e Carvalho, 2010). Inicialmente, identificou-se o problema por meio da elaboração de uma pergunta norteadora. Em seguida, foram realizadas buscas na literatura para coleta de dados, que foram avaliados por meio de uma análise crítica. Por fim, os resultados encontrados foram apresentados e discutidos. Para delimitar a pergunta norteadora da pesquisa, utilizou-se a estratégia PECOS, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Estratégia PECOS.

Estratégia	Descrição	Componentes da pergunta
P	População	Pilotos de aeronaves
E	Exposição	Atividade aérea
C	Controle	Não aplicável
O	Desfecho (<i>outcome</i>)	Degradação no desempenho cognitivo decorrente da fadiga
S	Desenho de estudo (<i>study design</i>)	Transversal

Após a definição da estratégia de busca, recorreu-se aos descritores e seus respectivos sinônimos registrados no Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) – e *Medical Subject Heading (MeSH)*: *Fatigue*, “*Mental Fatigue*”, “*Emotional Exhaustion*”, “*Sluggish Cognitive Tempo*”, “*Psychomotor Performance*”, *Pilots*, *Aviator*, *Co-pilot*, “*Co pilot*”, *Aircraft*, *Airplane*, *Helicopter*, “*Fighter Pilot*”, “*Combat Pilot*”, *Aviation*, *Flight*, *Crew* e “*High Performance Aircraft*”. Ainda, foram utilizados outros termos: *Military*, “*Military Personnel*”, “*Coast Guard*”, “*Air Force Personnel*”, “*Armed Forces Personnel*”, *Soldier* e “*Navy Pilot*”.

3.1 Base de dados

As bases de dados consultadas foram MEDLINE (via PUBMED), LILACS (via BVS), COCHRANE LIBRARY e SciELO. As pesquisas foram realizadas nos meses de julho e agosto de 2024, sendo aplicados os filtros de tempo – últimos 10 anos – a fim de contemplar estudos mais recentes, bem como de idioma – inglês, português e espanhol. Após a consulta nas bases de dados especificadas acima, também foram realizadas buscas de artigos por meio de citações, dissertações, teses e outros *websites*, como o GOOGLE SCHOLAR. Também foram incluídas três revisões sistemáticas, apontadas no Quadro 2.

3.2 Equação de busca

A equação elaborada foi: (*Fatigue* OR “*Mental Fatigue*” OR “*Emotional Exhaustion*” OR “*Sluggish Cognitive Tempo*” OR “*Psychomotor Performance*”) AND (*Pilots* OR *Aviator* OR *Co-pilot* OR “*Co pilot*” OR *Aircraft* OR *Airplane* OR *Helicopter* OR “*Fighter Pilot*” OR “*Combat Pilot*” OR *Aviation* OR *Flight* OR *Crew* OR “*High Performance Aircraft*”) AND (*Military* OR “*Military Personnel*” OR “*Coast Guard*” OR “*Air Force Personnel*” OR “*Armed Forces Personnel*” OR *Soldier* OR “*Navy Pilot*”).

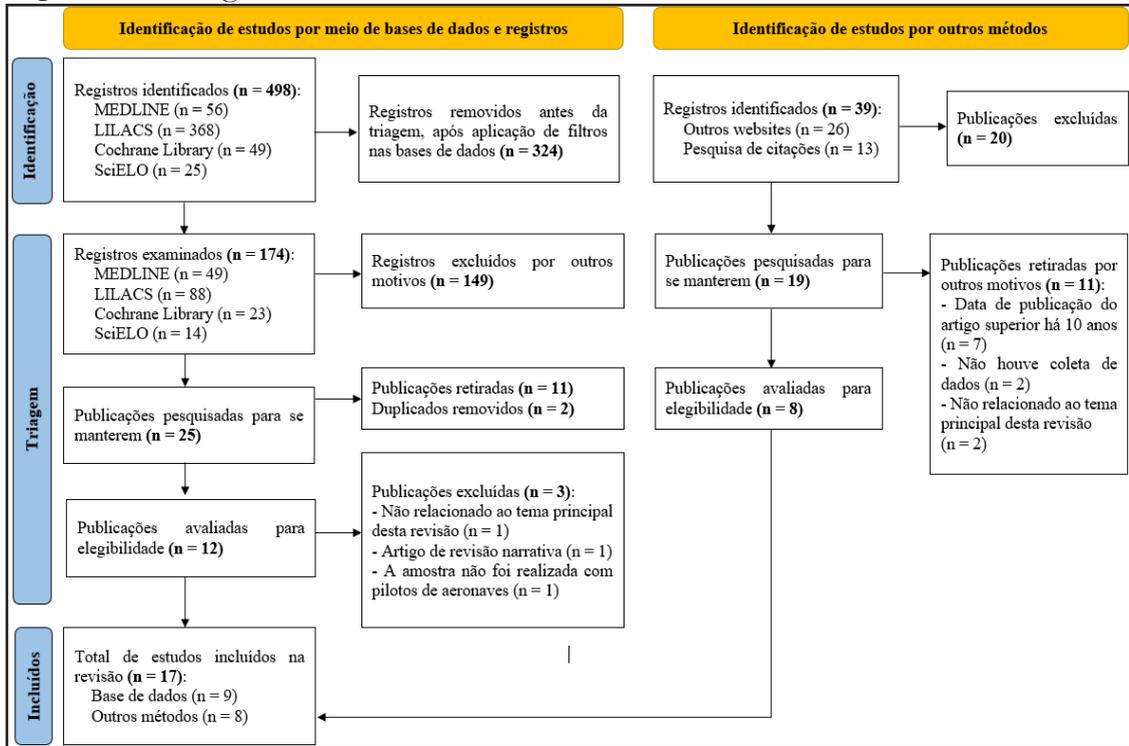
3.3 Critérios de inclusão e exclusão

A seleção inicial foi realizada com base na leitura dos títulos e resumos. Foram incluídos os registros que analisaram a fadiga física e mental em pilotos durante a atividade aérea (real ou simulada), dos últimos 10 anos, nos idiomas inglês, português e espanhol, e que estavam relacionados ao objetivo desta pesquisa. Na fase da triagem, as publicações não disponíveis na íntegra foram excluídas. Por fim, na elegibilidade, os registros que não atendiam os critérios da busca de acordo com a estratégia PECOS foram excluídos. Os respectivos motivos estão detalhados na Figura 1.

3.4 Número de registros

O quantitativo de registros obtidos e fases do processo de busca estão especificados na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma de busca.



Fonte: Os autores.

4. SÍNTESE DOS RESULTADOS

O Quadro 2 apresenta os 17 registros incluídos nesta revisão. Foram selecionados estudos de diferentes perfis de voo, encontrados nas bases de dados mencionadas na Figura 1, bem como aqueles incluídos através de citações ou de outros *websites*.

Quadro 2. Síntese dos principais achados e contribuições dos registros selecionados.

Autores/Ano País	Título	Principais achados e contribuições
Morris <i>et al.</i> 2020 EUA	<i>Aircrew fatigue perceptions, fatigue mitigation strategies, and circadian typology.</i>	O estudo realizado com 21 pilotos da USAF em uma operação de mobilidade aérea sugere que a tipologia circadiana pode influenciar a percepção de fadiga e a maneira como a tripulação experimenta a exaustão. Pilotos com o ciclo circadiano matutino apresentaram uma maior percepção de fadiga durante as operações aéreas, quando comparado ao grupo de pilotos com o ciclo circadiano vespertino. O exercício físico, como estratégia de mitigação da fadiga, foi o método mais aceito entre os pilotos.

Keller <i>et al.</i> 2020 EUA	<i>An analysis of self-reported sleepiness and fatigue measures from collegiate aviation pilots.</i>	O estudo buscou compreender a fadiga e a sonolência em 32 pilotos-alunos (novos e menos experientes). Foram utilizadas as escalas KSS e SPS. Os resultados forneceram evidências de que a amostra estava mais cansada e sonolenta durante a primeira coleta, realizada às 08:00 h. A maioria dos erros dos pilotos foi cometida nas primeiras horas da manhã.
Koskelo <i>et al.</i> 2024 Finlândia	<i>Cardiac autonomic responses in relation to cognitive workload during simulated military flight.</i>	O estudo com 13 pilotos investigou como a carga de trabalho cognitiva afeta a regulação autonômica cardíaca. Os resultados mostraram que a VFC foi capaz de diferenciar as fases do voo que induziram diferentes níveis de carga cognitiva. Maiores cargas de trabalho levaram a reduções significativas na VFC, refletindo a desativação parassimpática da regulação autonômica cardíaca. A VFC pode ser útil para avaliar elevadas cargas de trabalho, associadas à fadiga e desempenho do piloto.
Rosa <i>et al.</i> 2021 Suécia	<i>Cognitive performance, fatigue, emotional, and physiological strains in simulated long-duration flight missions.</i>	A pesquisa com 11 pilotos identificou associações entre desempenho cognitivo, emoções e ativação/desativação fisiológica, medidas pela VFC, testes cognitivos e pela escala SPS em uma simulação de longa duração. Após 7 horas de simulação, observou-se uma queda no desempenho em tarefas não executivas, correlacionada com medidas de fadiga autorreferida. Foram encontradas correlações significativas entre emoções e VFC. Emoções como desânimo, tédio, passividade e baixa motivação podem impactar na fadiga dos pilotos.
Gander <i>et al.</i> 2014 Nova Zelândia	<i>Crew fatigue safety performance indicators for fatigue risk management systems.</i>	Realizado com 133 tripulantes em 220 voos, o estudo utilizou o PVT, actigrafia e as escalas KSS e SPS para coleta de dados. Em um sistema de gerenciamento de riscos de fadiga, os indicadores de desempenho de segurança precisam ser unificados em um grande banco de dados compartilhado, para uso amplo na aviação apoio à tomada de decisões. Sono, fadiga subjetiva e desempenho não devem ser analisados isoladamente para medir fadiga.

