

ESTRESSE TÉRMICO EM INSTRUTORES DE VOO DURANTE AS ATIVIDADES AÉREAS REALIZADAS NO PRIMEIRO ESQUADRÃO DE INSTRUÇÃO AÉREA ¹

THERMAL STRESS IN FLIGHT INSTRUCTORS DURING AERIAL ACTIVITIES CARRIED OUT IN THE FIRST AERIAL INSTRUCTION SQUADRON

Rafael Silveira Gonçalves²
Alex Silas Capana³

RESUMO

A aeronave EMB-312 | T-27 TUCANO utilizada na instrução aérea dos cadetes do quarto ano da Academia da Força Aérea (AFA) possui lacunas no seu projeto relacionadas a ambientação térmica dos tripulantes no interior da cabine. A falta de uma refrigeração efetiva no interior da aeronave e a temperatura ambiente da cidade de Pirassununga que porventura atinge máximas de 35°C, levam os pilotos a enfrentarem temperaturas ainda mais elevadas dentro do avião, atingindo marcas de até 42°C. Tal exposição térmica excessiva leva a uma queda no desempenho dos cadetes e um aumento da chance de uma ocorrência aeronáutica devido à incidência de problemas cognitivos como perda de memória, desorientação e letargia, por exemplo. Dessa forma, o objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é correlacionar os efeitos fisiológicos do estresse térmico e a incidência de problemas cognitivos com o aumento da temperatura e faixas de operação entre os pilotos do 1º Esquadrão de Instrução Aérea (EIA). Utilizando-se de pesquisa bibliográfica e aplicação de formulários aos pilotos do 1º EIA, foi possível compreender que o aumento de temperatura na atividade aérea é diretamente proporcional com o aumento da incidência de problemas cognitivos e físicos nos tripulantes. Assim, são recomendados novos estudos diferenciando as peculiaridades no sistema de ar-condicionado de cada aeronave, além da implementação de medidas para mitigar tais efeitos.

Palavras-chave: Estresse Térmico; Primeiro Esquadrão De Instrução Aérea; Efeito Fisiológico; Desempenho Cognitivo.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores da Academia da Força Aérea (AFA)

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Árion, 2021)

³ 1º Ten QOCon MQS (Magistério Superior em Química). Mestre em Química pela Universidade Estadual Paulista de Araraquara. Academia da Força Aérea. E-mail: alexasc2@fab.mil.br

ABSTRACT

The aircraft EMB-312 | T-27 TUCANO used in aerial instruction for fourth-year cadets at the Air Force Academy (AFA) has gaps in its design related to the thermal environment of the crew inside the cabin. The lack of effective refrigeration inside the aircraft and the ambient temperature in the city of Pirassununga, which may reach maximums of 35 °C, lead pilots to face even higher temperatures inside the plane, reaching levels of up to 42 °C. Such excessive thermal exposure leads to a decline in cadets performance and an increased chance of an aviation incident due to the incidence of cognitive problems such as memory loss, disorientation and lethargy, for example. Therefore, the objective of this Course Completion Work is to correlate the physiological effects of thermal stress and the incidence of cognitive problems with increased temperature and operating ranges among pilots of the 1st Air Instruction Squadron (EIA). Using bibliographical research and application of forms to pilots of the 1st EIA, it was possible to understand that the increase in temperature in aerial activity is directly proportional to the increased incidence of cognitive and physical problems in crew members. Therefore, new studies are recommended differentiating the peculiarities in the air conditioning system of each aircraft, in addition to the implementation of measures to mitigate such effects.

Keywords: thermal stress; first aerial instruction squadron; physiological effect; cognitive performance.

INTRODUÇÃO

A Academia da Força Aérea (AFA) é uma instituição de ensino superior militar localizada na cidade de Pirassununga, interior do estado de São Paulo, responsável pela formação dos futuros oficiais da Força Aérea Brasileira. A graduação responsável pela formação dos pilotos, o Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAV), permite que os cadetes obtenham experiência na aviação durante o segundo e quarto ano de formação ao pilotar aeronaves no Segundo Esquadrão de Instrução Aérea (2ºEIA) e Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea (1ºEIA), respectivamente. A partir disso, tem-se que no 1ºEIA, a aeronave utilizada, o EMB-312 | T-27 Tucano, é conhecida pelas elevadas temperaturas térmicas que o interior do seu cockpit pode atingir ao longo da operação, de forma similar à outras aeronaves de mesmas peculiaridades (Sawka *et al.*, 2003).

A princípio, a aeronave T-27 Tucano foi introduzida na Academia da Força Aérea em 1983 e, até os dias atuais, é utilizada na formação dos cadetes aviadores do quarto ano. Nesse sentido, destaca-se que seu projeto original foi desenvolvido para missões de treinamento e ataque,

proporcionando aos cadetes uma experiência abrangente em diversos aspectos da aviação militar. Entretanto, devido à sua origem em uma época anterior, a aeronave T-27 inicialmente possuía sistemas mais básicos, como instrumentos analógicos e uma cabine sem um sistema de refrigeração eficaz, os quais foram atualizados durante a modernização da frota da Academia da Força Aérea. Desta maneira, com a revisão de seu projeto em 2020 e sua implementação no Curso de Formação de Oficiais Aviadores, em 2022, os cadetes passaram a ser treinados em aeronaves mais alinhadas com os padrões contemporâneos, adotando o conceito de glass cockpit, uma cabine de pilotagem que possui os instrumentos de voo com display eletrônicos (ANAC, 2024), e destacando a introdução de um sistema de refrigeração eficiente nas aeronaves. Apesar das melhorias nos sistemas da aeronave, atualmente, muitos T-27 ainda enfrentam limitações no sistema de refrigeração, com vários deles operando apenas parcialmente, funcionando durante o voo e, em alguns casos, nem mesmo possuindo o sistema em funcionamento (AFA, 2024).

