

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA
DIVISÃO DE ENSINO

LEONARDO DE MATTIA BUOZI

**Análise da influência do tipo de treinamento físico e o
desgaste em voo**

Pirassununga
2018

ACADEMIA DA FORÇA AÉREA
DIVISÃO DE ENSINO

LEONARDO DE MATTIA BUOZI

**Análise da influência do tipo de treinamento físico e o
desgaste em voo**

Projeto de Monografia apresentado
no curso de Formação de Oficiais
da Academia da Força Aérea – AFA
Orientador: 1º Ten MDS Fábio
Angioluci Diniz Campos
Co orientador: 1º Ten EFI Thiago
Augusto Rochetti Bezerra

Pirassununga
2018

LEONARDO DE MATTIA BUOZI

**Análise da influência do tipo de treinamento físico e o
desgaste em voo**

Trabalho Monográfico apresentado
no curso de Formação de Oficiais
Aviadores da Academia da Força
Aérea – AFA

Data de aprovação: 30/10/2018.

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Orientador: 1º Ten MDS Fábio Angioluci Diniz Campos

Membro Titular: 1º Ten EFI Leandra Cristina Benetti Campos

Membro Titular: 2º Ten MMS Mauricio Evandro Eloy

Local: Divisão de Ensino
Academia da Força Aérea
Pirassununga

Dedico a realização deste trabalho aos meus pais, familiares e professores que muito contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais que me proporcionaram o maior bem que possuímos, a vida. Além disso, foram os protagonistas da minha formação como pessoa, dedicaram-se/dedicam-se em fazer sempre o melhor a partir de suas experiências e princípios que carregam consigo.

A todos os professores que participaram da minha formação acadêmica, pois foram os responsáveis por estimular as minhas potencialidades e lapidar as minhas deficiências. São fontes de inspiração para o desenvolvimento intelectual e teórico.

Aos meus instrutores militares, que estiveram presentes em situações nas quais somos desafiados, e, assim, podemos descobrir nossas limitações e reações diante das dificuldades da nossa profissão. Além de contribuir, diuturnamente, para minha formação de valores dentro desta instituição.

Agradeço à Força Aérea por me permitir estudar nesta renomada instituição, a Academia da Força Aérea. Por fornecer os recursos necessários para a realização deste trabalho monográfico e permitir a realização do meu sonho, pilotar uma aeronave militar.

“Lembre-se de que cada dia que você deixa de treinar, ou de se dedicar ao treinamento significa um dia mais distante da realização de seus sonhos.”

Bernardinho

RESUMO

Este trabalho se trata de uma revisão literária feita sobre os aspectos físicos envolvidos no voo e suas condições adversas que degradam o estado físico do piloto, prejudicando o seu desempenho. A partir disso, o objetivo deste trabalho foi apresentar o treinamento físico principalmente o anaeróbico, como elemento fundamental na melhoria da capacidade física do piloto, fornecendo melhores condições à resistência das cargas +Gz. Concluindo-se, ao término do trabalho, a influência positiva do treinamento físico como elemento mitigador da fadiga em voo e elemento importante para a prevenção de acidentes aéreos.

Palavras-chave: Treinamento anaeróbico. Segurança de Voo. Força G. Preparação Física.

ABSTRACT

This work is about a literary review done on the physical aspects involved in the flight and its adverse conditions that degrade the physical state of the pilot, impairing its performance. From this, the objective of this work was to present the physical training, mainly the anaerobic, as a fundamental element in the improvement of the physical capacity of the pilot, giving better conditions to the resistance of the + Gz loads. In conclusion, at the end of the study, the positive influence of physical training as a mitigating element of in-flight fatigue and an important element for the prevention of air accidents.

Keywords: Anaerobic training. Flight safety. Strength G. Physical Preparation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Demonstração Acrobática.....	16
Figura 2 - Gráfico Carga +Gz vs tempo.....	17
Figura 3 - Macacão de Voo padrão FAB.....	20
Figura 4 - Painel Esquemático T-27.....	28
Figura 5 - Centrífuga em Satenas.....	29

LISTA DE SIGLAS (ABREVIATURAS)

AFA	Academia da Força Aérea
EIA	Esquadrão de Instrução Aérea
FAA	Federal Aviation Administration
FAB	Força Aérea Brasileira
NASA	National Agency of Space Administration
NTSB	National Transportation Safety Board
RUMAER	Regulamento de Uniformes para os Militares da Aeronáutica
USAF	United States Air Force

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	10
2.OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3.MATERIAIS E MÉTODOS	13
4.FADIGA EM VOO	14
4.1 Força G	15
4.2 Hipóxia	18
4.3 Hipertermia	19
4.4 Lombalgia	20
4.5 Aerocinetose	21
4.6 Fadiga muscular em voo vs Acidentes Aéreos	22
5.TREINAMENTO FÍSICO COMO ELEMENTO MITIGADOR	24
5.1 Tipo de treinamento mais eficaz	25
5.2 Influência do treinamento aeróbio	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

A partir da observação dos primeiros casos ocorridos na Primeira Guerra Mundial, constatou-se que as fatalidades registradas na época tinham, em sua maioria, grande relação com falhas individuais, incluindo a incapacidade física, imprudência e negligência (ARMSTRONG, 1952).

Com o decorrer dos anos, a necessidade de um acompanhamento médico mostrou-se cada vez mais necessário e, posteriormente, veio a causar reduções no número de mortes de aviadores ingleses, os quais foram submetidos a implantação de um programa de medicina, ainda na Primeira Guerra.

Durante o voo, pôde-se constatar que o aeronavegante fica exposto a diversas variáveis: temperatura, altitude, carga excessiva da força da gravidade (G), vibrações e disbarismos (Teixeira, 2005). Estas condições levariam o piloto a um elevado nível de desgaste físico e mental, ou psicológica, segundo Astrand et al. 2006. Fazendo aparecer sinais objetivos de cansaço, tensão emocional, ansiedade, aumento da frequência cardíaca e respiratória, além de pressão arterial alterada.

Segundo Kanashiro (2005), as análises das ocorrências de fadiga em voo podem ter duas vertentes distintas quanto à origem, sendo elas: originadas a partir da própria atividade aérea, denominados fatores operacionais; ou decorrentes de aspectos derivados dos componentes fisiológicos, psicológicos e profissionais, denominados fatores individuais.

Essas alterações no organismo do aviador em voo podem influenciar em uma redução do processamento de tomada de decisão e de gerenciamento de cabine, devido a sobrecarga em que se encontra o grupo ora estudado.

Por meio de uma breve revisão literária, pretende-se mostrar como um bom condicionamento físico aeróbico/anaeróbico pode

influenciar no desgaste em voo, seja ele retardador do processo de fadiga ou um meio eficaz de melhoria frente as Forças G.