<p>Arsintescu <i>et al.</i></p> <p>2021</p> <p>EUA</p>	<p><i>Early starts and late finishes both reduce alertness and performance among short-haul airline pilots.</i></p>	<p>O estudo foi conduzido para verificar se os níveis de fadiga percebidos e o desempenho cognitivo variam de acordo com o horário do dia, tempo acordado e duração do sono na noite anterior. Noventa e cinco pilotos realizaram o PVT, preencheram um diário de sono e a escala SPS. Em tarefas que se estendiam para o período noturno, os pilotos relataram maior fadiga e pior desempenho cognitivo (tempo de reação) em comparação com aqueles que iniciaram as tarefas mais cedo. O tempo de serviço de serviço também influenciou a fadiga e o desempenho.</p>
<p>Salaheddine Bendak; Hamad Rashid</p> <p>2020</p> <p>Emirados Árabes Unidos</p>	<p><i>Fatigue in aviation: a systematic review of the literature.</i></p>	<p>O estudo examinou as causas, consequências, medição e mitigação da fadiga e o risco associado à atividade aérea. O risco aumenta significativamente quando o dia de trabalho excede 16 horas, a duração do sono na noite anterior é inferior a 6 horas, há redução no horário de descanso, aumento da demanda cognitiva, elevado número de segmentos voados, ou quando o trabalho coincide com o horário de sono da tripulação, devido a alterações no ciclo circadiano.</p>
<p>Diaz-Piedra <i>et al.</i></p> <p>2016</p> <p>Espanha</p>	<p><i>Fatigue in the military: towards a fatigue detection test based on the saccadic velocity.</i></p>	<p>A pesquisa realizada com 5 pilotos de helicóptero durante um voo real de 2 horas, utilizando um rastreador ocular, concluiu que testes de fadiga baseados na velocidade sacádica são altamente sensíveis. A fadiga torna os movimentos oculares mais lentos, que não são controlados voluntariamente. O estudo ofereceu aos departamentos médicos militares um biomarcador válido e útil para avaliar o estado fisiológico dos pilotos.</p>
<p>Rosa <i>et al.</i></p> <p>2021</p> <p>Suécia</p>	<p><i>Fatigue, emotion, and cognitive performance in simulated long-duration, single-piloted flight missions.</i></p>	<p>O estudo com 12 pilotos em um simulador de voo de 12 horas revelou que, a partir da sétima hora de exposição, houve uma diminuição dos estados emocionais positivos (com aumento de tédio, melancolia e desânimo), um aumento significativo da fadiga autorrelatada e uma piora no tempo de resposta. Foi possível compreender o desenvolvimento da fadiga a relação entre emoções e cognição.</p>
<p>Honn <i>et al.</i></p> <p>2015</p> <p>EUA</p>	<p><i>Fatiguing effect of multiple take-offs and landings in regional airline operations.</i></p>	<p>Avaliando 24 pilotos em um simulador com múltiplas decolagens e pousos, a pesquisa utilizou o PVT, SPS e KSS. Descobriu-se que voos com múltiplos seguimentos aumentaram a percepção de fadiga subjetiva e pioraram o desempenho cognitivo dos pilotos, evidenciado pelo aumento de lapsos no tempo de reação.</p>

<p>van den Berg <i>et al.</i> 2015 Nova Zelândia</p>	<p><i>Monitoring and managing cabin crew sleep and fatigue during na ultra-long range trip.</i></p>	<p>Utilizando o PVT, SPS e KSS, a fadiga de 55 tripulantes foi avaliada durante um voo de ultralongo alcance. Através desses testes foi permitido detectar a fadiga, gerenciar a tripulação de forma eficaz e tomar decisões estratégicas com base em dados objetivos e subjetivos.</p>
<p>Dehais <i>et al.</i> 2018 França</p>	<p><i>Monitoring pilot's cognitive fatigue with engagement features in simulated and actual flight conditions using na hybrid fNIRS-EEG passive BCI.</i></p>	<p>Avaliou 4 pilotos durante a execução de quatro circuitos de tráfegos, com uma tarefa auditiva secundária, tanto em voo real quanto em simulador. Demonstrou-se que dispositivos portáteis de imagem cerebral com interfaces passivas de computador, usando tecnologia neuro adaptativa baseada em EEG e fNIRS, podem monitorar com precisão estados mentais em ambientes operacionais e identificar a degradação do desempenho cognitivo em pilotos.</p>
<p>Marqueze <i>et al.</i> 2023 Brasil</p>	<p><i>Organizational risk factors for aircrew health: a systematic review of observational studies.</i></p>	<p>Foram analisados 36 artigos e identificou-se que os principais fatores de riscos para tripulações são longas horas de envolvimento, alta demanda de trabalho e exposições a voos noturnos ou horários irregulares. Interrupções do ciclo sono/vigília e dessincronização circadiana são fatores de risco significativos para saúde mental. Tais fatores podem levar à síndrome de burnout, declínio cognitivo, depressão, distúrbios do sono, vícios e outros transtornos mentais relacionados ao esgotamento.</p>
<p>Cheng <i>et al.</i> 2018 China</p>	<p><i>Posturographic balance's validity in mental and physical fatigue assessment among cadets pilots.</i></p>	<p>Foram realizados dois experimentos de 40 horas para medir a fadiga usando a VFC, estados de humor, pressão arterial, frequência cardíaca e respiratória, além de um teste posturográfico de equilíbrio. A fadiga mental correlacionou-se significativamente com todos os testes, indicando exaustão ao longo do tempo de exposição. O comprometimento da estabilidade postural pode refletir o aumento da fadiga mental e física entre pilotos cadetes. O estudo confirmou que o equilíbrio posturográfico e os parâmetros fisiológicos relacionados à exaustão podem avaliar a fadiga com eficácia.</p>

van Drongelen <i>et al.</i> 2016 Holanda	<i>Risk factors for fatigue among airline pilots.</i>	O estudo analisou 502 pilotos e indicou que a idade avançada, estilo de vida noturno, sono inadequado, desequilíbrio entre a vida pessoal e profissional, maior necessidade de recuperação, menor percepção de saúde, baixa atividade física, IMC elevado (acima de 25) e consumo de álcool são fatores de risco para fadiga.
Quental <i>et al.</i> 2021 Portugal	<i>The impact of cognitive fatigue on airline pilots performance.</i>	Em uma rotina de 6 voos, três pilotos foram avaliados quanto à fadiga cognitiva usando PVT, SPS, diário do sono e actigrafia. Os resultados mostraram que a percepção de fadiga e o tempo de reação aumentaram gradativamente com o número de voos. Análises indicaram que os dados das últimas etapas estavam associados a um risco muito elevado de acidente.
Wilson <i>et al.</i> 2022 Nova Zelândia	<i>The prevalence of cardiometabolic health risk factors among airline pilots: a systematic review.</i>	Esta revisão analisou 48 estudos de 20 países, com uma amostra total de 36.958 pilotos, e constatou uma alta prevalência de fatores de risco cardiometabólicos entre eles. Os fatores mais comuns são baixa qualidade do sono, tabagismo, alcoolismo, obesidade, sedentarismo, além de fadiga e degradação da saúde mental.

EUA: Estados Unidos da América; USAF: *United States Air Force*; KSS: *Karolinska Sleepiness Scale*; SPS: *Samn-Perelli Scale*; VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; PVT: *Psychomotor Vigilance Task*; EEG: Eletroencefalografia; FNIRS: *Functional Near Infrared Spectroscopy*; IMC: Índice de Massa Corporal.

Fonte: Os autores

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar estudos que abordam os impactos da fadiga psicofisiológica em pilotos e suas consequências para a segurança das operações aéreas, conclui-se que múltiplos fatores contribuem para a degradação do desempenho cognitivo, aumento da percepção de fadiga e exaustão física.

Os fatores mais prevalentes incluem a tipologia circadiana, longas jornadas de trabalho, alterações emocionais como desânimo, tédio, passividade e baixa motivação, má qualidade do sono e repouso, tempo insuficiente de recuperação, múltiplas decolagens e pousos, repetitividade de tarefas, exposição a ruídos e excesso de estímulos.

Aspectos fisiológicos, como sedentarismo, atividade física insuficiente, elevado IMC, tabagismo, distúrbios metabólicos e consumo de álcool, também afetam diretamente a fadiga. Além disso, a revisão da literatura identificou as metodologias mais utilizadas para a detecção de fadiga, caracterizadas por sua eficácia, sensibilidade, baixo custo, facilidade de uso e praticidade. Os métodos mais empregados foram o PVT, VFC, EEG, as escalas SPS e KSS, e o teste posturográfico de equilíbrio.

Nesse contexto, propõe-se investigar a fadiga fisiológica e cognitiva em pilotos de T-27M da Academia da Força Aérea, visando compreender melhor os efeitos da exposição ao voo de alto desempenho e os possíveis impactos na segurança, além de desenvolver estratégias eficazes de gerenciamento para otimizar a performance homem-máquina.

REFERÊNCIAS

ARSINTESCU, L.; PRADHAN, S.; CHACHAD, R. G.; GREGORY, K. B.; MULLIGAN, J. B.; FLYNN-EVANS, E. E. Early starts and late finishes both reduce alertness and performance among short-haul airline pilots. **Journal of sleep research**, v. 31, n. 3, p. e13521, 2022.

BENDAK, S.; RASHID, H. S. J. Fatigue in aviation: A systematic review of the literature. **International journal of industrial ergonomics**, v. 76, n. 102928, p. 102928, 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. **Fadiga de Voo (NOPREP/SGV/01D)**. Brasília, 2019.

CHENG, S.; SUN, J.; MA, J.; DANG, W.; TANG, M.; HUI, D.; ZHANG, L.; HU, W. Posturographic balance's validity in mental and physical fatigue assessment among cadet pilots. **Aerospace medicine and human performance**, v. 89, n. 11, p. 961–966, 2018.

DEHAIS, F.; DUPRES, A.; DI FLUMERI, G.; VERDIERE, K.; BORGHINI, G.; BABILONI, F.; ROY, R. Monitoring pilot's cognitive fatigue with engagement features in simulated and actual flight conditions using an hybrid fNIRS-EEG passive BCI. 2018. **2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)** [...]. [S. l.]: IEEE, 2018.

DIAZ-PIEDRA, C.; RIEIRO, H.; SUÁREZ, J.; RIOS-TEJADA, F.; CATENA, A.; DI STASI, L. L. Fatigue in the military: towards a fatigue detection test based on the saccadic velocity. **Physiological measurement**, v. 37, n. 9, p. N62-75, 2016.

GANDER, P. H.; MANGIE, J.; VAN DEN BERG, M. J.; SMITH, A. A. T.; MULRINE, H. M.; SIGNAL, T. L. Crew fatigue safety performance indicators for fatigue risk management systems. **Aviation, space, and environmental medicine**, v. 85, n. 2, p. 139–147, 2014.

HONN, K. A.; SATTERFIELD, B. C.; MCCAULEY, P.; CALDWELL, J. L.; VAN DONGEN, H. P. A. Fatiguing effect of multiple take-offs and landings in regional airline operations. **Accident; analysis and prevention**, v. 86, p. 199–208, 2016.

KANDERA, B.; ŠKULTÉTY, F.; MESÁROŠOVÁ, K. Consequences of flight crew fatigue on the safety of civil aviation. **Transportation research procedia**, v. 43, p. 278–289, 2019.

KELLER, J.; MENDONCA, F.; LAUB, T.; WOLFE, S. An analysis of self-reported sleepiness and fatigue measures from collegiate aviation pilots. **Collegiate aviation review**, v. 38, n. 1, 2020.

KOSKELO, J.; LEHMUSAHO, A.; LAITINEN, T. P.; HARTIKAINEN, J. E. K.; LAHTINEN, T. M. M.; LEINO, T. K.; HUTTUNEN, K. Cardiac autonomic responses in relation to cognitive workload during simulated military flight. **Applied ergonomics**, v. 121, n. 104370, p. 104370, 2024.