As limitações supracitadas refletem na exposição de seus pilotos e tripulantes a ambientes desfavoráveis para a aviação, sendo o estresse térmico fator responsável por promover efeitos fisiológicos nos indivíduos, dentre eles, fadiga, náusea, tontura, dor de cabeça, confusão mental e sudorese excessiva (Azevedo; Boff, 2018). Tais problemas afetam diretamente a capacidade cognitiva e podem levar à fadiga mental, dificuldade de concentração, diminuição da memória de curto prazo, tempos de reação mais lentos e problemas de coordenação motora (De Camargo; Furlan, 2011). Portanto, podem ocorrer impactos durante as missões tanto no desempenho do voo quanto nos profissionais envolvidos, que podem influenciar por meio de dor de cabeça, sudorese excessiva, desorientação espacial, entre outros.

Ademais, é importante destacar que o 1º EIA estabelece regulamentos e limites operacionais para lidar com temperaturas elevadas durante as atividades de instrução, os quais se baseiam em estudos realizados pela Força Aérea dos Estados Unidos (AFA, 2024). No entanto, ressalta-se que tais estudos foram conduzidos em contextos operacionais distintos daqueles enfrentados pelos pilotos e tripulantes do 1º EIA em que, muitas vezes, pilotam aeronaves desprovidas de sistemas de ar-condicionado e sem acesso a hangares durante toda a fase em solo. Essas diferenças de condições de operação podem impactar nos resultados dos estudos, de maneira a não refletir completamente a realidade vivenciada pelos cadetes, o que poderia ter impactos negativos em seu desempenho e na segurança das operações aéreas (AFA, 2024).

Por este viés, a importância de uma pesquisa aprofundada sobre o tema se mostra necessária ao aceitarmos que compreender o impacto de tal fator é crucial para garantir a segurança e eficácia das operações aéreas, além do objeto de pesquisa não ter sido totalmente explorado na parte relacionada às interações com as capacidades cognitivas. Desta forma, certas medidas de mitigação de danos e melhorias ainda não exploradas podem ser adquiridas ao preencher tais lacunas do conhecimento. Por fim, tal trabalho buscou entender como os efeitos fisiológicos do estresse térmico em pilotos do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea afetam a parte cognitiva de tais indivíduos?

O objetivo desta pesquisa foi relacionar os efeitos fisiológicos do estresse térmico e a incidência de problemas cognitivos com o aumento da temperatura e faixas de operação entre os pilotos do 1ºEIA. Para alcançar esse propósito principal, foram delineados alguns objetivos específicos.

Para atingir o objetivo geral da pesquisa, os seguintes objetivos específicos foram estabelecidos: Realizar uma análise bibliográfica abrangente dos sintomas e impactos do estresse térmico, considerando tanto os aspectos fisiológicos quanto os cognitivos. Tal objetivo foi embasado através da revisão de fontes já publicadas, incluindo livros, revistas científicas, artigos e teses, que abordam a interconexão entre os temas. Além disso, aplicar questionários com o público-alvo (instrutores do 1º EIA) relacionados a frequência dos sintomas causados pelo estresse térmico. E por fim, verificar uma relação direta entre os resultados obtidos no questionário e uma maior incidência de empecilhos relacionados a problemas cognitivos.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS AVIADORES DA ACADEMIA DA FORÇA AÉREA

Situada na cidade de Pirassununga, interior do estado de São Paulo, a AFA é responsável pela formação dos futuros oficiais da Força Aérea Brasileira. Para isso, os cadetes que decidem seguir a carreira de oficiais aviadores são submetidos ao regime de internato e realizam um rigoroso processo de formação militar, acadêmica e técnica, com destaque à atividade aérea realizada no segundo e quarto anos da Academia.

Nesse sentido, tem-se que, no segundo ano, os cadetes percorrem o estágio primário de instrução aérea na aeronave T-25 UNIVERSAL, a qual é escolhida devido à adequação desta aeronaves ao treinamento inicial de pilotagem e a uma melhor transição para o voo em aviões mais avançados. Enquanto que, no quarto ano, seguindo a progressão definida pelo plano pedagógico do curso, os integrantes do CFOAV iniciam o estágio básico de instrução aérea na aeronave T-27 TUCANO, cuja utilização ocorre devida a sua maior similaridade com as aeronaves de caça utilizadas na atualidade, familiarizando os cadetes para tal (AFA, 2024).

1.2 O CORPO HUMANO: FISIOLOGIA EM AMBIENTES TÉRMICOS ADVERSOS

A temperatura média de um ser humano situa-se em torno de 36,7 °C e 37,0 °C, quando medida oralmente. A partir disso, devido à sua característica homeotérmica, o corpo humano busca constantemente seu equilíbrio termal, independente da variação da temperatura externa do ambiente (Guyton, 2006).