O fenômeno fadiga de voo deve receber uma atenção especial pelos atributos críticos que estão a ele associados, entre os principais: cansaço, exaustão, desgaste, alteração da capacidade funcional e falta de recursos/energia (MOTA; CRUZ; PIMENTA, 2005).

As consequências do não monitoramento da evolução desse desgaste podem ser prejudiciais para o aeronavegante e, principalmente, para a Força Aérea Brasileira, pois pode acarretar na falta de harmonia entre um de seus pilares para uma atividade aérea segura: homem, meio e máquina.

Na situação de cadete da aeronáutica, não há só uma perda no âmbito do desenvolvimento da aptidão aérea, mas também no âmbito de desempenho acadêmico, tendo em vista que as principais consequências apontadas por MOTA; CRUZ; PIMENTA são: letargia, sonolência, diminuição da motivação, atenção e concentração, mal-estar, todos eles problemáticos para o aviador e a segurança de voo.

A partir de uma meticulosa revisão de estudos e experiências que há tempos vem sendo feitos, podemos compreender melhor de que maneira um determinado tipo de treinamento físico pode contribuir ou não para o aperfeiçoamento da capacidade física do aviador. E, assim, mitigar os riscos de acidentes aéreos e diminuir as doses de sobrecargas inerentes à profissão deste grupo, que é submetido – de forma quase que inevitável – a diversos fatores estressores, visando uma minimização do impacto causado por esses agentes, frente ao constante preparo físico dos cadetes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

-Realizar uma revisão literária dos aspectos físicos envolvidos na atividade aérea.

2.2 Objetivos Específicos

-Descrever estudos sobre os fatores degradantes da condição física em voo.

-Descrever estudos sobre a contribuição do treinamento anaeróbio para o condicionamento físico do aeronavegante.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado por meio de pesquisa indireta de revisão bibliográfica segundo modelo de Severino (2002). A pesquisa bibliográfica foi realizada na Biblioteca da Academia da Força Aérea (AFA), fontes de revistas científicas, artigos disponibilizados em bancos de dados virtuais (Lilaccs, Bireme, Medline e materiais em jornais e sites sobre o assunto).

O levantamento bibliográfico correspondeu aos temas –chave:

1. Fisiologia Aeroespacial
2. Treinamento físico para pilotos
3. Força Gravitacional

Foi realizada:

1. Análise textual
2. Análise temática
3. Análise interpretativa/ crítica

4. FADIGA EM VOO

Para entender melhor o processo de fadiga em voo, é primordial que se tenha conhecimento das denotações atribuídas a esse fenômeno no desenvolvimento deste trabalho.

A fadiga é uma condição que limita o prosseguimento na jornada de trabalho, principalmente do aviador, por estar amplamente exposto às condições que podem maximizar esse processo. Apesar do conhecimento ainda pouco consolidado sobre esse fenômeno, sabe-se que a fadiga sofre interferências basicamente, de duas frentes, uma física e outra mental, ou psicológica (ASTRAND et al, 2006).

Limongi França e Rodrigues (1999) entendem a fadiga como um estado físico e mental, resultante de um esforço prolongado ou repetido, repercutindo sobre vários sistemas do organismo e provocando múltiplas alterações de funções. Invariavelmente essas alterações levam a uma diminuição do desempenho laboral de forma quantitativa e qualitativa. Em seu ápice contribui para o absenteísmo no trabalho e vários distúrbios psicológicos, que afetam a vida pessoal, familiar e social.

É importante salientar que existe diferença entre estresse – que é um distúrbio de ordem psicológica – e fadiga, entretanto estes dois elementos estão estreitamente ligados (FLEMMING, 2012), pois o primeiro, na maioria das vezes, decorre do segundo.

Um dos grandes desafios para os próprios aeronautas está na fase de identificação de sinais reais de fadiga, tendo em vista que são sintomas de difícil mensuração e provoca sensações diferentes em cada indivíduo, por conta de muitas variáveis. Porém, é possível a aparição de sensações subjetivas de fadiga, como sensação de cansaço e fraqueza geral após o final de um dia de trabalho, de oito horas, com carga média de 30 a 40, até 50%, além da potência aeróbia máxima do indivíduo (ASTRAND, et al.,2006). Mais tarde, esses sinais podem ser corroborados por sinais objetivos de

cansaço como dores musculares, tontura, dor de cabeça, ansiedade, aumento da frequência cardíaca e respiratória, além de pressão arterial alterada e de alterações digestivas.

Dentre as definições apresentadas, o Comando da Aeronáutica define fadiga de voo como uma condição decorrente da degradação da eficiência do piloto em face dos estímulos recebidos e que estão relacionados com a atividade desenvolvida em face da duração ou repetição desses impulsos (BRASIL,2010).

A partir dessas conceituações, percebe-se que a fadiga em voo não é o resultado de uma ação única e exclusiva, mas sim um somatório de circunstâncias parciais que quando alinhadas dão origem a um processo de desgaste e deterioração do estado físico e mental do aeronavegante.

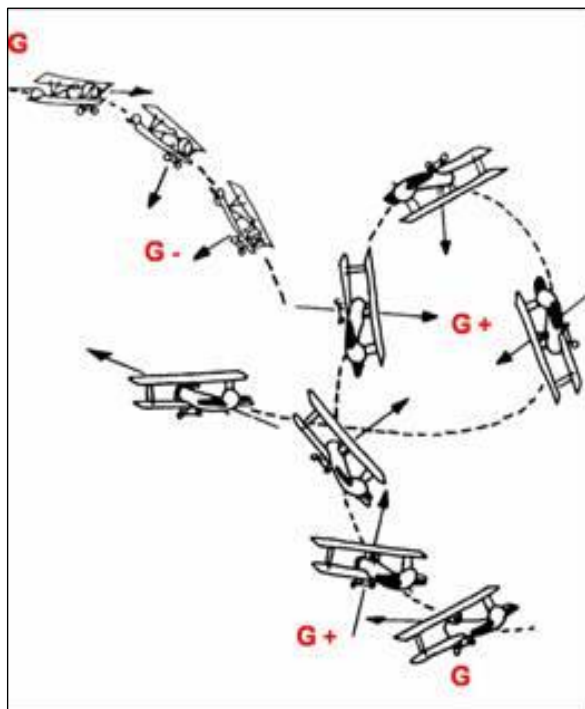
Durante os voos de instrução na Academia da Força Aérea (AFA), realizados nos Esquadrões de Instrução Aérea (EIA's), os cadetes, bem como os instrutores podem ser submetidos a sobrecargas no organismo humano, decorrentes da atividade aérea. Entre elas: hiperventilação, hipóxia, hipertermia, taquicardia, sudorese, aerocinetose, lombalgia e Força G.