MARQUEZE, E. C.; DE SÁ E BENEVIDES, E. A.; RUSSO, A. C.; FÜRST, M. S. G.; ROSCANI, R. C.; GUIMARÃES, P. C. V.; SALIM, C. A. Organizational risk factors for aircrew health: A systematic review of observational studies. **International journal of environmental research and public health**, v. 20, n. 4, 2023.

MORRIS, M. B.; HOWLAND, J. P.; AMADDIO, K. M.; GUNZELMANN, G. Aircrew fatigue perceptions, fatigue mitigation strategies, and circadian typology. **Aerospace medicine and human performance**, v. 91, n. 4, p. 363–368, 2020.

MOTA, D. D. C. de F.; CRUZ, D. de A. L. M. da; PIMENTA, C. A. de M. Fadiga: uma análise do conceito. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 18, n. 3, p. 285–293, 2005.

QUENTAL, N.; ROCHA, J.; SILVA, J.; MENEZES, L.; SANTOS, J. The impact of cognitive fatigue on airline pilots performance. **Journal of airline and airport management**, v. 11, n. 1, p. 16, 2021.

ROSA, E.; GRONKVIST, M.; KOLEGARD, R.; DAHLSTROM, N.; KNEZ, I.; LJUNG, R.; WILLANDER, J. Fatigue, emotion, and cognitive performance in simulated long-duration, single-piloted flight missions. **Aerospace medicine and human performance**, v. 92, n. 9, p. 710–719, 2021.

ROSA, E.; LYSKOV, E.; GRÖNKVIST, M.; KÖLEGÅRD, R.; DAHLSTRÖM, N.; KNEZ, I.; LJUNG, R.; WILLANDER, J. Cognitive performance, fatigue, emotional, and physiological strains in simulated long-duration flight missions. **Military psychology: the official journal**

of the **Division of Military Psychology, American Psychological Association**, v. 34, n. 2, p. 224–236, 2022.

SOUZA, M. T. de; SILVA, M. D. da; CARVALHO, R. de. Integrative review: what is it? How to do it? **Einstein (Sao Paulo, Brazil)**, v. 8, n. 1, p. 102–106, 2010.

VAN DEN BERG, M. J.; SIGNAL, T. L.; MULRINE, H. M.; SMITH, A. A. T.; GANDER, P. H.; SERFONTEIN, W. Monitoring and managing cabin crew sleep and fatigue during an ultra-long range trip. **Aerospace medicine and human performance**, v. 86, n. 8, p. 705–713, 2015.

VAN DRONGELEN, A.; BOOT, C. R. L.; HLOBIL, H.; SMID, T.; VAN DER BEEK, A. J. Risk factors for fatigue among airline pilots. **International archives of occupational and environmental health**, v. 90, n. 1, p. 39–47, 2017.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. **Journal of advanced nursing**, v. 52, n. 5, p. 546–553, 2005.

WILLIAMSON, A.; LOMBARDI, D. A.; FOLKARD, S.; STUTTS, J.; COURTNEY, T. K.; CONNOR, J. L. The link between fatigue and safety. **Accident; analysis and prevention**, v. 43, n. 2, p. 498–515, 2011.

WILSON, D.; DRILLER, M.; JOHNSTON, B.; GILL, N. The prevalence of cardiometabolic health risk factors among airline pilots: A systematic review. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 8, p. 4848, 2022.

Memória de trabalho e desempenho em voo: uma revisão integrativa da literatura

Rennan Rodrigues de Souza Melo (AFA - FAB)
Bruno Ferreira Viana (CEFAN - MB)

RESUMO

A memória de trabalho é a capacidade de manter e manipular informações de maneira temporária de forma que as ações exercidas sejam as mais adequadas à determinada situação. Isto posto, o objetivo deste estudo é melhor compreender a influência da memória de trabalho em pilotos durante a atividade aérea.

Palavras-chave: funções executivas; memória de trabalho; desempenho; voo; pilotos.

1. INTRODUÇÃO

Funções Executivas são processos mentais de ordem superior que incluem habilidades de formação de metas, planejamento, execução de planos direcionados a metas e desempenho eficaz (Jurado e Rosselli, 2007). Pesquisadores sugerem que as principais funções executivas são o controle inibitório, capacidade em inibir uma resposta prepotente que não seja adequada à determinada situação, flexibilidade cognitiva, habilidade de se ser flexível o suficiente para se ajustar às novas demandas do ambiente, e memória de trabalho, capacidade de manter uma informação de maneira temporária e trabalhar com ela. Apesar de alguns estudos indicarem que é possível fazer uma divisão conceitual e operacional das três funções citadas, verifica-se, também, uma correlação significativa entre as três, de forma que para uma função executiva atuar em plena funcionalidade, esta deva interagir entre as outras funções (Miyake *et al.*, 2000).

Alguns estudos indicam uma relação entre as capacidades executivas do indivíduo e o desempenho eficaz em diversas áreas da vida cotidiana, como saúde, financeiro, relacionamento e acadêmico (Miller *et al.*, 2011; Bailey, 2007; Eakin *et al.*, 2004; Duncan *et al.*, 2007), onde alguns destes estudos sugerem que o treinamento da memória de trabalho pode melhorar o desempenho em uma variedade de tarefas complexas (Clark *et al.*, 2017).

A atividade neural decorrente desses processos cognitivos ocorre predominantemente no Córtex Pré-Frontal (PFC), região cortical indicada como a responsável pelo comportamento mais evolutivo da espécie humana (Levy, 2022), sendo a memória de trabalho um processo cognitivo que envolve grande demanda do córtex pré-frontal dorsolateral (PFCdl) (Fuster, 2019).

Dentro deste contexto, a memória de trabalho, em particular, desempenha um papel relevante à atividade aérea ao permitir que os pilotos mantenham e

manipulem informações temporárias, sendo está uma capacidade essencial para corrigir a trajetória de voo, monitorar instrumentos e realizar coordenações com o controle de tráfego aéreo (Causse *et al.*, 2011). Esse processo cognitivo é especialmente relevante em ambientes complexos, onde múltiplas variáveis precisam ser monitoradas simultaneamente e decisões rápidas e adequadas devam ser tomadas (Baddeley, 1986; Jurado e Rosselli, 2007).

Sua relação com o desempenho em voo tem sido objeto de investigação em estudos recentes, com evidências indicando que a capacidade de memória de trabalho é um fator preditivo para o desempenho e segurança em voo (Cak *et al.*, 2020; Doane e Sohn, 2000; Zhou *et al.*, 2022). Essas capacidades são ainda mais relevantes para pilotos novatos, cuja experiência prática limitada aumenta a dependência de funções cognitivas para garantir um melhor movimento e tomada de decisão em um ambiente novo e complexo (Clark *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 2005).

Além da possibilidade de melhorar o treinamento dos futuros pilotos da Força Aérea Brasileira, fornecendo conhecimento e habilidades necessárias para tomar decisões adequadas em ambiente operacional, verificamos a relevância desta pesquisa ao observar a preponderante relação entre os aspectos cognitivos dos pilotos e as ocorrências aeronáuticas, haja vista que cerca de 70% a 80% dos fatores contribuintes são oriundos do fator humano (Shappell e Wiegmann, 1996). Falha na tomada de decisão, gerenciamento de múltiplas tarefas, julgamento e percepção são alguns dos fatores contribuintes mais recorrentes, indicando que capacidades cognitivas apresentam considerável relevância no voo.

Com este estudo, propomo-nos a melhor compreender a relação entre a capacidade de memória de trabalho e o desempenho em voo como tomada de decisão, consciência situacional, e gerenciamento de múltiplas tarefas, investigando como essa função executiva impacta diretamente a performance de pilotos. Objetivamos, também, uma contribuição teórica para o entendimento desses dois construtos, a saber, memória de trabalho e o desempenho em voo de pilotos, sugerindo maiores estudos acerca da aplicabilidade prática deste construto, como na identificação de pilotos com dificuldades na memória de trabalho e a possibilidade de desenvolver programas de treinamento personalizados.

2. METODOLOGIA

2.1 Tipo de revisão

Para um melhor entendimento do tema, foi utilizada uma revisão do tipo integrativa visando incluir uma maior variedade de estudos e obtendo uma visão mais ampla do fenômeno em questão (Mendes *et al.* 2008).

2.2 Estratégia

Foi utilizada a estratégia PECOS para delimitar e nortear a pergunta orientadora, além de estabelecer a equação de busca, sendo **P (População)**:

Pilotos; **E (Exposição)**: Capacidade de memória de trabalho; **C (Comparador)**: Pilotos com alta capacidade de memória de trabalho vs. pilotos com baixa capacidade de memória de trabalho; **O (Desfecho)**: Desempenho no voo; e **S (Desenho do Estudo)**: Não aplicável. A variável independente foi considerada “Memória de trabalho” e a variável dependente “Desempenho no voo”

2.3 Equação

Para elaboração da equação de busca foram utilizados descritores padrão e termos alternativos da plataforma Decs / MeSH e termos alternativos acrescidos dos operadores booleanos OR e AND, além da inclusão de termos relacionados para maior abrangência dos estudos.

2.3.1 Equação #1

“immediate memories” OR *“immediate memory”* OR *“immediate recall”* OR *“immediate recalls”* OR *“short-term memories”* OR *“shortterm memories”* OR *“short term memory”* OR *“shortterm memory”* OR *“short-term memory”* OR *“shortterm memories”* OR *“working memories”* OR *“working memory”* OR *“cognitive load”* OR *“cognitive demand”* OR *“cognitive capacity”* OR *“memory span”* OR *“executive function”*.

2.3.2 Equação #2

“efficiency” OR *“performance”* OR *“flight performance”* OR *“pilot performance”* OR *“pilots performance”* OR *“aviation performance”* OR *“flight skill”* OR *“flight proficiency”* OR *“flight efficiency”* OR *“piloting”* OR *“piloting performance”* OR *“piloting efficiency”* OR *“piloting proficiency”* OR *“psychomotor performances”* OR *“psychomotor performance”* OR *“sensory motor performance”* OR *“sensory motor performances”* OR *“visual motor coordination”* OR *“visual motor coordinations”* OR *“perceptual motor performance”* OR *“perceptual motor performances”*.

2.3.3 Equação #3

“pilots” OR *“aviator”* OR *“aviators flight crew”* OR *“airline pilots”* OR *“military pilots”* OR *“aviation professionals”* OR *“airplane pilots”* OR *“aviation”* OR *“aircraft”* OR *“airplane”*.

2.4 Equação Geral

#1 AND #2 AND #3

2.5 Base de Dados

Foram consultadas as bases de dados PubMed, Lilacs, Scielo, Cochrane e Web of Science. A equação de busca foi ajustada aos critérios de cada base.

2.6 Processo de triagem

Após a busca pela equação adequada à cada base de dados citadas, foi realizada uma triagem em três etapas: (1) leitura de títulos, (2) leitura de resumos e (3) leitura do texto completo, selecionando os artigos que após triagem atendessem aos critérios de inclusão e exclusão.