Em ambientes com temperaturas elevadas ocorre um acréscimo na temperatura corporal por meio de estímulos externos, que variam desde a radiação (que emite calor em forma de ondas eletromagnéticas), até a condução (transmissão direta de calor) e a convecção (movimentação de calor através de correntes de ar ou água) (Kreith, Frank 2012). Diversos são os fatores que influenciam no estresse térmico, que variam desde a temperatura ambiente, umidade, radiação solar, até a realização de esforço físico e aclimatação (Safety, 2007). Além disso, as roupas também são fatores que podem impedir a perda de calor corporal nesses ambientes, de forma a resultar no aumento da temperatura do corpo (Gallois, 2002).

A partir disso, o corpo humano apresenta uma série de respostas ao acréscimo de calor com o intuito de manter o equilíbrio térmico como: diminuição da termogênese química (produção de calor realizado pela metabolização das gorduras, açúcares e proteínas), dilatação dos vasos sanguíneos cutâneos e aumento da sudorese (Guyton, 2006).

1.3 O ESTRESSE TÉRMICO E SEUS SINTOMAS FÍSICOS E COGNITIVOS

Como supracitado, o interior da cabine tem a temperatura extremamente elevada, principalmente quando expostas às altas temperaturas e à incidência solar. Por conseguinte, os

pilotos da aeronave T-27 TUCANO estão suscetíveis aos efeitos deste calor na sua performance física e capacidade cognitiva. Dessa forma, com o aumento da temperatura corporal, sendo considerado variações acima de 4° C, o estresse térmico é observado por uma abrupta queda na capacidade física e mental do indivíduo (Azevedo; Boff, 2018).

Na busca pelo equilíbrio térmico, o corpo humano apresenta uma série de reações físicas como sudorese excessiva, vertigem, náusea, dor de cabeça, taquicardia e sonolência, alterações nos quais podem acarretar no desenvolvimento de problemas cognitivos durante a instrução aérea. Tais problemas influenciam a operação por meio da perda de memória, letargia, dificuldade na tomada de decisão, erros de percepção, desorientação e dificuldade no gerenciamento de múltiplas tarefas (Azevedo; Boff, 2018). Esses fatores são importantes por atentar contra a segurança de voo e por serem responsáveis em grande parte pela queda do rendimento da instrução aérea ao reduzir seu desempenho físico e induzindo o aumento de erros em consequência da desatenção e desconcentração geradas. (Kroemer; Grandjean, 2005).

Portanto, os efeitos do calor podem prejudicar não apenas funções executivas específicas, mas também afetar o processo cognitivo variando conforme o grau de comprometimento da capacidade cognitiva. É possível inferir que o calor pode resultar em restrições cognitivas tão significativas que até mesmo um exímio piloto poderia se tornar extremamente distraído e enfrentar dificuldades de concentração em qualquer atividade durante o período de exposição.

1.4 CONDIÇÕES TÉRMICAS NO INTERIOR DA CABINE

No interior da cabine, a carga térmica é mais severa do que no exterior da aeronave, podendo atingir até 11° C de diferença em relação à temperatura ambiente durante a fase da operação em solo. Tal fato ocorre devido à redução de velocidade do ar, equipamentos pessoais utilizados na operação e aumento da carga térmica radiante (que ocorre devido a incidência de raios solares no interior, ocasionada pelo formato do *cockpit*), ocasionando em uma maior temperatura no interior da aeronave, o que resulta em uma série de problemas físicos e cognitivos aos pilotos, de forma a afetar a operação do 1°EIA (Sawka *et al.*, 2003).

Ademais, é importante destacar que os problemas de estresse térmico são enfrentados por todas as pessoas envolvidas na operação, mas tem-se como destaque a tripulação da aeronave. Estes

enfrentam tais adversidades ao longo de toda a missão, principalmente nas fases em solo, desde o guarnecer da aeronave, até o taxiamento e a posterior decolagem. (Sawka *et al.*, 2003).

2. METODOLOGIA

O trabalho proposto foi desenvolvido com o intuito de atingir seus objetivos através do método hipotético-dedutivo. Para embasar teoricamente a pesquisa, foi conduzida uma revisão bibliográfica conforme preconizado por Gil (2002), com foco na obtenção de referências relacionadas aos efeitos do estresse térmico no organismo humano, com especial atenção aos sintomas que possam estar associados a deficiências cognitivas. As fontes consultadas para a coleta de dados bibliográficos englobam publicações acadêmicas relacionadas ao tema, disponíveis nas plataformas de busca científica, bem como na biblioteca da Academia da Força Aérea (AFA), além da Rede de Bibliotecas da Aeronáutica (Rede BIA).