4.1 Força G

Define-se Força G como a força que age no organismo devido aos efeitos da aceleração gravitacional, ocasionadas graças a tendência de inércia do piloto em se manter no seu estado anterior, vindo a causar incômodos no organismo, agravados pelo rápido deslocamento das aeronaves e frequentes mudanças de direção. Durante a realização de manobras é natural que seja necessário, na maioria dos casos, o aumento na Força G durante o voo. Para que seja possível a execução de determinadas acrobacias, o monitoramento da aceleração juntamente com a velocidade de realização do exercício é fundamental para a sua execução, caso contrário, resultariam em situações desconfortáveis para o piloto,

pois acarretaria em uma altitude muito baixa de recuperação para o voo reto e nivelado após a conclusão do exercício, por exemplo.

Figura 1 – Ação da força Gz durante acrobacia.



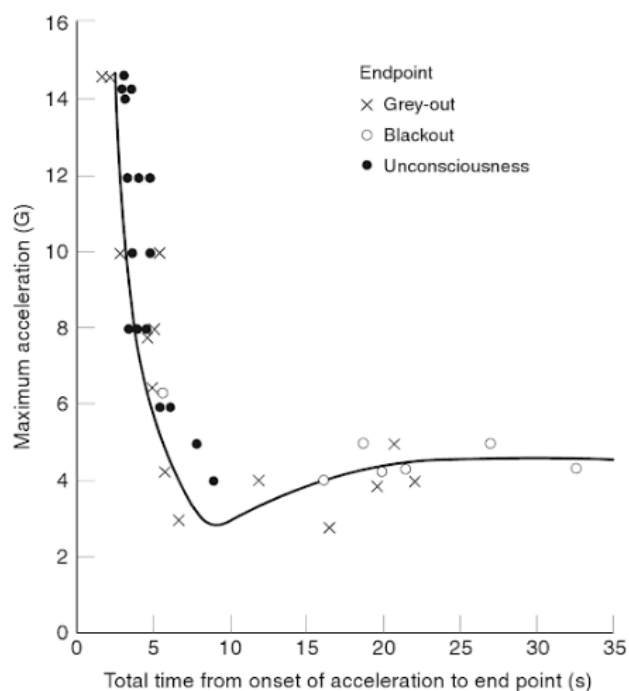
Fonte: Manual do T-27

Os efeitos da Força G podem se manifestar em três eixos distintos no piloto: longitudinal, vertical e lateral. Sendo o mais importante, o eixo vertical, pois é este que se tem uma maior ocorrência de efeitos sobre o organismo dos aviadores. Neste eixo é possível perceber a manifestação do chamado G positivo que, de forma genérica, faz com que o piloto permaneça em constante contato com o assento, e o G negativo, que faz justamente o contrário. É importante destacar que a capacidade de resistência às cargas positivas é maior. Whinnery (1980) constata uma tolerância média em torno de 4,5/5 G, chegando a um máximo de 9G. Como efeitos colaterais tem-se: *grayout*, *blackout* e G-LOC (perda de consciência). Já no sentido negativo, essa resistência é menor, registrando uma tolerância média de -3 G, isso ocorre, pois,

o fluxo sanguíneo tende a subir para a cabeça, concentrando-se na área cerebral e resultando em um fenômeno chamado *redout*.

Estudando um pouco mais os efeitos da Força G, percebe-se que nem sempre as agressões à saúde dos pilotos se manifestam de modo perceptível, no entanto, com frequência existem sinais de alerta que são detectados (BEZERRA,2002).

Figura 2 – Compilação de dados centrífugos sobre tolerância a +Gz em indivíduos sentados relaxados sem o uso de qualquer dispositivo de proteção.



Fonte: Green, 2012.

A manutenção da estrutura muscular, assim como do osso e tecido fibroso, requer o treinamento de exercícios de força. A falta de atividade muscular pode causar atrofia, com diminuição da capacidade de realizar força, contratilidade e resistência tecidual. A atividade física pode aumentar força muscular, melhorando as condições físicas e a resistência do organismo às exposições contínuas à Força Gz+ (BUCKWATER et al., 1993)

O estado de saúde de um piloto não é independente de sua atividade profissional. As agressões à saúde ligadas ao voo podem ter aspectos negativos, desde que os pilotos não possuam um preparo específico para determinadas situações (HEWSON et al., 2000).

4.2 Hipóxia

O aumento da altitude durante o voo leva, naturalmente, a uma queda da pressão atmosférica. Pois, como se sabe, a pressão tende a ser maior ao nível do mar do que em regiões mais altas. Porém, o organismo humano, quando deslocado do seu local de atuação normal (nível do mar), passa a sofrer com incremento da altitude pois, além da queda da pressão barométrica, tem-se também, queda da pressão parcial de oxigênio, alterando a quantidade fornecida aos tecidos. A essa condição, denomina-se Hipóxia. (DAVIS, 2008).

Para complementar o exposto acima, Gerck (2004) conclui, a partir da “Lei das pressões parciais” de Dalton, que dependendo do grau de déficit do fornecimento de oxigênio, poderão haver falhas no funcionamento fisiológico decorrente do aumento da altitude (apud RIOS DE ALMEIDA, 2013).

Para o autor, existem quatro tipos de hipóxia, entretanto a mais importante será explicada abaixo, pois é esta que tem uma incidência maior nos indivíduos envolvidos na atividade aérea, pelo fato de ser algo natural da própria condição do voo, ou seja, estar em um ambiente superior ao nível do mar, no qual o organismo humano tem uma resposta fisiológica boa e dentro dos parâmetros ideais de funcionamento.

– Hipóxia Hipóxica ou de Altitude: é a mais comum nos aviadores, pois é resultante de uma inadequada troca na alvéolo-capilar que é causada por quantidade inadequada de oxigênio no ar inspirado e, conseqüentemente, suprimento de oxigênio inadequado no sangue.

A hipóxia, para Gerck (2004), age de maneira insidiosa, e isso representa um risco potencial para o aeronavegante. Isso ocorre devido à dificuldade da percepção dos sintomas de hipóxias, que são sutis e de difícil percepção pois o piloto está constantemente exercendo atividades dentro da cabine. Ele divide a Hipóxia de altitude em dois subgrupos, sendo estes: aguda e crônica. Esta é definida como uma exposição contínua à perda de oxigênio, porém de forma que o corpo consiga compensar e se adaptar a essa condição, como por exemplo, moradores de uma região montanhosa com altitude elevada. Já a Hipóxia de altitude aguda é definida como uma exposição imediata do organismo a um ambiente de pressão muito inferior ao que se encontrava anteriormente, como por exemplo, o rompimento de alguma parte da estrutura do avião que venha a causar a uma despressurização instantânea no interior da aeronave.