2.7 Critérios de inclusão

Foram selecionados todos os estudos que atenderam aos descritores estabelecidos na pergunta orientadora e apresentavam relação com o objeto de pesquisa, avaliando diretamente a relação entre memória de trabalho e desempenho de pilotos durante atividades em simuladores de voo ou voos reais. Os artigos incluídos estavam em inglês ou português, sem restrição de data. Para uma compreensão mais aprofundada do conceito de memória de trabalho, alguns estudos teóricos foram revisados, mas não foram incluídos no quadro 1, constando apenas nas referências.

2.8 Critérios de exclusão

Foram excluídos os duplicados; que após leitura de título e resumo não atendiam ao cerne da proposta de pesquisa; em que a população apresentava alguma patologia; e estudos que abordavam outras funções cognitivas sem foco específico na memória de trabalho.

3. PRINCIPAIS ACHADOS

O quadro abaixo apresenta os principais achados dos artigos selecionados.

Autor	Título	Desenho	Amostra	Resultados	Testes/ Intervenção
Zhou <i>et al.</i> (2022)	<i>The effect of working memory training on situation awareness in a flight simulator.</i>	Ensaio clínico	38 participantes da Força Aérea Chinesa divididos aleatoriamente (intervenção n=20) (controle n=18).	Os resultados indicaram melhora da inteligência fluida e da compreensão situacional no grupo de treinamento.	<i>dual n-back</i>

Causse <i>et al.</i> (2011)	<i>Executive Functions and Pilot Characteristics Predict Flight Simulator Performance in General Aviation Pilots</i>	Transversal	24 pilotos privados licenciados	3 fatores foram preditivos para o bom desempenho, raciocínio, experiência de voo e WM	tarefa de atualização (<i>updating task</i>)
Taylor <i>et al.</i> (2005)	<i>Cognitive Ability, Expertise, and Age Differences in Following Air-Traffic Control Instructions</i>	longitudinal	97 pilotos civis licenciados (82 homens e 15 mulheres) entre 45 e 69 anos de idade	A redução na capacidade de memória de trabalho em pilotos mais velhos foi uma das principais razões para o desempenho inferior nas tarefas de comunicação com controle de tráfego aéreo (ATC)	<i>sentence span</i> e <i>computation span</i>
Morrow <i>et al.</i> (1993)	<i>Influence of aging and practice on piloting tasks</i>	Coorte	15 pilotos privados mais velhos (X = 38,4 anos, intervalo 31-51) e 16 jovens (X = 26,1 anos, intervalo 22-29)	O estudo mostra que tarefas que envolvem comunicação com o controle de tráfego aéreo, como ler de volta e executar instruções complexas (frequências de rádio, <i>transponder</i> , <i>heading</i> e altitude), exigem mais da memória de trabalho do que tarefas rotineiras de voo, como decolagem e pouso. Os pilotos mais velhos tiveram pior desempenho nessas tarefas de comunicação, o que está de acordo com a literatura que sugere que a capacidade de memória de trabalho diminui com a idade.	testes cognitivos (não especificados)

Sohn e Doane, (2004)	<i>Memory Processes of Flight Situation Awareness: Interactive Roles of Working Memory Capacity, Long-Term Working Memory, and Expertise</i>	Transversal	52 pilotos, grupos de novatos e especialistas continham 25 e 27, respectivamente.	A capacidade de memória de trabalho e a memória de trabalho de longo prazo (LT-WM) desempenham papéis cruciais no desenvolvimento da consciência situacional (SA) de pilotos. Para pilotos novatos, a capacidade de memória de trabalho espacial é um preditor mais importante de desempenho em SA, uma vez que os novatos ainda não adquiriram as habilidades específicas de memória de longo prazo que os pilotos experientes possuem	memória verbal quanto a memória espacial.
Carretta et al. (1996)	<i>Prediction of Situational Awareness in F-15 Pilots</i>	Transversal	71 pilotos (USAF) que operavam as aeronaves F-15A e F-15C. com idade entre 24 e 45 anos.	O estudo revelou que, após controlar a experiência de voo, a memória de trabalho verbal e espacial, bem como a atenção dividida, são significativamente correlacionadas com a consciência situacional e voo, indicando que pilotos com maior capacidade de memória de trabalho e habilidades cognitivas superiores tendem a apresentar melhor desempenho em termos de SA durante as operações de voo.	testes cognitivos (não especificados)

Taylor <i>et al.</i> (1994)	<i>The Effects of Information Load and Speech Rate on Younger and Older Aircraft Pilots' Ability To Execute Simulated Air-Traffic Controller Instructions</i>	Estudo experimental	Foi composta por 30 pilotos masculinos, divididos em dois grupos, 15 pilotos mais jovens, com idades entre 21 e 34 anos (média de 27,5 anos) e 15 pilotos mais velhos, com idades entre 51 e 74 anos (média de 61,2 anos).	A relação entre <i>digit span</i> e as taxas de erro de execução de rádio/transponder são medidas importantes da perspectiva de que o intervalo de dígitos para trás tem sido usado como um índice do funcionamento da memória de trabalho. Essas descobertas, quando tomadas em conjunto, são consistentes com a visão de que a memória de trabalho contribui substancialmente para a precisão da execução de instruções ATC.	backward digit span.
-----------------------------	---	---------------------	--	--	----------------------

Legenda: WM – Memória de Trabalho; USAF – Força Aérea dos Estados Unidos; ATC – Controlador de Tráfego Aéreo; SA – Consciência Situacional.

Fonte: Os autores.

4. DISCUSSÃO

A componente memória de trabalho está frequentemente relacionada a um desempenho eficaz, não só em aspectos cognitivos como no âmbito social (Borella *et al.*, 2010; Duncan *et al.*, 2007). Baddeley (2000) propôs que a memória de trabalho é um sistema gerenciado por um executivo central que mantém informações de maneira momentânea e analisa a melhor alternativa para utilizá-las da maneira mais eficiente. Este sistema é alimentado por informações visuais, espaciais, fonológicas e informações contidas na memória de longo prazo.

Esta proposta formulada por Baddeley (2000) sugere que o processo para a manutenção de uma informação fonológica, o *loop* fonológico, é composto por 2 subcomponentes, o armazém fonológico e a repetição articulada. Quando uma informação auditiva é obtida, seja ela em forma de som ou através da leitura em virtude da repetição mental das palavras, essa informação é armazenada automaticamente no armazém fonológico de maneira momentânea, cerca de 2 segundos em alguns estudos. Para que essa informação fique mantida até sua manipulação, a repetição articulatória atua através de uma repetição subvocal da informação de forma a mantê-la atualizada, um tipo de *refresh* mental que o indivíduo realiza para manter a informação ativa. Esse *loop* fonológico apresenta

grande relevância para o aprendizado de novas palavras e a compreensão da linguagem, sendo a região com considerável incidência na atuação do armazém fonológico o assente no giro supramarginal esquerda e o ensaio articulatorio, assente na área de Broca (Paulesu *et al.*, 1993).

Semelhantemente, informações visuoespaciais são mantidas de maneira momentânea até sua utilização, bem como informações previamente adquiridas que são evocadas em alguma situação específica através do *buffer* episódico (Baddeley, 2000), enquanto o executivo central busca a estratégia mais adequada para utilizar as informações mantidas momentaneamente de forma que o comportamento produzido seja o mais adequado à determinada condição.

Dentre deste contexto, nossa revisão da literatura verificou que alguns estudos indicam que a memória de trabalho é uma função executiva preditora no desempenho de pilotos durante a atividade aérea. Alguns deles mostram que essa função impacta diretamente a tomada de decisão e a consciência situacional, especialmente em pilotos novatos, que dependem mais das funções cognitivas para compensar a menor experiência, o que está em linha com achados de Causse *et al.* (2011) e Zhou *et al.* (2022). Em pilotos com menor experiência prática, a dependência das funções cognitivas é maior, enquanto pilotos experientes desenvolvem recursos de memória de longo prazo que compensam a carga cognitiva. Esse fenômeno evidencia que a expertise pode moderar o impacto da capacidade cognitiva no desempenho, como proposto por Doane e Sohn (2000).

Foi observado que pilotos com maior capacidade de manipular informações momentâneas apresentaram melhor desempenho nas tarefas, especialmente em situações que exigem atenção dividida e tomada de decisão rápida. Essa constatação reforça a relevância das funções executivas para a atividade aérea, especialmente em ambientes complexos e dinâmicos, como sugerido por Taylor *et al.* (1994) e Sohn e Doane (2004).

Além disso, verificamos que as condições ambientais e o aumento da carga de trabalho aumentam significativamente a demanda cognitiva. A literatura sugere que instruções longas e a alta velocidade da fala, como estudado por Taylor *et al.* (1994), impactam a precisão na execução de tarefas, especialmente em pilotos mais velhos. Assim, a capacidade de memória de trabalho é uma variável essencial para garantir um desempenho eficiente, com implicações práticas para o treinamento de pilotos.

Pesquisas observaram mudanças na capacidade de memória de trabalho ao longo da idade do indivíduo, sendo a diminuição dessa capacidade verificada na idade adulta e avançada do indivíduo (Bopp e Verhaeghen, 2005). Bem como alguns estudos indicam uma relação entre a capacidade de memória de trabalho, o controle de atenção, gerenciamento de múltiplos estímulos, e ao desempenho em tarefas complexas que exigem processamento simultâneo de informações (Kane e Engle, 2003; Unsworth e Engle, 2007). Considerando que a manutenção e manipulação de informações é uma capacidade cognitiva, entendemos que pode ser alterada, tanto positivamente quanto negativamente.

O treinamento de memória de trabalho, por exemplo, sugere melhorias significativas no desempenho em voo, propondo que programas de treinamento baseados em simulação e voltados para o desenvolvimento de capacidades cognitivas podem melhorar o desempenho e a segurança operacional. Dado o impacto significativo da memória de trabalho sobre a segurança de voo, a implementação de programas de treinamento cognitivo específicos pode beneficiar tanto pilotos novatos quanto experientes. Como apontado por Clark *et al.* (2011), programas de simulação voltados para o desenvolvimento de habilidades cognitivas podem melhorar o desempenho operacional e minimizar riscos.

Desta forma, considerando que a atividade aérea é uma tarefa complexa (Shumway-Cook e Woollacott, 2007), e de grande demanda cognitiva onde diversas informações são fornecidas e alteradas pelo ambiente, como instrumentos, razão de planeio, fraseologia e procedimentos, ter uma melhor capacidade de processamento indica que este construto pode ter relação com o desempenho em voo.

Os resultados desta revisão demonstram a importância da memória de trabalho para o desempenho em voo, corroborando os achados de estudos anteriores (Zhou *et al.*, 2022; Causse *et al.*, 2011). No entanto, é importante ressaltar que a maioria dos estudos incluídos na revisão utilizou amostras relativamente pequenas e metodologias específicas, o que limita a generalização dos resultados. Futuras pesquisas com amostras maiores e mais diversificadas são necessárias para confirmar esses achados e explorar outras variáveis que podem influenciar o desempenho em voo.”