Para a realização da coleta de dados da pesquisa de campo, um formulário anônimo foi confeccionado por meio da plataforma do “google forms”, com perguntas direcionadas aos instrutores de voo do 1ºEIA, por conta da carga de experiência acumulada e exposição regular à atividade aérea, sobre a incidência de sintomas percebidos em voos realizados em horários térmicos e voos em horários com temperaturas amenas. O formulário foi disponibilizado nas redes sociais dos instrutores do 1ºEIA por um período de 2 meses para que o público-alvo pudesse se familiarizar com o mesmo de modo a preenchê-lo da forma mais profissional possível. A escolha dos parâmetros utilizados no questionário, foram baseados na tabela de operação relativa à Temperatura em Voo de Instrução (TVI) em voos abaixo de 6000 ft de altitude e/ou operação sem hangarete, publicada no Manual de Procedimentos (MAPRO) do ano de 2024 (ANEXO 1). Tal questionário foi preenchido voluntariamente por 31 instrutores do 1º EIA, os quais forneceram dados essenciais para o andamento da pesquisa. Nessa pesquisa, os indivíduos não foram diferenciados por idade, visto que os instrutores em sua grande maioria são de uma mesma faixa etária.

Após coletar esses dados, uma análise estatística foi conduzida para buscar uma correlação com percepções de deficiências cognitivas. Essa abordagem metodológica revelou-se fundamental para o desenvolvimento de uma hipótese científica consistente e para a consecução dos objetivos delineados no escopo da pesquisa. Isso foi possível pela obtenção dos sinais e sintomas avaliados nos voos pelos próprios tripulantes, estes, que preencheram o questionário. Então, afirma-se o rigor

na aplicação do método científico, permitindo uma análise detalhada e embasada; e proporcionando o entendimento sobre os efeitos do estresse térmico na saúde e desempenho cognitivo dos pilotos em formação. Dessa forma, o estudo possibilita a contribuição para a base de dados e para o avanço do conhecimento nessa área específica da aviação militar.

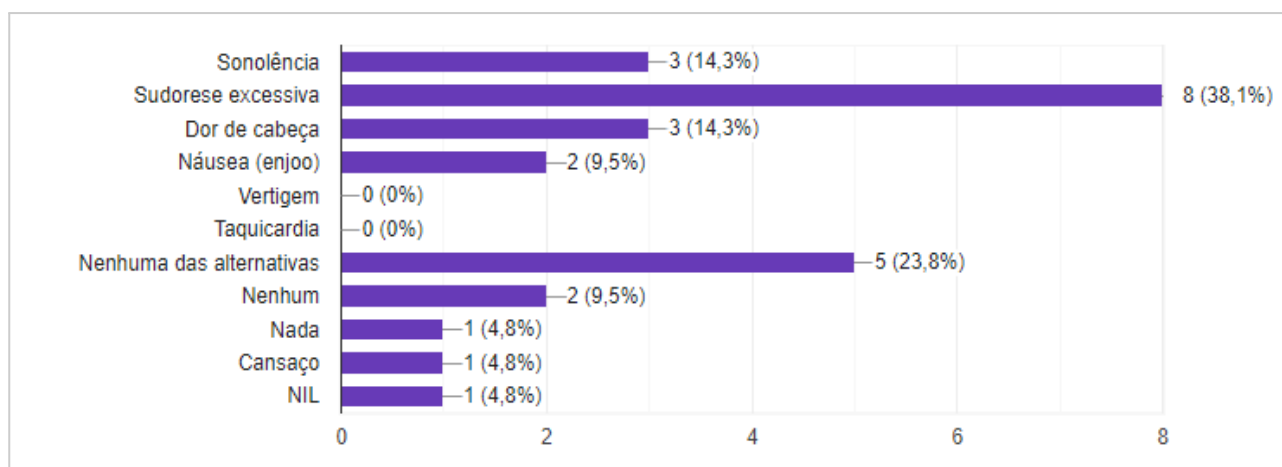
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A instrução aérea na educação dos futuros oficiais aviadores da Força Aérea Brasileira é um instrumento crucial para cultivar as qualidades necessárias que preparam esses profissionais para liderar e lidar com os desafios enfrentados pela instituição. Após a análise bibliográfica, podemos concluir que o ensino no ambiente aéreo é uma prática complexa que visa desenvolver habilidades tanto cognitivas quanto psicomotoras nos alunos, estimulando respostas condicionadas. De acordo com Batiz *et al.* (2009), a atenção é fundamental para o funcionamento eficaz de processos mentais mais complexos.

Os autores ainda concluíram que o desempenho dos alunos em sala de aula está diretamente ligado ao nível de conforto térmico, estabelecendo uma relação entre o estado de bem-estar físico, a capacidade de concentração e a memória (Batiz, 2009). Quando aplicado ao contexto aéreo, pode-se inferir que o conforto térmico do cadete está diretamente relacionado ao seu desempenho durante o treinamento, visto que o aumento da temperatura pode comprometer sua capacidade de aprendizado (Wargoeki *et al.*, 2005).

Nos Gráficos de 1 a 6 são apresentados os dados obtidos a partir das 31 respostas dos instrutores ao formulário aplicado no Google Forms:

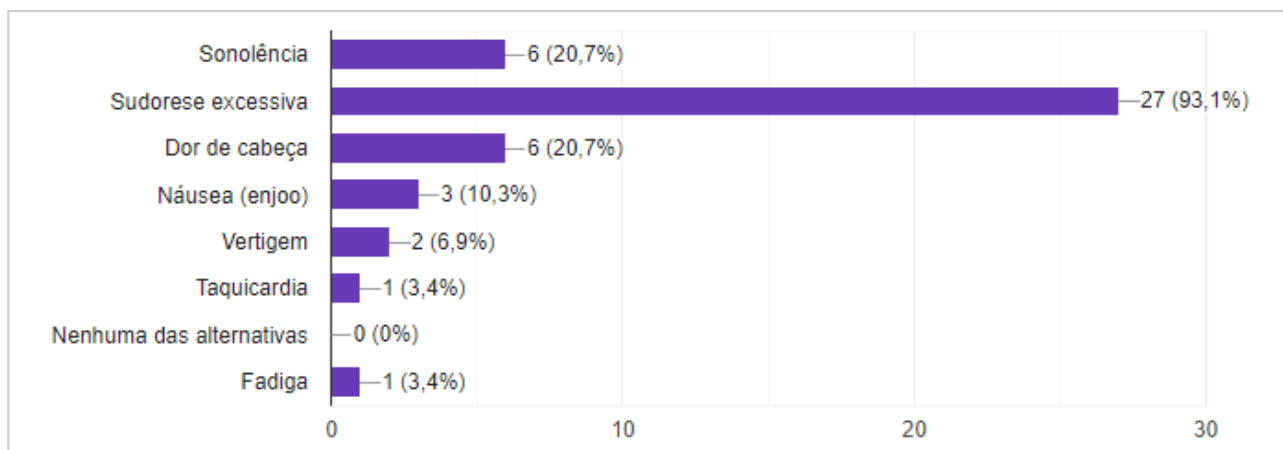
Gráfico 1 Na sua perspectiva, quais os sintomas FÍSICOS descritos possuem maior incidência em voos realizados na faixa VERDE do ITS (TEMPERATURA < 29,0°C)?



Fonte: elaboração própria

Podemos observar no Gráfico 1 que durante voos realizados na faixa verde do ITS (temperatura inferior a 29,0°C) a maioria dos instrutores (19 de 31) não apresentou sintomas físicos significativos sob condições térmicas mais amenas. Este resultado sugere que, quando as temperaturas estão abaixo de 29,0°C, as condições dentro da cabine de pilotagem são geralmente adequadas para manter o conforto físico, minimizando o estresse térmico. Ainda assim, a sudorese excessiva foi relatada por 8 dos 31 instrutores, indicando uma possível influência de outros fatores além da temperatura externa. Por outro lado, sintomas como dor de cabeça, cansaço, sonolência e náusea foram relatados por uma quantidade mínima de instrutores (1 a 3), fato que reforça a ideia de que a faixa verde condiz com um ambiente termicamente confortável para a operação aérea.

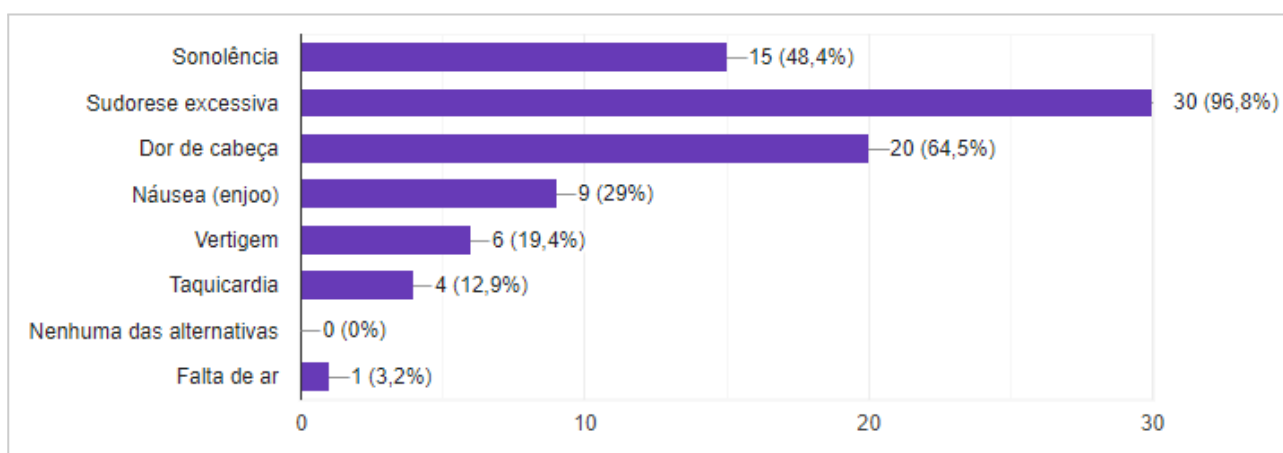
Gráfico 2 Na sua perspectiva, quais os sintomas FÍSICOS descritos possuem maior incidência em voos realizados na faixa AMARELA do ITS ($29,0^{\circ}\text{C} \leq \text{TEMPERATURA} < 33,0^{\circ}\text{C}$)?



Fonte: elaboração própria

No gráfico 3, podemos observar que a faixa amarela do ITS foi suficiente para desencadear sintomas físicos relacionados à sudorese na maioria dos instrutores (26 de 31), pontuando a sensibilidade da reação do corpo humano a partir dessas temperaturas. Além disso, a presença de sintomas como dor de cabeça e sono (observados por 6 instrutores) sugere que mesmo um leve aumento na faixa de temperatura pode começar a afetar negativamente o conforto e a eficiência fisiológica dos pilotos.