4.3 Hipertermia

Ao ser submetido a condições adversas, como em ambientes nos quais se tenha a elevação de temperatura, o corpo humano pode desencadear algumas reações que, dependendo do grau, pode causar sérios danos à saúde, entre as principais consequências estão: insuficiência respiratória, renal e hepática; desidratação; lesão cerebral e até mesmo o óbito (WEINECK, 2000).

Essas condições adversas de temperatura elevada podem ser resultantes de uma refrigeração inadequada na cabine, fato observado em projetos mais antigos de aviões ou decorrentes de fatores climáticos intensos e de grande impacto e de difícil de minimização.

Na aviação militar, os tripulantes utilizam o 8º uniforme – designação do uniforme feita pelo Regulamento de Uniforme para os Militares da Aeronáutica (RUMAER) - macacão de voo desenvolvido pela FAB, que passa por um processo de até 100 operações até chegar no produto final, seus fios possuem

propriedades antichamas, visando maior segurança em caso de acidentes com possíveis explosões causadas por vazamento de combustível, por exemplo (FAB TV, 2015). Porém, as condições de cabine, que nem sempre viabilizam uma ventilação adequada, somada a temperatura ambiente e a fatores como aumento da pressão e frequência cardíaca – decorrentes da alta carga emocional de estresse presente em um voo de instrução – podem contribuir para a ocorrência de hipertermia.

Figura 3 – Macacão de voo.



Fonte: EPI, 2017.

4.4 Lombalgia

Às manifestações dolorosas que ocorrem na região da lombar da coluna vertebral, dá-se o nome de lombalgia. Cabe dizer que estas sensações incômodas não têm, necessariamente, relação

direta com alguma complicação na própria coluna, mas pode ter influência de fatores subjacentes como:

- Traumas recentes: fratura de vértebra, por exemplo
- Distúrbio metabólico ósseo, no qual se destaca a osteoporose
- Causas psicológicas: estresse, que é uma causa muito frequente
- Causas mecânicas ou físicas: são a grande maioria das dorsalgias e lombalgias, 80% dos casos estão incluídos nesse grupo, são as algias causadas por processos de esforço físico excessivo, traumas, má postura, entre outros (MERCÚRIO, 1997 apud RIOS DE ALMEIDA, 2013)

Mesmo com o avanço da tecnologia e a percepção de necessidade de aperfeiçoamento nas cabines e *cockpits*, desenvolver um projeto contendo a ergonomia ideal para o piloto ainda é um desafio. Em aeronaves mais antigas, pode-se perceber o quão alta é a demanda da aeronave em relação ao piloto para que este possa atuar de maneira eficiente nos comandos, exigindo bastante de sua capacidade física – músculos e articulações – para alcançar os pedais e manche sem variar muito sua posição na cadeira de modo a não sobrecarregar sua coluna.

4.5 Aerocinetose

A cinetose é classificada como um distúrbio funcional decorrente do excessivo estímulo do aparelho vestibular por ocasião da exposição aos movimentos não-lineares do voo (Tortora, 2000).

Além disso, ela pode ser compreendida também como um estado patológico e uma manifestação fisiológica do organismo em resposta a um movimento, real ou aparente, em virtude do conflito de informações sensoriais obtidos a partir do sistema de equilíbrio (visão, sistema vestibular e proprioceptivo). Portanto pode ocorrer em viagens de avião, automóvel, trem, no mar e em parques de diversões (GERK, 2004).

A patogênese não tem uma compreensão completa e aprofundada, mas constata-se que, na verdade, é consequência do conflito de informações provenientes do sistema sensorial e do cérebro, que processa e entende como real (Schmal, 2013; Schupak e Gordon, 2006).

Os sintomas mais comuns, segundo Gerk (2004), são náuseas e vômitos. Vindo, posteriormente, a desenvolver um processo gradual de agravamento desses sintomas, passando por palidez, sudorese, sialorreia (salivação excessiva) e letargia podendo, ainda, causar algo mais grave, um estado de choque.

Durante o voo, existem os fatores intrínsecos (manuseio da aeronave) e os fatores extrínsecos, dentre estes pode-se destacar o próprio odor de combustível de aviação, que é identificado como fator contribuinte para o enjoo e gerador de mal-estar. Principalmente em manobras em que ocorrem bruscas mudanças de direção, pois nas aeronaves de treinamento, em sua maioria, os tanques são localizados nas asas, próximo a cabine do piloto, que é o caso das aeronaves de instrução da AFA (T-25 e T-27).

4.6 Fadiga muscular em voo vs Acidentes Aéreos

A fadiga muscular em voo não pode ser desprezada e deve ser vista como um potencial risco ao aeronavegante, pois pode acometer o piloto independentemente do seu conhecimento cognitivo sobre a aeronave e os procedimentos técnicos necessários, podendo causar, deterioração no desempenho dentro da cabine e redução no estado de alerta do piloto. (STRAUSS, 2005).

A partir de dados obtidos da United States Air Force (USAF), 2013, em uma primeira análise, a fadiga muscular em voo parece pouco preocupante quando encarado como o elemento direto na ocorrência de acidentes aeronáuticos, sendo esse número aproximado de 5%. Todavia, em uma segunda análise, na qual a fadiga é encarada como um elemento implícito, porém associado a

ocorrência de alguns sintomas decorrentes da fadiga muscular, esse número cresce substancialmente, elevando o índice a aproximadamente 35%. Os aspectos derivados considerados são: falta de atenção, percepção equivocada, e processo decisório deficiente (USAF, 2013)

5. TREINAMENTO FÍSICO COMO ELEMENTO MITIGADOR

Com o avançar dos estudos, mostrou-se de grande conveniência dar a devida atenção aos fatores etiológicos, com o propósito de fomentar a implantação de metodologias, protocolos e regras básicas para a prevenção da degradação do estado físico do aeronauta (GANDER et. Al, 2008; STRAUSS, 2005).

A prevenção da fadiga muscular em voo envolve segmentos interessados em aspectos diversos de sua etiologia, justamente pela multicausalidade. Um programa específico –*Fatigue Counter Measures Program*– foi criado nos Estados Unidos pela *National Agency of Space Administration* (NASA) 2010 e estudos direcionados para o tema são realizados pela *National Transportation Safety Board* (NTSB) e pela *Federal Aviation Administration* (FAA). Pela complexidade e abrangência das variáveis envolvidas, todos os aspectos relacionados, sejam fatores operacionais ou individuais, devem ser abordados preventivamente considerando-se todas as particularidades das especificações dos equipamentos.

A flexibilidade das demandas de cada indivíduo deve receber a máxima atenção, de modo a tentar acolher essas solicitações, evitando assim prejuízos às jornadas que se seguem (STRAUSS, 2005).