5. LIMITAÇÕES

Os estudos selecionados em relação à capacidade de memória de trabalho e desempenho em voo utilizaram metodologias diferentes, o que pode ter impactado os resultados. Não foram utilizadas escalas para a verificação da qualidade dos estudos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão evidencia a relevância da memória de trabalho para o desempenho de pilotos, especialmente em pilotos iniciantes. A implementação de treinamentos específicos para melhorar a capacidade de memória de trabalho pode contribuir para a formação de pilotos mais preparados e capazes de lidar com as múltiplas tarefas em voo. Pesquisas futuras podem explorar a aplicabilidade de treinamentos contínuos e seu impacto em pilotos mais experientes, visando mitigar os efeitos do envelhecimento sobre as funções executivas.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. R. **Cognitive psychology and its implications**. 4. ed. New York: W. H. Freeman, 1987.
- BADDELEY, A. **Trends in Cognitive Sciences**. The episodic buffer: a new component of working memory? v. 4, n. 11, p. 417-423, 2000.
- BADDELEY, A. **Working memory**. Oxford: Oxford University Press, 1986.
- BORELLA, E.; CARRETTA, M.; DE BINI, S.; MAMMARO, A.; DE ROSSI, M.; RE, A. M. Working memory training in older adults: evidence of transfer and maintenance effects. **Psychological Research**, v. 74, p. 361-373, 2010.
- BOPP, K. L.; VERHAEGHEN, P. Aging and verbal memory span: A meta-analysis. **The Journals of Gerontology: Series B, Psychological Sciences and Social Sciences**, v. 60, n. 5, p. P223–P233, 2005.
- CARRETTA, T. R.; PERRY, D. C.; REE, M. J. Prediction of Situational Awareness in F-15 Pilots. **The International Journal of Aviation Psychology**. v. 6, n. 1, p. 21-41, 1996.
- CAUSSE, M. *et al.* Executive functions and pilot characteristics predict flight simulator performance in general aviation pilots. **The International Journal of Aviation Psychology**, v. 21, n. 3, p. 217-234, 2011.
- CLARK, J. *et al.* Cognitive ability, expertise, and age differences in following air-traffic control instructions. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 82, n. 7, p. 701-709, 2011.
- DOANE, S. M.; SOHN, Y. W. Memory processes of flight situation awareness: Interactive roles of working memory capacity, long-term working memory, and expertise. **Human Factors**. v. 46, n. 4, p. 739-747, 2004.
- DUNCAN, G. J. *et al.* School readiness and later achievement. **Developmental Psychology**. v. 43, n. 6, p. 1428-1446, 2007.
- FUSTER, J. M. The prefrontal cortex in the neurology clinic. In: **HANDBOOK of Clinical Neurology**. 3rd series, v. 163, The Frontal Lobes. London: Elsevier, 2019. p. 1-15.
- JURADO, M. B.; ROSSELLI, M. The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. **Neuropsychology Review**. v. 17, n. 3, p. 213-233, 2007.
- KANE, M. J.; ENGLE, R. W. Working-memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task

set to Stroop interference. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 132, n. 1, p. 47-70, 2003.

LEVY, R. The prefrontal cortex: from monkey to man. **Brain**, v. 147, n. 3, p. 794-810, 2022.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758-764, 2008.

MORROW, D. G.; DOBBS, A. R.; ROONEY, L. B. Influence of aging and practice on piloting tasks. **The Journal of Gerontology**, v. 48, n. 3, p. P146-P154, 1993.

PAULESU, E.; FRITH, C. D.; FRACKOWIAK, R. S. J. The neural correlates of the verbal component of working memory. **Nature**, v. 362, n. 6418, p. 342-345, 1993.

SHAPPELL, S. A.; WIEGMANN, D. A. Human factors analysis of aviation accidents. *The International Journal of Aviation Psychology*, v. 6, n. 2, p. 81-100, 1996.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control: translating research into clinical practice**. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

SOHN, Y. W.; DOANE, S. M. Memory processes of flight situation awareness: Interactive roles of working memory capacity, long-term working memory, and expertise. **Human Factors**, v. 46, n. 4, p. 739-747, 2004.

TAYLOR, J. L.; *et al.* Cognitive ability, expertise, and age differences in following air-traffic control instructions. **The International Journal of Aviation Psychology**, v. 15, n. 3, p. 241-264, 2005.

TAYLOR, J. L.; *et al.* The effects of information load and speech rate on younger and older aircraft pilots' ability to execute simulated air-traffic controller instructions. **Journal of Gerontology: Psychological Sciences**, v. 49, n. 5, p. P191-P200, 1994.

UNSWORTH, N.; ENGLE, R. W. The nature of individual differences in working memory capacity: Active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. **Psychological Review**, v. 114, n. 1, p. 104-132, 2007.

ZHOU, X.; *et al.* The effect of working memory training on situation awareness in a flight simulator. **Human Factors**, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2022.

Treinadores de voo da Academia da Força Aérea e *Simulator Sickness*: narração sobre suas aproximações

Tiago Moreira da Silveira (AFA - FAB)

Adriano Percival Calderaro Calvo (UNIFA - FAB)

RESUMO

Apesar da importância dos treinadores de voo, o uso deles podem gerar sintomas de enjoo, chamados de *Simulator Sickness* (SS), sendo os mais comuns: náusea, fadiga e vista cansada. Sabendo da ocorrência de SS, esse estudo visa verificar a presença de estudos na Academia da Força Aérea.

Palavras-chave: Enjoo devido ao movimento; Treinamento por simulação; pilotos; militares; simuladores de voo

1. INTRODUÇÃO

No início da aviação, ocorreram inúmeros relatos de acidentes que vitimaram tripulantes e causaram prejuízos financeiros aos envolvidos na atividade aérea. Sabendo que a falta de experiência e de treinamento de habilidades específicas dos pilotos contribuíram para esses acidentes, houve a necessidade de um aperfeiçoamento dos treinamentos. Com essa motivação, foram criados dispositivos capazes de simular o comportamento do avião, permitindo assim um melhor treinamento dos pilotos. O primeiro dispositivo criado foi o “Barril de aprendizagem de *Antoniette*” em 1910, sendo uma estrutura sintética com movimentos manuais para simular algumas situações de voo. A partir de 1927, foi desenvolvido o “*Link-Trainer*”, uma cabine genérica com controles e instrumentos presentes nas aeronaves, permitindo assim um treinamento dos pilotos para voo em condições de voo por instrumentos, sendo muito utilizado durante a Segunda Guerra Mundial. Após a Segunda Guerra Mundial, os simuladores de voo sofreram diversas modernizações e evoluções tecnológicas, permitindo atualmente um treinamento da operação dos sistemas das aeronaves e comandos de voo através de computadores modernos. (Machado, 2016)

Com as evoluções apresentadas pelos simuladores de voo e sabendo da sua respectiva importância para o treinamento e formação dos pilotos, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) prevê no Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) nº 61 o abatimento de horas para a obtenção de certas habilitações aos pilotos de avião (5 horas das 40 horas necessárias para a licença de piloto privado, 10 horas das 150 horas necessárias para a licença de piloto comercial e 100 horas das 1500 horas necessárias para a licença de piloto de linha aérea). (Brasil, 2023c)

A formação dos pilotos militares da Aeronáutica é realizada na Academia da Força Aérea (AFA). Para auxiliar essa formação, a AFA começou a trabalhar com dispositivos de treinamentos de voo a partir de 1964. O primeiro simulador utilizado foi o *Link-Trainer*, no qual era realizado treinamento de voo sob condições de voo por instrumento e operou até 1991 quando foi substituído pelos simuladores de voo da aeronave T-27. Os simuladores de T-27 possuíam a nacele da aeronave e um sistema pneumático que permitia uma certa movimentação do simulador, com isso, foi permitido o treinamento de inspeções e cheques, tanto para procedimentos normais quanto para procedimentos de emergência, além de realizar o treinamento de voo sob condições instrumentos. A partir de 2020, a AFA parou de utilizar os simuladores de T-27 Tucano e começou a operar três tipos de treinadores de voo: T-2000, T-3000 e T-4000, treinadores estes que permitem o treinamento de procedimentos normais, de emergência, voo em condições instrumento, manobras e acrobacias, navegação e voo em formação. (Brasil, 2021a; Brasil, 2019)

Apesar dos benefícios obtidos no treinamento em simuladores de voo, alguns estudos relatam a ocorrência de sintomas de enjoo durante o treinamento e momentos após a exposição. Segundo Johnson (2005), os sintomas mais frequentes relatados são: tontura, náusea, fadiga ocular, dor de cabeça e desorientação. Para esse conjunto de sintomas observados é utilizada a nomenclatura de SS. Devido a presença dos sintomas relacionados ao SS e a preocupação com a segurança de voo, as Forças Armadas preveem em seus regulamentos um determinado período entre o treinamento simulado e atividade aérea que varia de 0 a 24 horas. Sabendo da possibilidade da ocorrência de sintomas de SS devido a utilização dos simuladores de voo, torna-se imprescindível um estudo sobre seus efeitos e duração dos seus respectivos sintomas.

1.1 Objetivo

Realizar uma revisão narrativa dos sintomas de enjoo devido à exposição aos simuladores de voo, chamados de SS. Verificar a presença de estudos com os treinadores de voo da AFA.

2. DESENVOLVIMENTO

Esse trabalho é uma revisão de literatura narrativa que coletou dados sobre os treinadores de voo utilizados na AFA, os sintomas de SS na utilização de simuladores de voo e a presença de estudos correlacionando os treinadores de voo da AFA e os sintomas de SS. A revisão narrativa foi escolhida devido ao tema possuir pouca literatura disponível, principalmente no que tange aos atuais simuladores da AFA e estudos de SS na formação inicial do piloto militar.

As buscas dos documentos presentes no trabalho foram nos bancos de dados do PUBMED e GOOGLE SCHOLAR, em periódicos da *Aerospace Medical Association*, documentos oficiais disponíveis no site interno das Forças Armadas e legislações disponíveis no site da ANAC. Para a seleção da bibliografia

referentes aos treinadores de voo da AFA, foram utilizadas as seguintes palavras na busca: Simuladores de voo, Treinadores de Voo, Cadetes, Militares, Força Aérea Brasileira e Academia da Força Aérea. Para a seleção de literatura referentes ao *Simulator Sickness*, foram utilizadas as seguintes palavras na busca: “*Simulator Sickness*”, “*Cybersickness*”, “*Motion Sickness*”, “Militares”, “Aviação”, “Pilotos”, “Sintomas e Fadiga”. A seleção bibliográfica foi baseada na relevância, qualidade e representatividade dos estudos, buscando estar próximo ao tema da revisão e proximidade com a população estudada (cadetes ou pilotos em formação, de preferência no ambiente militar). Os critérios de inclusão adotados na revisão foram proximidade com o tema estudado e sua respectiva relevância, sendo assim excluindo documentos que não se enquadravam nessas características. Os dados selecionados foram analisados e apresentados conforme nos resultados a seguir.