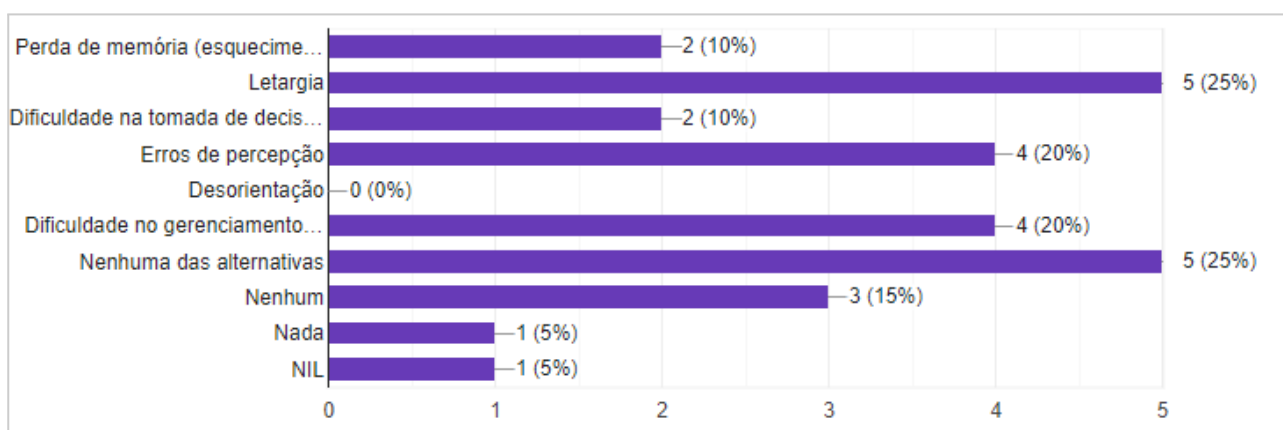
Gráfico 3 Na sua perspectiva, quais os sintomas FÍSICOS descritos possuem maior incidência em voos realizados na faixa VERMELHA do ITS (TEMPERATURA $\geq 33,0^{\circ}\text{C}$)?



Fonte: elaboração própria

Quando a temperatura na operação aérea atingiu valores maiores que 33,0°C, foi observado que somente 1 dos 31 instrutores não apresentou problemas incidentes relacionados à sudorese, indicando que tal reação corporal é uma resposta comum ao estresse térmico severo. Além disso, vale ressaltar que na faixa vermelha, mais da metade dos instrutores apresentam quadros de dor de cabeça e sonolência (20 instrutores e 15 instrutores, respectivamente), sintomas que possuem maior impacto negativo na operação aérea e na fisiologia humana.

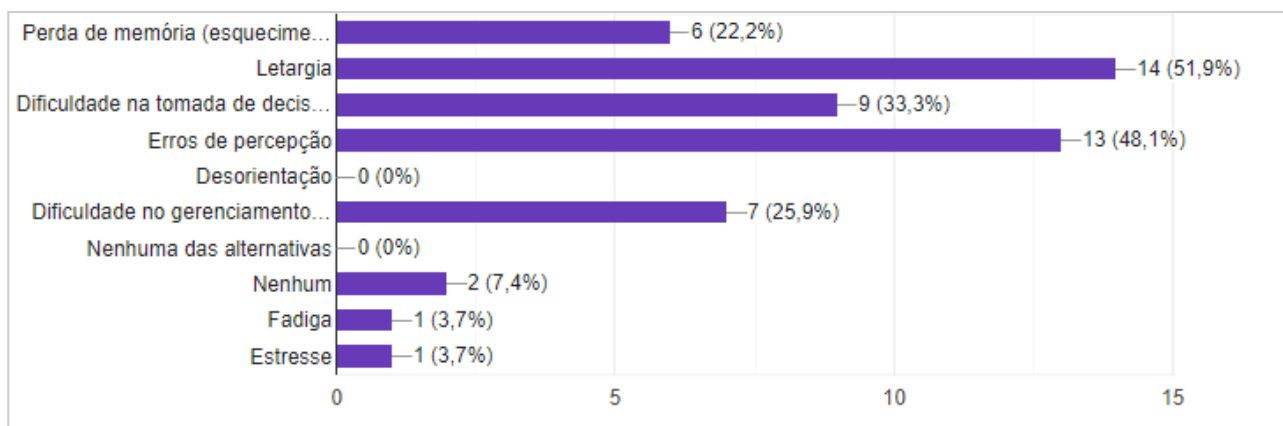
Gráfico 4 Na sua perspectiva, quais os problemas COGNITIVOS descritos possuem maior incidência em voos realizados na faixa VERDE do ITS (TEMPERATURA < 29,0°C)?



Fonte: elaboração própria

Da mesma forma que o gráfico 1, a maioria dos instrutores (20 de 31) que foram submetidos à pesquisa não demonstraram efeitos cognitivos gerados pelo estresse térmico em voos com temperaturas mais amenas. O sintoma mais apresentado nessa faixa de operação foi a “letargia”, com 5 instrutores relatando tal fato. Tal informação sugere que esses efeitos podem ocorrer devido à influência de outros fatores da operação, que não estão estritamente ligados ao estresse térmico.