As pesquisas nesse campo da medicina aeroespacial têm demonstrado grande relevância para o aprimoramento do conhecimento fisiológico humano. Cada vez mais é possível emitir um parecer médico com uma gama maior de informações e dados para, posteriormente, exercer uma influência positiva na qualidade de vida do piloto por meio da implantação dos métodos que, por ventura, mostrarem-se eficazes (ROSENTHAL et. Al, 2011; ROACH et. Al, 2002).

Segundo Caldwell (1997) e Strauss (2005), a auto avaliação da performance do próprio piloto fica prejudicada nas condições em que é submetido a uma carga elevada, nas quais se podem propiciar

uma condição de fadiga em voo. Por isso, é extremamente necessário o acompanhamento das atividades do aeronavegante para evitar malefícios a atividade aérea. Em complemento a isso, Patrão (2013) verifica que os próprios pilotos sentem a necessidade de obter mais conhecimento sobre as circunstâncias as quais podem ser submetidos, destacando o grupo pertencente à aviação comercial, o assunto por ele estudado, especificamente foi a Hipóxia e verificou-se a importância de se difundir os conhecimentos fisiológicos entre os profissionais dessa área.

Embora estresse seja uma palavra muito utilizada ela não possui um significado muito bem definido. Para fins práticos, entretanto, estresse pode ser imaginado como um estado mental que causa perda de performance ou que demanda um esforço muito grande para manter o desempenho em níveis previamente atingidos (HUMPHREY, 1978). O voo se desenvolve em ambiente hostil à fisiologia humana (PEREIRA, 2005).

Embora tente se amenizar ao máximo as circunstâncias contribuintes para a ocorrência da fadiga em voo, vale dizer que muitas delas são inerentes a própria atividade aérea, tendo em vista que esta ocorre em ambiente desfavorável ao organismo humano como dito anteriormente. Além disso, o desconforto na náusea devido ao espaço limitado; a respiração por meio da máscara, também limitada; as variações de temperatura devido a altitude; as súbitas mudanças de direção/velocidade, causando impacto nas forças acelerativas; o ruído do motor e as vibrações, diretamente ligadas a coluna vertebral, são identificadas pelos próprios pilotos como elementos agravantes nesse processo.

5.1 Tipo de treinamento mais eficaz

A preparação física de pilotos deve ser entendida como de suma importância na prevenção de lesões e também nas ações físicas para a realização de estudos com o objetivo de evitar

acidentes aéreos.

Bezerra (2018), escreveu um projeto regular a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), cujo um dos objetivos é o de definir quais são as atividades ou ações mais importantes que os pilotos devem ser capazes de realizar, de maneira a operar a aeronave de forma segura e que demandem o uso significativo de força de membros superiores e inferiores. Tais ações devem refletir as necessidades operacionais reais, uma vez que partem da realidade atual do cotidiano da instrução aérea sob a ótica da vivência dos instrutores.

O alto custo envolvido na formação de um aviador, principalmente de um piloto militar, vem fazendo com que haja preocupação por parte das Forças Armadas em pesquisas e desenvolvimento de instrumentos que possam avaliar características físicas compatíveis com as de um aviador (BEZERRA, 2018).

Mas há muito por descobrir na aviação civil e militar sobre os efeitos fisiológicos e biomecânicos ocasionados pelo voo. As empresas aéreas civis investem financeiramente na tentativa de prevenir distúrbios ocasionados pelo voo, algo ainda distante da realidade das Forças Armadas Brasileiras. A ocorrência, no Brasil, de acidentes aeronáuticos de grandes proporções nos últimos anos tem acentuado as discussões acerca das atividades de investigação em torno desses sinistros. A exposição à aceleração G_z aumentada tem um profundo efeito sobre o sistema muscular cardiovascular, que se manifesta, em primeiro lugar, por sintomas visuais e, em seguida, em níveis suficientemente elevados de aceleração, por perda de consciência, dores, lesões, fadiga podendo ocasionar incidentes ou acidentes aéreos. A tolerância humana depende da magnitude da carga G_z , sua duração, intensidade e do local onde é aplicada essa carga. Uma pessoa não adaptada pode tolerar cerca de uma aceleração de 3 G_z + por alguns segundos, ocorrendo o enrijecimento dos músculos e grande dificuldade do retorno do sangue ao coração e cérebro. Em

contrapartida há um aumento da circulação sanguínea ao cérebro (Gz -) (BEZERRA, 2018).

Porém muito pouco se conhece sobre os limites humanos durante a variação de carga G positiva ou negativa. Alguns pilotos militares são capazes de suportar uma aceleração de 9 Gz + por um período de tempo maior da de uma pessoa não adaptada ao voo. A principal reação ao piloto ao ser exposto a variação de pressão arterial, é a perda de gases da corrente sanguínea, incluindo o oxigênio. Após 9 segundos submetidos à elevada carga Gz +, a falta de oxigenação cerebral leva o piloto à perda da consciência. Em contrapartida, o aumento da pressão e circulação sanguínea durante a Carga Gz - pode aumentar substancialmente a Pressão Arterial. Porém os parâmetros de segurança ainda não são conclusivos, isto sem contar os aspectos mecânicos relacionados às forças exigidas ao piloto em voo (BEZERRA, 2018).

A preparação física deve minimizar os efeitos nocivos do voo. Kemppainen, Hämäläinen e Könönen (1998) observaram em seus estudos que é possível elevar o tempo para se atingir o primeiro estágio no qual o piloto começa a sentir respostas de desconforto e, principalmente, “dores no pescoço”, no que diz respeito ao acréscimo da pressão vertical (ortostática).

De acordo com Epperson, Burton e Bernauer (2010), a prática de exercícios, pode aumentar a tolerância às acelerações da carga G, tem sido discutida ao longo dos anos por vários autores.

Gillingham (1988) analisou que o condicionamento físico é um importante componente para aumentar a tolerância à carga G e cita que os treinamentos com pesos e contra-resistência resultam aumentos significativos, no que é corroborado por Epperson, Burton e Bernauer (1982).

Whinnery e Parnell (1987) revelaram a significância do aumento da tolerância à carga G em associação à aptidão anaeróbia.

Länsimies e Rauhala (1986), Hartung, Krock, Crandall, Bisson e Myhre (1993) citam que o aumento da força muscular pode favorecer uma melhor resposta à tolerância à carga G. Estes

autores discutem, ainda, a necessidade de os aviadores militares estarem preparados fisicamente para tarefas mais árduas e pesadas, e que o nível de força muscular pode ser de emergência ou de combate (MYLLE, MOENS, DE RAEVE, VIEANE & LAHAYE 1998). Por outro lado, existem algumas variáveis fisiológicas que poderiam ser utilizadas como indicadores da carga de trabalho imposta e que, conseqüentemente, viabilizam a estimativa das alterações fisiológicas dos pilotos em sua rotina. Dentre estas, pode-se citar a frequência cardíaca.