2.1 Resultados

A formação do Oficial Aviador da Força Aérea Brasileira é realizada na Academia da Força Aérea (AFA), localizada em Pirassununga (SP), através do Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV). Ao término deste curso é desejável que o Oficial seja capaz de uma atuação profissional competente nas atividades de Pilotagem Militar, estando apto a planejar e executar missões de voo. Para alcançar os objetivos referentes à atividade de Pilotagem Militar na AFA, o Esquadrão de Treinamento Simulado (ETS) opera, desde 2020, 3 tipos de treinadores de voo avançado: T-2000, T-3000 e T-4000. O treinador T-2000 foi desenvolvido pela AFA e possibilita o treinamento de diversos tipos de missões, como conceitos básicos de teoria de voo e conceitos avançados de acrobacias e voo em formação. O treinador T-3000 e T-4000 foram desenvolvidos pelo Centro de Computação da Aeronáutica de São José dos Campos (CCA-SJ) e entregue para a AFA em 2020 e 2022, respectivamente. O T-3000 é baseado na tecnologia de Realidade Virtual (RV), permitindo assim uma maior imersão em ambiente tridimensional. O T-4000 utiliza uma cópia do cockpit da aeronave T-27M, permitindo assim uma maior interação com os instrumentos da aeronave. Devido a importância dos treinadores para a formação dos futuros pilotos da Força Aérea Brasileira, o Programa de Instrução e Manutenção Operacional (PIMO) prevê a realização de missões simuladas para os cadetes do 2º e 4º ano do CFOAV. (Brasil, 2021c; Brasil, 2020a; Brasil, 2020b; Brasil, 2022; Brasil, 2023a)

Apesar das vantagens obtidas com a utilização dos simuladores de voo, podem ocorrer a presença de sintomas de enjoo, denominados SS, nos usuários dos simuladores de voo durante o uso e após a exposição. Sabendo da ocorrência desses sintomas de enjoo após a interação com o simulador de voo, surgiram estudos sobre esta temática. Webb *et al.* (2009) define o SS como uma forma de enjoo causado pela exposição ao voo simulado, sendo assim, o indivíduo exposto apresenta alguns sintomas como: tontura, náusea, fadiga ocular, dor de cabeça e desorientação. McCauley (1984) define SS como uma experiência de sintomas

similares ao *Motion Sickness*, ocasionada frequentemente no treinamento de voos simulados e que em alguns casos, pode permitir que os sintomas persistem por horas após a exposição.

Sobre a origem desses sintomas, Johnson (2005) discorre sobre as duas teorias mais utilizadas para justificar a presença do SS, a Teoria do Conflito Sensorial e a Teoria do Instabilidade Postural. A Teoria do Conflito Sensorial, que atualmente é a mais aceita, justifica os sintomas do SS através do conflito de informações dos sensores de visão com o sistema vestibular, e relata sobre o descompasso entre o padrão de estimulação sensorial no simulador e os padrões de estimulação sensorial residentes na memória referente à atividade aérea, que pode ocasionar desconfortos, dando origens aos sintomas do SS. A teoria da Instabilidade Postural justifica os sintomas através da instabilidade no equilíbrio causado pelos simuladores de voo, ocasionando desconfortos que geram os sintomas do SS. Sobre os sintomas do SS, o primeiro relato sobre a possibilidade de ocorrência foi datado em 1958, estudo no qual o Miller e Goodson (1958) informaram a ocorrência de sintomas de enjoo após a realização do voo simulado no treinador de voo de helicóptero 2-FH-2.

Sabendo da ocorrência do SS ocasionados pela exposição aos simuladores de voo, em seus trabalhos, Gower *et al.* (1987), Gower e Fowkles (1989a) e Kennedy, Berbaum e Lilienthal (1997) encontraram uma correlação negativa significativa entre a desorientação ocasionada pelo SS e o desempenho apresentado nos testes de equilíbrio. Além do equilíbrio, outro fator que gerou estudos futuros foi o aumento do tempo de reação relacionados à exposição de simuladores de voo, Nesbitt (2017) correlacionou o aumento do tempo de reação com o sintoma de náusea, presente na exposição em um ambiente virtual.

Devido aos impactos que podem ocorrer devido ao SS somado à preocupação com a segurança de voo, Crowley (1987) estudou que o SS configura um problema para a Aviação Militar, pois o piloto poderia efetuar erros de pilotagens devido a incorreta interpretação da relação ambiente e aeronave, visto que foram comprovados efeitos retardados e flashbacks, afetando assim a segurança de voo. Nesse mesmo pensamento, Johnson (2005) reforça a importância de um descanso após o tripulante realizar simulador e sugere um período de 6 a 12 horas entre um voo simulado e um voo real. As Forças Armadas, em seus regulamentos, preveem um determinado período entre o treinamento simulado e atividade aérea. A Marinha do Brasil prevê um tempo mínimo de 24 horas, independentemente do tipo de simulador, o Exército Brasileiro não prevê esse intervalo e a Força Aérea Brasileira prevê um tempo de 0 a 10 horas, a depender do tipo de simulador e esquadrão, nas unidades subordinadas ao Comando de Preparo (COMPREP) e de 0 a 6 horas, a depender do tipo de simulador, nas unidades subordinadas à Diretoria de Ensino da Aeronáutica (DIRENS). (Brasil, 2023b; Brasil, 2014; Brasil, 2021b; Brasil, 2021d)

Sobre a ocorrência do SS nos treinadores de voo da AFA não foi encontrado nenhum estudo sobre prevalência de sintomas e sua respectiva duração, entretanto, na literatura foram encontrados três estudos que investigaram a ocorrência do

SS na população militar, foram selecionados através da sua proximidade com o tema e sua respectiva relevância. Gower e Fowkles (1989b) realizaram um experimento longitudinal (medições pré e pós exposição), no qual observou 87 aviadores militares (idade média de 30,3 anos e com média de 1583,48 horas de voo) do Estados Unidos que utilizavam o Simulador de Voo UH-60 (Black Hawk). Blatzley *et al.* (1989) fez um experimento longitudinal (medições pré e pós exposição), observando 742 aviadores militares em 11 tipos de simuladores (4 tipos de simuladores de helicópteros e 7 de asa fixa). Loi *et al.* (2020) realizou um experimento observacional longitudinal (medições pós exposição), sua pesquisa observou 258 pilotos da Força Aérea da República de Singapura (idade média de 31,5 anos) em simuladores de asa fixa e rotativas. Nenhuma dessa pesquisa ocorreu a randomização amostral e nenhuma teve o grupo controle, sendo que os sintomas relatados no Questionário de *Simulator Sickness* ocorreram após a utilização dos simuladores, sem a mensuração na pré-exposição.

Quadro 1. Estudos de SS na aviação militar, com suas respectivas informações.

	População	Prevalência de sintomas	Duração dos sintomas
Gower e Fowkles (1989b)	87 aviadores militares dos Estados Unidos	34,9% - Fadiga 34,5% - Vista cansada 22,2% - Dor de cabeça	25,0% - até 4 hrs 8,0% - 6 hrs ou mais
Blatzley <i>et al.</i> (1989)	742 aviadores militares dos Estados Unidos	51% - Náusea 28% - Desorientação 21% - Visomotor	59,0% - até 1 hr 41,0% - 1 a 6 hrs 14,0% - mais que 6 hrs
Loi <i>et al.</i> (2020)	258 pilotos da Força Aérea da República de Singapura	38,1% - Fadiga 29,0% - Vista cansada 19,9% - “Cabeça pesada”	33,3% - 0 hrs 13,2% - 3 horas 8,1% - 6 horas

Fonte: Os autores.

Sobre a prevalência do SS nos indivíduos expostos ao voo simulado, Gower e Fowkles (1989b) relatou que os sintomas mais frequentes após a exposição ao simulador de voo foram: fadiga (34,9%), vista cansada (34,5%) e dor de cabeça (22,2%); Baltzley *et al.* (1989) em sua pesquisa em aviadores militares americanos que operavam simuladores, descreve que os sintomas mais recorrentes foram: náusea (51,0%), desorientação (28,0%) e visomotor (21,0%); enquanto Loi et al (2020) estudou e verificou em pilotos da Força Aérea da República de Singapura, os seguintes sintomas mais comuns: fadiga (38,1%), vista cansada (29,0%) e cabeça pesada (19,9%). Sobre a duração do SS, Gower e Fowkles (1989b) percebeu uma duração de 25,0% dos sintomas em até 4 horas e 8,0% por 6 horas ou mais; em sua pesquisa, Blatzley (1989) identificou a duração dos sintomas em 59,0% por até 1 hora, 41,0% de 1 a 6 horas e 14,0% mais que 6 horas após a realização de missões no simulador; corroborada mente, Loi *et al.* (2020) indicou que os sintomas duraram 13,2% por até 3 horas e 8,1% por até 6 horas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exposição ao simulador estimula sintomas de SS nos usuários, sendo verificados os sintomas náusea, fadiga, vista cansada, desorientação e dor de cabeça ou cabeça cansada em ao menos 20,0% dos usuários. Além disso, verificou-se que os sintomas podem persistir por mais que seis horas após o fim do exercício simulado.

Esse conjunto de resultados permite hipotetizarmos os sintomas de SS e sua persistência, porém, não foi encontrado na literatura estudo com os treinadores de voo avançados utilizados atualmente na instrução aérea da Academia da Força Aérea e seu respectivo público-alvo. Isso limita os resultados desse estudo impossibilitando a extensão desses resultados para os cadetes da Academia da Força Aérea.

Diante deste contexto e considerando a maximização da operacionalidade desses treinadores de voo e o resguardo da segurança de voo, sugerimos que investigações sobre os efeitos de treinadores de voo da Academia da Força Aérea e os sintomas de SS sobre pilotos e cadetes são relevantes.

REFERÊNCIAS

BALTZLEY, D. R. *et al.* The time course of postflight simulator symptoms. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, v. 60, n. 11, p. 1043-1048, nov. 1989.

BRASIL. Ministério da Defesa. Academia da Força Aérea. **AFA inaugura novo sistema de simulador de voo para instrução de Cadetes Aviadores**. 25 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Academia da Força Aérea. **FAB inaugura novo sistema de simulador de voo para instrução dos Cadetes Aviadores**. 10 set. 2020a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Academia da Força Aérea. **Oito décadas formando os futuros líderes da Força Aérea Brasileira – 1941 – 2021**. Pirassununga: ARW Editora Gráfica Eireli, 2021a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Academia da Força Aérea. Programa de Instrução e Manutenção Operacional da Academia da Força Aérea para o ano de 2023. **Boletim Interno Ostensivo da AFA nº 12**, de 18 JAN de 2023. Pirassununga – SP, 2023a.