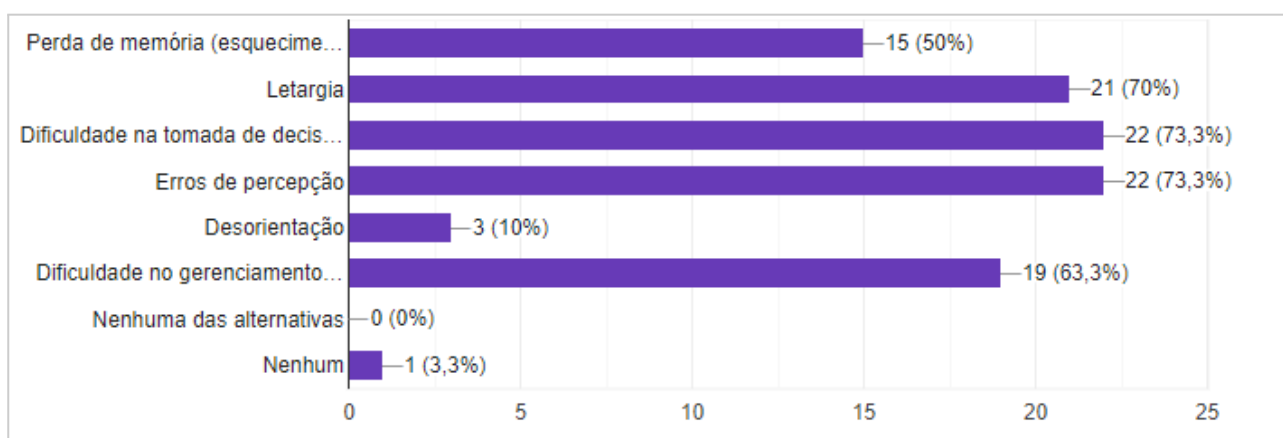
Gráfico 5 Na sua perspectiva, quais os problemas COGNITIVOS descritos possuem maior incidência em voos realizados na faixa AMARELA do ITS (29,0°C ≤ TEMPERATURA < 33,0°C)?



Fonte: elaboração própria

Os problemas cognitivos apresentados na faixa AMARELA foram sentidos pelos instrutores, de modo que os sintomas com maior frequência, notados por 13 instrutores, foram erros de percepção e letargia, elementos que afetam diretamente a eficácia operacional e a segurança de voo, uma vez que a capacidade de resposta e precisão dos pilotos em ambientes de voo são ferramentas essenciais para o contexto da atividade aérea. Adicionalmente, 9 instrutores reportaram dificuldades na tomada de decisão, um aspecto crítico na aviação onde decisões rápidas e corretas são essenciais para a segurança.

Gráfico 6 Na sua perspectiva, quais os problemas COGNITIVOS descritos possuem maior incidência em voos realizados na faixa VERMELHA do ITS (TEMPERATURA $\geq 33,0^{\circ}\text{C}$)?



Fonte: elaboração própria

No gráfico 6, podemos observar que a frequência com que problemas cognitivos aumentam com o aumento da temperatura é significativa, comparada com a faixa AMARELA. Sintomas de estresse térmico, como perda de memória, letargia, dificuldade na tomada de decisão, erros de percepção e dificuldades no gerenciamento de múltiplas tarefas foram observados pelos instrutores em diversas situações.

A revisão bibliográfica permitiu concluir que vários sintomas experimentados por instrutores e cadetes durante a instrução aérea estão associados ao estresse térmico dentro da cabine do T-27M. Além disso, com base nas análises dos sintomas físicos e cognitivos relatados pelos instrutores de voo em diferentes faixas de temperatura, fica evidente a influência significativa do estresse térmico sobre o desempenho e bem-estar durante as operações aéreas. Nos voos realizados na faixa verde do ITS (temperatura $< 29,0^{\circ}\text{C}$), os sintomas físicos e cognitivos foram menos prevalentes, sugerindo condições mais favoráveis para a operação aérea. No entanto, conforme as temperaturas aumentam, observa-se um aumento acentuado na incidência de sintomas, especialmente na faixa amarela ($29,0^{\circ}\text{C} \leq \text{temperatura} < 33,0^{\circ}\text{C}$) e na faixa vermelha (temperatura $\geq 33,0^{\circ}\text{C}$), onde os sintomas físicos como sudorese excessiva, dor de cabeça e sonolência, assim como os problemas cognitivos como letargia, erros de percepção e dificuldade na tomada de decisão, se tornam mais proeminentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após discorrer sobre a formação na Academia da Força Aérea, com ênfase na instrução aérea destinada aos cadetes aviadores do quarto ano, e analisar as características da aeronave T-27, compreende-se os elementos que conduzem os tripulantes ao estresse térmico dentro da cabine. Utilizando o método hipotético-dedutivo e uma detalhada revisão bibliográfica, este estudo buscou compreender a relação entre as condições térmicas e as deficiências fisiológicas e cognitivas percebidas pelos instrutores durante os voos, sendo a participação dos instrutores no preenchimento do questionário uma ferramenta valiosa para avaliação prática dos efeitos gerados.

Nas condições de temperatura na faixa VERDE do ITS, os sintomas relatados foram significativamente menores, o que reforça a diferença nos impactos térmicos de acordo com cada faixa de temperatura. Já nas faixas amarela e vermelha, observou-se um aumento progressivo e

crítico dos sintomas, impactando diretamente a capacidade operacional e a segurança das operações aéreas, evidenciado pelo aumento de sintomas como letargia, dificuldade na tomada de decisões e perda de memória. Os parâmetros utilizados como base no TVI na operação aérea em voos de instrução abaixo de 6000 ft e/ou sem hangares mostrou-se parcialmente ineficaz, principalmente quanto ao que tange os sintomas experienciados pelos instrutores na faixa AMARELA e na faixa VERMELHA.