Uma vez que a atividade de pilotar uma aeronave, com características de caça, envolve uma enorme complexidade técnica e demanda um grande desgaste corporal, o condicionamento físico pode ajudar ao piloto a minimizar ou até mesmo superar alguns problemas decorrentes desta função.

A literatura considera, no entanto, que o condicionamento anaeróbio tem sido sugerido como um aspecto importante na preparação dos pilotos de caça.

Epperson, Burton e Bernauer (2010) disseram que o treinamento de força é aquele que pode promover maior aumento na tolerância ao G e conclui que isto é fundamental para o piloto militar.

Segundo Pereira 2005, deve-se levar em conta que:

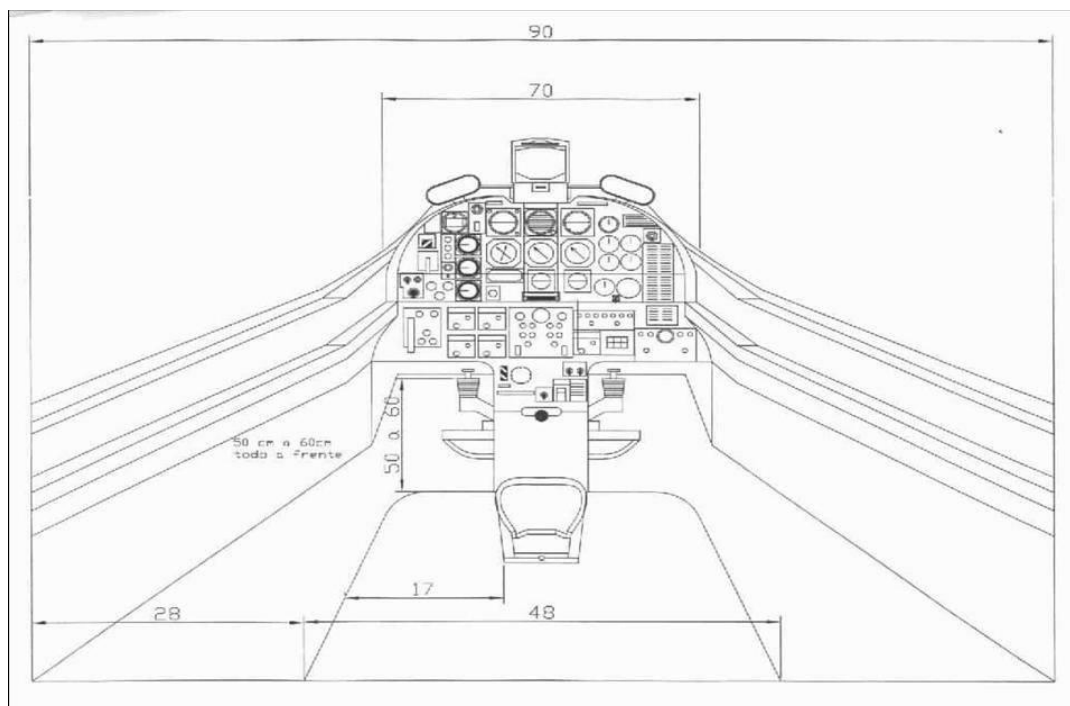
“O desgaste em voo não é, somente, proveniente das ações da força G. O treinamento físico deve prevenir lesões através do fortalecimento muscular” (PEREIRA, 2005).

Em um acompanhamento do processo psicopedagógico realizado na AFA nos anos de 2004 e 2005, Farjer (2005) verificou que as condições de instrução aérea dentro de um ambiente possuem características particulares e diferentes do meio civil. Alguns atributos foram observados durante o curso e interpretados como necessários para se formar um piloto militar: vontade de vencer, técnica, habilidade e conhecimento. Seu processo de aprendizagem envolve três domínios do comportamento humano: o

cognitivo, o afetivo e o psicomotor (PEREIRA, 2005 apud COSTA, 2013).

O domínio cognitivo abrange o conhecimento teórico das disciplinas e matérias que estão ligadas intimamente a atividade aérea (mecânica, hidráulica, meteorologia, aerodinâmica e navegação aérea). E compreende, também, conhecimentos específicos da aeronave, limitações técnicas estruturais, de desempenho e procedimentos normais e de emergência (PEREIRA, 2005 apud COSTA, 2013).

Figura 4 – Desenho esquemático do espaço interno da aeronave T-27.



Fonte: Manual do T-27.

Já o campo do domínio afetivo está relacionado à motivação do cadete. Para a instrução aérea ser bem conduzida e haver uma relação de ensino-aprendizagem, faz-se necessário um equilíbrio entre o nível de tensão e ansiedade do instruendo e a motivação para tal atividade (FARJER, 2005 apud COSTA, 2013).

Outra observação importante e que merece destaque é o estudo feito por Newman (2009), partir de uma análise realizada dos dados obtidos e compilados provenientes do desempenho dos pilotos de caça, pôde-se estabelecer uma correlação significativa entre a experiência de voo e o comportamento cardiovascular aprimorado sob estresse ortostático. Com isso, viu-se a possibilidade de inserir os pilotos em ambientes de centrífuga, que podem proporcionar acelerações maiores, com vistas ao aprimoramento da performance em voo e ambientação da fisiologia humana a essas condições de alto impacto. Portanto, desse espectro, vale dizer que experiência de voo está relacionada com a magnitude e o padrão da resposta cardiovascular ao estresse de aceleração.

Figura 5 – Centrífuga na base de Satenas, na Suécia, testa capacidade do piloto de caça de aguentar 9 vezes a força da gravidade.



Fonte: Stochero, 2014.

Tentou-se, por muito tempo, criar a ideia de quais seriam as características fisiológicas ideais para uma boa resposta ou, pelo menos, um arquétipo que pudesse conter índices de uma tolerância maior às forças Gz. Whinnery, então, observa que as particularidades seriam um indivíduo mais velho, mais baixo, mais pesado, mais experiente (mais horas voadas e mais horas de aviação de caça ou de alta performance) e com pressão arterial mais alta.

5.2 Influência do treinamento aeróbio

Após a constatação de que o treinamento anaeróbio se mostra mais eficaz no processo de acréscimo à tolerância das forças Gz, não se pode deixar de comentar qual é o papel do treinamento aeróbico, suas consequências, contribuições positivas ou negativas.

Estudos de Hawkins (1992), concluem que um melhor condicionamento aeróbico propicia um aumento na capacidade cognitiva e na realização de atividades de considerável complexidade, mantendo um alto nível de concentração e atenção.