BRASIL. Ministério da Defesa. Centro de Computação da Aeronáutica. **CCA-SJ instala Dispositivos de Treinamento de Voo baseados em Realidade Virtual na AFA**. 10 ago. 2020b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando de Operações Terrestre. Norma Operacional da Aviação do Exército nº 01/17 – Segurança de Voo. **Separata ao Boletim do Exército nº 23**, de 11 JUN de 2021. Brasília – DF, 2021b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando de Preparo. **NOPREP/SGV/01E – Fadiga de Voo**. Brasília – DF, 2023b.

BRASIL. Ministério da Defesa. Diretoria de Ensino da Aeronáutica. Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 37-863. Projeto Pedagógico de Curso para o Curso de Formação de Oficiais Aviadores. **Boletim do Comando da Aeronáutica nº 239**, de 30 DEZ de 2021. Brasília – DF, 2021c.

BRASIL. Ministério da Defesa. Diretoria de Ensino da Aeronáutica. Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 3-19. Jornada de Trabalho para aeronavegantes nas Organizações de Ensino. **Boletim do Comando da Aeronáutica nº 188**, de 13 OUT de 2021. Brasília – DF, 2021d.

BRASIL. Ministério da Defesa. Diretoria-Geral do Pessoal da Marinha. **DGPM-405 – Normas para apoio de saúde às Operações Navais**, de 11 NOV de 2014. Rio de Janeiro – RJ, 2014.

BRASIL. Ministério da Defesa. Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica. **MACTE ANIMO! O Ninho das Águias**. n. 57. Rio de Janeiro – RJ, 2019.

BRASIL. Ministério de Portos e Aeroportos. Agência Nacional de Aviação Civil. Resolução nº 705, de 9 de fevereiro de 2023. Emenda nº 14 ao RBAC nº 61. **Diário Oficial da União**, de 14 MAR de 2023. Brasília – DF, 2023c.

CROWLEY, J. S. Simulator sickness: a problem for Army aviation. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, v. 58, n. 4, p. 355-357, abr. 1987.

GOWER, D. W. *et al.* **Simulator sickness in the AH.-64 Apache Combat Mission Simulator**. USAARL Report No. 88-1. Fort Rucker, 1987.

GOWER, D. W.; FOWKLES, J. E. **Simulator sickness in the AH-1S (Cobra) flight simulator**. USAARL Report No. 89-20. Fort Rucker, 1989a.

GOWER, D. W.; FOWKLES, J. E. **Simulator sickness in the UH-60 (Black Hawk) flight simulator**. USAARL Report No. 89-25. Fort Rucker, 1989b.

JOHNSON, D. M. **Introduction to and Review of Simulator Sickness Research**. Fort Rucker, jan. 2005.

KENNEDY, R. S.; BERBAUM, K. S.; LILIENTHAL, M. G. Disorientation and postural ataxia following flight simulation. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, v. 68, n. 1, p. 13-17, jan. 1997.

LOI, J. E. Q. *et al.* Time Course of Simulator Sickness in Asian Military Pilots. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 91, p. 892-896, nov. 2020.

MACHADO, J. E. S. **Os primórdios dos simuladores de Voo.** set. 2016. Disponível em: <<https://www2.fab.mil.br/musal/index.php/slideshow/62-projeto-av-hist/470-os-primordios-dos-simuladores-de-voo>>. Acesso em: 06 jul. 2024.

MCCAULEY, M. E; NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Research Issues in Simulator Sickness: Proceedings of a Workshop.** Washington, 1984.

MILLER, J. W.; GOODSON, J.E. **A note concerning “motion sickness” in the 2-FH-2 Hover Trainer.**, Research Project NM 1701 11, Subtask 3, Report 1, Pensacola, Naval School of Medicine, fev. 1958.

NESBITT, K. *et al.* Correlating reaction time and náusea measures with traditional measures of cybersickness. **Displays**, v. 48, p. 1-8, jul. 2017.

WEBB, C. M. *et al.* Simulator sickness in a helicopter flight training school. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, v. 80, n. 6, p. 541-545, 2009.

Aptidão física e desempenho operacional de pilotos militares: uma revisão de estudos internacionais

Thamiris Antunes Dantas (GAP/AF - FAB)
Wagner Jorge Ribeiro Domingues (UNIFA - FAB)
Gilberto Pivetta Pires (UNIFA- FAB)

RESUMO

O resumo buscou examinar a demanda de aptidão física de pilotos de caça, asas rotativas e transporte nas Forças Armadas. Foram analisados estudos em cinco bases de dados. Resultados preliminares demonstram que o treinamento físico especializado melhora significativamente o desempenho operacional.

Palavras-chave: Aviação; militar; piloto; atividade física; aptidão física.

1. INTRODUÇÃO

A missão da Força Aérea Brasileira (FAB) é «manter a soberania do espaço aéreo e integrar o território nacional, com foco na defesa da Pátria». Para cumprir essa função, que envolve a proteção de mais de 22 milhões de quilômetros quadrados de espaço aéreo, os membros envolvidos nas atividades aéreas precisam de especialização e preparação operacional. Assim, embora o Brasil tenha uma tradição pacífica, é seu dever estar preparado para proteger o país por meio de ações de Controle, Defesa e Integração do território, considerando a constante mudança dos cenários internacionais, através de aprimoramento da Defesa Aérea Nacional. (Brasil, 2020; Brasil, 2018; Brasil, 2023).

Desta maneira, para atender à crescente demanda operacional, é fundamental observar a aptidão física dos pilotos, uma vez que a exigência física desempenha um papel crucial no desempenho adequado dessa atividade. Esta revisão exploratória da literatura concentrou-se no aprofundamento de estudos que destacam a demanda física operacional rotineira de pilotos das aviações de caça, transporte e asas rotativas, assim como definir a aptidão física necessária para esses pilotos. (Äng., 2008; Green *et al.*, 2010; Truszczynska *et al.*, 2014).

No Brasil, a falta de estudos sobre a aptidão física necessária para o cumprimento das missões desses pilotos é de extrema importância para incentivar a pesquisa e contribuir para o sucesso das operações da Força Aérea. Assim, esta revisão exploratória tem como objetivo apresentar uma análise preliminar dos artigos encontrados em diversos bancos de dados que atendam à demanda operacional diária desses pilotos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Tipo de estudo

O estudo em desenvolvimento consiste em uma revisão sistemática da literatura nos bancos de dados PUBMED, LILACS, SCIELO, COCHRANE e WEB OF SCIENCE, com o objetivo de selecionar estudos sobre a aptidão física exigida para que aviadores possam atender às demandas físicas habituais de suas atividades profissionais.

2.2 Critérios de inclusão

Nesta revisão, foram selecionados estudos que abordam temática quanto à eficácia de treinamentos na redução de dores e estresse em pilotos de aeronaves de caça, transporte e asas rotativas, além de revisões sistemáticas sobre as exigências físicas operacionais desses pilotos e estudos longitudinais sobre a atividade aérea rotineira e a aptidão física necessária para essa função. Os critérios de inclusão adotados para a seleção dos estudos foram os seguintes: i) estudos sobre aviadores militares; ii) estudos sobre parâmetros e métodos de melhorias de aptidão física operacional.

2.3 Critérios de exclusão

Alguns estudos previamente selecionados com base nos critérios de inclusão foram excluídos de acordo com os seguintes critérios: i) artigos sobre psicologia na aviação; ii) artigos que tratam da fisiologia de aviadores; iii) artigos sobre alterações neurológicas no voo ou sobre cardiopatias; iv) artigos sobre estratégias alimentares de aviadores; v) artigos sobre pesquisas em animais; vi) estudos de caso sobre apenas 1 (um) piloto.

2.4 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Em agosto de 2024, foi realizada uma busca de literatura nas bases de dados PUBMED, LILACS, SCIELO, COCHRANE e WEB OF SCIENCE. Os descritores utilizados foram “*Aviation*”, “*Military*”, “*Pilots*”, “*Physical Activity*” e “*Physical Fitness*”, conectados pelo operador booleano AND. Não foram aplicados filtros de idioma.

2.5 Processo de tabulação de dados

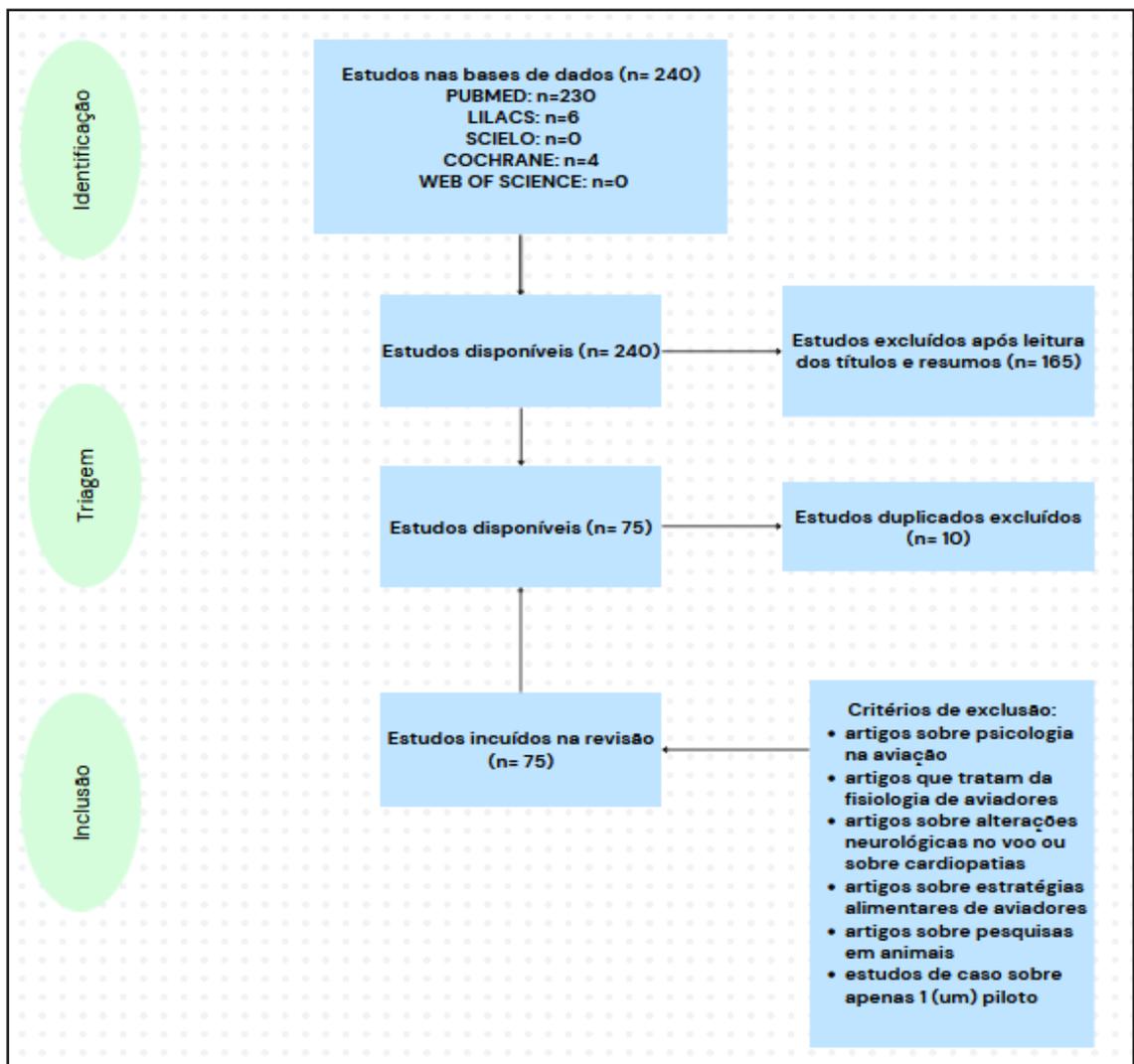
Estão sendo extraídos e tabulados os seguintes dados dos estudos selecionados: título, tipo de aviação, ano de publicação, país, força armada, tamanho da amostra, gênero dos pilotos, objetivo, método, resultados, demanda física operacional e aptidão física necessária.