Os resultados obtidos através da pesquisa de campo, com a participação voluntária de 31 instrutores, apontaram para uma clara correlação entre o aumento da temperatura e a incidência de sintomas físicos e cognitivos. Estes achados estão alinhados com a literatura que correlaciona o desconforto térmico com prejuízos no desempenho e na saúde. Considerando que os instrutores do 1ºEIA têm mais experiência e estão mais acostumados a voar nessas condições, é razoável concluir que os efeitos do estresse térmico afeta ainda mais os cadetes. Isso pode prejudicar ainda mais o desempenho destes, já que possuem menos experiência e não estão tão familiarizados em lidar com esses desafios físicos e mentais.

Este trabalho contribui para a base de conhecimentos sobre os efeitos adversos do estresse térmico na aviação, proporcionando dados empíricos que poderão auxiliar na formulação de medidas mais eficazes para a gestão da saúde e bem-estar dos instrutores e cadetes durante as instruções. Recomenda-se que estratégias de mitigação sejam desenvolvidas e implementadas, tais como melhorias nas condições de refrigeração das aeronaves. Sugere-se ainda um estudo aprofundado para diferenciar os impactos térmicos das aeronaves que possuem a utilização parcial e total do sistema de refrigeração (funcionamento do sistema somente em voo e aeronaves que operam o ar-condicionado em sua totalidade).

Portanto, conclui-se que o monitoramento constante das condições de estresse térmico e sua influência sobre o desempenho dos tripulantes deve ser parte integrante das instruções de voo, garantindo não só a eficiência, mas também a segurança, saúde e bem-estar dos envolvidos nas Operações Aéreas do 1º EIA.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA, 2ten Chayanne. ([s.d.]). T-27 - TUCANO. Mil.br. Recuperado de: <https://www2.fab.mil.br/afa/index.php/aeronaves/347-t-27-emb-312-tucano-fab-1374>. Acesso em 11 mar. 2024

ANAC. ([s.d.]). Recuperado de: <https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por-fra/tr3259.htm>. Acesso em 14 abr. 2024

AZEVEDO, Thiago Shuck; BOFF, André Luís. O Impacto de Ambientes Térmicos Estressores na Capacidade Cognitiva de Pilotos. **Revista Conexão SIPAER**, v. 9, n. 1, p. 9-19, 2018.

BATIZ, E. C., GOEDERT, J., MORSCH, J. J., KASMIRSKI-JR, P., VENSKE, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.

BRASIL. Divisão de Operações Aéreas. Academia da Força Aérea. **Manual de Procedimentos de Voo (MAPRO)**. Pirassununga: AFA, 2024.

CAMARGO, M. G. D; FURLAN, M. M. D. P. Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: exercício, extremos de temperatura e doenças térmicas. **Saúde e Pesquisa**, v. 4, n. 2, 2011.

GIL, Antonio Carlos *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, M. Resposta fisiológica do corpo às temperaturas elevadas: **Exercício extremos de temperatura e doenças térmicas**, 2011.

GUYTON, A. CMD. **Textbook of medical physiology**. China, 2006.

HANCOCK, P. A.; VASMATZIDIS, I. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. **International Journal of Hyperthermia**, v. 19, n. 3, p. 355-372, 2003.

KREITH; FRANK. **Princípios de transferência de calor**. 2012.

KROEMER, K.; HE; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Bookman Editora, 2005.

SAFETY, Ontario Workplace; BOARD, Insurance. **Heat stress awareness guide**. 2007.

SANTOS, L. C. B., *et al.* Aviação de instrução- Sumário Estatístico 2008-2017. **Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA)**. Brasília, 2018.

SAWKA, M. *et al.* Heat stress control and heat casualty management. **US Army Research Institute of Environmental Medicine Technical Bulletin**, v. 507, 2003 Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA433236.pdf>. Acesso em: 20 jun 2024.

WARGOCKI, P; DJUKANOVIC, R. Simulations of the Potential Revenue from Investment in Improved Indoor Air Quality in an Office Building. **ASHRAE transactions**, v. 111, n. 2, 2005.

ANEXO

7.1 Tabela Temperatura em Voo de Instrução Local (Voos abaixo de 6000 ft e/ou operação sem hangares)

ITS	FAIXA	OPERAÇÃO
VERDE	TEMPERATURA < 29.0°C	Operação normal, independentemente do funcionamento do sistema de ar condicionado.
AMARELO	29.0°C ≤ TEMPERATURA < 33.0°C	Com ar condicionado operante, operação normal. Todos os pilotos, caso voem sem ar condicionado, estão restritos a apenas um voo. Os seguintes deverão ser abortados, independentemente da disponibilidade de aeronaves com o sistema de ar condicionado operante.
VERMELHO	TEMPERATURA ≥ 33.0°C	Os voos somente poderão ser realizados em aeronaves com o sistema de ar condicionado operante.

Recuperado de: BRASIL. Divisão de Operações Aéreas. Academia da Força Aérea. **Manual de Procedimentos de Voo (MAPRO)**. Pirassununga: AFA, 2024. Acesso em 20 mar. 2024.