Informações obtidas das análises de Palma e Paulich (1999) apontam que o desgaste laboral pode ser minimizado por influência positiva da aptidão aeróbica. Isso pôde ser observado a partir do processo recuperativo pós-esforço, sendo este mais rápido no reestabelecimento das condições normais.

Todavia, algumas ressalvas devem ser feitas, o treinamento aeróbico, dependendo do grau de participação e intensidade no processo de preparo físico do piloto pode ser prejudicial para aqueles que estão constantemente submetidos a condições agressivas de voo, por exemplo, os pilotos de caça. Há uma redução, a longo prazo, no indicador de pressão arterial do indivíduo, criando obstáculos para o organismo de manter uma perfusão sanguínea adequada para a atividade aérea.

Além disso, esse tipo de treinamento leva a um incremento da vascularização, principalmente em membros inferiores, prejudicando o retorno venoso do fluído para as regiões superiores (Whinnery, Laughlin e Uhl, 1980).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conjuntura que se estabelece, portanto, evidencia que os pilotos de caça tem uma exposição muito maior às atividades de alta intensidade, levando-os ao limite da sua capacidade física. Além da característica operacional do voo em si, existem outras peculiaridades que corroboram com a amplitude de fatores adversos que afetam o piloto, direta ou indiretamente. Sendo o *layout* da cabine reduzido, as bruscas variações de temperatura e as altas acelerações necessárias para o treinamento de combate aéreo.

Ocorre que tal estresse biológico sofrido é invariável e independente do grau de preparação técnica do piloto e, isso fatalmente implicará em alterações do seu sistema perceptivo, a uma queda do seu desempenho laboral, seja ele quantitativo ou qualitativo. Diante desse exposto, percebe-se que tendo as funções básicas de trabalho deterioradas, a possibilidade de ocorrência de equívocos e acidentes aumenta de forma alarmante. Por isso, torna-se imperativo o desenvolvimento de técnicas que permitam a redução do desconforto e preparo para lidar com o estresse. O preparo físico adequado tem se mostrado eficiente nesse quesito e tem cumprido um importante papel atenuador das circunstâncias estressoras e colaborador no processo de manutenção do desempenho laboral e, sobretudo, mantenedor da segurança de voo.

A experiência com a centrífuga humana, em uma análise científica, demonstra ter grande relevância para o desenvolvimento de estudos dessa natureza. Além de proporcionar uma base teórica/empírica bastante sólida, pode servir como um simulador para os pilotos de caça, permitindo a estes o autoconhecimento de sua fisiologia e organismo, possibilitando que estes entendam como reagirão em situações semelhantes e viabilizando o treinamento das técnicas de respiração anti-G.

Destacou-se como elemento beneficiador à capacidade de tolerância à força G, o treinamento físico anaeróbio. Constatou-se

que houve uma diminuição considerável nos efeitos causados pelos agentes estressores presentes no voo e, com isso, obteve-se um rendimento maior na jornada de trabalho do aviador bem como um progresso na qualidade de vida deste profissional através da inserção da atividade física como fator preponderante no processo de mitigação dos sintomas de fadiga em voo. Apesar de representar um marco na medicina aeroespacial, as reflexões deste tema não devem se fixar somente a essas descobertas, é crucial que se aprofunde cada vez mais nesse relevante tema. Estudos mais detalhados especificam as vantagens e desvantagens do treinamento de cada grupo muscular e como isso pode interferir no desempenho em voo, evidenciando que existe, ainda, muitas apurações a serem realizadas, propocionando uma atividade aérea mais segura.

REFERÊNCIAS

ARMSTRONG, H. G. **Principles and practice of aviation medicine**. 3rd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1952.

ASTRAND, Per-Orlof et al. **Tratado de Fisiologia do Trabalho**. 4. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2006.

BENI, Eduardo. **EPI – Macacão de Voo e Luvas de Voo: Conheça algumas especificações técnicas dos tecidos**. 13 de março de 2017. ed. [S.l.: s.n.], 2017. 1 p. Disponível em: <<https://www.pilotopolicial.com.br/macacao-de-voo-caracteristicas/>>. Acesso em: 01 out. 2018.

BEZERRA, T. H. R.; **Contribuição Ergonômica à carreira dos Oficiais Aviadores do Esquadrão de Demonstração Aérea Esquadrilha da Fumaça da Força Aérea Brasileira**. Monografia de conclusão de Curso de Educação Física. Universidade Federal de São Carlos-SP; 2002.

BEZERRA, T. A. R. **Projeto e Desenvolvimento de Simulador de Forças da Aeronave EMB 312 T-27 Tucano**. 2008. 123 f. Dissertação (1) -Departamento de Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Usp. Ribeirão Preto: 2008.

BEZERRA, T.A.R. **Revitalização do Simulador de Forças e adequação de cargas no manche compatíveis as aeronaves T-27 Tucano e AT-29 Supertucano**. FAPESP 2018/02106-4 Projeto de Pesquisa - Regular - Fluxo Contínuo Coordenação de Área: Engenharia (2018).

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Comando Geral de Operações Aéreas. DCAR 064 F: **A fadiga de voo**. Brasília, DF, 2010

BUCKWALTER, J. A.; GRODZINSKI, A. J.; Loading of healing bone, fibrous tissue and muscle: implications for orthopaedic practice. **Journal Am Acad Orthop Surg**, v. 7, p. 291 –299, 1993.

CALDWELL, J. A. Fatigue in the aviation environment: overview of the causes and effects as well as recommended countermeasures. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, Alexandria, v. 68, n. 3, p. 931-937, 1997.

COSTA, Guilherme Luis. **A influência do treinamento físico sobre os aspectos fisiológicos do piloto**. 2013. 25 p. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) - Academia da Força Aérea, Pirassununga, 2013.

DAVIS, A.R. Causes and effects as well as recommended. **Aviation Space and Environmental Medicine**, v.68, n.6, p.132-145, 2008.

EPPERSON, W.L.; BURTON, R.R. e BERNAUER, E.M. The influence of differential physical conditioning regimens on simulated aerial combat maneuvering tolerance. **Aviat. Space Environ. Med.** vol.53, No.11, pp.1091-1097,2010.

FAB TV, Agência Força Aérea. Programa FAB & Indústria de Defesa mostra como são fabricados os macacões de voo: **Você sabia que o tecido tem propriedade antichamas?** 13 de março. ed. [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: <<http://www.fab.mil.br/noticias/mostra/21297/FAB-TV-%E2%80%93-Programa-FAB-&-Ind%C3%BAstria-de-Defesa-mostra-como-s%C3%A3o-fabricados-os-macac%C3%B5es-de-voo>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

FARJER, M. **A instrução de voo**. In: TEMPORAL, W. Medicina aeroespacial. Rio de Janeiro: Universidade da Força Aérea, 2005.