2.6 Apresentação prévia de alguns dos estudos selecionados

Para esta prévia revisão literária, foram fornecidos alguns dados relevantes sobre a demanda física operacional exigida na rotina de aviadores militares, de acordo com o tipo de aviação e a aptidão necessária para o desempenho eficaz de suas funções. Um dado merece destaque é que, após a busca nos bancos de dados, foi possível observar a escassez de estudos relacionados à aviação de transporte. Embora haja pesquisas sobre a aviação de asas rotativas em algumas regiões do mundo, a maioria dos estudos concluídos concentra-se na aviação de caça.

Foram identificados alguns pontos em comum entre os estudos. Na aviação de caça, a maioria dos trabalhos evidencia a prevalência de dores no pescoço causadas pela Força G, abordando tratamentos para prevenir lesões. Quanto à aviação de asas rotativas, os estudos se concentraram principalmente na lombalgia, enquanto na aviação de transporte o foco predominante foi a fadiga e sua relação com longos períodos de voo. (Lange *et al.*, 2013; Netto, Burnett e Coleman, 2007; Walsh *et al.*, 2023).

Figura 1. Diagrama de fluxo de estudos incluídos na revisão de literatura.



Fonte: Os autores.

Conforme ilustrado na figura acima, a pesquisa realizada nos bancos de dados PUBMED, LILACS, SCIELO, COCHRANE e WEB OF SCIENCE gerou 240 resultados (PUBMED: n=230, LILACS: n=6, SCIELO: n=0, COCHRANE: n=4, WEB OF SCIENCE: n=0). Desses, 10 eram duplicados e 165 foram excluídos após a leitura dos títulos e resumos e a aplicação dos critérios de exclusão. Assim, 75 estudos foram selecionados para análise sobre a demanda e a aptidão física necessária na rotina dos pilotos militares em todo o mundo.

Para este resumo expandido, selecionamos alguns estudos que serão apresentados discutidos a seguir. Como mencionado, a maioria dos estudos analisados foca na aviação de caça. Um exemplo é o estudo de Lange *et al.* (2013), que investiga o efeito de um programa de treinamento de 24 semanas em pilotos de F-16 da Força Aérea Dinamarquesa, com o objetivo de melhorar dores no pescoço e nos ombros. Os resultados desse estudo indicam uma redução significativa da dor no pescoço no grupo de intervenção, comparado ao grupo de controle, mas apenas nos três meses anteriores ao fim da pesquisa. De forma semelhante, outros estudos sobre aviação de caça geralmente abordam programas de treinamento voltados para a redução de dores no pescoço e na região cervical.

Semelhante ao estudo anterior, também focado na aviação de caça, Netto, Burnett e Coleman (2007) teve como objetivo comparar os níveis de ativação muscular do pescoço durante exercícios específicos e manobras de combate aéreo entre pilotos de combate e não pilotos, além de avaliar a eficácia de diferentes intensidades de exercícios de fortalecimento do pescoço. Os pilotos da Força Aérea Australiana foram divididos em grupo controle e grupo de treinamento. O programa incluiu exercícios de fortalecimento do pescoço com resistência elástica em várias intensidades e direções. O estudo concluiu que a implementação de exercícios específicos para o pescoço pode ser benéfica para aumentar a força muscular e prevenir lesões em pilotos de combate.

Este estudo aborda de forma mais detalhada a demanda operacional desses pilotos, destacando que eles enfrentam forças gravitacionais elevadas, que podem causar estresse físico intenso. Isso exige que os pilotos mantenham controle e estabilidade, além de suportar a carga sobre a musculatura do pescoço e da coluna cervical. Portanto, é fundamental enfatizar a importância de força muscular, resistência aeróbica, flexibilidade e treinamento específico para garantir a aptidão física adequada para a função.

Já sobre os estudos sobre a aviação de asas rotativas, Walsh *et al.* (2023) teve como objetivo investigar a eficácia de alongamentos realizados antes e após o voo como estratégia para reduzir dores nas costas e no pescoço em tripulantes de helicópteros da Marinha dos EUA. Um esquadrão foi designado como grupo de controle, enquanto o outro serviu como grupo de intervenção. Após a aplicação de um questionário, verificou-se que os alongamentos pré e pós-voo podem ter um efeito positivo na redução da dor nesses tripulantes.

Ainda neste âmbito, Bulhões *et al.* (2024) analisou os efeitos de um programa de exercícios baseado no método Pilates sobre a dor lombar em pilotos de helicóptero da FAB. Os participantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos: um

manteve sua rotina de exercícios regulares, enquanto o outro participou de um programa de Pilates duas vezes por semana, durante 12 semanas. O resultado foi uma redução significativa da dor lombar no grupo que praticou Pilates, em comparação com o grupo que manteve sua rotina habitual de exercícios. Este estudo destaca a alta demanda física operacional dos pilotos de helicóptero, enfatizando a necessidade de manter uma boa condição física para enfrentar os desafios do voo, que incluem longas jornadas de trabalho, manobras complexas e a necessidade de resistência e força muscular, especialmente na região do tronco.

Nos estudos sobre a aviação de transporte, Morris *et al.* (2020) se destaca ao investigar as percepções de fadiga entre pilotos da aviação militar e identificar estratégias para sua mitigação. A pesquisa, conduzida com 21 pilotos de transporte da Força Aérea dos EUA por meio de questionários, revelou que a maioria manifestou preocupações pessoais sobre a fadiga e reconheceu a necessidade de mudanças para enfrentá-la. Os participantes relataram o uso de várias estratégias para mitigar a fadiga, sendo o exercício físico regular a mais comum.

A demanda física desses pilotos inclui manobras de voo, resposta a emergências e a necessidade de manter-se constantemente alerta e ativo durante as operações, fatores que podem contribuir para a fadiga acumulada. Embora o estudo não aprofunde as nuances da aptidão física necessária, ele sugere implicitamente a relação entre condicionamento físico, fadiga e desempenho operacional, destacando a importância desses fatores para a segurança na aviação militar.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão da literatura teve como objetivo apresentar de forma preliminar alguns dos principais estudos sobre as demandas físicas dos aviadores militares, destacando a relação entre a aptidão física e a prevenção de dores e lesões que possam comprometer o desempenho de suas funções.

Conforme observado, a maioria dos estudos demonstra a eficácia de treinamentos físicos especializados e personalizados para tratar dores decorrentes de grandes esforços ou movimentos repetitivos realizados pelos aviadores. Após a análise dos estudos relacionados para esta revisão prévia sobre o tema, percebe-se uma notável escassez de estudos relacionados à atividade aérea brasileira, bem como às aviações de asas rotativas e de transporte em nível global.

Diante disso, sugere-se a realização de mais pesquisas focadas na demanda física operacional e na aptidão física necessária para a atividade aérea, com o objetivo de mitigar fatores que possam impactar o desempenho operacional desses aviadores.

REFERÊNCIAS

ÄNG, B. O. Impaired neck motor function and pronounced pain-related fear in helicopter pilots with neck pain – A clinical approach. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 18, n. 4, p. 538–549, 2008.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral do Pessoal. Portaria COMGEP nº 1.224/GC3, de 10 de novembro de 2020. Aprova a reedição da Doutrina Básica da Força Aérea Brasileira Volume 1 (DCA 1-1). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 205, f. 14.966, 12 de novembro 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria nº 1.597/GC3, de 10 de outubro de 2018. Aprova a reedição da Concepção Estratégica - Força Aérea 100 (DCA 11-45). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 180, f. 11.264, 15 de outubro de 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Estado-Maior da Aeronáutica. Portaria GABAER nº626/GC3, de 23 de novembro de 2023. Aprova a reedição da Diretriz de Planejamento Institucional (DCA 11-118). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n. 214. f. 18.981, 24 de novembro de 2023.

BULHÕES, L. C. C.; GOMES, S.R.A.; SILVA, V.D.; RODOLFO, J. I. A.; MACEDO, L.B.; BRASILEIRO, J. S. Effects of a mat Pilates-based exercise program for low back pain in helicopter pilots of the Brazilian Air Force: Randomized controlled trial. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 39, p. 544–549, 2024.

GREEN, B. N.; DUNN, A. S.; PEARCE, S. M. JOHNSON, C.D. Conservative management of uncomplicated mechanical neck pain in a military aviator. **The Journal of the Canadian Chiropractic Association**, v. 54, n. 2, p. 92–99, 2010.

LANGE, B.; TOLT, P.; MYBURGH, C.; SJOGGARD, G. Effect of Targeted Strength, Endurance, and Coordination Exercise on Neck and Shoulder Pain Among Fighter Pilots. **The Clinical Journal of Pain**, v. 29, n. 1, p. 50–59, 2013.

MORRIS, M. B.; HOWLAND, J. P.; AMADDIO, K.M.; GUNZELMANN, G. Aircrew Fatigue Perceptions, Fatigue Mitigation Strategies, and Circadian Typology. **Aerospace Medicine and Human Performance**, v. 91, n. 4, p. 363–368, 2020.

NETTO K. J.; BURNETT, A. F.; COLEMAN, J.L. Neck exercises compared to muscle activation during aerial combat maneuvers. **Aviation, space, and environmental medicine**, v. 78, n. 5, p. 478-84, 2007.

TRUSZCZYŃSKA, A. LEWKOWICZ, R.; TRUSZCZYŃSKI, O.; WOJTKOWIAK, M. Back pain and its consequences among Polish Air Force pilots flying high performance aircraft. **International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health**, v. 27, n. 2, p. 243-251, 2014.

WALSH, J. B.; MCGLYNN, A. F.; HARDY, C. L.; ARMAS, G. C.; SULPIZIO, H. M.; WRIGHT, M. R. Stretching and Self-Myofascial Release in Helicopter Aircrew to Reduce Neck and Back Pain (Phase 1). **Military Medicine**, v. 188, n. 7-8, p. e2109–e2117, 2023.