FLEMMING, Ruy. **A fadiga e a jornada aeronáutica**. 28 de fevereiro. ed. [S.l.: s.n.], 2012. 1 p. v. 1. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/a-fadiga-e-a-jornada-aeronautica_335.html>. Acesso em: 08 ago. 2018.

FOX, STUART IRA. Fisiologia Humana. 4ª Edição. Ed. Saraiva. 2000. GANDER, P.H.; ROSEKIND, M.R.; GREGORY, K. B. Flight crew fatigue VI: a synthesis. **Aviation, Space and Environmental Medicine**, v.69(9, suppl.). Alexandria:2008, p. B49-60.

GERK FILHO, Carlos. **Fisiologia aeronáutica e da altitude**. Duque de Caxias-RJ: UNIGRANRIO, 2004

GILLINGHAM, K.K. High-G stress and orientational stress: physiologic effects of aerial maneuvering. **Aviat. Space Environ. Med.** vol. 59 (11, suppl.): A10-20, 1988.

GREEN, D. C. Nicholas. Effects of long-duration acceleration. In: J. RAINFORD, David (Org.). **Ernsting's Aviation Medicine**. 26 de outubro. ed. US Government: Hodder Arnold, 2012. cap. 8, p. 137-158. v. 4.

HARTUNG, G.H.; KROCK, L.P.; CRANDALL, C.G.; BISSON, P.U. e MYHRE, L.G. Predictio of maximal oxygen uptake from submaximal exercise testing in aerobically fit and nonfit men. **Aviat. Space Environ. Med.** vol.64, pp.735-740, 1993.

HOFFMAN M.L., et al. Effects of resistence training on lumbar extension strength. **The American Journal of Sports Medicine**, v.17, p.624-629, 1999.

HUMPHREY, R. P. et al. The spine and fitness for flight. In: **Physiopathology and pathology of spinal injuries in aerospace medicine**. Neuilly-sur-Seine, France: AGARD. p.221-63, 1978.

HICKMAN, J.R.; TRIEBWASSER, J.H. e LANCASTER, M.C. Physical standards for high-performance fighter aircraft pilots. **Aviat. Space Environ. Med.** vol.51, No.9, pp.1052-1056, 1980.

KANASHIRO, R.G. **Fadiga de voo**. In:TEMPORAL, W. (Org.). *Medicina aeroespacial*. Rio de Janeiro: Luzes, 2005, p. 335 –342.

KEMPPAINEN, P.; HÄMÄLÄINEN, O. e KÖNÖNEN, M. Different effects of physical exercise on cold pain sensitivity in fighter pilots with and without the history of acute in-flight neck pain attacks. **Med. Sci. Sports Exerc.** vol.30, No.04, pp.577-582, 1998.

LÄNSIMIES, E.A. e RAUHALA, E. Orthostatic tolerance and aerobic capacity. **Aviat. Space Environ. Med.** vol.57, pp.1158-1164, 1986.

LIMONGI FRANÇA, A. C.; RODRIGUES, A. L. **Stress e trabalho: guia básico com a abordagem psicossomática**. São Paulo: Atlas, 1996.

MARCINIK, E.J. Sprain and strain injuries in the Navy: the possible role of physical fitness in their prevention. **Aviat. Space Environ. Med.** vol.57, pp.800-804, 1986.

MANUAL EMB. **Normas técnicas da Aeronave Embraer T-27**. Força Aérea Brasileira, 1984.

MERCÚRIO, Ruy. **Dor nas costas nunca mais**. São Paulo: Manole, 1997.

MOREIRA, S.B. **O comportamento do ritmo cardíaco nos voos de caça**. Tese de Livre Docência. Rio de Janeiro: Universidade Gama Filho, 1987.

MOTA, D. D. C. F.; CRUZ, D., A. L. M.; PIMENTA, C. A. M. Fadiga: uma análise do conceito. **Acta Paul. Enferm.**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 285-293, 2005.

MYLLE, MOENS, DE RAEVE, VIEANE & LAHAYE 1998).MYLLE, G.; MOENS, G.; De RAEVE, H.; VIAENE, B. e LAHAYE, D. Body mass index, industrial accidents and sick leave: further evidence of an association. **Arch. Public Health**. vol. 56, pp.81-91, 1998.

NEWMAN, David G.; CALLISTER, Robin. Flying Experience and Cardiovascular Response to Rapid Head-up Tilt in Fighter Pilots. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, Health Sciences, University Of Newcastle, Australia., v. 80, n. 8, p. 723-726, ago. 2009.

PATRÃO, Luís et al. Flight Physiology Training Experiences and perspectives: Survey of 117 Pilots. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, University Of Beira Interior, Covilhã, Portugal, v. 84, n. 6, p. 620-624, jun. 2013.

PEREIRA, M. **A instrução de voo**. In; temporal, w. Medicina Aeroespacial. Rio de Janeiro, 2005.

RIOS DE ALMEIDA, Marlon Alberone. **Análise das Sobrecargas Físicas e Fisiológicas Durante o Voo na Aeronave T-25**. 2013. 20-24-25 p. Monografia (Curso de Formação de Oficiais) - Academia da Força Aérea, Pirassununga, 2013.

ROSENTHAL. L.et all. Enforced 24 hours recovery following sleep deprivation. **Sleep**, v 14. 2011, p.448-53.

STOCHERO, Tahiane. **Brasileiro suporta 9 vezes a força da gravidade para voar no Gripen. G1**, Do G1, Em Estocolmo, 14 nov. 2014. Política. Disponível em: <<http://g1.globo.com/politica/noticia/2014/11/brasileiro-suporta-9-vezes-forca-da-gravidade-para-voar-no-gripen-assista.html>>. Acesso em: 04 set. 2018.

STRAUSS, S. **Pilot fatigue**. NASA/ Johnson Space Center. Houston. 2005.

UNITED STATES AIR FORCE–USAF. **Careers in aerospace medicine**. Disponível em: <<http://www.airforce.com>>. Acesso em: 27 abr. 2013.

WHINNERY, J.E. Gz tolerance: correlation with clinical parameters . **Aviat Space Environ Med** 1979 ; 50 : 736 – 41

WHINNERY, JE, LAUGHLIN MH, UHL GS. Coincident loss of consciousness and ventricular tachycardia during +Gz stress. **Aviat Space Environ Med** 1980; 51: 827-31.

WHINNERY, J.E. e PARNELL, M.J. The effects of long-term aerobic conditioning on +Gz tolerance. **Aviat. Space Environ. Med**. vol.58, pp.199-204, 1987

